

**INIA**



**MORFOLOGIA Y GENESIS DE SUELOS SOBRE YESOS**

**JUAN HERRERO ISERN**

**M o n o g r a f í a s**

**Juan Herrero Isern**

**MORFOLOGIA Y GENESIS DE  
SUELOS SOBRE YESOS**



**MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACION**  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA  
AGRARIA Y ALIMENTARIA

**FOTO PORTADA** (cliché Guillore):

Formación de suelo sobre la roca de yeso sacaroideo.

Corte microscópico en el borde de un fragmento de roca de yeso con componentes cristalinos indentados y de extinción no uniforme.

Repartidos en el material micrítico en desagregación se ven clastos con las mismas características internas. Estas dejan de apreciarse en los de menor tamaño, que insinúan gradación a secciones de lentillas. Las lentillas más pequeñas (80-200  $\mu\text{m}$ ) son ya de aspecto edáfico.

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION**  
**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA AGRARIA Y**  
**ALIMENTARIA**

**MORFOLOGIA Y GENESIS DE SUELOS SOBRE YESOS**

Juan HERRERO ISERN

Servicio de Investigación Agraria  
Diputación General de Aragón  
Apdo. 727. 50080 ZARAGOZA

Afiliación del autor  
desde 10 mayo 2008:  
EEAD-CSIC  
jhi@eead.csic.es

*Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria*  
*José Abascal, 56. Tfno. 347.39.16. Fax. 442.35.87*  
*Telex 48989 INIA E. 28003 Madrid (España)*

**MADRID - 1991**

Edita: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria  
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

NIPO: 252-90-001-7  
ISSN: 0210-3354  
ISBN: 84-7498-345-1  
Depósito Legal: M-24736-1991  
Diseño: INIA  
Imprime: GARKA, S.A

## INDICE

	Pág
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	5
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	7
II.1. LA IDENTIFICACION DE SUELOS YESOSOS .....	7
II.2. METODOLOGIAS DE ESTUDIO DE SUELOS YESOSOS .....	10
II.3. LA INVESTIGACION EN MICROMORFOLOGIA DE SUELOS YESOSOS .....	14
II.4. PERSPECTIVAS .....	14
<b>III. EL MEDIO</b> .....	16
III.1. RASGOS GEOGRAFICOS .....	16
III.2. MARCO GEOLOGICO .....	18
III.3. DESCRIPCION DE LAS AREAS PROSPECTADAS .....	29
III.4. CLIMA .....	30
III.5. VEGETACION .....	34
<b>IV. MATERIAL Y METODOS</b> .....	38
IV.1. PROSPECCION Y DESCRIPCION DE CAMPO .....	38
IV.2. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS .....	47
IV.3. ANALISIS MINERALOGICO DE ARCILLAS .....	53
IV.4. MICROSCOPIO ELECTRONICO .....	54
IV.5. MICROMORFOLOGIA .....	55
<b>V. RESULTADOS</b> .....	65
V.1. RELACIONES SUELO-PAISAJE .....	65
V.2. CARACTERES MICROMORFOLOGICOS Y SU NOMENCLATURA .....	68
V.3. MACRO, MICROMORFOLOGIA Y CARACTERISTICAS ANALITICAS DE LOS PEDIONES .....	87
- Iborra -	
V.3.1. El inicio de la edafización en yesos .....	88
V.3.2. Edafización en vertiente con bosque .....	126
V.3.3. Suelos con endopedión cálcico en posiciones poco erosionables .....	147
V.3.4. Suelos con horizontes de yeso microcristalino .....	173
V.3.5. Suelos en fondos planos de las vales .....	191
V.3.6. Llanura aluvial dominada por chesas .....	237
- Camarasa -	
V.3.7. Suelos en vertiente poco erosionable .....	245
- Alcampell -	
V.3.8. Suelos en yesos de la rasa pliocuaternaria .....	256
V.3.9. Suelos cumúlicos en la rasa pliocuaternaria .....	264
V.3.10. Suelos en bancal de fondo de val .....	268

	Pág
- Peraltilla -	
V.3.11. Suelos en posición somital .....	272
V.3.12. Suelos en vertiente de colina .....	279
V.3.13. Suelos en cabecera de fondo de val .....	309
S / V.3.14. Suelos en la parte distal de fondo de val .....	325
V.3.15. Suelos en materiales finos laterales a la val .....	331
V.3.16. Suelos en llanura aluvial dominada por chesas .....	342
V.4. MINERALOGIA DE ARCILLAS .....	354
V.5. PARAMETROS HIDRICOS DE LOS SUELOS .....	354
<b>VI. DISCUSION .....</b>	<b>368</b>
VI.1 FORMAS DEL YESO EN EL SUELO: LA SEPARACION MASA BASAL/ /EDAFORRASGOS .....	368
VI.2 FORMAS DE LOS CARBONATOS EN EL SUELO: LA SEPARACION MASA BASAL/EDAFORRASGOS .....	375
VI.3.LA CELESTINA Y SU CONSIDERACION COMO EDAFORRASGO ..	381
VI.4.LA ORGANIZACION EN ISLOTES .....	384
VI.5. PROCESOS EDAFOGENICOS .....	385
VI.6. LA CLASIFICACION DE LOS PEDIONES .....	417
<b>VII. CONCLUSIONES .....</b>	<b>422</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>424</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>425</b>
<b>INDICE DE DESCRIPCIONES DE SUELO .....</b>	<b>447</b>
<b>INDICE TEMATICO .....</b>	<b>449</b>

*Figuras de microscopio electrónico de barrido*

170  
225-236

## I. INTRODUCCION

Al igual que otros suelos, los desarrollados sobre materiales yesosos van siendo objeto de solicitudes más y más exigentes. Ante ellas a menudo se encuentran no sólo carencias de descripción e inventario (cartografía incompleta u obsoleta y generalmente a escalas inadecuadas por lo pequeñas, inexistencia de bancos de datos, etc), sino que concomitantemente en algunos casos faltan los conocimientos básicos para emprender estas tareas. La fase de descripción e inventario del patrimonio suelo y la de su gestión se desarrollan de modo interdependiente, no lineal (ROZANOV, 1982), y el avance tecnológico junto con la presión social conducen con frecuencia a intervenciones basadas, a lo más, en conocimientos empíricos.

Los suelos yesosos son un buen exponente de esa situación. Su estudio ha sido muy somero incluso allá donde se está pasando de un uso tradicional, casi de subsistencia, a la implantación de tecnologías agrarias avanzadas. En el mejor de los casos se han hecho análisis físicos o químicos y descripciones, transponiendo métodos y conceptos (físico-químicos, morfológicos, taxonómicos, genéticos, etc) clásicos en Edafología, a unos suelos en cuyo comportamiento, tal como indican ESWARAN *et al.* (1981), los minerales silicáticos desempeñan un papel pequeño o nulo. Este tipo de esfuerzos han dado en muchos casos resultados poco alentadores, a veces inconexos y poco realistas.

Tal situación no es privativa de España. Se pueden citar algunos trabajos de diferentes países (ALPHEN & RIOS, 1971; BARZANJI, 1973; DAN *et al.*, 1981; TAVERNIER *et al.*, 1981; TURABEKOV *et al.*, 1983; PANKOVA & YAMNOVA, 1989) de cuya lectura se deduce la existencia de problemas similares aunque no están formulados de forma expresa.

En el presente trabajo se estudian los suelos desarrollados a lo largo de un afloramiento yesoso netamente delimitado, de unos 150 Km de longitud (Fig. III.1.). Las ideas aquí concebidas tienen una validez más amplia, de acuerdo con recientes observaciones en otros ámbitos geográficos. Se espera que la difusión de estos conceptos contribuya a facilitar la descripción e interpretación de láminas delgadas y promueva el interés por los suelos yesosos.

Las observaciones de campo y estudios previos pusieron de manifiesto la necesidad de una metodología de investigación que superase el enfoque químico clásico en Edafología. Se consideró que debía ponerse en juego una técnica, la micromorfología, capaz de estudiar organizaciones originales en muestras inalteradas. En el momento de iniciar este trabajo no se disponía de un sistema de descripción de cortes delgados utilizable en suelos con altos contenidos de yeso. En el Laboratorio de Micromorfología del I.N.A. P.-G. en Grignon, se tuvo acceso al sistema plasmado hoy en el Handbook



(BULLOCK *et al.*, 1985), que se considera adecuado, con pequeñas adaptaciones, para la descripción micromorfológica de los suelos yesosos. Otras técnicas complementarias, tales como la microscopía electrónica, la difracción de rayos X y la espectroscopía de infrarrojos, han permitido confirmar determinados resultados así como elucidar la mineralogía de ciertos componentes.

Los procesos formadores identificados a través de este enfoque naturalista permiten comprender mejor la génesis y el funcionamiento de estos suelos. En consecuencia se hacen algunas propuestas referentes a las descripciones micromorfológicas y a la clasificación dentro de Soil Taxonomy System, para una descripción y denominación más precisas de los suelos yesosos.

Los suelos yesosos se caracterizan por la presencia de sulfato de calcio en forma de cristales de yeso, que pueden estar asociados con otros minerales como arcillas, óxidos de hierro y aluminio, y carbonatos. La formación de estos suelos está relacionada con procesos de evaporación y precipitación de sales en ambientes áridos o semiáridos. La micromorfología de estos suelos puede variar desde suelos con cristales de yeso grandes y bien desarrollados hasta suelos con cristales pequeños y mal desarrollados.

La clasificación de los suelos yesosos dentro del Soil Taxonomy System se basa en la presencia de yeso en la superficie o en el subsuelo, y en la presencia de arcillas en la superficie o en el subsuelo. Los suelos yesosos se clasifican en suelos con yeso en la superficie (Sulfuric Endosols) y suelos con yeso en el subsuelo (Sulfuric Entosols).

Los suelos con yeso en la superficie se caracterizan por la presencia de cristales de yeso en la superficie, que pueden estar asociados con otros minerales como arcillas, óxidos de hierro y aluminio, y carbonatos. Los suelos con yeso en el subsuelo se caracterizan por la presencia de cristales de yeso en el subsuelo, que pueden estar asociados con otros minerales como arcillas, óxidos de hierro y aluminio, y carbonatos.

La descripción micromorfológica de los suelos yesosos debe incluir la descripción de la micromorfología de los cristales de yeso, de los otros minerales presentes, y de la estructura del suelo. La descripción micromorfológica de los cristales de yeso debe incluir la descripción de la forma, el tamaño, la orientación y la distribución de los cristales.



## II. ANTECEDENTES

### II.1. LA IDENTIFICACION DE SUELOS YESOSOS

Las rocas de yeso aflorantes en el solar hispano y el clima semiárido permiten la existencia de algunos suelos cuyo componente más abundante es el yeso. Ya HUGUET DEL VILLAR (1929), apoyado en un amplio conocimiento de los suelos españoles y su vegetación, subraya las diferencias entre suelos salinos y suelos yesosos, calificando al yeso como semisoluble por oposición a las sales solubles. A partir de la fisionomía de la vegetación (HUGUET DEL VILLAR, 1929, 1950) crea para los suelos yesosos la denominación "de calvero" e insiste en separarlos de los salinos, criterio generalmente aceptado en la actualidad, y en su mayor analogía con los calizos.

Sin embargo, en el conjunto de la Ciencia del Suelo los suelos yesosos han recibido una atención insuficiente, posiblemente debido a la escasez de afloramientos de rocas de yeso en los países templado-húmedos y al comportamiento del sulfato cálcico en esas condiciones. Pese a las evidencias geobotánicas (FERNANDEZ RIOFRIO, 1925; BELLOT, 1952; BRAUN-BLANQUET & BOLOS, 1957; GENSAC, 1968; WILD, 1974; TURNER & POWELL, 1979; PEDROL, 1985) a veces se han incluido explícitamente entre los suelos afectados por salinidad, como hace SZABOLCS (1981), para quien el alto contenido en yeso "causa salinidad". Implícitamente Soil Taxonomy System (SSS, 1975) adopta el mismo criterio, al situar el límite de conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada en 2 dS/m a 25°C, valor inferior al que presenta una solución saturada de sulfato cálcico.

La distribución mundial de los suelos yesosos, que no necesariamente serán además salinos (fases salinas), va asociada a las zonas áridas y semiáridas. Así ALPHEN & RIOS (1971) presentan varias referencias y un mapa de suelos yesosos estudiados en Oriente Medio, Magreb, África Oriental y España (Fig. II.1.) estimando su superficie en 850000 km<sup>2</sup>. Otros datos pueden obtenerse para Australia (JESSUP, 1960); México (GRANDE, 1967; GOMEZ, 1978); afloramientos yesosos en los Alpes franceses (GENSAC, 1969); Irán (BARZANJI, 1973); Irak (HARRIS, 1960; SMITH & ROBERTSON, 1962; ALTAIE, 1981); Siria y Líbano (TAVERNIER *et al.*, 1981); Estados Unidos de América (GUTHRIE, 1982; NETTLETON *et al.*, 1982).

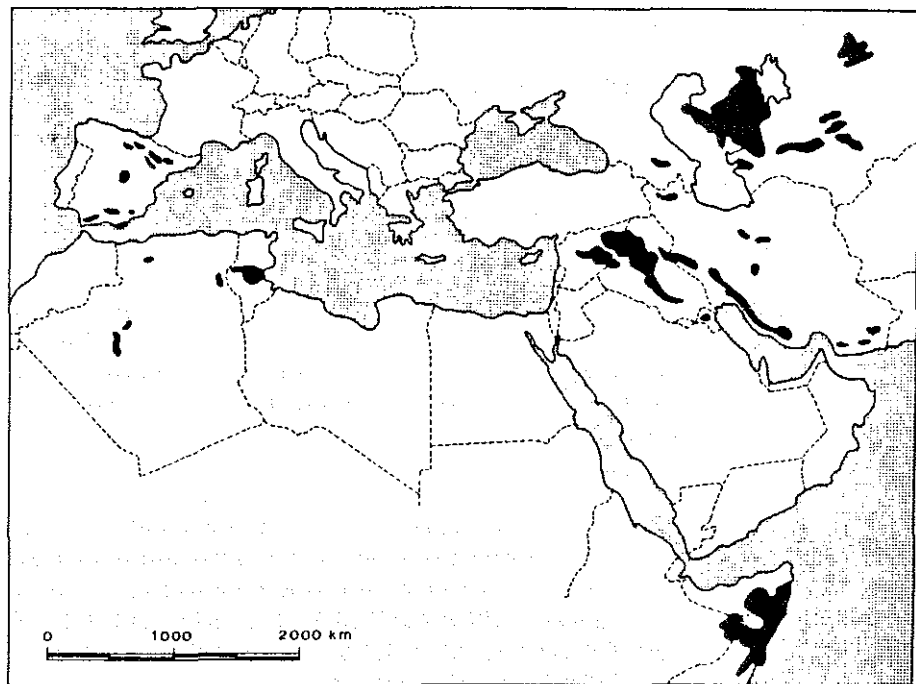


Fig. II.1. Suelos yesosos según ALPHEN & RIOS (1971).

Para España (Fig. II.2.), una información elocuente acerca de los terrenos yesíferos la ofrecen MACAU & RIBA (1965) y los mapas que presentan. Estos autores cifran en 35487 Km<sup>2</sup> la superficie yesosa de la Península Ibérica y Baleares, de ellos 6070 Km<sup>2</sup> corresponden a Aragón; 1072 a Cataluña; 1189 a Navarra y 670 a La Rioja, números que indican la relevancia de los suelos yesosos en el Nordeste español y, concretamente, en la cuenca del Ebro. Para esta cuenca NAVAS (1983) ha cartografiado las litofacies yesíferas y evaluado (NAVAS, 1988) su efecto sobre la calidad de las aguas superficiales. La puesta en regadío de amplias zonas yesosas, tanto en España como en otros países semiáridos o áridos, confiere un interés aplicado inmediato a la investigación de esta categoría de suelos.

La Edafología española de postguerra, influida por la escuela centroeuropea, no hace referencia a los suelos yesosos, así, ALBAREDA (1940). Sin embargo, años después, este mismo autor (ALBAREDA *et al.*, 1962) recoge algunas de las ideas de Huguet del Villar, citando sus publicaciones y señalando su influencia en De Sigmond. En el dominio de

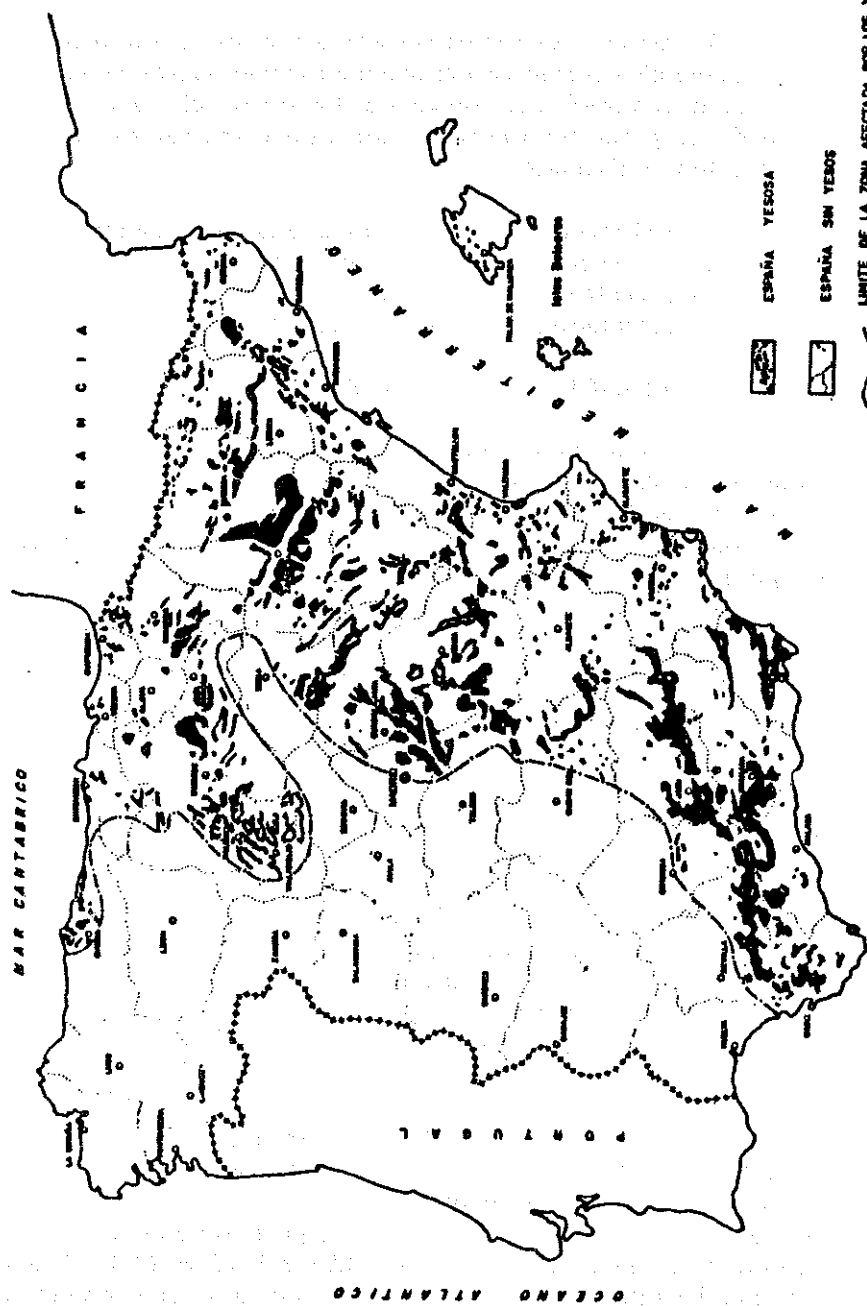


Fig. II.2. Distribución de terrenos yesíferos en la Península Ibérica e Islas Baleares, según MACAU & RIBA (1965).

la fertilidad, los trabajos de HERNANDO *et al.* (1962, 1963, 1965) pueden considerarse en la misma línea.

KUBIENA (1952) estudió los suelos yesosos a raíz de su estancia en España, proponiendo para ellos varias denominaciones nuevas. El que no aporte datos micromorfológicos detallados tal vez se relacione con la dificultad de preparar secciones delgadas de estos suelos con la tecnología entonces disponible.

La aplicación del Soil Taxonomy System en España supone un importante avance. Los suelos con horizonte gypico en España se estudian por primera vez en el centro de la Península por PORTA (1975), con un enfoque macromorfológico y químico (PORTA *et al.*, 1977).

## II.2. METODOLOGIAS DE ESTUDIO DE SUELOS YESOSOS

Además de su composición, son muchas las características físico-químicas y geológicas que distinguen al yeso de otras rocas y que condicionan la génesis de suelos. Podrían citarse la dureza, resistencia mecánica, densidad, color, calor específico, microtexturas, condiciones de yacimiento, pureza, mineralizaciones asociadas, diagénesis, etc.

Sin embargo el funcionamiento claramente diferenciado del yeso en el suelo queda definido por su solubilidad. Esta solubilidad explica que incluso en regiones no excesivamente húmedas este mineral sea siempre minoritario en los suelos, apareciendo todo lo más como edaforrasgo. No obstante la solubilidad es lo suficientemente pequeña como para que, ya en condiciones de semiaridez, el yeso permanezca en los pediones y constituya, a veces de modo casi exclusivo, horizontes enteros sirviendo de soporte a los procesos edáficos.

El control de la solubilidad por una serie de factores (tiempo de contacto, temperatura,  $p$   $CO_2$  y actividad biológica, presencia de otras sales, confinamiento, etc) que en los suelos se solapan, dificulta la evaluación separada de cada factor al resultar impracticable la modelización de los procesos dentro de una adecuada escala espacio-temporal.

La solubilidad viene además influenciada por los efectos ión común. Debe destacarse el del carbonato cálcico, que relaciona el status de los sulfatos con el equilibrio de los bicarbonatos y, por ende, con la actividad biótica en el suelo y con las condiciones atmosféricas e hídricas. Los revestimientos del yeso por carbonato cálcico puestos de manifiesto al microscopio electrónico de barrido por KEREN & KAUCHANSKY (1981) sugieren que las interacciones entre ambos compuestos son complejas también en fase sólida.

Casi todas las publicaciones edafológicas acerca de la solubilidad del yeso se refieren a condiciones de sodicidad, no siendo aplicables en la presente investigación. Aparte de los trabajos en el dominio de la cristalografía y la sedimentología, hay estudios del comportamiento de las soluciones de yeso o de los sistemas yeso/carbonato cálcico en condiciones más parecidas a las de los suelos estudiados, pudiéndose citar: NAKAYAMA, 1969; PLET-LAJOUX, 1969; BENNET *et al.*, 1972; JAUZEIN, 1972; WIGLEY, 1973; PERTHUISOT, 1978; CODY, 1979; DELMAS, 1979; GLAS *et al.*, 1979; ROBBINS *et al.*, 1980; BONNEAU, 1981; HALITIM *et al.*, 1983; HALITIM, 1985, NAVAS, 1988.

En el curso de las determinaciones químicas de la presente investigación se ha podido comprobar la fuerte incidencia del tiempo de contacto agua/yeso en la disolución de este mineral. La cinética de este proceso ha sido objeto de diversos trabajos experimentales (KEMPER *et al.*, 1975; SAYEGH *et al.*, 1978; KEREN *et al.*, 1980; KEREN & SHAINBERG, 1981; PAPADOPOULOS, 1985) que, pese a estar orientados a la mejora de suelos sódicos, permiten ilustrar las repercusiones edafogénicas de este condicionante.

En los trabajos citados se usan metodologías de modelización físico-química útiles para abordar procesos de amplitud espacio-temporal muy grande (WIGLEY *et al.*, 1973) o bien sistemas que pueden considerarse "reactores de laboratorio", con alcances temporales y complejidad muy superados por los procesos edáficos. A veces, incluso cuando se plantean experimentos de simulación de condiciones edáficas (PLET-LAJOUX, 1969; BONNEAU, 1981; GUYOT *et al.*, 1984), no llegan a reflejarse los complejos detalles que ya macroscópicamente se perciben en los suelos en el campo.

Las técnicas mencionadas en este apartado suministran informaciones valiosas pero parciales, difícilmente articulables sin conocer la morfología del objeto en estudio, el suelo como ente natural organizado. El estado de los conocimientos exigía recomenzar por la observación de la morfología, que en sus escalones sucesivos debe sugerir mecanismos de funcionamiento e incluso los análisis o experimentos para resolver diferentes problemas. Dentro de tal enfoque naturalista puede decirse que las observaciones de campo se prolongan mediante diversas técnicas. De estas se consideró que la principal debía ser la micromorfología. Tal como se previó, el microscopio óptico ha proporcionado una visión de conjunto, dado que la naturaleza y disposición de las partículas integran los resultados de los diversos factores formadores del suelo.

### II.3. LA INVESTIGACION EN MICROMORFOLOGIA DE SUELOS YESOSOS

La investigación en suelos yesosos, concretamente en su micromorfología, queda bastante localizada en los últimos años. En los párrafos siguientes se indican los principales equipos investigadores, cuyas aportaciones concretas se discuten con detalle en el Capítulo VI.

La extensión de los suelos yesosos en la URSS se refleja en las referencias bibliográficas, la mayoría de los años 60, que se encuentran en el Capítulo VIII. Deben reseñarse algunos micromorfólogos que recientemente se han referido al yeso: ISAYEV (1983); TURABEKOV *et al.* (1983); TZAREVSKY *et al.* (1983); YAMNOVA *et al.* (1983); TURSINA & YAMNOVA (1986); PANKOVA & YAMNOVA (1987).

En el Norte de Africa la riqueza en yeso de ciertos suelos llamó la atención de los edafólogos de escuela francesa, que se han venido ocupando de la "croûte de nappe", con caracteres salinos y graves problemas tecnológicos. A partir de los trabajos de Agafonoff en los años 30 se han continuado otros que pueden situarse en esta línea: DURAND (1949, 1963, 1967), LE HOUEROU (1960), BUREAU & ROEDERER (1961), TRICHET (1963, 1967), EL-FEKIH & POUGET (1966), POUGET (1968, 1980), VIEILLEFON & ZANTE (1981), etc.

La micromorfología de suelos de costra caliza y yesosa de Túnez es abordada por STEPHAN (1972) basándose en las ideas de Kubiena y usando el concepto de esqueleto que, como se discute ampliamente en el presente trabajo, no se adapta a los suelos yesosos. KULKE (1974) estudia, también de modo paralelo, costras calizas y yesosas de Argelia con un enfoque arqueológico y geoquímico, aportando la descripción de algunos rasgos micromorfológicos.

En el Hodna (Argelia) DEKKICHE (1976) estudia acumulaciones de yeso en suelos sobre glacis cuaternarios, incluyendo datos micromorfológicos. Más recientemente HALITIM (1985) ha estudiado los suelos de las Hautes Plaines de Argelia (Zahrez y Boughzoul); aunque tales suelos no son mayoritariamente yesosos, este autor aborda, con técnicas no exclusivamente microscópicas, el tema de las relaciones yeso-arcilla. Estas relaciones, importantes para comprender la génesis y el funcionamiento de los suelos yesosos, se discuten en los apartados VI.5.1.2.2.; VI.5.1.2.3. y VI.5.4.2.

TUCKER (1978) trabajó en Irak bajo clima árido y se refiere a formaciones superficiales de yeso que designa como "costras" o "gypcrete". El enfoque del trabajo es geomorfológico y aunque no entra en una descripción formalizada de láminas delgadas, algunos de los rasgos que

presenta son comparables a los aquí tratados. Sin embargo el yeso alabastrino ("granoblastic-type") que describe, se considera heredado de la roca en las condiciones de la presente investigación.

Dentro del dominio de la geografía pueden situarse los artículos de WATSON (1979, 1980). El primero de ellos contiene interesante bibliografía acerca de las costras yesosas así como una recopilación de la terminología usada en su descripción macromorfológica, referidas principalmente a información del Norte de Africa. El segundo artículo estudia los polígonos en costras yesosas de Namibia, bajo un clima desértico. Más tarde (WATSON, 1983) revisa la distribución mundial de costras yesosas relacionándolas con la isoyeta de 200 mm. Los datos micromorfológicos procedentes de láminas delgadas de Túnez y Namibia son, en parte, comparables a los del presente trabajo. La diferencia más llamativa es la asociación entre los cristales de yeso menores (desde 50  $\mu\text{m}$  hasta masas "criptocristalinas") y el yeso alabastrino. La denominación alabastrino induce a pensar en el horizonte petrogypico, que no parece encontrarse en el valle del Ebro a causa, tal vez, de la menor aridez.

La poca extensión de los suelos yesosos en USA (GUTHRIE, 1982) explica la escasa atención que se les ha prestado, tanto en Soil Taxonomy System, como por parte de los micromorfológicos estadounidenses. No obstante, NETTLETON *et al.* (1982) presentan una nómina de localidades del Oeste de los Estados Unidos con horizontes gypico y petrogypico, así como esquemas de la micromorfología de estos. Cabe también señalar el artículo de ALLEN (1985) con datos de la micromorfología del horizonte gypico y petrogypico, citando para este último a JAYNES (1977).

La introducción del microscopio electrónico de barrido completando las observaciones del polarizante impulsó el estudio de la mineralogía de los Aridisoles, cuyo conocimiento era muy escaso. Esta orientación se encuentra en trabajos de síntesis en los que se hace amplia referencia al yeso, revisando sus morfologías edáficas (STOOPS *et al.*, 1978; ESWARAN *et al.*, 1981).

Muchos avances en micromorfología de suelos yesosos se deben a la actividad del Prof. Stoops (Universidad de Gante) sobre suelos del Oriente Medio (BARZANJI, 1973; BARZANJI & STOOPS, 1974; ABTAHI, 1979; STOOPS & ILAIWI, 1981; ALA'A, 1982) y posteriormente de España (POCH, 1989). Además de las aportaciones de este grupo en el campo de la mineralogía, que se discuten en los apartados correspondientes del Capítulo VI, debe reseñarse que ya BARZANJI (1973) apunta los inconve-



nientes del sistema de Brewer para la descripción micromorfológica de estos suelos.

Para España pueden encontrarse datos de suelos desarrollados sobre materiales yesíferos en Andalucía en el artículo de BAÑOS & STOOPS (1978). Más recientemente PORTA (1986) compara la micromorfología de suelos yesosos del valle del Ebro y de La Mancha, caracterizando los hábitos del yeso y estudiando los procesos formadores. Algunos resultados y propuestas contenidos en estas páginas se pueden encontrar en trabajos anteriores (HERRERO, 1987; HERRERO & PORTA, 1987, 1990; PORTA & HERRERO, 1988, 1990).

#### II.4. PERSPECTIVAS

La producción científica referida a micromorfología de suelos yesosos es ciertamente limitada, teniendo en cuenta la idoneidad de esta técnica.

Aquí se superponen varios desfases. De un lado (CHATELIN, 1979, p.31), el correspondiente a la tardía introducción de la microscopía en la Ciencia del Suelo, ya que, si bien se pueden citar precursores como DELAGE y LAGATU (1905), no cabe hablar de micromorfología de suelos hasta 30 años después, con Kubiena.

De otro lado está el desfase en el estudio de los suelos yesosos, a los que, a falta de una metodología propia, se aplican conceptos y métodos surgidos para suelos ácidos de climas templados (ESWARAN *et al.*, 1981). Este desfase se percibe en todas las técnicas de estudio, desde los análisis químicos de caracterización hasta los métodos de medida de parámetros físicos o la terminología macromorfológica. Ha sido también grave en micromorfología, donde, una vez sobrepasados los planteamientos de Kubiena, se aceptó ampliamente el sistema descriptivo de Brewer, muy adaptado a suelos de clima templado-húmedo. La generalización poco crítica de este método ha llevado a emplearlo en suelos donde los conceptos que lo sustentan son inaplicables, como se corrobora para los suelos yesosos en este trabajo. En él se pone de manifiesto la idoneidad del sistema de descripción del Handbook (BULLOCK *et al.*, 1985), con ligeras adaptaciones. Aunque tal como señala DE CONINCK (1987) dicho sistema resulta lento para descripciones de rutina, puede ser abreviado una vez se han detectado las líneas maestras de la morfología y génesis de los suelos, lo que permite definir edaforrasgos o formas de organización concretos para los pediones en estudio.

El microscopio electrónico de barrido e instrumentaciones asociables para microanálisis han dado buenos resultados en estos suelos. Ello,

junto con lo expedito de la preparación de muestras, augura una utilización más profusa de estas técnicas.

Dado que el estudio de láminas delgadas sigue siendo imprescindible, deberán implementarse las técnicas de análisis de imagen para el reconocimiento y cuantificación automáticos de componentes minerales y de formas más complejas. Será necesario abaratar la fabricación de láminas delgadas para poder estudiar superficies suficientes que, al asegurar la representatividad, permitan una consistente generalización de las observaciones del MEB. Este enfoque logrará superar la exclusividad del análisis físico y químico clásico, que en suelos yesosos suministra a menudo una información poco útil para entender la génesis y el comportamiento.

### III. EL MEDIO

#### III.1. RASGOS GEOGRAFICOS

La zona investigada corresponde al afloramiento de yesos (Formación Barbastro) del anticlinal Barbastro-Balaguer y de su continuación en el anticlinal de Sanauja-Torá. Se trata de una banda distante entre 60 y 90 Km de los Pirineos y aproximadamente paralela a dicha cordillera (Fig. III.1).

El extremo occidental del afloramiento se encuentra en la provincia de Huesca, entre Peraltilla y Azara (30T YM 47 63) y atraviesa la provincia de Lérida hasta Moissosa (31T CG 81 27), penetrando brevemente en la provincia de Barcelona (Castelfullit de Riubregós). Esta banda de yesos tiene unos 150 Km de longitud y una anchura variable de 2 a 10 km. La continuidad del afloramiento sólo se ve interrumpida localmente por recubrimientos cuaternarios, sobre todo de los grandes ríos pirenaicos que lo atraviesan en dirección norte-sur (Fig. III.2.).

Puede decirse que el afloramiento de yesos se sitúa en esta zona en el límite norte de la cubeta del Ebro con las sierras prepirenaicas (Sierras Marginales Aragonesas y Catalanas).

La perfecta alineación pirenaica del afloramiento desde el Oeste, al pie de las Sierras Marginales, se ve alterada al entrar en la zona de las Unidades Transversas (PEÑA, 1983), al alcanzar el Segre. A partir de Ponts la estructura anticlinal se resuelve en varias ramificaciones, algunas de las cuales dan lugar a afloramientos de los yesos. Los suelos generados en esta parte del núcleo anticlinal se estudian en la más oriental y prolongada de estas ramificaciones, la que por el valle del Llobregós alcanza Castelfullit de Riubregós.

Las altitudes de estos yesos van desde aproximadamente 450 a 550 m. Alturas mayores, de unos 600 m, corresponden a otros materiales más resistentes, como las calizas de Valcheladas y El Pueyo, cerca de Barbastro.

Los núcleos de población no se sitúan directamente sobre el yeso, tal vez por los problemas de cimentaciones. La valoración productiva de las áreas yesosas por parte del agricultor de secano es siempre inferior a las zonas circundantes, siendo el estrato arbóreo muy escaso y los incendios del matorral frecuentes. Las vertientes sobre yeso suelen presentar la roca al desnudo en casi toda su extensión, con oquedades de tipo kárstico que ayudan a la riqueza venatoria.

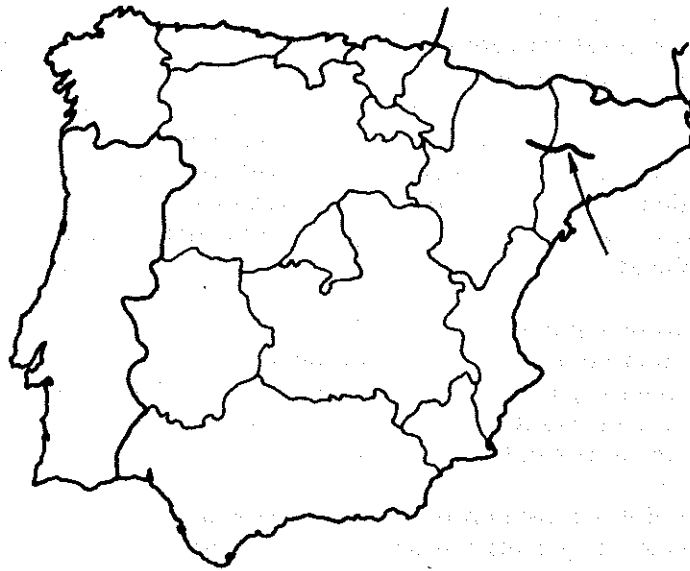


Fig. III.1. Situación del afloramiento de yesos estudiado.

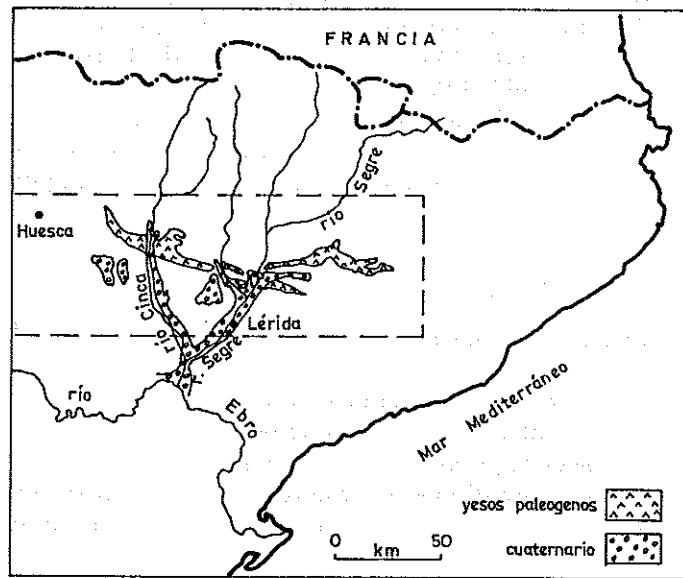


Fig. III.2. El afloramiento de yesos sólo es interrumpido por materiales cuaternarios.

La agricultura se acantona en los fondos planos de los valles, o en algunas vertientes abancaladas y en las superficies peniplanizadas por el arrasamiento pliocuaternario. La viña y el olivar están desapareciendo, y se conservan bastante los almendros. Los numerosos bancales pequeños se han abandonado cuando no ha sido posible unir varios para crear parcelas mecanizables, a veces con fuertes pendientes. La poca resistencia de las rocas (yesos con algo de margas y calizas) y su rápida meteorización han inducido en algunos casos fuertes nivelaciones cuando se abaratan las condiciones de utilización de la maquinaria.

Los agricultores denominan "secatíus" o "secativos" a estos suelos expresando uno de los mayores inconvenientes para la agricultura de secano: su baja capacidad de retención de agua al ser suelos muy esquilmados o incipientes, con escasa materia orgánica y con baja proporción de materiales tamaño arcilla.

Los límites del afloramiento de yeso respecto a los materiales circundantes son muy netos, tanto por el color como por la vegetación y el relieve. La percepción de esta diferencia por sus habitantes se refleja en la toponimia de diferentes procedencias que puede rastrearse a lo largo del afloramiento. Unas veces se hace referencia al color, por ejemplo Sierra Blanca, otras a la estructura, por ejemplo Serra Llarga. Los topónimos Aljezares, Aljeceros, etc, recuerdan la explotación del aljez (yeso) para construcción, con frecuentes restos de hornos. Pero el topónimo más vivo en el habla actual es el de "chesas", que con diversas grafías (Chesas, Gesas, Geisas, Yesas, Qesas...) aparece incluso en las hojas del Mapa Topográfico Nacional a lo largo del afloramiento. En el presente trabajo se usará el término chesa para designar a los parajes de afloramiento de yesos.

## III.2. MARCO GEOLOGICO

### III.2.1. Estratigrafía y tectónica

La estructura anticlinal que origina el afloramiento de yesos y que con ramificaciones e inflexiones se extiende por el límite de la cubeta del Ebro con las cadenas pirenaicas marginales, es uno de los resultados de los empujes y distensiones entre la placa ibérica y la europea, que dieron origen a los Pirineos con despegue de varios mantos en distintos momentos de la orogenia.

Según la información de que se ha dispuesto, la primera descripción del anticlinal, en la parte occidental, se debe a Mallada (1878). Rasgos generales de este accidente pueden encontrarse en los mapas,

memorias y otras publicaciones posteriores del Instituto Geológico y Minero acerca de la zona.

El inicio de la estructura anticlinal en el Oeste puede situarse en el cierre periclinal de Azlor (Huesca), aunque los datos de ALMELA *et al.* (1951) y de RODRIGUEZ VIDAL (1986) prolongan la estructura anticlinal casi hasta Panzano (Huesca), cerca ya de Santa Cilia. Hacia el Este, a partir de Ponts, la estructura presenta ramificaciones (Fig. III.3.) El extremo más oriental está en Calaf (Barcelona), si bien debe suponerse una conexión estructural con la cuenca potásica de Cardona. Los datos de sondeos citados por ALMELA, RIOS (1949) y LARRAGAN *et al.* (1950) indican que los yesos del extremo oriental descansan sobre la formación salina potásica.

Las dataciones de estos yesos se han basado tradicionalmente en estudios de las formaciones detríticas suprayacentes, cuya datación es a su vez problemática por los cambios laterales de facies y la escasez de fósiles. En el extremo oriental los materiales yacentes sobre el yeso fueron datados por Déperet en 1898 (citado por REILLE, 1967 b) como Oligoceno terminal gracias a la fauna de mamíferos hallada en Calaf. REILLE (1967 a, b) se refiere a una flora de carófitas en Calaf, correspondiente al Oligoceno inferior que permite precisar mejor el techo del yeso en el extremo oriental del anticlinal. Las dataciones del extremo oeste, por continuidad con lo hallado en Calaf y por fauna de lamelibranquios (HERNANDEZ-PACHECO, 1929) se atribuían al Oligoceno, pero la distancia a Calaf y el escaso valor estratigráfico de estos moluscos hacían la datación poco segura. El hallazgo de una fauna de carófitas (REILLE, 1967 b) a 1,5 Km de Peraltilla junto con restos de ostrácodos y dientes de reptiles en el poco potente (25 cm) nivel de calizas lacustres y margas fuertemente buzadas en contacto con el yeso, permite a REILLE (1967 b) atribuir el techo del yeso al Oligoceno inferior, confirmando las afirmaciones de Vidal y Déperet en 1906.

Más recientemente RIBA *et al.* (1975) basándose en una microflora de oogonios de carófitas del Eoceno terminal halladas en niveles arenosos de la parte superior de los yesos, sitúan los yesos de los anticlinales de Sanauja y Vilanova de l'Aguda en el Priaboniense superior. El cabalgamiento del manto de La Gavarnia sobre los yesos tanto en la parte Oeste (Valcheladas, Pueyo de Barbastro) como hacia el Este (Os de Balaguer, Camarasa) confirma para GARRIDO (1972) la edad pre-pirenaica de los yesos. La potencia de los yesos es difícil de precisar por estar muy replegados, debido a su comportamiento diapírico.

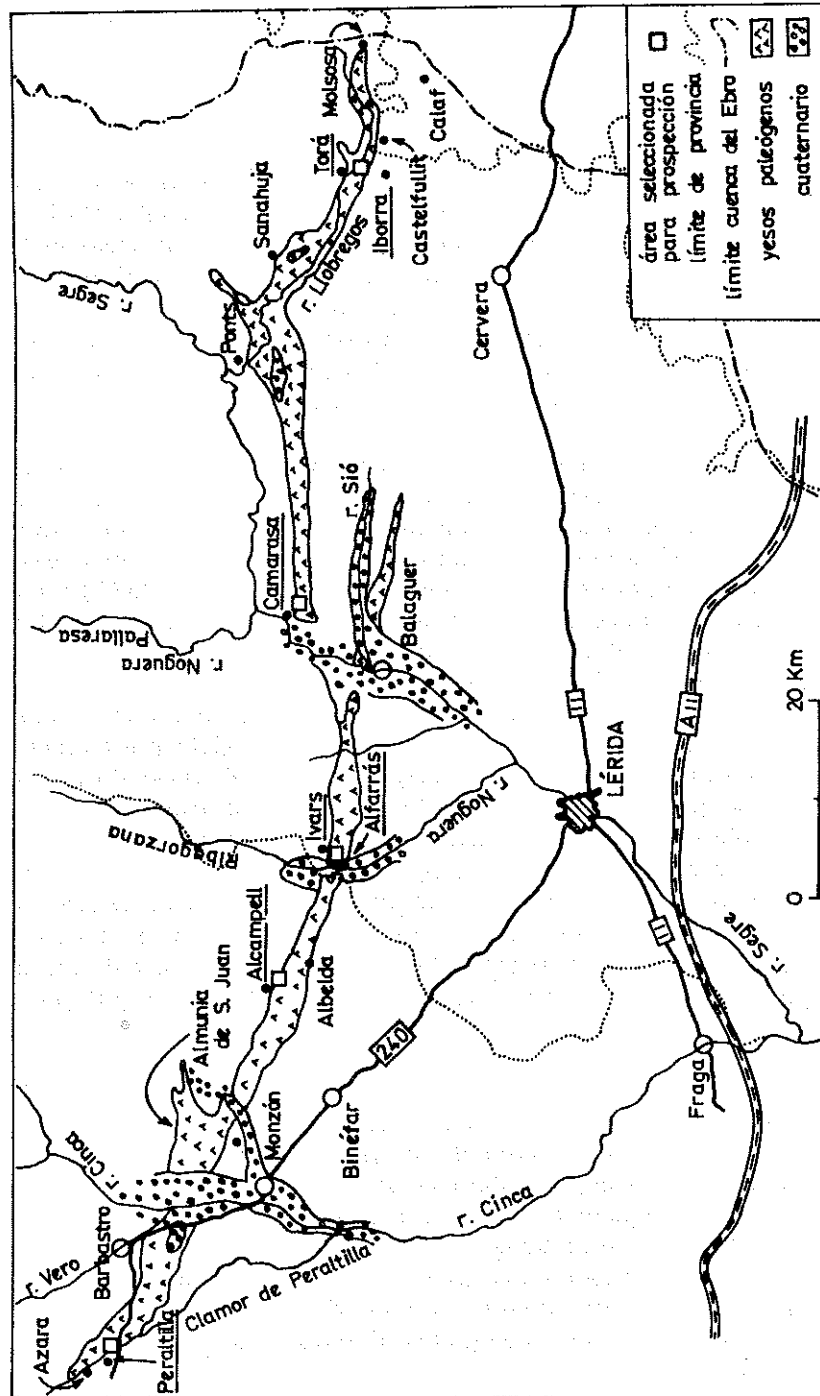


Fig. III.3. Mapa del afloramiento de yesos eocenos estudiado, con localización de los observatorios meteorológicos y de las áreas seleccionadas para prospección de suelos.

QUIRANTES (1978, p.26) denomina Formación Barbastro a los yesos masivos del núcleo del anticlinal. Los materiales detríticos rojizos de la Fm. Peraltilla (CRUSAFONT *et al.*, 1966) tienen su equivalencia más al Este en la Fm. Artés que lateralmente pasa en el extremo oriental a la Fm. Molinas de Solsona. En la parte aragonesa la Fm. Peraltilla se dispone, con buzamientos casi verticales, en el techo de los yesos en el flanco sur del anticlinal. Sin embargo es la Fm. Sariñena, estratigráficamente superior a la Fm. Peraltilla, la que queda en contacto con los yesos en el flanco Norte. De este modo el anticlinal resulta disimétrico y fallado por el Norte, de acuerdo con lo expuesto por QUIRANTES (1978). Hacia el sector catalán puede observarse un cabalgamiento directo de las Sierras Marginales sobre el anticlinal, y una complicación estructural (Fig. III.3.) y topográfica mayor.

El núcleo evaporático ha sido objeto de atención en el aspecto tectónico, con estudios detallados de sus pliegues en diversos sectores. Así cabe citar a FORTIN (1963), GARRIDO, RIOS (1972), RIBA *et al.* (1975), POCOVÍ (1976), PARDO, VILLENA (1979), MARTÍNEZ-PEÑA (1981). De estos estudios resulta que el anticlinal se debe a una compresión N-S, actuando después localmente el diapirismo. Esta compresión se asocia al emplazamiento del manto de La Gavarnia y un posible rejuego posterior de la fase Pirenaica, de edad fini-oligocena. Según PARDO, VILLENA (1979), la reacción diapírica local es sincrónica con el depósito de la Fm. Sariñena en el flanco Norte, y por tanto no más antigua que el Aquitaniense de acuerdo con la datación (CRUSAFONT, RIBA, VILLENA, 1966; CRUSAFONT, PONS, 1969) del yacimiento de vertebrados de Santa Cilia.

### III.2.2. Litología

La petrografía de las rocas yesíferas ha sido objeto de estudios específicos (OGNIBEN, 1957; HOLLIDAY, 1970; ORTÍ, 1977). Los criterios de Ortí son los de referencia para el presente trabajo, aunque el depósito de yeso más próximo que estudia es el de Odena-Artés (Barcelona), del Eoceno superior.

Las publicaciones acerca del núcleo evaporítico del anticlinal señalan la existencia de yesos blancos o azulados con intercalaciones margosas y el fuerte repliegue a que han sido sometidas las capas. QUIRANTES (1978, p. 41) indica que los yesos se presentan en bancos de potencias entre 5 y 20 cm con calizas y margas alternantes además de algún banco delgado de areniscas grisáceas de grano grueso. Igualmente se refiere a la aparición de algún nivel de anhidrita en los niveles estratigráficos inferiores. Datos acerca de la geoquímica y petrogénesis se encuentran en MANDADO (1987).



Sin la pretensión de ofrecer una visión sistemática de la petrografía del núcleo yesoso, se han tomado muestras de rocas aflorantes o del fondo de las calicatas en Peraltilla, Alcampell, Camarasa e Iborra. Descripciones de láminas delgadas pueden encontrarse en los correspondientes apartados.

### III.2.3. Factores de control de las formas

Para intentar explicar las formas del paisaje en la charnela yesosa del anticlinal deben tomarse en consideración una serie de factores, interrelacionados entre sí, que se enumeran a continuación de más a menos generales.

1. Solubilidad del yeso mucho mayor que la del resto de los materiales aflorantes en la región.
2. Ubicación del anticlinal en el límite de la cubeta del Ebro con las Sierras Marginales pirenaicas, con acciones en diversos momentos:
  - erosivas, con arrasamiento de estructuras.
  - sedimentarias, con depósito de extensos mantos de gravas al menos desde el Pliocuaternario.
3. Tectónica intra-cuaternaria y halocinesis asociadas.
4. Modelado de detalle en el que se incluyen multitud de factores actuales o subactuales que pueden resumirse en los climáticos y los antrópicos. El resultado es el tan característico paisaje de las chesas, uno de cuyos elementos más llamativos son las vales.

#### III.2.3.1. Erosionabilidad del yeso

MANDADO *et al.* (1984) insisten sobre la incidencia de los caracteres petrográficos del yeso en la velocidad de meteorización. A escala general, la mayor solubilidad del yeso respecto a los materiales carbonáticos, permite suponer que la charnela del anticlinal sufre una fuerte dinámica erosiva a partir de su exhumación.

Esta suposición puede comprobarse en algunos sectores, como las chesas de Azara y Peraltilla, que, dentro del cierre periclinal de Azlor, quedan deprimidas respecto a los niveles culminantes formados por los estratos de areniscas y margas suprayacentes al yeso. Estos niveles soportan muchas veces materiales detríticos cuaternarios o pliocuaternarios y corresponden a una superficie de arrasamiento pliocuaternario (ALBERTO *et al.*, 1983; RODRIGUEZ VIDAL, 1986).

La topografía da una sensación de "vaciado" de las chesas, cuyos exutorios más occidentales (Valcardera, Barranco Grail, etc), van a la Clamor de Peraltilla, la cual se instala subsecuentemente en una de las cuestas del flanco Sur del anticlinal. En el extremo oriental del afloramiento de yesos la situación es bastante similar, salvo que sobre la charnela yesosa discurre el río Llobregós con una cuenca más amplia a ambos lados del anticlinal. Las situaciones descritas corresponden, con distintas variantes, a "combes" (Fig. III.4.).

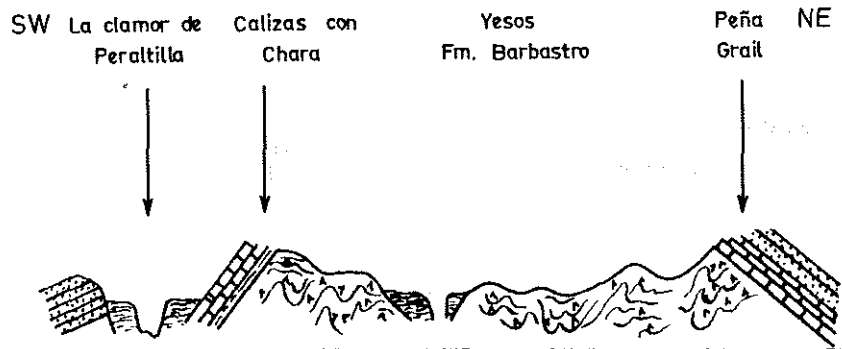


Fig. III.4. Esquema de la "combe" de Peraltilla (Huesca).

### III.2.3.2. Erosión-sedimentación en el borde de la cubeta

Otro hecho importante es que desde el Plioceno el anticlinal se sitúa en el borde de la cubeta el Ebro, al pie de las Sierras Marginales.

Tras el arrasamiento generalizado de las estructuras, la franja correspondiente al anticlinal ha ido recibiendo aportes detríticos y sufriendo un modelado con episodios diferentes en detalle para los diversos sectores. El control de estos procesos corresponde a las variaciones climáticas y a las topográficas, al irse instalando la red de drenaje en función de la neotectónica y las variaciones del nivel de base de la cuenca.

En diversos trabajos se ha señalado la existencia de mantos de gravas (glacis, terrazas y otros) sobre los yesos (SOLE, 1953; MARTINEZ-PEÑA, 1981; ALBERTO *et al.*, 1983, 1984; PEÑA, 1983). La incidencia de estos mantos sobre la evolución del relieve en el núcleo del anticlinal es notable. Así, en el sector de Alcampell-Tamarite se detecta fácilmente una superficie de arrasamiento modelada sobre el yeso, que hacia el Norte enrasa con un manto de gravas atribuidas al Cuaternario por ALBERTO *et al.* (1984). La superficie de arrasamiento sería del Pleistoceno Inferior (GUTIERREZ *et al.*, 1989) y termina hacia el Sur en un fuerte escalón en los yesos correspondientes a las cabeceras de

amplias vales. La parte distal de estas vales tiene perfil longitudinal casi plano con relleno de limos, mientras que las cabeceras tienen fuerte pendiente con acción erosiva remontante. La parte superior del escalón, correspondiente a la superficie de erosión, está peniplanizada, con red de drenaje poco jerarquizada y con una intensa karstificación que da origen a amplias dolinas, algunas con desarrollo de galerías (Fig.III.5.).

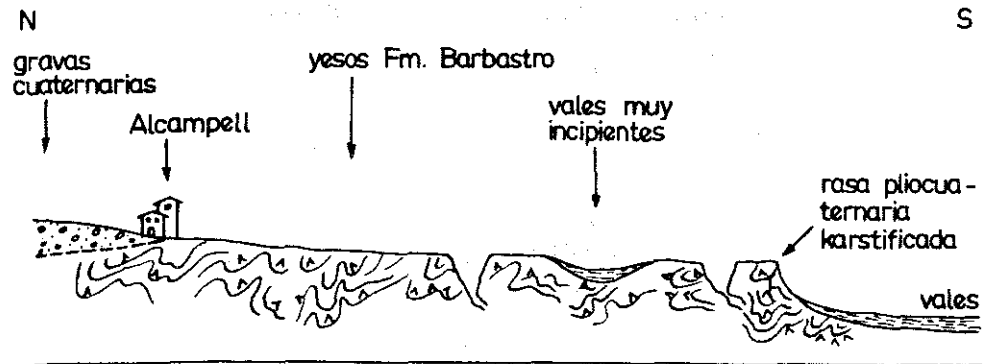


Fig. III.5. Corte esquemático de la rasa pliocuaternaria en Alcampell (La Litera, Huesca).

Más al Este, PEÑA (1983) indica el papel desempeñado por los materiales detríticos algo encostrados que protegen los yesos ante la erosión entre la Noguera Ribagorzana y el Segre y propone una relación de estos mantos con el piedemonte pliocuaternario de Alcampell. Igualmente hace ver el contraste con la zona de Camarasa, con yesos carentes de depósitos detríticos protectores, que han sufrido fuerte erosión originando amplias vales sin drenaje superficial y con rellenos cuaternarios como en el barranco de la Passada en Camarasa.

En el extremo oriental ciertos rasgos geomorfológicos pueden dar idea de la actividad erosiva del Llobregós a lo largo de la charnela de yesos. Así, LARRAGAN *et al.* (1950) se refieren a restos de terrazas cuaternarias a 45 m sobre el nivel actual del río y a otro sistema situado a 20 m. Por otra parte, la llanura aluvial del Llobregós presenta diversos escalones de varios metros en Torá-Biosca. La interpretación de estos escalones se ve complicada por la frecuencia de fenómenos kársticos que se han observado en la zona de Cunills y

Pont del Dimoni (Torá) como dolinas (biots es el nombre local) y otras formas asociadas, a veces de tipo catastrófico.

### III.2.3.3. Neotectónica y halocinesis

Ya se ha indicado que las únicas discontinuidades notables en el afloramiento de yesos se deben a los recubrimientos cuaternarios de los grandes ríos de origen pirenaico. Estos depósitos alcanzan grandes extensiones y espesores y ya en la primera mitad de este siglo diversos autores extranjeros dieron cuenta de la existencia de deformaciones asociadas al anticlinal. El trabajo más clásico es el de SOLE (1953) sobre las terrazas del Segre y la Noguera Ribagorzana. Su conclusión es que se trata de un movimiento corto, esporádico, una típica pulsación intracuaternaria que sitúa en el Cuaternario medio hasta tanto la aparición de industria en las terrazas permita afinar la datación. Las deformaciones las evalúa en 123 m para el Segre y 81 m para la Noguera Ribagorzana.

La diferencia entre movimientos halocinéticos y tectonismo no siempre puede establecerse claramente. Así, para PEÑA (1983), en el sector estudiado por él no aparece una verdadera actividad neotectónica que afecte a los materiales más competentes que el yeso. Sólo señala movimientos intracuaternarios asociados al yeso como en los piedemontes de La Litera-Alfarrás y ondulaciones en los glacis del sector de la Serra Llarga. Igualmente explica el desnivel de 50-60 m entre los glacis pliocuaternarios que van desde la derecha de la Noguera Ribagorzana al Segre respecto a los altiplanos de Almacellas y La Litera. También para MARTINEZ-PEÑA (1981) la existencia de las terrazas deformadas del Segre indica "movimientos halocinéticos intracuaternarios". Las fosas de Farrán situadas fuera del afloramiento de yesos pero asociadas al anticlinal en su extremo oriental son para CALVET *et al.* (1979) "fosas neotectónicas, posiblemente diapíricas" ligadas a los movimientos del yeso y las sales subyacentes.

La conclusión es que independientemente de su calificación -tectónicas o halocinéticos- ha habido movimientos de los yesos durante el cuaternario que han afectado a los depósitos superficiales y a los suelos.

### III.2.4. Geomorfología de los yesos

A lo largo del afloramiento de yesos el paisaje posee rasgos distintivos frente al desarrollado sobre otras litologías circundantes.

No hay estudios geomorfológicos detallados referidos a las chesas a lo largo de todo el anticlinal. Sin embargo su morfología coincide en muchos aspectos con lo establecido para los yesos miocenos del centro de la cubeta del Ebro estudiados por diversos autores (LLAMAS, 1958,1962; FRUTOS, 1968; TORRAS *et al.*, 1968; QUIRANTES, 1978; ZUIDAM, 1975,1976; ALBERTO *et al.*, 1984; SORIANO *et al.*, 1983; BURILLO *et al.*, 1985; SORIANO, CALVO, 1987). Gran parte de la terminología y las ideas expuestas en los diferentes trabajos son utilizables para las chesas del anticlinal o al menos son dignas de ser contrastadas pese a las diferencias estructurales y de edad de los yesos, así como del clima.

Las vales son la forma más característica de las desarrolladas en las chesas. Se trata de valles de fondo plano, a veces de unas decenas de metros de anchura, otras veces de varios hectómetros, con pendientes longitudinales diversas cuyos fondos a menudo están abancalados transversalmente. Estas vales se generan a partir de un valle en V excavado en los yesos y posteriormente rellenado con materiales detríticos predominantemente finos. Casi siempre el fondo plano de las vales presenta una incisión longitudinal llamada *tollo* (IBÁÑEZ, MENSUA, 1976; CASTAÑER, 1983), a menudo de paredes verticales y situada lateralmente al valle (Fig.III.6.). El *tollo* corta a veces paquetes de limos de hasta 10 m de espesor y en algunos casos alcanza el zócalo de yeso subyacente.

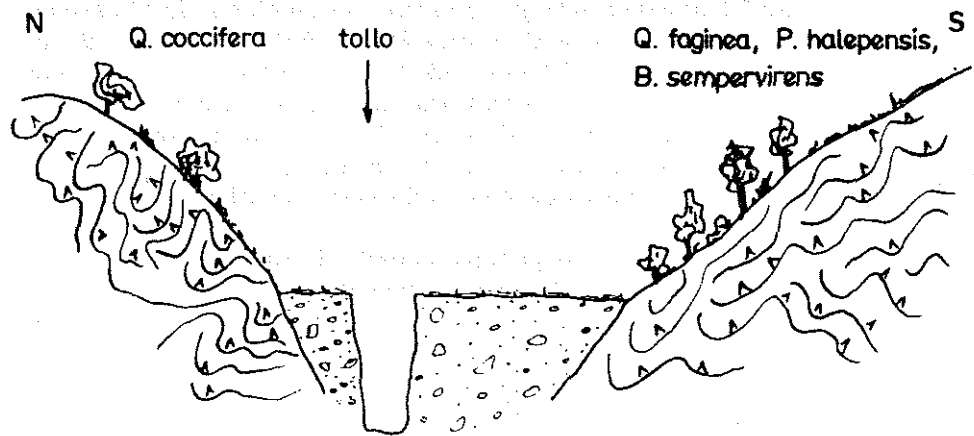


Fig. III.6. Corte esquemático transversal a una val de Iborra (Lérida).

En las vales no hay circulación superficial, salvo la arroyada que percola rápidamente en los depósitos del fondo y, en todo caso, circula por los tollos. En la cabecera de uno de estos tollos (Iborra) se midió un retroceso de más de 2 m en un año a expensas del paquete detrítico del fondo y pese a los esfuerzos de protección por parte del agricultor.

Las vales desembocan unas en otras, llegando a veces a dar redes jerarquizadas. El trazado puede ser meandriforme pero en ocasiones se observa un control estructural de los cursos, sobre todo si hay capas más resistentes inclinadas y no excesivamente replegadas.

Los relieves entre las vales suelen ser muy redondeados. La vegetación en ellas es muy pobre, siendo bastante patente el efecto de la exposición. Las pendientes de las laderas de las vales frecuentemente alcanzan valores del 100% y superiores. En el contacto de la ladera con el relleno del fondo puede haber coluvios más o menos estabilizados que en umbría suelen llevar vegetación arbórea o arbustiva.

A veces en estos coluvios que empalman con el relleno del fondo de la val se observa superposición de líneas oscuras de materia orgánica que marcan antiguos suelos enterrados.

Para el centro del valle del Ebro los rellenos de las vales, calificados de limosos, han sido explicados de diversos modos. LLAMAS (1962) supone meteorización de yeso y transporte eólico en un período seco. Para TORRAS *et al.* (1968) hay una disolución microdiferencial que permite el transporte eólico y el arrastre por las aguas; esta interpretación es aceptada por FRUTOS (1968), añadiendo variaciones climáticas y llamando la atención sobre la asimetría de las vales, estudiada más adelante por IBÁÑEZ *et al.* (1975). El transporte y acumulación eólicos del yeso y diversos efectos ligados a su disolución y recristalización han sido estudiados para climas más áridos (EARDLEY, 1962; TRICHET, 1963, 1967; MACKEE *et al.*, 1975; WATSON, 1979). ZUIDAM (1977) sugiere arrastre longitudinal y transversal de fragmentos gruesos y un truncamiento de suelos en los altos con arroyada difusa y concentrada, a partir de la época de introducción de la viña, olivar y cereales. FARACO (1975) y CALVO (1979) dan por hecho el origen eólico del relleno de las vales. ALBERTO *et al.* (1984) admiten una dinámica de vertiente, fluvial y eólica pero indican que localmente puede predominar una u otra. También para el centro de la depresión del Ebro, MANDADO *et al.* (1984) rechazan el uso indiscriminado del término "limos yesíferos".

Como forma relacionada con la actividad de las vales cabe reseñar las llanuras aluviales de los cursos que drenan algunas zonas de yeso. En este sentido se han prospectado los depósitos de la Clamor de Peraltilla y de la llanura aluvial del Llobregós en Torá. Del mismo modo se pueden citar la desembocadura del barranco de La Passada (Camarasa) y las terrazas inferiores de la Noguera Ribagorzana en Alfarrás. En estos últimos casos el papel de las vales no es tan determinante por tratarse de grandes ríos de procedencia pirenaica, pero en Peraltilla y Torá los niveles de terraza muestran la influencia del desarrollo de las vales en su génesis. Su estudio detallado para la caracterización funcional y la datación fina debe arrojar luz sobre la evolución general de las chesas en épocas recientes.

Un aspecto polémico pero de gran interés para el estudio edafológico, es la datación de las formas actuales de las chesas. Las características de poca dureza y gran solubilidad de la roca yeso, así como las petrográficas y estructurales específicas de la charnela anticlinal permiten afirmar que la evolución del paisaje ha de ser rápida.

La falta de estudios detallados de la evolución reciente del relieve en esta zona obliga a extrapolar los resultados del centro del valle del Ebro, que abonan la idea de una rápida evolución.

Allí la interpretación de los datos es controvertida, centrándose en un desencadenamiento de procesos producido por la actividad humana en diversas épocas a partir del Bronce (ZUIDAM, 1976) o en las oscilaciones climáticas holocenas (BURILLO *et al.*, 1985). Para la zona Cinca-Alcanadre SANCHO (1984) distingue dos fases de relleno de las vales y tres etapas erosivas de incisión. La secuencia de acumulación e incisión que SORIANO *et al.* (1983) datan como post-bronze y post-romana y que BURILLO *et al.* (1985) sitúan desde antes de la llegada de los Campos de Urnas (Bronze final-Hierro I) y a lo largo y después del período ibérico y romano, deberán ser documentados para las chesas del anticlinal.

En todo caso las posibles velocidades denotan unas fases de evolución del relieve que pueden quedar, también para la zona del anticlinal, dentro de la escala histórica. Los resultados de la presente investigación acerca de los suelos concuerdan bien con una escala temporal de esta duración.

### III.3. DESCRIPCION DE LAS AREAS PROSPECTADAS

Se han diferenciado unidades morfoedáficas por fotointerpretación. A partir de ella se han ido prospectando diferentes áreas, de las que se presentan cinco consideradas representativas. Enumeradas de Este a Oeste y designadas por los términos municipales donde se sitúan, estas áreas son: Iborra-Torá, Camarasa, Alfarrás-Ivars de Noguera, Alcampell y Peraltilla (Fig.III.3.).

Las áreas de Iborra-Torá y de Peraltilla son cuencas con vales tributarias, una val principal y la zona de la desembocadura de ésta en un curso de agua. Dicho curso drena también zonas externas a las chesas; en el primer caso se trata del río Llobregós y en el segundo de la clamor de Peraltilla. El desmantelamiento del núcleo yesoso está muy avanzado, sin restos de la superficie pliocena en los yesos, ya que todas las colinas de yeso quedan a cotas inferiores a las alturas constituídas por las capas de areniscas y calizas en contacto con el yeso. Pese a sus similitudes fisiográficas se han tomado ambas zonas por considerarlas muy representativas y por corresponder a los extremos del afloramiento lo que hace que presenten acusadas diferencias climáticas y de vegetación.

El área de Alcampell es representativa de la superficie de erosión pliocuaternaria en el yeso y de su escarpe donde se desarrollan las cabeceras de vales muy largas. Las partes distales de estas amplias vales se introducen en la subcomarca de la Baja Litera con un recorrido de varios Km y con perfil longitudinal casi horizontal.

El área de Camarasa corresponde a una ladera en glacis desarrollada a partir de un material yesoso con marga intercalada. La pendiente es relativamente suave acabando en un escarpe que marca la margen derecha del barranco de la Passada. El fondo del barranco es plano, con depósitos cuaternarios; su pendiente longitudinal, muy suave, sufre una pequeña ruptura aguas abajo del área prospectada, empalmando finalmente con la terraza inferior del Segre.

El área de Alfarrás-Ivars se sitúa en una de las zonas de interrupción en el afloramiento de yesos, debida a los mantos aluviales de la Noguera Ribagorzana. Las terrazas tienen potencias considerables y las diferencias de cota entre ellas deben interpretarse por movimientos intracuaternarios de los yesos que se discuten en el apartado III.2.3.3.



### III.4.CLIMA

#### III.4.1.Datos de observatorios meteorológicos

El clima se ha caracterizado mediante datos (LISO, ASCASO, 1969; ELIAS, RUIZ, 1977) de los observatorios reseñados en el Cuadro III.1., que se sitúan (Figura III.3.) en el borde del afloramiento de yeso o en su proximidad.

CUADRO III.1.  
RESUMEN DE DATOS DE LOS OBSERVATORIOS METEOROLOGICOS  
CONSULTADOS

Observatorio	Altitud en metros	T <sub>m</sub> anual °C	P <sub>m</sub> anual mm	Thornthwaite	
				ETP <sub>m</sub> anual mm	Clasificación
Barbastro	327	14.5	499	795	DB'2db4
Monzón	270	13.8	452	775	id.
Almunia de San Juan	340	14.5	439	790	DB'2db3
Albelda	361	15.2	465	848	id.
Alfarrás	281	14.1	395	783	id.
Balaguer	240	14.4	434	779	DB'2db4
Cervera	540	12.7	456	715	id.

Los diagramas ombrotérmicos y los de evapotranspiración se recogen en las Figs. III.7. y III.8. Los diagramas ombrotérmicos muestran un período seco anual en todos los observatorios. La máxima duración de éste se produce en Albelda y Alfarrás, con más de tres meses; en Monzón y Balaguer dos meses y tres semanas; en Cervera dos meses y diez días y en Barbastro poco más de un mes. Los diagramas de evapotranspiración se han construido a partir de la E.T.P. según Thornthwaite y suponiendo una reserva máxima del suelo de 100 mm. Puede apreciarse que Albelda es el único observatorio con ligero exceso de agua (en febrero 15 mm y en marzo 5 mm).

El resumen de balances hídricos anuales (Cuadro III.2.) denota que no hay exceso de agua para los observatorios, salvo una pequeña cantidad en Albelda. Ello hace que estos suelos deban incluirse entre los de régimen no percolante (GERASIMOV, GLAZORSKAYA, 1960).

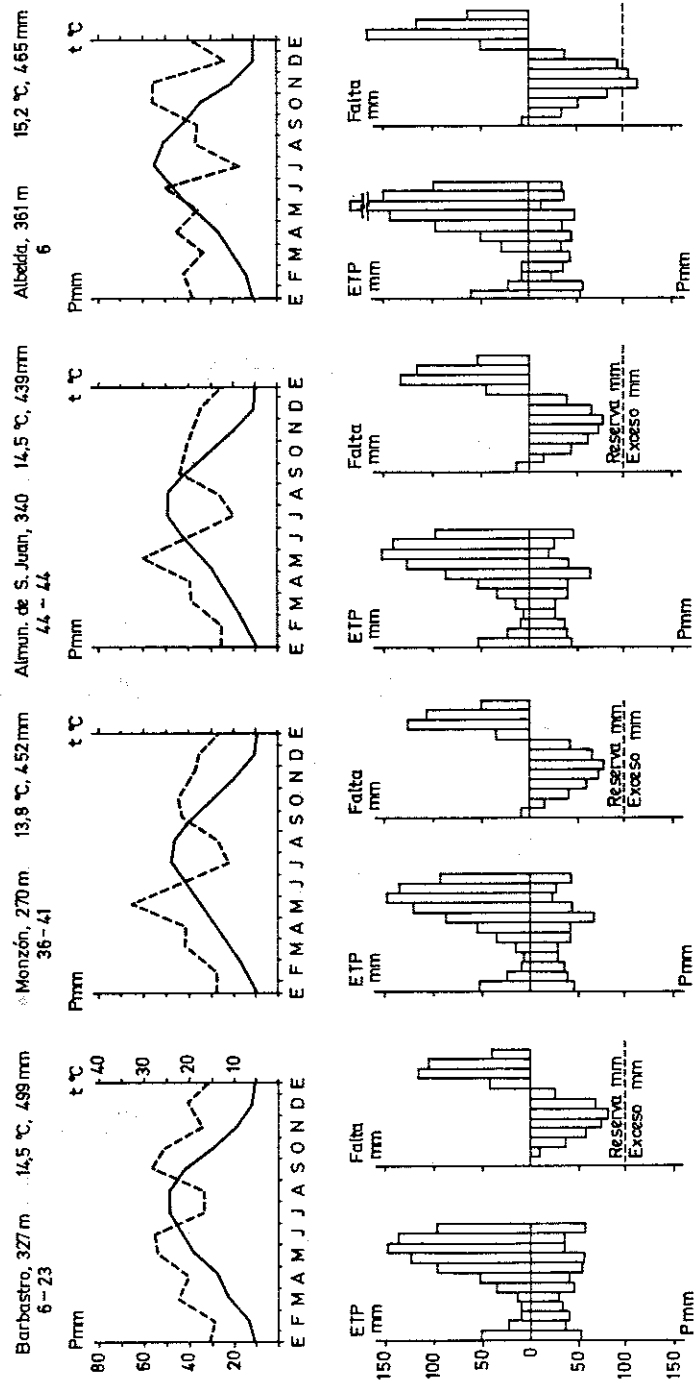


Fig. III.7. Diagramas ombrotérmicos y de E.T.P. de los observatorios de Barbastro, Monzón, Almunia de San Juan y Albelda (Huesca).

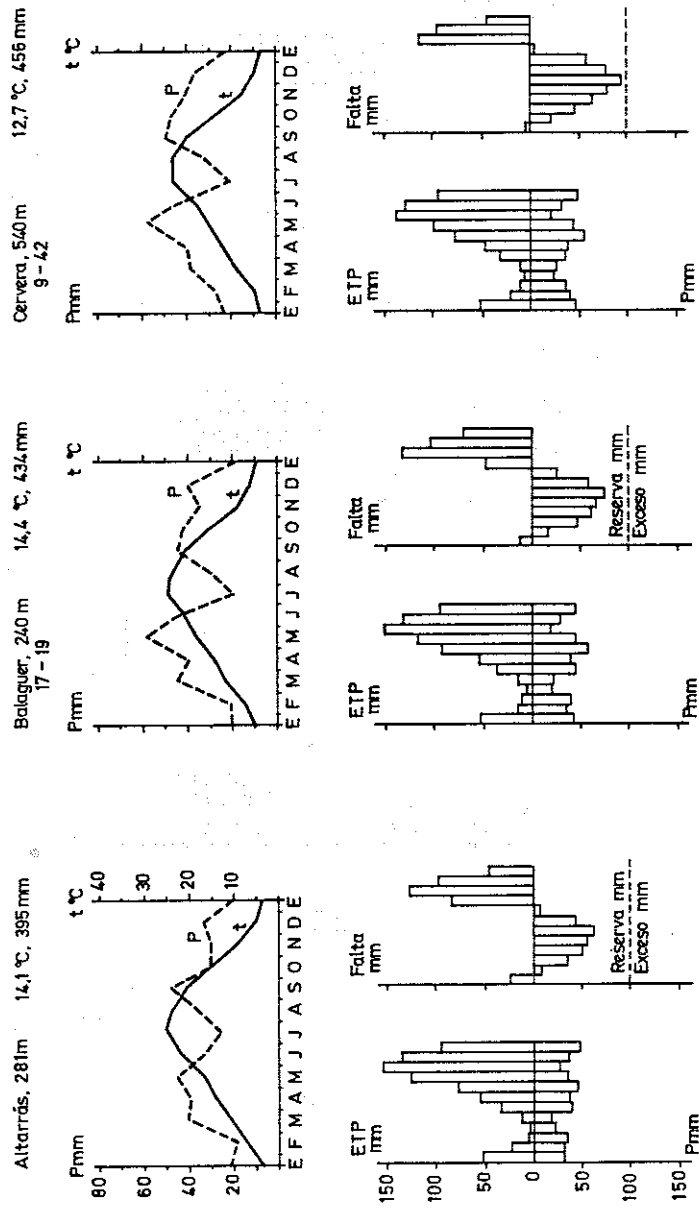


Fig. III.8. Diagramas ombrotérmicos y de E.T.P. de los observatorios de Alfarrrás, Balaguer y Cervera (Lérida).

**CUADRO III.2.**  
**RESUMEN DEL BALANCE HIDRICO ANUAL DE LOS OBSERVATORIOS, EN mm**

	Barbastro	Monzón	Almunia de San Juan	Albelda	Alfarrás	Balaguer	Cervera
Reserva	356	372	374	503	258	353	446
Falta	300	323	351	403	388	345	259
Exceso	0	0	0	20	0	0	0

Los índices climáticos tradicionales resultan muy poco discriminantes. Únicamente reflejan cierta aridez para todos los observatorios, algo atenuada en los extremos de la zona de estudio, sobre todo en el oriental. La combinación del índice de aridez (De Martonne) con el de higr continentalidad (Gams) sitúa a todos los observatorios dentro del área "Durilignosa" en la gráfica de RIVAS-GODAY (1947).

Se ha clasificado el clima según los criterios de Thornthwaite y de Papadakis para cada uno de los observatorios. Con los criterios de Papadakis, los observatorios estudiados tienen régimen térmico "Templado cálido", régimen de humedad "Mediterráneo seco" y tipo climático "Mediterráneo templado". Con los criterios de Thornthwaite (Cuadro III.1.) estos climas resultan "Semiárido, mesotérmico II, con pequeño o ningún exceso de agua"; únicamente se aprecia una ligera diferencia en la concentración estival de la eficacia térmica, que es algo menor en los observatorios situados en la parte media de la banda de yesos.

#### III.4.2. Régimen de temperatura y humedad del suelo

La inexistencia de datos de temperatura y humedad de los suelos, necesarios para aplicar los criterios de Soil Taxonomy System, hace que se utilicen los datos de los observatorios. Por ello los regímenes de temperatura obtenidos (Cuadro III.3) tienen un valor meramente orientativo. La diferencia de las temperaturas medias de verano e invierno es superior a 5° C en todos los observatorios.

**CUADRO III.3.**  
**REGIMENES DE TEMPERATURA (S.T.S.) DE LOS SUELOS ESTIMADOS A PARTIR DE LOS DATOS DE OBSERVATORIO**

	Barbastro	Monzón	Almunia de San Juan	Albelda	Alfarrás	Balaguer	Cervera
	Thermic	Mesic	Thermic	Thermic	Thermic	Thermic	Mesic

Para la clasificación de los suelos debe establecerse un régimen de humedad, resultando inevitable el emitir una hipótesis a falta de los necesarios datos de edafoclima. Una comparación con regiones próximas como lo son de una parte los Monegros, mucho más áridos, y de otra La Segarra o los Somontanos oscenses, induce a considerar el régimen de humedad de estos suelos como xérico, aplicando un enfoque macroclimático.

Lo insatisfactorio de tal aproximación se acentúa ya que los microclimas son los realmente determinantes del funcionamiento y clasificación de los suelos. Resalta particularmente el efecto de la exposición, muy acusado en estos suelos tanto sobre el terreno como en teledetección. Las solanas presentan habitualmente fuerte erosión, pendientes muy acusadas superiores al 100% y a menudo la roca desnuda; puede suponerse que en tales condiciones el régimen de humedad es arídico. En todas las posiciones debe tenerse en cuenta la escasa capacidad de retención de humedad de estos suelos, con la excepción de sus horizontes O (Cuadro V.5.1.), cuya cobertura está muy reducida por la acción antrópica.

Los datos de observatorio apenas tienen valor para definir el régimen de humedad de los suelos. El régimen real de humedad de los pediones estudiados queda fuertemente controlado por la exposición y la intervención humana, sobre todo la deforestación y el cultivo.

### III.5. VEGETACION

Aplicando los criterios de HOLDRIDGE (1947) a los datos de los observatorios, toda la zona de estudio queda en la región templada, en su límite con la templada-fría y le corresponde la formación vegetal estepa o el chaparral alto, lo cual es acorde con los rasgos observables en la vegetación. Para interpretar la vegetación debe también tenerse en cuenta la situación de la zona de estudio en el límite norte de la inversión térmica del valle del Ebro y las influencias marítimas de origen mediterráneo en la parte oriental.

La vegetación de las chesas tiene una fisionomía netamente diferente a la de las zonas circundantes, ya que los el elevado contenido de yeso condiciona qué especies pueden implantarse, y las hay que sólo se desarrollan en estas condiciones. Según HUGUET DEL VILLAR en FONT QUER (1962), el término "gipsícola" se refiere a los vegetales que pueden habitar en suelos con alto contenido de yeso, mientras que "gipsófilo" se reservaría a los que viven exclusivamente sobre suelos yesosos.

Las fanerógamas gypsófilas españolas han sido estudiadas por diversos autores (HUGUET DEL VILLAR, 1925; BELLOT, 1952; FONT QUER, 1953) y en particular la flora del anticlinal por PEDROL (1985). En el Cuadro III.4. se relacionan las especies gypsófilas recolectadas en la zona de estudio a lo largo de varios años.

**CUADRO III.4.**  
**ESPECIES GYPSOFILAS RECOLECTADAS**

---

*Ononis tridentata* L.  
*Gypsophila struthium* L. in Loefl. subsp. *hispanica* (Willk.) G. López  
*Helianthemum squamatum* (L.) Pers.  
*Lepidium subulatum* L.  
*Reseda stricta* Pers.  
*Campanula fastigiata* Dufour ex DC.  
*Herniaria fruticosa* L.  
*Centaurium quadrifolium* (L.) G. López & Ch. Jarvis subsp. *parviflorum* (Willk.)  
Pedrol

---

La presencia de criptógamas en las chesas es relevante. Los musgos, muy condicionados por la humedad, aparecen en sotobosque o en laderas de exposición Norte. Los líquenes soportan condiciones de sequía e insolación muy duras, se implantan en suelos sin vegetación vascular por incendios o pastoreo y colonizando las rocas de yeso totalmente desnudas, llegando a dar rodales con recubrimiento liquénico prácticamente continuo.

La importancia de los líquenes en las zonas yesosas ya fue indicada por HUGUET DEL VILLAR (1925), atribuyéndoles un papel antierosivo en terrenos yesíferos desprovistos de vegetación fanerogámica. Posteriormente otros autores se han ocupado de la liquenología de los yesos en España (LLIMONA, 1974; CRESPO & BARRENO, 1975; TARAZONA et al., 1980).

Se han fabricado láminas delgadas de líquenes crustáceos muestreados solidariamente con su sustrato, generalmente roca yesosa, para tener una idea del modo de implantación del líquen y sus relaciones con la roca.

La vegetación de la zona de estudio entra dentro del dominio del *Quercetum rotundifoliae*, pero mientras que en el extremo oriental hay influencias del dominio del *Violo-quercetum fagineae* en el occidental las hay del *Rhamno-quercetum cocciferae*.

La vegetación de estos suelos yesíferos fue estudiada por BRAUN-BLANQUET, BOLOS (1957) en su ya clásico trabajo sobre el valle del Ebro

y, posteriormente, BOLOS (1960) amplió algunos detalles. Según estos autores toda la vegetación gypsícola queda encuadrada en la alianza *Gypsophilion* Br.-Bl., 1951; aunque en suelos con menor contenido de yeso pueden instalarse algunas asociaciones de otras alianzas.

La actual vegetación de las chesas es el resultado del medio (suelo y clima) pero fuertemente condicionada por la acción antrópica (tala, cultivo, pastoreo y fuego, etc).

Se han realizado inventarios en formaciones vegetales que por su reducido grado de alteración o por su extensión se han considerado representativas. Algunos de estos inventarios próximos a calicatas se relacionan en los Cuadros III.5 a III.7.

El inventario del Cuadro III.5. es representativo de la vegetación del anticlinal, excluyendo el extremo oriental, en localizaciones con ligera exposición Norte y sometido a tala y fuego. Se puede incluir en la alianza *Gypsophilion*.

**CUADRO III.5.  
INVENTARIO DE VEGETACION EN PERALTILLA (HUESCA)**

calicata: 29	pendiente: 15%	exposición: E
cobertura: 80% (arbustiva: 70%; herbácea: 15%)		
<i>Ononis tridentata</i> L.		3.4
<i>Gypsophila struthium</i> subsp. <i>hispanica</i> (Willk.) G. López		2.3
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.		3.4
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC. in Lam. & DC.		2.2
<i>Thymus vulgaris</i> L.		1.1
<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i> (Lam.) T. Morais		1
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.		1
<i>Dactylis glomerata</i> L.		1
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>capitatum</i> (L.) Arcangeli		+
<i>Asphodelus cerasifer</i> Gay		+
<i>Lithodora fruticosa</i> (L.) Griseb.		+
<i>Atractylis humilis</i> L.		+
<i>Echinops ritro</i> L.		+
<i>Eryngium campestre</i> L.		+
<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau		+
<i>Helianthemum marifolium</i> (L.) Miller		+
<i>Dipcadi serotinum</i> (L.) Medicus		+
<i>Helianthemum salicifolium</i> (L.) Miller		+
<i>Bombycilaena erecta</i> (L.) Smolj.		+

El inventario del Cuadro III.6. corresponde a la vegetación en posiciones somitales sobre sustrato yesoso y con fuerte pastoreo. Es incluíble en la

alianza *Rosmarino-Ericion*, aunque la influencia del sustrato queda reflejada en la presencia de *Ononis tridentata*.

**CUADRO III.6**  
**INVENTARIO DE VEGETACION EN IBORRA (LERIDA) EN UNA**  
**POSICION SOMITAL**

calicata: 153	pendiente: 50%	pendiente: horizontal
<i>Ononis tridentata</i> L.		3.3
<i>Thymelaea tinctoria</i> (Poir.) Endl.		3.3
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin		2.4
<i>Stipa barbata</i> Desf.		2.3
<i>Helianthemum syriacum</i> subsp. <i>thibaudii</i> (Pers.) Meikle		1.1
<i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Miller		2.1
<i>Thymus vulgaris</i> L.		2.1
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC. in Lam. & DC.		+
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>capitatum</i> (L.) Arcangeli		1.1
<i>Quercus coccifera</i> L.		+
<i>Linum suffruticosum</i> L.		+
<i>Fumana ericoides</i> (Cav.) Gand.		+
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.		+
<i>Stipa iberica</i> Martinovsky		+
<i>Plantago albicans</i> L.		+

Finalmente en el Cuadro III.7. se presenta una formación muy rara en el anticlinal. Es explicable, además de por su exposición, por las características del clima del extremo oriental y por la presión antrópica débil. Se encuadraría en la alianza *Quercus pubescenti-petraeae*, perteneciente a un orden *Quercetalia pubescentis*, diferente del *Rosmarinetalia*, que ocupa la mayor parte de la superficie de las chesas.

**CUADRO III.7**  
**INVENTARIO DE VEGETACION EN IBORRA (LERIDA) EN UNA**  
**VERTIENTE UMBRIA**

calicata: 151	pendiente: 25%	exposición: N
cobertura: 100% (arbórea: 80%; arbustiva: 50%; herbácea: 70%)		
<i>Quercus faginea</i> Lam.		5.5
<i>Buxus sempervirens</i> L.		4.5
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.		1.1
<i>Aphyllantes monspeliensis</i> L.		2.1
<i>Dactylis glomerata</i> L.		2.3
<i>Rubia peregrina</i> L.		1.1
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC. in Lam & DC.		+
<i>Thymus vulgaris</i> L.		+
<i>Tanacetum corymbosum</i> (L.) Shultz Bip.		+
<i>Viola</i> sp.		+



## IV. MATERIAL Y METODOS

### IV.1. PROSPECCION Y DESCRIPCION DE CAMPO

#### IV.1.1. Fotointerpretación

La teledetección de la zona ha sido posible utilizando las imágenes LANDSAT órbita 213 fila 31 y órbita 214 fila 31, E 1:500.000, tanto en blanco y negro como en falso color (bandas 4, 5 y 7), el cual destaca en marrón claro la franja yesosa (Fig. IV.1.). La fotointerpretación clásica se ha realizado mediante los fotogramas aéreos del vuelo USAF-B a escala aproximada de 1:33.000 y del vuelo AZIMUT-1978, a escala 1:18.000.

#### IV.1.2. Suelos prospectados y calicatas seleccionadas

La prospección de suelos en las distintas áreas se ha realizado mediante calicatas. Se han descrito un total de 50 pediones utilizando las normas SINEDARES, incluso en las descripciones anteriores a la edición del manual SINEDARES (C.B.D.S.A., 1983).

La nomenclatura de horizontes utilizada es la siguiente:

A<sub>1</sub> en su sentido clásico.

A<sub>p</sub> en su sentido clásico.

B<sub>y</sub> para un horizonte cámbico con evidencias de redistribución de yeso, sin que cumpla para gypsico.

Y para un horizonte de acumulación de yeso que cumple las exigencias para gypsico. Se corresponde con un B<sub>y</sub> de la FAO.

C<sub>y</sub> material subyacente yesífero.

R roca yeso compacto, generalmente yeso sacaroideo.

Los perfiles descritos quedan localizados en las Figuras IV.2. a IV.6. Se tomaron bloques no alterados, fabricando las 180 láminas delgadas que han sido estudiadas al microscopio. En los Cuadros IV.1 a IV.5. se relacionan las calicatas seleccionadas cuya descripción morfológica y análisis de caracterización se incluyen. De ellas se han tomado 17 para la descripción micromorfológica con los criterios que se indican en el apartado IV.5.3.

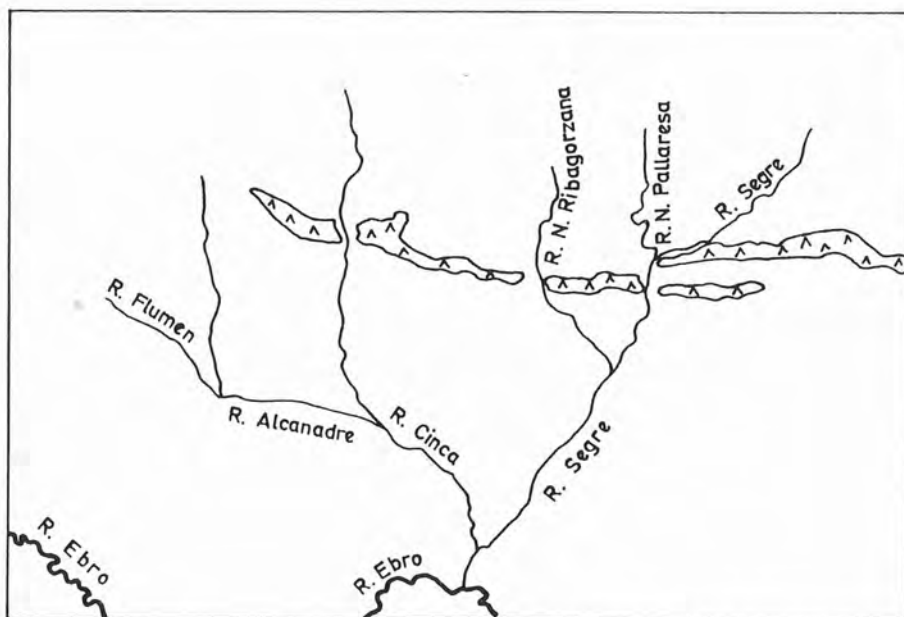


FIG. IV.1. El afloramiento yesoso puede visualizarse en su conjunto mediante percepción remota. Imagen en falso color a partir de bandas LANDSAT (28-7-78).

**CUADRO IV.1.**  
**CARACTERISTICAS MORFOEDAFICAS, DE VEGETACION Y DE USO: CALICATAS**  
**REPRESENTATIVAS EN EL AREA DE IBORRA-TORA**

Forma	Posición	Vegetación	Intervención humana	Calicatas
Colinas redondeadas	Somital	<i>Q. faginea</i>	Tala, pastoreo	153
	Vertiente exposición sur	<i>Q. coccifera</i>	Fuego, pastoreo	136
Collados		<i>Q. faginea</i>		135
		<i>O. tridentata</i>		143
Laderas de exposición N	Parte superior	<i>Q. faginea</i>	Tala, aclareo	134
	Parte inferior	<i>Q. faginea</i>	Tala, fuego	141
	Empalme con fondo de val	<i>Buxus sempervirens</i>	Caza	151
Fondo plano de val con exutorio por largo canal remontante	Cabecera	Cereal	Abancalamiento transversal.	142
	Parte media	Cereal	Cunetas laterales.	137
	Distal, sobre barranco remontante	Cereal	Probable aporte de epipediones	140
Fondo plano de val triburaria de la anterior. Salida del tolo entubada	Cabecera	Cereal	Cultivo. Se rellenó hace 40 años	144
	Parte baja a 50 m de la salida	Genista	Sin cultivar desde al menos 10 años	138
Cono de deyección	Junto a la incisión actual	Cereal	Cultivo	146
Llanura aluvial; parte de sus materiales procedentes de fuera de la chesa	Sobre el cauce actual	Cereal	Cultivo. Explotación gravas	149
	Parte superior primer escalón	Cereal	Leve nivelación. Cultivo	147
	Escarpe del 2o escalón	Escarpe	Protección del borde superior	152

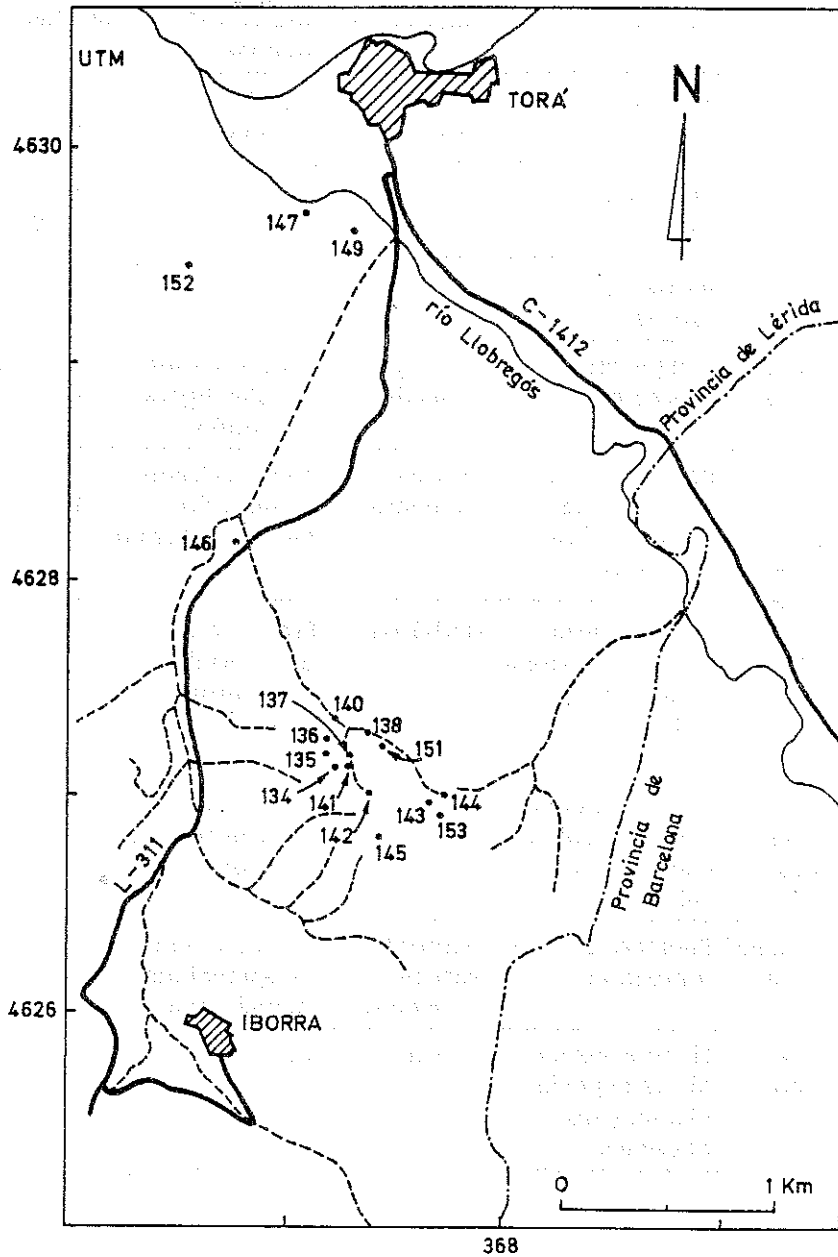


FIG. IV.2. Localización de perfiles descritos en el área de Iborra-Torá (Lérida)

**CUADRO IV.2.**  
**CARACTERISTICAS MORFOEDAFICAS, DE VEGETACION Y DE USO: CALICATAS REPRESENTATIVAS EN EL AREA DE PERALTILLA**

Forma	Posición	Vegetación	Intervención humana	Calicatas
Colinas redondeadas	Somital	Gypsófila 95% recubr.	Ligera: caza fuego	34
	Vertiente exp. W	"	"	29 y 28 19
	Vertiente exp. W	"	"	18 y 21 16 y 17
Fondo de val con cabecera en la chesa	Collado en cabecera	Cereal y almendro	Bancales transversales, ligera nivelación	22
Fondos de val receptores de materiales de fuera de la chesa y de la propia chesa	Parte distal de val tributaria colgada sobre la principal	Cereal y almendro	Bancales transversales. Protección de la ripa	14
	Exutorio de la cuenca. Funcionamiento torrencial	Herbácea.	Protecciones transversales aguas arriba y abajo. Cultivo intermitente	13
Vertiente modelada en materiales finos	Fuerte pendiente que empalma con el fondo de val	Cereal	Laboreo en líneas de máxima pendiente	15
Replano modelado en materiales finos	Replano colgado sobre la val	Gypsófila 95% recubrimiento	Antigua: aporte de epipediones. Actual: caza	20
Terraza de la Clamor (fuera de la chesa)	Llanura aluvial disecada por la Clamor y sus afluentes	Cereal	Cultivo	11

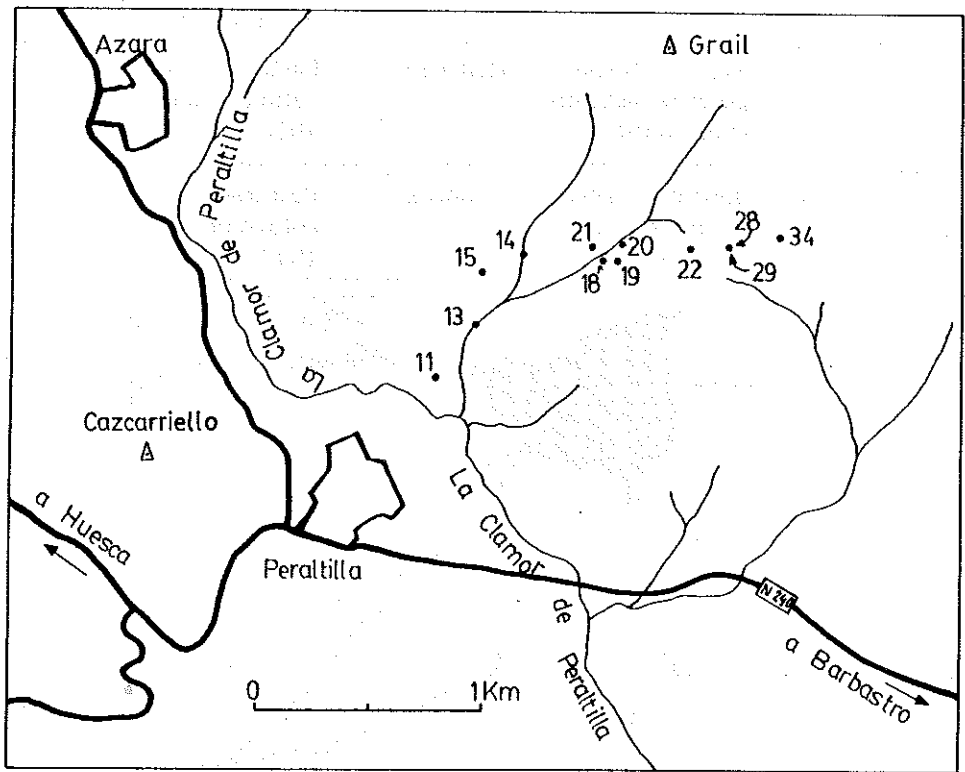


FIG. IV.3. Localización de perfiles descritos en el área de Peraltilla (Huesca)

**CUADRO IV.3.**  
**CARACTERÍSTICAS MORFOEDAFCAS, DE VEGETACION Y DE USO: CALICATAS**  
**REPRESENTATIVAS EN EL AREA DE ALCAMPELL**

Forma	Posición	Vegetación	Intervención humana	Calicatas
Superficie de Arrasamiento pliocuaternario	Fondo pequeña vaguada	Cereal	Cultivado hace más de 100 años	201
	Lomo suave	Cereal	Roturación el año 1963	202
Fondo de val	Al pie del escarpe de la rasa pliocuaternaria	Herbácea	Pastoreo. Sin cultivo desde 1937	205,203
	Bancal en el escarpe de la rasa pliocuaternaria	Herbácea	Pastoreo. Sin cultivo desde 1937	204

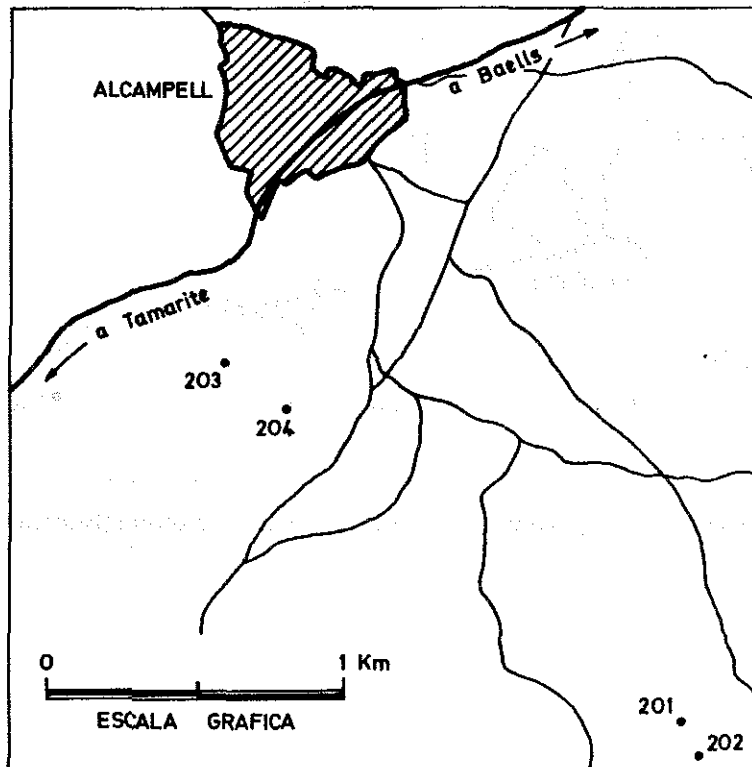


Fig. IV.4. Localización de perfiles descritos en el área de Alcampell (Huesca)

**CUADRO IV.4.  
CARACTERÍSTICAS MORFOEDAFICAS, DE VEGETACION Y DE USO: CALICATAS  
REPRESENTATIVAS EN EL AREA DE CAMARASA**

Forma	Posición	Vegetación	Intervención humana	Calicatas
Vertiente en glacia	Extremo superior	Cereal	Cultivo	163
	Parte media	Cereal	Aporte reciente de materiales	162
	Extremo distal	Cereal	Cultivo	161
Bancales	Sobre ladera	Oliveras	Abancalamiento, cultivo	164
Fondo de val	Al pie de la vertiente. Drena amplia cuenca deforestada	Cereal	Pastoreo, cultivo Se instaló tubo de desagüe enterrado en 1982	166

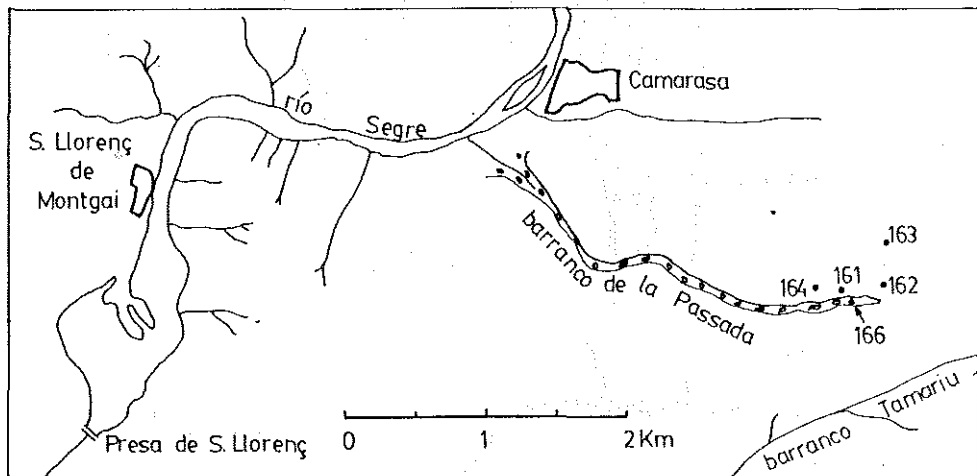


Fig. IV.5. Localización de perfiles descritos en el área de Camarasa (Lérida).



**CUADRO IV.5.  
CARACTERÍSTICAS MORFOEDAFICAS, DE VEGETACION Y DE USO: CALICATAS  
REPRESENTATIVAS EN EL AREA DE ALFARRAS-IVARS**

Forma	Posición	Vegetación	Intervención humana	Calicatas
Terraza del Segre	Bajo el escarpe de yesos	Melocotoneros	Nivelación, riego	47
		Rastrojo de cebada	Cultivo, secano	45
Terraza del Segre	Sobre el escarpe de los yesos	Cebada	Cultivo, secano	48
Suave pendiente coluvial	Sobre el escarpe de los yesos	Cebada	Cultivo, secano	49
Glacis plio-cuaternario	Somital; gravas con petrocálcico	Rastrojo de cebada	Cultivo, secano	41,42,43
Fondo de val	Parte media	Matorral	Huertos abandonados	44

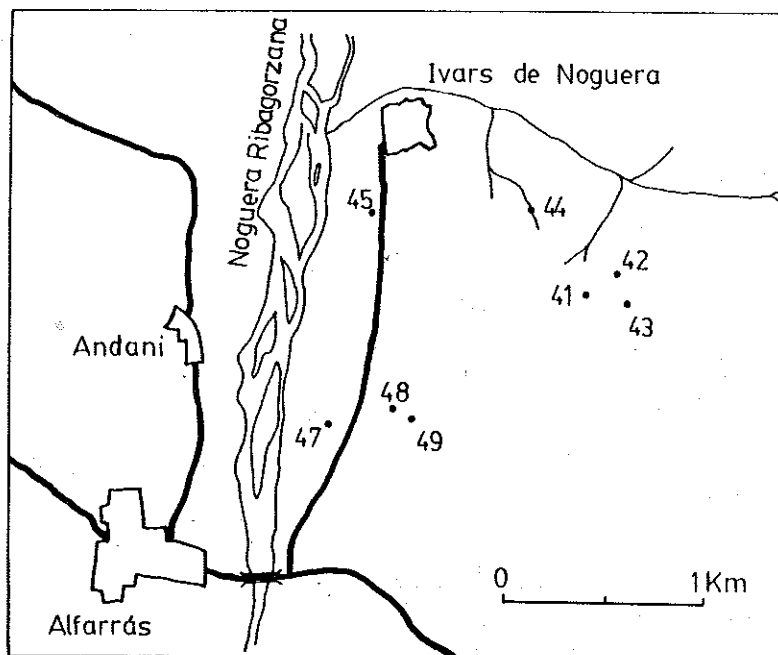


Fig. IV.6. Localización de perfiles descritos en el área de Alfarrás-Ivars (Lérida)

## **IV.2. ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS**

Los métodos utilizados, con algunas adaptaciones para suelos yesosos, son los clásicos en edafología, que permiten comparación de resultados. La descripción detallada de la mayoría de los métodos así como las correspondientes referencias pueden encontrarse en PORTA & al. (1986).

### **IV.2.1. Preparación de las muestras**

El secado de las muestras para los análisis de laboratorio se hizo siempre al aire, en bandejas de plástico. Todas las determinaciones se refieren a peso de tierra fina seca al aire.

El estado de humedad influye en la facilidad de destrucción de los agregados en muestras de elevados contenidos de yeso, provocando el secado una cohesión que dificulta la disgregación.

Por otra parte la poca dureza del yeso, y la bajísima coherencia de esta roca cuando está alterada, hacen que con un molino tamizador de cilindros siempre llegue a pasar toda la muestra por el tamiz de 2 mm, incluso con tiempos de molienda no excesivamente prolongados. Ello conduce a mezclar la tierra fina con el yeso procedente de los elementos gruesos.

La solución adoptada fue desmenuzar los agregados a mano y con un rodillo de madera poniendo la muestra sobre lámina de polietileno en mesa de madera. El trabajo a mano sólo es posible cuando la muestra tiene un contenido de humedad adecuado, por lo que tras esta molienda manual ha de continuar el secado al aire. Aun así, debe tenerse en cuenta que, por la similitud de su composición mineral, el comportamiento mecánico de los elementos gruesos y del resto del material yesoso es prácticamente idéntico, lo que exige una preparación de las muestras muy cuidadosa.

### **IV.2.2. Granulometría**

El método utilizado en el análisis granulométrico ha sido el de sedimentación discontinua con extracciones sucesivas (pipeta Robinson y tamizado en húmedo de las arenas).

Este método ha presentado abundantes problemas y en muchas de las muestras resulta inaplicable, pero se ha mantenido por ser el de referencia y porque la revisión de la bibliografía indica que no está resuelta satisfactoriamente la problemática (BOYE, NESSON, 1969; HESSE, 1976; VIEILLEFON, 1977, 1979; JOB 1981; CARTER & INSKEEP,

1988) de esta determinación para suelos con elevados contenidos de yeso.

El problema más frecuente ha sido la imposibilidad de obtener una dispersión estable por la abundancia de yeso. Se descartó el hacer lavados sucesivos que en la mayoría de las muestras hubieran conducido a la eliminación de una parte muy considerable del material, careciendo de sentido tomar la granulometría del residuo como representativa de la del suelo.

Por otra parte, la aplicación de la ley de Stokes en este método debería corregirse para la densidad y viscosidad del agua saturada en yeso y para la densidad de las partículas. También la forma de éstas se desvía de la esfericidad teórica de modo no aleatorio, puesto que como muestra la microscopía predominan las formas lenticulares. La profundización de estos aspectos queda fuera del objeto del presente trabajo.

Se ofrecen, no obstante, algunos de los resultados obtenidos, pero con las reservas expresadas en función del contenido en yeso de la muestra.

#### **IV.2.3. pH**

La reacción del suelo se ha medido en todas las muestras con una relación suelo: agua 1:2.5. En todos los casos se utilizó un pHmetro capaz de apreciar hasta 0.01 unidad de pH, con un electrodo combinado de vidrio.

#### **IV.2.4. Materia orgánica**

Se ha determinado la materia orgánica mediante la oxidación del carbono orgánico. El método ha sido la oxidación de la materia orgánica con dicromato potásico y valoración del exceso mediante sal de Mohr (método Walkley-Black). Como factor de conversión a materia orgánica se ha tomado 1.72 y se expresan los resultados como porcentaje de materia orgánica.

#### **IV.2.5. Carbonato cálcico equivalente**

El carbonato cálcico equivalente se ha determinado por gasometría en calcímetro Bernard.

#### IV.2.6. Yeso "equivalente"

Se determinan los sulfatos totales por gravimetría previo ataque con HCl concentrado, en caliente y precipitación como sulfato bórico recogiendo el filtrado en crisol de placa filtrante.

En ninguna de las muestras ha aparecido salinidad, por lo tanto puede asumirse que los sulfatos así determinados, expresados como yeso, corresponden al yeso total. Para indicar que con este método se determinan también otros sulfatos si existen, se introduce la expresión "yeso equivalente", análoga a la utilizada en los carbonatos. Otros sulfatos detectados al microscopio petrográfico (celestina y anhidrita) representan cantidades despreciables en horizontes muy concretos, por lo que no interferirán en los resultados al suponer que se trata de yeso.

#### IV.2.7. Salinidad

La estimación de la salinidad en suelos se hace generalmente mediante la prueba previa de salinidad, que mide la conductividad eléctrica del extracto suelo: agua en proporción 1:5. Esta prueba se ha realizado en todas las muestras.

Para muestras con elevados contenidos de yeso se mantuvieron tiempos de contacto suelo:agua de unas dos horas. En efecto, se pudo comprobar en numerosas determinaciones que a partir de contenidos de yeso próximos a saturación, la cinética de disolución es tal que exige este tiempo de contacto hasta disolver la máxima cantidad posible y obtener una medida de la conductividad eléctrica estable y reproducible.

En suelos yesosos la prueba previa no es muy discriminante ya que la conductividad eléctrica es de 2.2 dS/m a 25°C en cuanto el contenido de yeso es suficiente para saturar el extracto es decir alrededor de 2.6 g/l o lo que es lo mismo, desde contenidos de 1.3% de yeso en la muestra.

Cuando se ha deseado precisar la naturaleza de los iones solubles del suelo se ha empleado la técnica de la pasta saturada (RICHARDS & al., 1954, 1969) que permite comparaciones con otros ámbitos. Además del porcentaje de saturación se ha medido la conductividad eléctrica del extracto. Los iones determinados han sido  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  por complexometría;  $\text{Na}^+$  mediante fotómetro de llama;  $\text{CO}_3^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$  por acidimetría;  $\text{SO}_4^{2-}$  por turbidimetría en espectrofotómetro de doble haz y  $\text{Cl}^-$  mediante electrodo ión-selectivo.

#### **IV. 2.8. Capacidad de intercambio catiónico**

La capacidad de intercambio se ha determinado mediante saturación del suelo con  $\text{Na}^+$  y determinación del sodio retenido. Para ello se utiliza acetato sódico 1N a pH 8.2; el sodio se desplaza con amonio y se determina por fotometría de llama.

Los cationes  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$  intercambiables se determinan extrayéndolos con acetato amónico 1N a pH7. El  $\text{Na}^+$  y el  $\text{K}^+$  se analizan por fotometría de llama y el  $\text{Mg}^{2+}$  por complexometría. El  $\text{Ca}^{2+}$  se determina por diferencia.

#### **IV.2.9. Contenidos de humedad a distintos potenciales**

La capacidad de retención de agua de las muestras de tierra fina se ha medido a -33 KPa y a -1500KPa. En la mayoría de las muestras más representativas se ha medido también a -100; -200; -500 y -1000 KPa con el fin de construir la curva característica de humedad.

En todos los casos la determinación se ha realizado mediante placas Richards. El secado se ha hecho sin sobrepasar nunca los 40° C para evitar resultados incorrectos por pérdida de agua de constitución del yeso. Los resultados se expresan en % de humedad gravimétrica, es decir, gramos de agua por cada 100 gramos de suelo seco a 40° C.

#### **IV.2.10. Velocidad de infiltración**

Los datos disponibles acerca del comportamiento hídrico de estos suelos son muy escasos. Por ello se consideró interesante, además de medir en laboratorio la capacidad de retención de humedad, el disponer de datos de campo de infiltración en unidades de suelo representativas prospectando un área modelo. Los datos aquí obtenidos son útiles para estudios de erosión y por su repercusión edafogénica.

El área elegida para las medidas de infiltración fue la de Iborra, y sobre ella se hicieron las observaciones en puntos de distintas características que se indican en el Cuadro IV.6.

El método empleado ha sido el Müntz, con doble anillo. El dispositivo de alimentación se ha modificado añadiendo un tubo para entrada de aire independiente del de salida de agua. Se persigue con ello que la carga hidráulica, 10 cm en todos los casos, no sufra oscilaciones bruscas por turbulencias de la admisión del aire así como evitar movimientos del recipiente alimentador.

Partiendo de los datos registrados en campo de volúmenes de agua añadidos y tiempos se pueden representar las curvas de infiltración acumulada teniendo en cuenta la superficie de la base del cilindro y la inclinación de éste cuando no era vertical.

El ajuste de las ecuaciones a los datos de cada punto de observación se hizo mediante un programa de ordenador de estadística básica. A partir de la ecuación de Kostyakov para la infiltración acumulada se obtiene la de la velocidad instantánea y las demás magnitudes derivadas (tiempo de estabilización, velocidad básica, e infiltración en la primera hora).



**CUADRO IV.6**  
**SUELOS EN LOS QUE SE HA MEDIDO LA INFILTRACION**

Pediones	Forma	Posición	Estado de la superficie
P1	Colina redondeada	Somital	Matorral de <i>Ononis tridentata</i>
P2			Costra de arroyada
P3		Replano	Gramínea; recubrimiento 100%
P4			Gramínea muerta recubrimiento 100%
P5		Vertiente	Desnuda
136	Colina redondeada	Vertiente	Desnuda
135		Collado	Q. faginea, bosque
142-1	Fondo plano de val	Cabecera	Rastrojo
142-2			Rastrojo
137-7		Parte media	Sin purín
137-8			Costra de purín destruída con azadilla

#### IV.2.11. Conductividad hidráulica

En la misma área modelo de Iborra se midió la conductividad hidráulica por el método Porchet. Las medidas corresponden a suelos de fondo de val cuyo espesor y características mecánicas permiten el empleo de ese método, además de tener una importante extensión en el área y ser los de mayor interés agrícola.

Las medidas se hicieron en todos los casos en puntos donde existía descripción del pedión. En el Cuadro IV.7. se recogen algunas de las características de los suelos donde se realizaron medidas.

**CUADRO IV.7.**  
**CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE FONDO DE VAL Y DE LAS MEDIDAS DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA (PORCHET) REALIZADAS**

Uso del suelo	Pedión		Profundidad en cm		
	Referencia	Horizontes	del sondeo	de la medida de C.H.	
Cultivo de cebada	137	A <sub>p1</sub>	0-7	50	20
		A <sub>p2</sub>	0-17		
		B <sub>y1</sub>	17-72	100	71
		B <sub>y2</sub>	72-170	98	75
			99	70	
Cultivo abandonado Matorral	138	A <sub>11</sub>	0-16		
		A <sub>12</sub>	16-83	47	25
		2B <sub>y</sub>	83-173	99	52
Cultivo de cebada	140	A <sub>p</sub>	0-23		
		B <sub>y1</sub>	23-70	47	37
		B <sub>y2</sub>	70-170	99	58
Cultivo de cebada	142	A <sub>p</sub>	0-25		
		B <sub>y1</sub>	25-88	52	41
		B <sub>y2</sub>	88-140	103	50

El procedimiento operatorio y los cálculos son los indicados por KESSLER & OOSTERBAAN (1978), hallando los sucesivos valores de K instantánea. Mediante un programa de ordenador de estadística básica se ajusta la función potencial que liga K instantánea con el tiempo. A partir de dicha función puede calcularse una K estabilizada y compararla con las medidas finales realizadas en campo.

### IV.3. ANALISIS MINERALOGICO DE ARCILLAS

El estudio de las arcillas mediante difracción de rayos X con agregados orientados y con muestras tratadas con etilenglicol se llevó a cabo en el INRA de Versalles según la metodología expuesta por ROBERT (1975).

Los estudios por difracción de rayos X en polvo orientado y con muestras tratadas térmicamente se realizaron en la U.E. de Mineralogía de Arcillas del Instituto de Edafología y Biología Vegetal del CSIC (Madrid), así como también los espectros de absorción infrarroja.

La extracción fue por decantaciones sucesivas (ROBERT & TESSIER, 1974), con algunas adaptaciones para muestras con elevados contenidos de yeso, realizadas en el laboratorio de estos autores por HALITIM (1982, comunicación personal).

La materia orgánica se destruyó con  $H_2O_2$  30% electrolítica y los carbonatos con una solución tamponada acetato sódico-ácido acético a pH no inferior a 4.2. Se eliminó el yeso debido a que provoca la floculación de la suspensión y a que interferiría en los diagramas de difracción. Para ello se agita la suspensión suelo: solución de NaCl 0.1N y se tamiza a 50  $\mu m$ , desechando lo retenido por el tamiz. Se vuelve a añadir NaCl 0.1N y si es necesario se realizan sifonados o decantaciones sucesivos hasta conseguir una dispersión satisfactoria. Entonces se recuperan las arcillas por sedimentación controlada, es decir, sifonando a la profundidad y tiempo adecuados según la ley de Stokes. La arcilla sódica se pasa a magnésica por intercambio con una solución de  $MgCl_2$  1N.

El difractómetro empleado ha sido Philips. La radiación utilizada la K (0.179026 nm) del cobalto, filtrada por una lámina de hierro. Las condiciones de excitación fueron 35 KV y 18 mA; la constante de tiempo 1 sg.; la velocidad de exploración 2°/mn y la velocidad del papel 20 mm/mn; la ranura de divergencia de 1° y la ranura de recepción 0.2 mm.

Para la identificación de los distintos minerales se ha utilizado el fichero ASTM recopilado por el Joint Committee on Powder and Diffraction



Standards así como las obras de BRINDLEY & BROWN (1980), ROBERT (1975) Y GRIM (1968), entre otros.

Se han realizado los difractogramas de polvo desorientado para evidenciar los minerales primarios en muestras seleccionadas; los difractogramas de agregados orientados para identificación de minerales de arcilla se hicieron en 45 muestras.

Los difractogramas de agregados orientados en muestras tratadas con etilenglicol se han obtenido para las 45 muestras. La diferenciación entre vermiculita y clorita con muestra tratada a 500° C durante dos horas se ha realizado en muestras seleccionadas.

Los espectros de absorción infrarroja se han obtenido en un espectrofotómetro PERKIN-ELMER de doble haz que cubre la región del espectro comprendida entre 4000 y 200  $\text{cm}^{-1}$ . Como célula de absorción se han utilizado comprimidos de KBr tomando 1-2 mg de la misma muestra preparada para difracción de rayos X, y 300 mg de KBr molido y deshidratado calentando a 400° C durante 12 horas. A partir de la mezcla homogeneizada se prepara el comprimido, utilizando otro de KBr puro como célula de comparación. Como referencia para la identificación se ha empleado la obra de FARMER (1974).

#### **IV. 4. MICROSCOPIO ELECTRONICO**

##### **IV.4.1. M.E.B.**

Tras el estudio micromorfológico en láminas delgadas, se vio la necesidad de estudiar algunos detalles al microscopio electrónico de barrido (M.E.B.). Para ello se utilizaron bloques de suelo extraídos por duplicado y no impregnados en poliestireno.

De estos bloques secos al aire, se arranca con agujas enmangadas un fragmento que contenga el detalle a estudiar. Para mayor precisión, la operación se realiza bajo lupa binocular. El fragmento irregular así obtenido se alisa por una de sus caras para montarlo sobre un vástago portaobjetos ("stub") de aluminio. Como adhesivo se usa una suspensión de plata coloidal que garantiza el buen contacto eléctrico. La muestra así montada queda en estufa a 30° C durante unos días para completar el secado.

La obtención de imágenes de calidad requiere metalizar la superficie a observar (ESWARAN & al., 1983). Para ello la muestra se introduce en un sistema de vacío donde bajo corriente de argon se produce

descarga a partir de un cátodo de oro, quedando recubierta la muestra que actúa como ánodo. Se utilizó un equipo "POLARON SEM-coating E-5000", del Departamento de Metalurgia de la ETSI Industriales de Barcelona. La muestra gira durante el proceso para conseguir una metalización uniforme. En todo momento la temperatura es inferior a 40° C.

El microscopio utilizado ha sido un Philips 500 SEM. En ningún caso se han sobrepasado los 20 000X, por lo que de acuerdo con lo indicado por ESWARAN & al. (1983), no han aparecido daños sobre los cristales de yeso.

Esta técnica confirma muchas de las apreciaciones del microscopio óptico en lo referente a morfología de las lentillas de yeso y en morfología de las queras y sus relaciones con el material circundante. El microanálisis elemental ha permitido comprobar la naturaleza de los minerales observados, mediante sonda EDAX de energía dispersiva de rayos X acoplada al MEB.

#### **IV.4.2. M.E.T.**

Para la investigación de los minerales fibrosos se utilizó el microscopio electrónico de transmisión (M.E.T.). Las muestras puestas en suspensión se dispersan con ultrasonidos y se depositan en rejilla de cobre recubierta por película de carbono. Se empleó transmisión directa en el microscopio Philips ME 300 de la U.E. de Mineralogía de Arcillas del Instituto de Edafología y Biología Vegetal del CSIC.

La interpretación se ha realizado de acuerdo con los criterios de GONZALEZ GARCIA & al. (1958), BEUTELSPACHER & al. (1968) y GARD (1971).

### **IV. 5. MICROMORFOLOGÍA**

#### **IV.5.1. Muestreo**

El muestreo para micromorfología consistió en la extracción de bloques de suelo de los perfiles, garantizando la conservación de su estructura original. Cuando la consistencia del suelo lo permitía, se esculpieron los bloques en las paredes de la calicata. En otras ocasiones fue necesario utilizar cajas Kubiena o limitarse a extraer un terrón.

En las muestras así obtenidas se marcó la orientación y se envolvieron cuidadosamente transportándolas al laboratorio protegidas contra el golpeo. Las formaciones de superficie se muestrearon de modo parecido. Una vez en laboratorio se abrió la envoltura para facilitar el secado a temperatura ambiente, ya que la resina utilizada no admite agua. Las rocas muestreadas sufrieron el mismo tratamiento, puesto que todas ellas se impregnaron también de resina.

#### **IV.5.2. Fabricación de láminas delgadas**

En el taller de micromorfología del INA P-G se fabricaron 180 láminas delgadas de suelo, en su mayor parte de 135 x 58 mm, y otras de 58 x 45 mm. El método utilizado fue el de GUILLORE (1985).

Por tratarse de suelos con elevados contenidos de yeso se ha mantenido la temperatura siempre por debajo de 40° C. En este sentido es interesante la mejora introducida por Guilloré (1985) consistente en refrigerar el aceite de la rectificadora.

También cabe señalar que tras la obtención de la pastilla de suelo de unos 8 mm de grosor, se trabaja, hasta su acabado a 25 µm, exclusivamente en aceite, con lo que se consigue no provocar disoluciones en el yeso.

#### **IV.5.3. Criterios para la descripción de láminas delgadas**

##### **V.5.3.1. Aspectos generales**

###### **V.5.3.1.1. El sistema de Brewer**

El sistema de descripción de láminas delgadas de suelo más completo, de empleo generalizado y considerado como de referencia en todo el mundo era, en el momento de iniciar el presente trabajo, el de BREWER (1964, 1976).

Tal sistema parte de dos conceptos fundamentales, esqueleto y plasma (BREWER, 1964, p.12) que resultan de difícil si no imposible aplicación para estudiar suelos con elevados contenidos de yeso. La forma de presentarse el yeso en la casi totalidad de las láminas estudiadas evidencia su movilidad en los perfiles, en consonancia con su solubilidad. Sin embargo es frecuente que en una misma lámina delgada el yeso actúe como soporte sobre el que se redistribuyen materiales no solubles (limos y arcillas).

La definición de esqueleto, modificada posteriormente por el propio BREWER (1976, p.12), tampoco puede aplicarse de modo convincente en los suelos yesosos. En efecto, a menudo ni siquiera se pueden diferenciar los cristales de yeso más grandes que se han formado en el suelo, respecto a los clastos de roca sedimentaria mono u oligocristalinos, salvo que se puedan distinguir determinados rasgos de diagénesis (porfidoblastos, c.e.n.u., etc). Además la distinción entre yeso edáfico y yeso heredado no sólo es problemática, sino banal desde el punto de vista funcional, ya que para granulometrías semejantes no se dispone de datos que indiquen un diferente comportamiento del yeso según su origen.

Los problemas de este sistema de descripción para climas áridos y semiáridos fueron explícitamente discutidos por BARZANJI (1973, p.48) y PORTA (1986), y se centran en la distinción esqueleto/plasma.

Hay otros aspectos derivados, como el contrasentido a que se llegaría al considerar rasgos edáficos a los cristales de yeso, con lo cual resulta que una pequeña cantidad de "esqueleto" (los materiales arcillo-limosos) estaría dispersa en una masa de "rasgos edáficos" (los cristales de yeso). O que el "esqueleto" (los materiales arcillo-limosos) haya sufrido una redistribución cuyo soporte han sido los cristales de yeso (que deberían ser considerados bien como "rasgos edáficos", bien como "plasma"), tal como lo indica la existencia de revestimientos arcillo-limosos en huecos de una masa constituida básicamente por cristales de yeso. Del mismo modo queda fuera de lugar el concepto de "fábrica plásmica."

Paralela podría ser la discusión centrada en los carbonatos que es conocida para horizontes cálcicos y también podría reproducirse para la quesparita (esparita procedente de los rasgos de calcificación/decalcificación para los que se propone la denominación de querás) incorporada al suelo. Este material alcanza a veces porcentajes considerables de la lámina e incluso forma la casi totalidad del material suelo de un horizonte, llegándose a apreciar sobre él rasgos de redistribución de finos.

#### IV.5.3.1.2. El sistema de Bullock & al.

El sistema propuesto por BULLOCK & al. (1985) en el Handbook for soil thin section description permite abordar la descripción micromorfológica de estos suelos, en cierta medida por haber iniciado las descripciones en el laboratorio de uno de los autores, discutiendo la aplicación de ambos sistemas. Con el Handbook se necesitan sólo adaptaciones menores o precisiones de nomenclatura en la distinción

### 5.3.2.1.

edaforrasgos/masa basal (apartado IV.6.3.1.) y en la descripción de la estructura (apartado IV.6.3.2.) para estos suelos.

### 5.3.2.2.

La vigencia de las descripciones será más amplia cuanto menos interpretativas sean. Así, de acuerdo con el enfoque de BULLOCK & al. (1985, p.7), se ha evitado en lo posible el hacer hipótesis genéticas en las descripciones. Cuando debido a la escasez de vocabulario para suelos yesosos ha sido necesario ampliar la terminología, se hace con sentido meramente descriptivo intentando que ya en su acuñación el término carezca de significación genética.

Se ha procurado que las descripciones sean completas, independientemente de que se haga o no uso de toda la información. Se trata de evitar descripciones sesgadas por el descriptor, que afectarían a ulteriores interpretaciones.

## IV.5.3.2. *Criterios específicos utilizados en las descripciones micromorfológicas*

### IV. 5.3.2.1. La separación masa basal/edaforrasgos.

Ante la enorme variedad mundial de suelos y de procesos edáficos y el número limitado de secciones delgadas conocidas, el Handbook tiene un carácter general. En algunos temas parece tomar soluciones de compromiso e incluso admite como válidos enfoques de descripción diferentes, siendo el descriptor quien debe optar.

La notable movilidad del yeso y de otros materiales en los suelos estudiados implica que no pocos componentes puedan describirse en las láminas delgadas bien como edaforrasgos, bien como masa basal tal como se discute en VI.1. La parquedad de precedentes en la descripción micromorfológica de suelos yesosos, y menos con la metodología del Handbook, supuso el ir modificando de forma iterativa las descripciones hasta alcanzar unos criterios mejor adaptados para las láminas descritas. Estos criterios se introducen en este apartado y permitieron agilizar progresivamente las descripciones micromorfológicas, al ir disponiendo de una normativa aplicable.

Hay componentes de estos suelos cuyo origen edáfico puede afirmarse por sus propiedades químicas y por encontrarse, a veces con alto grado de organización, formando edaforrasgos bien caracterizados. En particular este es el caso, para las láminas estudiadas, tanto del yeso lenticular y microcristalino como de los rasgos de calcificación/decalcificación (queras). En la mayoría de dichas láminas estos

materiales aparecen como parte importante, a veces mayoritaria, del material suelo. Incluso casi siempre un mismo material aparece como edaforrasgo y como principal componente del material suelo en distintas partes de un mismo perfil y con ambas presentaciones en una misma lámina.

No parece justificable describir un componente concreto bajo más de un epígrafe, por ejemplo como masa basal y a la vez como edaforrasgo. Por otra parte es poco satisfactorio describir un horizonte como formado en su mayor parte por edaforrasgos y aplicar la denominación de masa basal a un material que se encuentra disperso entre estos.

En estas condiciones de horizontes con elevada proporción de materiales de origen edáfico, la distinción masa basal/edaforrasgos en la descripción a veces debe apoyarse en consideraciones no genéticas sino funcionales de los materiales en cuestión, sobre todo si estas pueden establecerse con más seguridad que las genéticas.

Los criterios deben de ser uniformes para todos los pediones y se espera que los aquí adoptados sirvan para alcanzar criterios generales de descripción. A continuación se indican la terminología y las soluciones adoptadas para los diferentes casos. La correspondiente discusión se encuentra en el apartado VI.1.

#### IV.5.3.2.1.1. Criterios para el yeso

En el estudio del yeso debe tenerse en cuenta que los términos yeso primario y yeso secundario tienen, en la petrología de estas rocas, un significado respectivamente de yeso sinsedimentario y de yeso procedente de hidratación de anhidrita (ORTI, 1977, p.90) diferentes de la utilización edafológica: "heredado" y "edafogénico" respectivamente.

El término "intercalar" de BREWER (1964) parece más descriptivo y por tanto más adecuado que "intergrowth" del Handbook. En efecto, la denominación "intercrecimiento" ("intergrowth") puede dar a entender un crecimiento in situ, pero en estos suelos al menos una parte de las lentillas han quedado intercaladas en el material fino, por efecto de la fauna u otros agentes edafoturbadores, independientemente del modo de formación de tales lentillas.

= Yeso lenticular

1. Yeso lenticular minoritario en el material suelo: intercalar, rellenos, revestimientos, etc; así como yeso radial y en empalizada que se consideran variedades del yeso lenticular, se designan como edaforrasgos específicos, según la nomenclatura del Handbook.

2. Yeso lenticular formando un retículo que engloba islotes de materiales no yesosos, se describe como un edaforrasgo.

3. Yeso lenticular mayoritario, quedando el material no yesoso disperso entre las lentejas como material limo-arcilloso o formando agrupaciones de tamaño menor o igual al de las lentejas, se describe como masa basal.

4. Yeso lenticular disperso sobre una masa apedral, generalmente calcilutítica, tanto en huecos como intercalar, se describe como edaforrasgo.

= Yeso anhedral

5. Yeso anhedral disperso en la masa basal. En una masa basal con caracteres edáficos el criterio adoptado es el funcionamiento ante la disolución, considerando que como todos los monocristales de yeso son menores de 2 mm en alguna de sus dimensiones, se trata de edaforrasgos.

6. Yeso anhedral en asociaciones oligocristalinas dispersas en la masa basal. Frecuentemente la forma subhedral de los cristales no permite discernir su origen. Se puede establecer el mismo límite que en el grupo anterior, quedando como masa basal todos aquéllos cuya dimensión mínima sea mayor de 2 mm y el resto como edaforrasgos.

7. Yeso anhedral conteniendo anhidrita. La presencia de anhidrita indica origen pétreo, pero siempre que aparece en un pedión se trata de cristales pequeños ( $< 40 \mu\text{m}$ ) incluidos en un cristal mucho mayor de yeso perteneciente a un clasto de tamaño  $< 1\text{cm}$  con ataque de líquenes o con otros signos de fuerte alteración.

No se han encontrado en los perfiles clastos de gran tamaño que conserven la fábrica diagénica sin fuerte alteración y estos pequeños fragmentos existentes en los perfiles pueden considerarse edaforrasgos.

8. Clastos de yeso, con caracteres de diagénesis intensa (porfidoblastos, c.e.n.u., etc) o con evidencias de haber crecido en grietas, juntas o huecos de la roca (yeso fibroso, yeso espejuelo), se describen como elementos gruesos de la masa basal.

= Yeso microcristalino

9. Yeso microcristalino en masas discretas (nódulos, revestimientos, rellenos, etc). Se trata de edaforrasgos en la nomenclatura del Handbook, lo mismo que cuando van asociadas a líquenes.

10. Yeso microcristalino en masa. Si forma la mayor parte de la lámina y se ha reconocido en campo como un horizonte específico (horizonte de yeso farináceo) se describe como masa basal (micromasa), que puede contener edaforrasgos de diversos tipos, incluso nódulos de yeso microcristalino más puro.

#### IV.5.3.2.1.2. Criterios para la calcita

El método de Friedman (ALLMAN & LAWRENCE, 1972) en cortes de bloques de suelo impregnados permitió comprobar que las formas carbonáticas en estos suelos corresponden a calcita, sin que en ningún caso haya aparecido el aragonito.

A continuación se indican los criterios de separación masa basal/ edaforrasgos para diversas formas de la calcita. La discusión de tales criterios puede encontrarse en el apartado VI.2.

##### 1. Clastos de roca carbonática.

La descripción como material grueso de la masa basal no ofrece problemas cuando se puede deducir su procedencia de la roca por la forma, estratificación, presencia de fósiles o sus fantasmas, etc. Además por su disposición relativa o relacionada a huecos suelen ofrecer un aspecto de cierta independencia respecto a la masa fina.

Los casos dudosos aparecen cuando no se dan las condiciones anteriores y hay zonas diferenciadas respecto al material circundante, que podrían darse como clastos calcilimolíticos o como algún tipo de edaforrasgo. Si la descripción de campo lo permite, estos materiales se describen como parte de la masa basal, en transición al caso siguiente ("micrita incorporada al material suelo"), salvo que su forma o distribución los caractericen como edaforrasgos.



## 2. Micrita incorporada al material suelo.

Está presente en la mayoría de los horizontes estudiados, describiéndose en términos de b-fábrica cristalítica (BULLOCK *et al.*, 1985, p.123) de la masa basal. Se considera una característica propia de ambientes carbonáticos.

## 3. Limo carbonático

Se visualiza en la lámina delgada como revestimientos, generalmente en huecos, o como intercalaciones en masas basales homogéneas, describiéndose como edaforrasgo, del mismo modo que cuando va asociado a líquenes.

Si se encuentra disperso al azar es siempre minoritario y se describe como una característica del material, edaforrasgo o masa basal, que lo contiene.

## 4. Nódulos micríticos

En las tres formas (separados, integrados y difusos V.2.2.6.) que se han distinguido en estos suelos, se describen como edaforrasgos, salvo cuando por su posición, distribución o forma pueda concluirse que son heredados; en este caso se describen como material grueso de la masa basal.

## 5. Esparita hedral.

Se trata de granos euhedrales con exfoliación romboédrica y corrosión a través de estos planos. Se disponen al azar en la masa basal de horizontes superficiales, siempre en bajos porcentajes. Estos materiales, al igual que sus formas anhedrales atribuibles a corrosión, se consideran heredados y se describen como masa basal.

## 6. Esparita nodular.

Se han observado raramente formas redondeadas, policristalinas, a veces radiales, cuyo aspecto microscópico es calcítico. Se consideran heredados y se describen como masa basal.

## 7. Pseudomorfos.

En horizontes superficiales hay pseudomorfosis sobre vegetales, en el interior de los huecos celulares de tejidos, por whewelita (oxalato cálcico). Se han encontrado casos aislados de pseudomor-

fosis de yeso lenticular por calcita, siempre en horizonte A muy desarrollado sobre gypico o sobre cálcico.

Ambas pseudomorfosis se tratan como edaforrasgos.

#### 8. Quesparita.

Los cristales que tienen irisaciones en luz plana y, perpendicularmente a ellas, líneas curvas convergentes en luz polarizada, se identifican como quesparita. Es decir, proceden de las queras (V.2.2.7.).

Se describen como masa basal cuando forman la mayor parte de la lámina, aunque en ella coexistan con quemosaicos o con queras completas.

Cuando los cristales de quesparita no son mayoritarios y se encuentran dispersos al azar en el material suelo, sin que en el horizonte existan queras o sus restos, se consideran heredados y se describen también como masa basal.

Si con esta misma presentación el horizonte contiene además queras, estos cristales se describen como edaforrasgos, por considerarlos formados en el horizonte y recién incorporados al suelo.

#### 9. Lublinita.

Aun aceptando las precisiones de tipo mineralógico de SEHGAL, STOOPS (1972), se mantiene esta denominación recogida por JONGERIUS, RUTHERFORD (1979) y clásica en edafología (IWANOFF, 1906, citado por HALITIM, 1985). Se le da un sentido amplio para las varillas de calcita (whiskers, acicular-calcite, needle-shaped, bâtonnets, etc.) que aparecen en cavidades. Se describen como edaforrasgos.

#### IV.5.3.2.1.3. Criterios para la celestina

Su presentación en nidos de cristales euhedrales de hasta 120 x 30  $\mu\text{m}$  lleva a describirla como edaforrasgo.

#### IV.5.3.2.2. La organización microscópica

Al intentar describir la microestructura en ciertas láminas, se ha visto que no se ajustaban a ninguno de los tipos de microestructuras indicados en el Handbook, e incluso que el propio concepto de

estructura no se adaptaba a lo que se pretendía describir, salvo que se hubieran hecho suposiciones infundadas acerca del comportamiento real del suelo, tal como se discute en VI.4. Ha sido necesario desarrollar el concepto de organización en islotes (HERRERO, PORTA, 1987) para las láminas delgadas que presentan masas de material fino englobadas en una masa formada fundamentalmente por lentillas de yeso. Este concepto, aplicado inicialmente a láminas enteras, puede utilizarse restringido a regiones determinadas de éstas y puede ser también útil para describir edaforrasgos concretos.

#### **IV.5.3.3. Criterios generales utilizados en las descripciones micromorfológicas**

Debido a las razones indicadas en IV.5.3.1., los criterios que con carácter general se utilizan en el presente trabajo son los expuestos por BULLOCK *et al.* (1985). El término b-fábrica es el de uso corriente en micromorfología, por lo que se mantiene aun teniendo en cuenta las puntualizaciones de FITZ PATRICK (1989).

## V. RESULTADOS

### V.1. RELACIONES SUELO-PAISAJE

Se han encontrado una serie de relaciones entre las características de los suelos y su posición en el paisaje. La geomorfología como factor formador deja sentir su influencia en estos suelos tanto al considerar la forma del paisaje como su orientación (efecto solana-umbría).

Los suelos de las chesas se presentan en relieves redondeados, en vertientes, en fondos de val y en plataformas de arrasamiento. Los suelos estudiados fuera de las chesas se han formado sobre depósitos aluviales procedentes de éstas.

#### V.1.1. Suelos en vertientes de chesas

En las vertientes se han distinguido, con procesos diferenciados, tres posiciones: somital, central y basal. Además se tiene en cuenta si son vertientes de solana o de umbría.

Las posiciones somitales están ocupadas por suelos muy incipientes, se trata de suelos en bolsadas con horizontes AR o AC (pedián 136, apartado V.3.1.5.); en solana generalmente aflora por erosión la roca de yeso sacaroideo en casi toda la superficie. En las posiciones menos erosionadas hay un escaso recubrimiento vegetal de tipo coscojar (apartado III.5.).

En las vertientes de umbría hay suelos poco erosionados desarrollados sobre yeso sacaroideo. En las partes somitales son de perfil AC (pedián 134, apartado V.3.2.; pedián 29, apartado V.3.12.), mientras que en las partes basales alcanzan un desarrollo mayor, siendo de tipo  $O_1 A_1 B_y$  (pedián 151, apartado V.3.4.).

Las vertientes de solana son posiciones en las que prevalece la velocidad de transporte frente a la de meteorización, es decir los materiales son arrastrados por la arroyada a medida que van siendo liberados por los procesos de meteorización. En muchos emplazamientos aflora el yeso sacaroideo, tanto en las partes somitales como en las centrales de la vertiente.

La influencia del material originario se deja sentir donde la acción antrópica ha sido moderada y no ha acelerado los procesos erosivos. Así, en aquellas partes somitales que presentan materiales más ricos en lutitas, el desarrollo del pedián se ve favorecido y llega a instalarse un matorral con estrato herbáceo, muscinal y líquénico que, a su vez,

retiene mejor el suelo (pedión 34, apartado V.3.11. y pedión 153, apartado V.3.1.2.). Estas áreas son cartografiables sólo a escalas muy detalladas. Tienen interés por el proceso de formación de querás (apartado VI.6.2.3.) identificado que llega a formar horizontes compuestos mayoritariamente por quesparita (pedión 153, apartado V.3.1.2.).

#### V.1.2. Suelos en fondo de val

Las posiciones de fondo de val se caracterizan por un acúmulo de materiales finos, con una potencia que alcanza varios metros, tal como se ha observado en algunos tollos y al excavar siempre las calicatas sin dificultades hasta unos dos metros de profundidad.

Las vertientes dan lugar a materiales que, cuando la inclinación es suficiente, son fácilmente transportables por la arroyada o por movimientos de masa tipo corriente de barro (mud-flow), yendo a depositarse en los fondos de val. Resulta en estas posiciones un material con cierta complejidad al haber sido preedafizado en otras posiciones.

El carácter fluentic es general, como lo evidencian los elevados contenidos de materia orgánica a 125 cm. Por otro lado, la micromorfología de los epipediones corresponde a materiales identificados en otros suelos de posiciones topográficamente superiores como resultantes de diversos procesos edáficos. La característica micromorfológica más destacada es la presencia simultánea, y tan apenas organizada, de todas las formas de yeso reconocidas en la zona y de componentes procedentes de la desorganización de edaforrasgos. A partir de esos materiales hay una edafoplasmación conducente a cierta diferenciación de los horizontes inferiores de los pediones de fondo de val.

Se trata de pediones con una secuencia de horizontes  $A_p B_y$  o bien  $A_p 2B_y$  sin que a los 2 metros se alcance el límite inferior de este  $B_y$  caracterizado por la presencia de yeso vermiforme (pediones 140, 137, 142, 144, apartado V.3.5.).

El pedión 138 (apartado V.3.5.) presenta edafoplasmación más avanzada con mejor diferenciación macro y micromorfológica de horizontes, incluso en superficie. Esto se asocia a una menor velocidad de recepción de materiales por la mayor cobertura vegetal de las vertientes y a la no perturbación del epipedión que hace años no se cultiva. El pedión 22 (apartado V.3.13.) también tiene un desarrollo más avanzado, su contenido de yeso es menor y se distribuye casi

exclusivamente en revestimientos y rellenos de canales (yeso vermiforme); aquí también los aportes laterales han disminuído al quedar el suelo en posición de divisoria de aguas debido a erosión remontante de otra val. El pedión 204 (apartado V.3.10.) tiene fuerte diferenciación en sus horizontes gypsicos coincidente con el poco aporte de materiales debido a la karstificación de la rasa pliocuaternaria con disminución de la esorrentía superficial.

### V.1.3. Suelos en posiciones poco erosionables

Cuando la suavidad de las formas denota procesos de arrastre poco pronunciados, los suelos de la parte distal de la vertiente diferencian los horizontes, llegando a cálcicos nodulares (pediones 161 y 162, apartado V.3.7.). La diferenciación se detecta como incipiente en fondos de val estables, a profundidades de 2 m (pedión 14, apartado V.3.14.)

Los pediones con horizonte cálcico nodular mejor desarrollado se han encontrado en el área de Iborra, en posiciones de collado, dando perfiles 0 A K<sub>n</sub> B<sub>y</sub> (pediones 135 y 143, apartado V.3.3.). Estos horizontes K son muy consistentes. En la misma área, en vertientes estables, aparecen perfiles 0 A B<sub>ca</sub> C<sub>y</sub> (pedión 141, apartado V.3.3.).

### V.1.4. Suelos en plataformas de chesas

En Alcampell (Huesca) se prospectó un área ubicada parcialmente sobre la rasa pliocuaternaria del yeso.

Cuando el pedión ocupa ligeras elevaciones aparece un perfil de tipo A<sub>p</sub> Y R (pedión 202, apartado V.3.8.) donde el horizonte Y es de yeso microcristalino.

Los suelos situados en el fondo de ondulaciones, que son vales incipientes, tienen perfil más desarrollado (pedión 201, apartado V.3.9.), de tipo A<sub>p</sub> Y K<sub>n</sub> R presentando carácter cumúlico. En estos fondos la roca yeso se alcanza antes de los 2 m de profundidad, a diferencia de las vales de modelado más antiguo.

### V.1.5. Suelos en depósitos aluviales procedentes de las chesas

Las llanuras aluviales prospectadas en Peraltilla (Huesca) y Torá (Lérida) se han formado a partir de materiales procedentes en gran parte de las chesas.

Al tratarse de llanuras aluviales los perfiles están fuertemente marcados por rasgos sedimentarios, en campo (capas alternantes de diferentes granulometrías) y en lámina delgada (microestratificaciones, rasgos texturales, revestimientos birrefringentes, intercalaciones, etc). La influencia de las chesas se manifiesta de forma muy constante en estos pediones, tanto en texturas finas (pedión 147, apartado V.3.6.) como más proximales y gruesas (pedión 146, apartado V.3.6.), pero no en los suelos más jóvenes (pedión 149, apartado V.3.6.) cercanos al cauce del río y sin yeso vermiforme.

El yeso vermiforme existe en posiciones actualmente fuera de la influencia del río. En la llanura de Torá hay además signos de alternancias lagunares, según lo indican las capas decimétricas oscuras intercaladas. Se ha estudiado un corte de unos 4 metros (corte 152, apartado V.3.6.) con yeso vermiforme en todo su espesor.

Algunos perfiles presentan en profundidad manchas de reducción-oxidación, resultado de antiguo hidromorfismo (pedión 147, apartado V.3.6.). En lámina delgada aparecen revestimientos de hierro en poros. Sólo se ha detectado vegetación ligeramente halófila en el pedión 11 (apartado V.3.16.), cuyos horizontes inferiores denotan salinidad en el extracto de saturación.

## **V.2. CARACTERES MICROMORFOLOGICOS Y SU NOMENCLATURA**

En el estudio microformológico han aparecido características no descritas hasta la fecha con el suficiente detalle, o incluso desconocidas. Siempre que ha sido posible se han descrito con el vocabulario del Handbook, pero en ciertos casos es inevitable introducir algún término nuevo. Además muchas veces se requiere una descripción detallada que precise el sentido de los términos en las descripciones de láminas.

En los subapartados siguientes se describen los caracteres encontrados y se definen los nuevos términos.

### **V.2.1. La organización microscópica**

En general se han encontrado estructuras que pueden ser descritas con la terminología del Handbook.

Se introduce el término "organización en islotes", originariamente como "isles fabric" (HERRERO & PORTA, 1987). La organización en islotes puede describirse como la formada por masas de material fino incluídas en un edaforrasgo cristalino, por ejemplo una masa de yeso lenticular. El material yesoso tiene fábrica gypsica lenticular (V.2.2.).

Los islotes pueden tener características variadas; a veces su tamaño es centimétrico, en cuyo caso suelen presentar estructura de fisuras e incluso conservar ciertos rasgos sedimentarios de la calcilolita. En otros casos los islotes son milimétricos o submilimétricos y de formas más redondeadas.

Los islotes están constituidos básicamente por materiales limo-arcillosos. Sobre todo cuando son grandes, es frecuente que contengan ciertos edaforrasgos, por ejemplo revestimientos y rellenos de yeso, cristales lenticulares de yeso intercalares, queras (V.2.2.7.), etc. Incluso pueden estar constituidos en su mayor parte por un edaforrasgo.

De los islotes de tamaños pequeños se pasa insensiblemente a los componentes minerales disgregados. El limo carbonático y los demás componentes de los islotes se presentan totalmente mezclados con el yeso lenticular, y pueden considerarse formando parte del edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular, continuo en la lámina. Este material pasa entonces a describirse como una masa basal gypsica lenticular que lleva incluidos unos componentes que pueden o no estar organizados en edaforrasgos. Los edaforrasgos gypsicos en estos casos pueden a veces presentar cierta individualización frente al fondo de yeso lenticular que constituye la lámina.

Otras estructuras pueden considerarse nuevas desde el punto de vista de la micromorfología de suelos, aunque pueden describirse con términos derivados mediante las normas del Handbook. Así se puede hablar de estructura cavitaria (vughy) horizontal en los horizontes de yeso microcristalino. Se trata de un patrón de huecos consistente en cavidades irregulares alargadas horizontalmente e interconectadas en una masa de yeso microcristalino.

Igualmente se podría considerar la estructura de una parte de la quedecal, por la abundancia de quehuecos a un lado del canal central de la quera. Esta estructura se asocia a un material decarbonatado, la quedecal. Como afecta a pequeñas regiones, a lo sumo milimétricas, y se desorganiza al desorganizarse la quera, sus efectos sobre las propiedades del suelo no son significantes, y quedan reportados al indicar la existencia del edaforrasgo quera. No se considera conveniente dar un término nuevo para esta estructura.

Las características estructurales de estos suelos relacionadas con la actividad de la fauna y otros agentes biológicos se pueden detallar suficientemente con la terminología del Handbook.



## V.2.2. Los edaforrasgos

Se han encontrado edaforrasgos de diversos tipos que con frecuencia forman la parte principal de horizontes enteros y por lo tanto se pueden describir en el epígrafe masa basal, según se discute en VI.1. En los subapartados siguientes se hace una descripción de los edaforrasgos más importantes que permitirá referirse a ellos de una manera más breve en las descripciones de las láminas.

### V.2.2.1. Yeso lenticular

Es el más extendido de los edaforrasgos presentes en estos suelos. Los hábitos lenticulares del yeso son los que aparecen en suelos áridos y subáridos (BULLOCK & al., 1985) y han sido estudiados en multitud de suelos.

La correspondencia de las secciones microscópicas con la forma lenticular se ha comprobado mediante microscopio electrónico de barrido, a la vez que de acuerdo con las observaciones en microscopio óptico se confirmaba que las lentillas de yeso no están soldadas entre sí, sino trabadas mediante entalladuras del borde, en conformidad con las observaciones de HALITIM (1985). Pese a la confirmación de la forma lenticular al MEB, debe hacerse notar que al microscopio óptico no aparecen secciones circulares o hexagonales, que aparentemente serían las correspondientes al corte ecuatorial de las lentillas.

Las secciones más perfectamente lenticulares suelen tener tamaños entre 40 y 200  $\mu\text{m}$ . Se han visto lentillas de hasta 4 mm, siendo frecuentes las de más de 1 mm. En los tamaños grandes lo corriente es hallar secciones lenticulares imperfectas. El límite inferior de tamaño no es neto, pero puede establecerse en 20  $\mu\text{m}$ . Para evaluar los diámetros reales de las lentillas debe tenerse en cuenta que las secciones son al azar.

El hábito lenticular aparece bajo secciones variadas, por ejemplo en formas "polilenticulares" con extinción uniforme, que deben corresponder a rosas del desierto, y se consideran edaforrasgos. En otros casos estas formas "polilenticulares" se asocian a yeso porfidoblástico, en bordes de clastos, aparentando una reorganización rápida del yeso en condiciones de superficie (apartado V.3.8.3., lám. 202 Rv).

Cuando aparecen asociaciones oligocristalinas de yeso, el origen pétreo podría afirmarse en el caso de que los cristales presenten síntomas de diagénesis avanzada (porfidoblastos, indentaciones, c.e.n.u., etc) y el origen edáfico sería probable si fuesen lenticulares.

Pero frecuentemente las situaciones son intermedias, provocadas tal vez por disoluciones recientes y no es posible una decisión fundada. El criterio seguido en estos casos para calificarlos como edaforrasgos o como material procedente de la roca, ha sido el tamaño, tal como se discute en los apartados VI.1.5. y VI.1.6.

Cuando el yeso lenticular se dispone en rellenos o en revestimientos su carácter de edaforrasgo queda suficientemente acreditado. En estos casos suele haber cristales relativamente bien clasificados y de secciones lenticulares. Las mismas consideraciones valen cuando se trata de lentillas aisladas en una masa basal no gypsica.

#### **V.2.2.2. Yeso de disposición radial y en empalizada**

Se han encontrado cristales de yeso de sección alargada y fina (500 x 30  $\mu\text{m}$ ), muy juntos entre sí y dispuestos radialmente o en empalizada. Se ha descartado la forma en varilla por no haberse encontrado secciones transversales; debe tratarse de asociaciones de yeso planar, como forma próxima a la lenticular, que crecen apiladas y producen figuras radiales o en empalizada según sea la sección.

Frecuentemente aparecen rodeadas de material micrítico homogéneo, siempre en horizontes superficiales. También se han hallado en contacto con masa quedecal, a veces con birrefringencias en el contacto con los cristales de yeso.

#### **V.2.2.3. Yeso microcristalino**

Se designa así a un yeso claramente diferente del lenticular, que se detecta en la lámina siempre en masas que en luz natural son de color débilmente amarillento, más intenso al diafragmar. En nicoles cruzados la masa es opaca, a veces con escasas zonas birrefringentes que a mayores aumentos (500X) se ve son cristales de yeso de unos 20  $\mu\text{m}$ . Con luz natural y fuertes aumentos se puede apreciar en los bordes de la masa que está compuesta por cristales de yeso de tamaños inferiores a los 15  $\mu\text{m}$ , superpuestos en la sección dando una masa opaca en luz polarizada. Los cristales de yeso microcristalino tienen sección en losange y sus ángulos son afilados. Al MEB este yeso se diferencia del lenticular por su menor tamaño pero se resuelve también en formas lenticulares con sus bordes más afilados.

El yeso microcristalino se presenta en masas discretas o continuas en la lámina.

Las masas discretas pueden estar asociadas a actividades biológica, como en el caso de pruina de líquenes, o asociadas a restos de raíces, en forma de revestimientos gruesos de los canales, o como masas no relacionadas con ningún componente del suelo, en cuyo caso pueden denominarse nódulos. A veces estos nódulos contienen un tipo de filamento de aspecto hifal, generalmente de unos 4  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Este material no ha aparecido en los horizontes cálcicos, ni en los A u O, salvo alguna masa aislada asociable a mezcla por fauna o por aporte en epipedones de fondo de val (lám. 144:0-18). Aparece alguna vez en horizontes de yeso vermiforme, pero sobre todo abunda en los horizontes de yeso lenticular donde a veces los nódulos de yeso microcristalino tienen aspecto compuesto. También aparece en las formaciones subarabusto que constan principalmente de quesparita y yeso lenticular.

Se encuentran todas las configuraciones intermedias desde masas discretas hasta una masa continua de yeso microcristalino, a veces en una misma lámina. Los horizontes de yeso microcristalino pueden contener a su vez otros edaforrasgos (yeso lenticular intercalar, revestimientos de yeso, revestimientos de limo carbonático, etc) y material disperso, generalmente limo carbonático que también puede aparecer como intercalaciones. En algunas láminas (151: 24-32) se han observado nódulos de yeso microcristalino más puro, es decir con poco o nada de limo, y que interrumpen el patrón de huecos de la masa. Alcanzan tamaños milimétricos y a veces están asociados a filamentos hifales.

Para este material se introducen algunos términos nuevos. Puede decirse que las masas discretas (edaforrasgos) tienen una b-fábrica gypsica microcristalina, o que su masa fina es microgypsica. Cuando se trata de una masa continua, la b-fábrica de la sección es gypsica microcristalina, o su masa fina microgypsica.

#### **V.2.2.4. Fábrica gypsica lenticular**

Hay horizontes en que el yeso predominante es el lenticular, junto con formas relacionadas o diferentes, pero de tamaños semejantes. Una parte del yeso lenticular puede estar asociada a edaforrasgos de relleno o revestimiento, pero la mayor parte de la sección consiste en lentillas dispuestas al azar y no relacionables con otros rasgos del suelo. Tomando el punto de vista configuracional, funcional y genético de BULLOCK *et al.* (1985, p. 17) puede decirse que la fábrica de la sección es gypsica lenticular.

El material no yesoso queda disperso entre el yeso. Aunque parte del yeso no sea de origen estrictamente edáfico, su comportamiento es similar al claramente edafogénico que es el predominante.

En ciertos horizontes la fábrica gypsica lenticular no abarca la totalidad de la lámina delgada. Un caso frecuente es que el material con fábrica gypsica lenticular incluya islotes (apartado V.2.1.) arcillo-limosos que albergan o no edaforrasgos gypicos u otros. Entonces el retículo de composición predominantemente yesosa se designa como edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular, tal como se discute en el apartado VI.1.2.

Ambas formas de presentación de la fábrica de yeso lenticular, que corresponden a dos formas de descripción: como edaforrasgo o como masa basal, están relacionadas, como lo demuestran la formas de transición y se discute en los apartados VI.1.2. y VI.1.3.

#### **V.2.2.5. Celestina**

En las láminas estudiadas la celestina se encuentra siempre en prismas alargados de hasta 130 x 20  $\mu\text{m}$ , apuntados en sus extremos y de sección transversal en losange.

Los cristales se disponen desordenadamente en nidos y en general se presentan en calcilimolita, frecuentemente con queras. Los nidos tienden a asociarse con huecos y fracturas de la limolita, pero no se ha observado relación especial con las zonas decalcificadas de las queras (quedecal). Los cristales son siempre euhedrales, salvo en alguno de los nidos donde tienen bordes aserrados y parte de los cristales está incluidos en un cristal de yeso.

Cuando la celestina se ha encontrado en un horizonte cálcico macizo, su distribución no era tan agrupada, ya que además de nidos había cristales dispersos en la masa de suelo, sobre todo a lo largo de planos de debilidad.

#### **V.2.2.6. Nódulos micríticos**

Los horizontes de acumulación de carbonato cálcico en estos suelos son de tipo nodular. Sólo en un caso aparecía, en la parte inferior de un horizonte de este tipo, una capa maciza que al microscopio evidenciaba carbonatación generalizada. Estos horizontes se dan en posiciones estables en el paisaje, y debajo llevan un horizonte yesoso.

La micromorfología de todas estas acumulaciones es semejante y corresponde siempre a material micrítico que en algunas de sus formas puede llevar pequeñas cantidades de otros materiales incluídos.

Por su presentación, estos nódulos se agrupan en tres categorías que se describen separadamente, si bien existen todas sus formas de transición. Las tres formas típicas, que se dan a veces en un mismo horizonte, se describen a continuación.

#### a) nódulos separados

Se denominan así por los huecos que los rodean, dándoles un aspecto de independencia respecto a la masa basal circundante, pese a llevar adherencias de esta. La separación suele ser más patente cuanto mayor es el nódulo. Su forma es subredondeado-esferoidal, y la consistencia y dureza observadas en campo eran mucho mayores que las de la masa del suelo.

Su composición es micrita bastante pura. Llevan incluídos cuarzos angulosos, esparita hedral y algunas micas y residuos orgánicos.

Frecuentemente tienen cavidades irregulares. Las más alargadas presentan disposición concéntrica en los bordes del nódulo, siendo más abundantes en el borde inferior del nódulo. En todos los nódulos grandes estos huecos contienen esporas, algunas en gemación, muchas veces asociadas a hifas que recorren los huecos. Cuando la acumulación de esporas es grande, llegan a dar zonas opacas de las que salen hifas dentadas.

#### b) nódulos integrados

Se encuentran siempre dentro de agregados y van rodeados de masa basal, incluso cuando forman parte de un relleno. Su gama de tamaños es amplia y continua, habiéndose encontrado en ellos los menores tamaños. Tienen forma redondeado-esferoidal y su contraste es menor que en los demás nódulos. Su composición micrítica es muy homogénea, sin cuarzo ni otros minerales ni esporas. Sus límites son algo difusos y no son frecuentes los huecos tipo cavidad.

Los de mayor tamaño suelen tener cavidades, así como cuarzo y otros minerales. Se consideran transición a nódulos separados. Los más grandes alcanzan 0.5 cm de diámetro y a menudo tienen aspecto fragmentado.

### c) nódulos impregnantes

Se trata de micritizaciones que afectan a agregados completos o a partes de ellos. Cuando no afecta al agregado completo, la forma de la micritización es mucho más irregular y sus límites difusos. Sus características internas son órticas respecto al material circundante. Algunos presentan oquerosidad.

### V.2.2.7. Queras

En estos suelos aparecen muy frecuentemente unos rasgos complejos donde se asocian calcificación y decalcificación, que se han designado con el nombre de queras (HERRERO & PORTA, 1987). El término se ha tomado del nombre aragonés de las carcomas y sus túneles, debido al aspecto de estos rasgos al microscopio. Un término de esta procedencia está desprovisto de toda significación genética y puede conservarse independientemente de las hipótesis que vayan haciéndose sobre el origen de estos edaforrasgos.

Las queras pueden encontrarse más o menos incompletas, bien sea porque la sección no sea diametral, bien porque su desarrollo no sea total, o porque se encuentren en un determinado estadio de desorganización.

Una quera completa típicamente consta de las siguientes partes:

- Un hueco central, canal o cámara, a veces recto y más frecuentemente curvado, que llamaremos canal central (central channel). El canal central contiene casi siempre residuos orgánicos a veces muy descompuestos pero más a menudo con una estructura histológica que parece corresponder a un resto de raíz.
- Un relleno total o parcial del canal central por un mosaico cuyas piezas son cristales esparíticos equigranulares que seudomorfosean la estructura orgánica cuando existe. Estos cristales que se denominarán de quesparita, están bien ensamblados entre sí y sus secciones corresponden a poliedros de caras curvas, semejantes a poliedros de Kelvin. El tamaño de estos cristales suele oscilar entre 80 y 120  $\mu\text{m}$ , y la moda entre 80 y 90  $\mu\text{m}$ . Ocasionalmente los mosaicos carecen de alguna pieza. En general no ocupan totalmente el canal central y en los casos de ocupación más completa no están en continuidad con la masa que les rodea, sino que hay un estrecho hueco en el contacto con la masa, donde también se encuentra la parte exterior de la estructura orgánica.

Hay queras cuyo mosaico está representado sólo por unos pocos cristales repartidos en el interior del canal central. En estos casos es posible observar unas tenues estructuras orgánicas, con aspecto de vainas en destrucción, que revisten a los cristales de quesparita.

Además de su forma y tamaño, los cristales de quesparita tienen caracteres internos específicos. Su transparencia en luz plana se ve disminuída por la existencia de finas líneas curvas convergentes en un punto de la periferia del cristal. En luz polarizada tienen coloración gris y presentan zonas subparalelas de irisación, propias de la calcita, dispuestas más o menos perpendicularmente a las líneas curvas convergentes. En campo oscuro pueden ponerse de manifiesto en muchos granos zonas de diferente hialinidad configuradas en orlas respecto al punto de convergencia de las líneas curvas.

Las observaciones al MEB confirman tanto la forma de los cristales de esparita deducida a partir de sus secciones, como las características internas observadas también con el microscopio polarizante.

En ciertos casos de mosaicos bien desarrollados se ha observado que alguna de las celdillas de la estructura orgánica presentaba un cristal de quesparita, de tamaño menor al de la celdilla, adosado a una de las paredes de ésta por la zona del punto de convergencia de las líneas. Otras veces se ha visto alguna celdilla cuyo relleno de quesparita presentaba un hueco con contorno poligonal de lados curvos, figura cuya correspondencia también se ha podido obtener en el MEB.

- Una zona asociada al canal central, generalmente sólo a uno de sus lados, que destaca frente al material hospedante por ser más translúcida en luz paralela y por presentar b-fábrica especial, diferente a la del material circundante. Estas características corresponden a una masa decalcificada, comprobada mediante tinción, y a esta zona se le llama quedecal.

La decalcificación puede desarrollarse sobre materiales diferentes: masa basal del suelo, calcilutita, nódulos micríticos, material grueso carbonático, etc. A veces en la lámina una quera se ha desarrollado de modo que la quedecal afecta a más de uno de estos materiales.

La b-fábrica moteada (stipple-speckled) o reticulada de la quedecal destaca frente a la b-fábrica cristalítica (calcítica) del material circundante. La quedecal es órtica para el material grueso, los opacos y los huecos, no contiene nunca quesparita y tiene además un tipo especial de huecos (quehuecos, en inglés quevoids) alargados y ondulados de sección circular con diámetros no mayores de 35  $\mu\text{m}$ . En

algunas secciones estos quehuecos tienen un acusado paralelismo entre sí, siendo perpendiculares al canal central y en continuidad con él. Los quehuecos son pues túneles que nacen en el canal central como lo confirma el MEB (Figs. V.3.5.25 y V.3.5.29) y que generalmente no alcanzan el límite de la quedecal con el material circundante, sino que se detienen todos a la misma distancia de dicho límite.

Los dominios de birrefringencia de la quedecal tienen distribución relacionada a los quehuecos. Esta distribución relacionada se observa claramente cuando los quehuecos son paralelos entre sí y están muy juntos. Cuando la sección de los quehuecos es transversal la b-fábrica aparece reticulada, sin duda como efecto de la perpendicularidad de los nícoles sobre una b-fábrica prooestrial respecto a los quehuecos.

El límite de la quedecal con el material hospedante es siempre neto. En algunas ocasiones buena parte de ese límite coincide con una línea débilmente coloreada de rojo oscuro que la tinción ha mostrado se debe a hierro.

El canal central puede tener dimensiones de hasta varios milímetros de longitud por 300 ó 400  $\mu\text{m}$  de diámetro; además a veces estos edaforrasgos se superponen. Todo ello hace que las queras sean visibles a ojo desnudo en las láminas delgadas, donde resaltan tanto por el color como por la especial refracción de la luz debida al quemosaico. Con lupa de mano, en campo, no se llegan a distinguir bien frente al yeso vermiforme que suele existir en estos horizontes. Con lupa binocular, en bloques observados en laboratorio, se distinguen gracias a que los cristales de quesparita no son tan blancos como las lentillas de yeso y además tienen un brillo más céreo.

Los cristales de yeso lenticular se encuentran a menudo intercalares en la quedecal y/o en el canal central, pero no en el quemosaico.

#### *V.2.2.8. Materiales procedentes de las queras*

Algunos componentes de estos suelos pueden identificarse sin duda al microscopio como procedentes de queras. Son frecuentes los cristales de quesparita cuya descripción bajo el epígrafe "masa basal" o "edaforrasgos" se discute en VI.2.8.

Raramente se encuentran fragmentos de quedecal cuyo patrón de huecos o cuya b-fábrica permita reconocerlos como tales. Para ello han de tener un tamaño de al menos unos 100  $\mu\text{m}$ .



Se puede suponer que en los horizontes donde existen alguno de los componentes anteriores, habrá residuos de la parte orgánica de las queras mezclados con el material suelo, pero no hay medios para establecer alguna característica interna que permita distinguirlos de los residuos orgánicos de otros orígenes.

#### **V.2.2.9. Revestimientos y rellenos de yeso**

Probablemente los revestimientos y los rellenos de huecos son las presentaciones del yeso en los suelos más citadas en la bibliografía micromorfológica. Sin embargo, en estos pediones donde el yeso es el componente mayoritario de muchos horizontes, tales rasgos no son los más destacados. Suponiendo que se hubiera producido un relleno de yeso en un hueco de una masa yesosa, tal relleno no podría distinguirse. Los revestimientos, en general, contrastarán poquísimos con una tal masa basal.

Los revestimientos de yeso encontrados son de yeso lenticular. El microcristalino, aún cuando a veces se presente asociado a poros, tiende a formas masivas, más próximas a las nodulares.

Los revestimientos de yeso aparecen ya sea en horizontes. A donde el yeso es minoritario, ya sea en horizontes con organización en islotes o en materiales calcilimolíticos donde revisten canales y cámaras o fisuras del material fino.

Por lo general los cristales que forman los revestimientos aparecen desordenados. Los casos de disposición radial de las lentillas corresponden a revestimientos discontinuos en huecos de calcilimolitas o en paredes de huecos de raíces. En ocasiones los revestimientos de yeso lenticular y de limo carbonático se superponen en un mismo hueco.

Los rellenos de yeso son sólo distinguibles en un material no yesoso, como canales o cámaras en horizontes A o en otros materiales no yesosos. Cuando se presentan en huecos cuya forma no es claramente biológica es difícil decidir si se trata de elementos gruesos heredados de la roca e inmersos en la masa basal, o de relleno in situ de un hueco, ya que las formas y demás características de los cristales en general no permiten precisar. Las masas discretas de yeso microcristalino se describen como nódulos, según se discute en VI.1.9

#### **V.2.2.10. Revestimientos limo-arcillosos**

Se trata de revestimientos de huecos o de granos formados por partículas menores de 10  $\mu\text{m}$ . La mayoría de los revestimientos

encontrados tienen composición limosa o limo-arcillosa, rara vez arcillo-limosos, son siempre muy minoritarios en el material suelo (< 2 %) y sólo detectables al microscopio. El limo es carbonático y cuando va mezclado con arcilla el revestimiento tiene aspecto denso. Sólo se han apreciado débiles birrefringencias en algunos de los revestimientos más arcillosos.

Se han encontrado revestimientos de limos carbonáticos en los huecos de disolución de las rocas de yeso sacaroideo, tanto clastos en superficie (lám. 153-5) con fragmentos de la roca in situ (lám. 151-R). Los cristales carbonáticos de estos revestimientos son idénticos a los que se encuentran incluidos en el yeso sacaroideo. También en costra de arroyada (lám. 153-4) aparecen estos revestimientos como capa selladora más externa ("exo-revestimiento") y en paredes de cavidades continuándose en la masa como intercalaciones.

En posiciones somitales con vegetación arbustiva hay formaciones superficiales constituídas casi exclusivamente por edaforrasgos. Entre tales edaforrasgos hay mosaicos de quesparita revestidos de una fina capa densa de partículas de limo carbonático, aunque frecuentemente la delgadez de la capa hace dudosa la identificación del material. Tales capas se describen como revestimientos, aunque puede tratarse de un remanente del material hospedante del quemosaico.

En los horizontes B de casi todos los perfiles estudiados aparecen revestimientos, siempre en pequeñas proporciones en la lámina. A veces son revestimientos discontinuos sobre lentillas de yeso que en ocasiones exhiben birrefringencias muy débiles. Más frecuentemente los revestimientos de limos se desarrollan en paredes de canales y cámaras algunas veces yuxtapuestos con revestimientos de yeso (lám. 135: 61-70). Los revestimientos más gruesos (más de 100  $\mu\text{m}$  de espesor) se han observado en un horizonte B<sub>y</sub> del fondo de un val (lám. 138:89-97). Cuando los revestimientos están en una masa basal gypsica, es frecuente que sólo gracias a ellos se pueda deducir la existencia de un canal u otro tipo de hueco.

Revestimientos de limo carbonático se han observado igualmente en horizontes de yeso microcristalino (lám. 151:24-32) en las paredes de cavidades y de canales y cámaras, a veces yuxtapuestos con revestimientos de yeso. El limo de estos revestimientos es idéntico al que se encuentra en la masa basal microgypsica disperso o a veces agrupado; en estos casos la transición revestimientos/limo esparcido/intercalaciones es bastante difusa.

### V.2.2.11. Lublinita

La sección transversal de las varillas de lublinita suele ser menor de 10  $\mu\text{m}$  y su longitud superior a 100  $\mu\text{m}$ , a veces con ramificaciones perpendiculares.

La lublinita, siempre en proporciones inferiores al 1% en la lámina, está en cavidades como rellenos discontinuos o como revestimientos de las paredes, y frecuentemente en formas mixtas. El edaforrasgo tiene aspecto afieltrado y muchas veces la disposición de las varillas es tal que a mayores aumentos el aspecto es alveolado irregular.

Este edaforrasgo se ha encontrado en el potente horizonte A de un fondo de val sin cultivo (láms. 138: 20-28 y 138: 53-58).

### V.2.2.12. Excrementos

Los agregados de origen faunal se denominan genéricamente pellets fecales. Tal denominación, extendida en macromorfología, es usada también por Brewer.

Tal como indican BULLOCK *et al.* (1985), en comparación con la descripción micromorfológica de otros rasgos, la de los excrementos requiere una interpretación previa que decida si el rasgo en cuestión es o no un excremento. Los dos principales criterios son la forma y la composición que en ocasiones destacan claramente.

Sin embargo, como ocurre en los suelos de las chesas, son muy frecuentes formas debidas a proceso de envejecimiento ("ageing"). Así, muchas de las estructuras cavitarias, esponjosas y migajosas pueden ser interpretadas como resultado de este proceso y se encuentran formas de transición a excrementos.

Se ha seguido un criterio restrictivo en la calificación de estos rasgos como excrementales, coincidiendo con las descripciones de campo en las que raramente aparece "estructura debida a actividad de fauna". Aunque la edafoturbación por actividad biológica se considera uno de los procesos formadores, no se ha encontrado en campo estructuración casi total por fauna, pese a que esta estructura se halla fuera de las chesas en horizontes cámbicos de emplazamientos cercanos.

La distribución relacionada de los excrementos o su pertenencia a rellenos suelen ser criterios más útiles que la forma o la composición cuando la agregación del horizonte, habitualmente en los poco profundos, es resultado del proceso de envejecimiento. En horizontes

orgánicos destacan, sobre un fondo de residuos vegetales, los excrementos que pueden estar constituidos bien sea por los mismos residuos más compactados, bien por material mineral, o mixtos.

Siguiendo el mismo criterio restrictivo, y de acuerdo con el Handbook, no se ha calificado como excrementos a ciertos rasgos que tienen este origen, como los rellenos arqueados ("bow-like") en canales, u otros rasgos con esta fábrica.

Tampoco se califican como pellets fecales los excrementos de oribátidos. En general van asociados a residuos vegetales, su composición es orgánica amorfa y en destrucción, pasan insensiblemente a manchas o puntuaciones orgánicas. Su comportamiento los acerca a los componentes orgánicos. Por ello, dependiendo de la importancia en la lámina de las formas de transición, se describen en ese epígrafe o en el de excrementos.

### V.2.3. La masa basal. Componentes heredados

Cuando tienen tamaño suficiente pueden reconocerse distintos componentes como procedentes de la roca o de otros suelos y se describen como material grueso de la masa basal. En este apartado no se reseñan los materiales ya tratados como edaforrasgos, por ejemplo nódulos micríticos y quesparita, aunque sus características internas, su presentación u otras consideraciones hagan que en determinadas láminas se describan como material grueso al considerar son heredados de otros suelos.

Tampoco se hará referencia a la masa basal de aquellos horizontes formados principal o totalmente por edaforrasgos, y así se han descrito masa basal gypsica lenticular, masa basal gypsica microcristalina y se puede hablar también de masa basal quesparítica.

#### V.2.3.1. Micrita

Salvo los horizontes formados mayoritaria o exclusivamente por edaforrasgos, la masa basal más frecuente en estos suelos es cristalítica (micrítica), conocida y descrita hace tiempo en la literatura.

A menudo se encuentran masas basales cristalíticas (micríticas) con caracteres internos (color, color de interferencia, granulometría, etc) en transición o semejantes a los de las calcilimolitas, pudiendo a veces distinguirse de éstas por el patrón de huecos o por la presencia de determinados edaforrasgos más o menos alterados.

Esta masa basal puede estar calcificada, dando nódulos micríticos (edaforrasgos) u horizontes cálcicos. También es afectada por la decalcificación en las zonas quedecal de las queras (edaforrasgos), sin que se hayan encontrado horizontes de este material o acumulaciones del mismo no relacionadas con queras.

Todo esto hace difícil o imposible discernir los clastos de lutita respecto a estas masas basales, quedando desdibujada la distinción entre el material edafizado y el heredado de la roca. Del mismo modo, en general no se puede precisar la procedencia del limo carbonático que se visualiza en zonas desagregadas, o repartido como revestimientos, o como limo carbonático disperso en masas basales de yeso lenticular o microgyptica, o como inclusiones en cristales de yeso.

#### *V.2.3.2. Esparita hedral*

Se trata de cristales euhedrales o subhedrales, con trazas de exfoliación típicas de la calcita; los demás caracteres petrográficos (transparencia, color de interferencia, irisaciones) coinciden también con los de la calcita. Generalmente muestran síntomas de disolución a través de los planos de exfoliación, lo que les da frecuentemente formas reentrantes. Estos entrantes pueden estar huecos o rellenos por material suelo.

El tamaño de los cristales suele estar entre 100 y 300  $\mu\text{m}$  y rara vez alcanzan los 600  $\mu\text{m}$ . Son más abundantes en los horizontes superficiales aunque sin sobrepasar el 2%. También se han encontrado en la costra de arroyada en zonas de yesos desnudos (lám. 153-4) y en las rocas de yeso sacaroideo (láms. 151-R y 153-5).

Estos cristales y los de quesparita incorporados a la masa basal son muy difíciles de distinguir cuando se presentan en tamaños muy pequeños por disolución u otras causas.

#### *V.2.3.3. Esparita nodular*

Este componente se ha observado en horizontes edáficos que llevan esparita hedral. Sus caracteres petrográficos apuntan a que se trate de calcita, aunque a veces los colores de interferencia no son los grises característicos de la esparita. Las formas son esferoidal-redondeadas y a menudo son policristalinos, sobre todo los más grandes que además suelen tener secciones elipsoidales. Algunos contienen manchas aparentemente orgánicas.

El diámetro modal es 400  $\mu\text{m}$ , pero llegan a 800  $\mu\text{m}$ . Siempre se encuentran en menor proporción ( $<1\%$ ) que la esparita hedral. En un horizonte (lám. 135:3-11) se han visto nódulos de este tipo con halo micrítico. Siempre se encuentran en la masa basal del suelo y repartidos al azar, sin relación con otros rasgos.

#### V.2.3.4. Cuarzo

El cuarzo es muy minoritario en todos los suelos estudiados, casi siempre menos del 2% de la lámina y en muchas de ellas en cantidad inapreciable. Esta característica concuerda con los escasos o nulos contenidos de cuarzo de las rocas estudiadas en lámina delgada, tanto las carbonáticas como las yesosas.

Los granos de cuarzo son casi siempre menores de 150  $\mu\text{m}$  y nunca llegan al mm. Su clasificación suele ser pobre y las formas desde angulares hasta subesferoidal redondeados.

Los caracteres ópticos del cuarzo hacen que para estos tamaños de grano, siempre monocristalinos, la distinción frente al yeso sea muy dificultosa en estas láminas delgadas de suelo. Aunque se suponga que una parte del cuarzo no se ha detectado, debe admitirse que la importancia relativa de este mineral es pequeña en estos suelos.

#### V.2.3.5. Materiales silicáticos

En las masas basales microgypsicas no aparecen estos materiales. En las masas basales cristalíticas (calcíticas) la distinción del cuarzo y de los materiales silicáticos (arcillas y mica) sólo es posible a partir de un cierto tamaño, aproximadamente 10-15  $\mu\text{m}$ , pero que se puede suponer condicionado por el grado de carbonatación; así, en los nódulos carbonáticos sólo pueden verse algunas pajuelas muy grandes de mica. También pequeñas diferencias en el espesor de las láminas pueden modificar el límite de percepción de estos materiales.

Los cristalitos sueltos de micas, de hasta 150  $\mu\text{m}$ , pueden verse en horizontes de superficie, sin que su abundancia sobrepase nunca el 1 ó 2 % de la lámina.

Las zonas quedecal destacan por su b-fábrica moteada que se puede atribuir a arcillas y a micas de pequeño tamaño; además las de gran tamaño se distinguen aquí mejor que en la masa basal no decalcificada. Los dominios de birrefringencia asociados a los quehucos parecen coincidir con una orientación de las micas en esos mismos puntos.

Las micas que suelen distinguirse en las masas basales tienen entre 30 y 80  $\mu\text{m}$ , aunque excepcionalmente alcanzan los 300  $\mu\text{m}$ . La clasificación mejor de las micas se ha encontrado alrededor de 40-50  $\mu\text{m}$  en todo el pedión 135, donde además se han distinguido micas con color de interferencia verde que posiblemente corresponden a sericita.

La transición continua de características entre las masas basales cristalínicas (micríticas) de los horizontes edáficos y de las calcilimolitas a que se hace referencia en V.2.3.1. se mantiene también para los materiales silicáticos, incluso, por término medio, con las calcilimolitas en que es posible distinguir claramente fábricas sedimentarias.

#### V.2.3.6. Residuos inorgánicos de origen biológico

##### V.2.3.6.1. Cristales intracelulares en vegetales

Se presentan casi siempre en horizontes superficiales, en el interior de células de residuos de órganos vegetales reconocibles. Por ejemplo en la lámina 153-4 correspondiente a una costra de arroyada están en restos de tallos; en la lámina 136: 0-8 se presentan en hojas de *Quercus coccifera*. Son siempre cristales euhedrales muy birrefringentes, a menudo maclados y con tamaños de unos 5  $\mu\text{m}$ , pudiendo alcanzar los 25  $\mu\text{m}$  (lám. 138:89-97).

Sus características internas responden a las del oxalato cálcico monohidrato o whewellita (FREY-WYSSLING, 1981) lo que está de acuerdo con su presentación en tejidos vegetales frescos.

##### V.2.3.6.2. Conchas

Los suelos de las chesas sólo muy esporádicamente presentan fragmentos de conchas, cuyo tamaño muy pequeño no permite hacer suposiciones sobre su origen. Siempre se han encontrado en horizontes superficiales, por ejemplo en las láminas 153-4 y 135: 3-11. No se han encontrado moluscos vivos en la zona estudiada.

El único pedión con conchas relativamente abundantes es el 147, situado en la llanura aluvial del río Llobregós.

## V.2.4. Componentes orgánicos

La composición de los horizontes O, mayoritariamente de residuos orgánicos, contrasta con la escasez de estos componentes en los demás horizontes, donde no suelen sobrepasar el 2% de la lámina, llegando en muchos perfiles a ser casi inexistentes en profundidad. Hay muchos horizontes donde los residuos orgánicos no abundan pese a que la actividad biológica es importante en la elaboración del horizonte tal como lo demuestra la estructura y ciertos edaforrasgos.

En los apartados siguientes se indican las características más destacables de los componentes orgánicos de las láminas delgadas estudiadas. La determinación específica de los seres vivos productores de los diferentes componentes orgánicos quedan fuera del alcance del presente trabajo, y en muchos casos es imposible por el grado de fragmentación o descomposición de los residuos.

### V.2.4.1. Hifas

Las hifas más abundantes son las asociadas a residuos orgánicos y que se encuentran sobre todo en horizontes O. Su morfología corresponde a basidiomicetos y los diámetros modales están entre 6 y 8  $\mu\text{m}$  llegando algunas a 132  $\mu\text{m}$ . No se aprecian entre ellas diferencias morfológicas sistemáticamente asociadas a familias de tamaños. Hay casos (lám. 153-3) de filamentos de aspecto hifal con ornamentación externa. Hifas mucho más finas (1  $\mu\text{m}$  de diámetro) se han encontrado (lám. 29: 0-12) asociadas a residuos opacos de tejidos con aspecto de cenizas.

Otro tipo de filamentos de aspecto hifal son los asociados a masas de esporas en el interior de nódulos micríticos (lám. 135: 16-24). Son filamentos opacos que recorren los bordes de ciertos huecos de dichos nódulos. A veces el exterior de las paredes de estos filamentos están mamelonadas regularmente.

Por último se reseñan los filamentos, aparentemente hifales, de diámetro menor de 3  $\mu\text{m}$  que se han encontrado en horizontes de yeso microcristalino (lám. 151: 224-32) o en nódulos de este material (láms. 153-3 y 153-1). Debe señalarse que la calicata 151 sufrió a los dos años de su apertura un recubrimiento continuo de sus paredes por un líquen. Las hifas descritas son muy semejantes a las que con diámetro de unos 2  $\mu\text{m}$  se han visto (lám. 136: 0-8') partiendo de un líquen en superficie y que atravesando una capa de yeso microcristalino se concentran debajo de ésta.



#### **V.2.4.2. Esporas**

Los cuerpos esferoidales, de color marrón y entre 5 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro se consideran esporas. Pueden presentar gemación y también aparecer agrupadas ya sea en racimos irregulares, ya en cuerpos esferoidales con alvéolos, que se consideran esporangios. Las esporas aparecen en la masa basal o en huecos de nódulos micríticos.

#### **V.2.4.3. Residuos de tejidos**

Los residuos de tejidos y de órganos son frecuentes en superficie formando a veces horizontes O. En horizontes subsuperficiales los residuos más frecuentes son los de raíces que se han denominado radicohistos. Los radicohistos se encuentran de forma sistemática en el canal central de las queras, casi siempre muy descompuestos y nunca flobafenizados.

Los radicohistos mejor conservados mantienen una cierta independencia de la masa basal al ocupar un canal. A menudo los radicohistos tienen en su interior excrementos orgánicos, incluso en horizontes profundos. Otros residuos orgánicos están flobafenizados y cuando además están muy desmenuzados se pasa insensiblemente a manchas orgánicas.

También pueden incluirse en este apartado las cenizas que en muy pequeñas cantidades se encuentran en multitud de pediones, sobre todo en los fondos de val incluso en los horizontes más profundos muestreados.

#### **V.2.4.4. Manchas orgánicas**

Se incluyen aquí materiales amorfos, opacos o a veces rojizos, presentes en la masa basal. Como se indica en el apartado anterior, pueden pasar insensiblemente a residuos orgánicos. A menudo es difícil discernir de forma determinante la naturaleza orgánica de estos materiales si no se dispone de luz U.V.

La abundancia de este material es siempre menor del 2% y en general se encuentran repartidos uniformemente tanto en la masa basal normal como en la quedecal de las querar y en la masa de yeso lenticular.

#### V.2.4.5. Excrementos orgánicos

Se tratan aquí los excrementos compuestos por un material orgánico, amorfo. Quedan pues excluidos los excrementos de composición mineral o de residuos de órganos, que pueden reconocerse por su forma y que se tratan como edaforrasgos.

La sección que presentan es elipsoidal muy perfecta, de bordes muy nítidos salvo las formas de destrucción. Suelen ser opacos o marrón-rojizos, pero los hay mixtos (lám. 29:0-12). Frecuentemente ocupan el interior de residuos de órganos o se asocian a residuos orgánicos.

La bibliografía atribuye estos excrementos a oribátidos. Debe hacerse notar que los encontrados en estos suelos miden desde 25 a 140  $\mu\text{m}$ , en familias de tamaños bastante características, predominando los de 60-80  $\mu\text{m}$ .

#### V.2.4.6. Cuerpos algales

Se denominan así a masas verdes en luz natural de forma irregular y hasta 60  $\mu\text{m}$ , compuestas por partes de aspecto vagamente celular de unos 9  $\mu\text{m}$  de diámetro. Han aparecido en láminas delgadas de excrementos recolectados en superficie (láms. 153-6 y 153-7). Su color verde clorofila es semejante al de las partes algales de los líquenes y al de pequeñas manchas encontradas entre el material yesoso alterado de superficie y que pueden considerarse algas endolíticas.

### V.3. MACRO, MICROMORFOLOGIA Y CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS DE LOS PEDIONES

Los pediones seleccionados en cada una de las áreas prospectadas se describen separadamente pero con criterios y ordenación análogos.

Se comienza con los suelos menos evolucionados (Entisoles) o al menos que presentan perfil poco desarrollado. Además, por su posición fisiográfica, actúan como fuente de materiales para los demás suelos.

A continuación se pasa a perfiles más evolucionados en vertientes o rellanos, a veces con horizontes cálcicos. Después se describen los suelos desarrollados sobre los potentes depósitos de los fondos de val, generalmente cultivados. En último término se estudian los perfiles en zonas aluviales (terrazas, abanicos) situados ya fuera de las chesas.

### V.3.1. El inicio de la edafización en yesos

La mayor parte de la superficie de las colinas modeladas sobre los yesos está ocupada por comunidades vegetales abiertas, arbustivas o herbáceas, de escasa cobertura. En las pequeñas extensiones donde los factores antrópicos o de exposición permiten una vegetación cerrada -bosque degradado de *Quercus faginea* o cualquier comunidad arbustiva o herbácea densa- se encuentran suelos con horizontes O y A continuos y bien desarrollados.

En zonas con comunidades vegetales abiertas encontramos la roca desnuda con microrrelieves kársticos (lenares en yeso) y huecos y otras formas de disolución. El estudio de estas superficies se consideró de interés para conocer el comienzo de la edafización en estas rocas.

La disolución del yeso como se ha indicado en el capítulo de geología, es clave en la evolución de estos paisajes, y ello resulta especialmente evidente en las zonas peladas. Si se adopta un enfoque edafológico, más que las microformas producidas por la meteorización, interesan los materiales resultantes de ella, que de modo más o menos transitorio permanecen en la superficie de estas zonas formando su cubierta edáfica.

Se trata en general de formaciones de superficie cuyo estudio por métodos exclusivamente químicos no suministraría sino una información parcial e incompleta. Han sido precisas la observación y descripción sobre el terreno y la utilización de la micromorfología. Estas técnicas han permitido descubrir la existencia de formaciones quesparíticas, resultado de un proceso, la formación de querás, muy extendido en estos suelos.

Mediante láminas delgadas se estudian las formaciones más características, es decir:

- 1- Figuras de meteorización de la roca yesosa
- 2- Formaciones quesparíticas
- 3- Costra de arroyada.
- 4- Deyecciones de mesofauna en superficie
- 5- Bolsadas de suelo en anfractuosidades de la roca.

La Figura V.3.1.1. presenta un bosquejo de la disposición de las formaciones citadas. De ellas, la 2, 3 y 4 sólo se encuentran donde la arroyada, pese a la escasa vegetación, no es excesivamente violenta, es decir, en posiciones somitales.

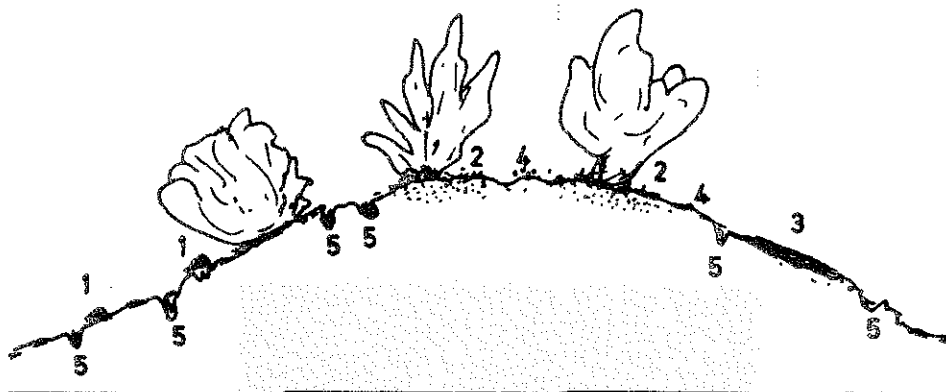


Fig. V.3.1.1. Esquema de la disposición de formaciones superficiales en posición somital en el área de Iborra (Lérida). 1. Roca yesosa meteorizándose (microkarst y cantos oquerosos). 2. Formaciones quesparíticas. 3. Costra de arroyada. 4. Deyecciones de mesofauna. 5. Bolsadas de suelo en anfractuosidades de la roca de yeso.

#### V.3.1.1. Figuras de meteorización de la roca yesosa

Cuando el yeso sacaroideo está en contacto directo con la atmósfera son frecuentes las microformas kársticas consistentes en lenares milimétricos y hasta centimétricos (Fig. V.3.1.2.). El estudio microscópico de estas formas denota que la alteración es superficial, sin apenas disolución de la roca hacia el interior.

Para caracterizar el estado de la roca en fase avanzada de meteorización se han tomado clastos del yeso sacaroideo que se encuentran sobre las superficies sin vegetación así como elementos gruesos incluidos en el perfil del suelo.

De entre las láminas preparadas se ha seleccionado como representativa la 153-5, correspondiente a un clasto que de visu se presentaba como muy alterado.

La microscopía muestra que la alteración de la roca consiste en la disolución de algunos de sus cristales de yeso, dando una estructura oquerosa al clasto que concuerda con lo observado en campo.

En la lámina se observa yeso porfidoblástico y se estima en un 45% la superficie correspondiente a huecos. Los cristales de yeso presentan frecuentes formas de disolución (Fig. V.3.1.3.). Se pueden observar algunos cristales de anhídrita de hasta 60  $\mu\text{m}$  en el interior del yeso (Fig. V.3.1.4.).

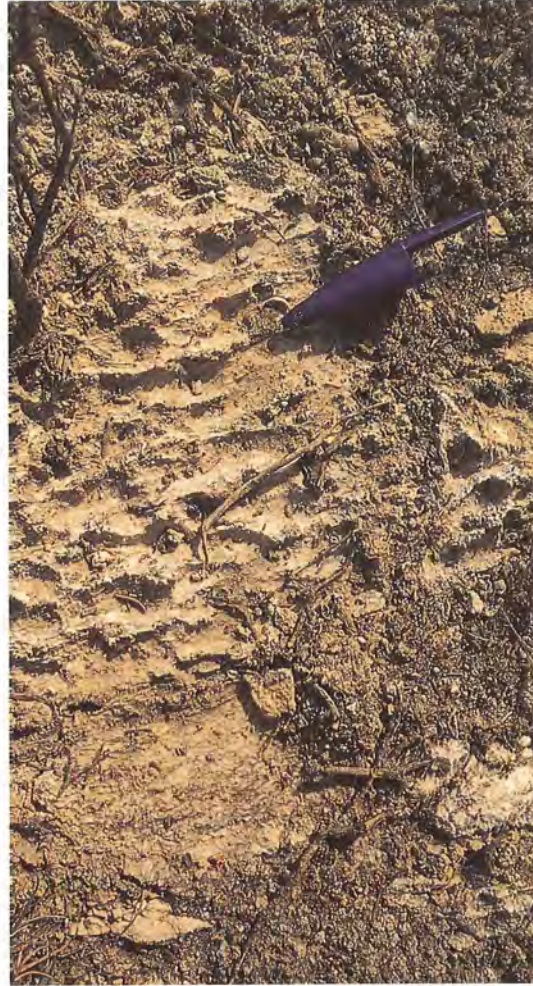


Fig. V.3.1.2.- Lenar centimétrico en roca de yeso sacaroideo aflorante. Iborra (Lérida), pedión 153.

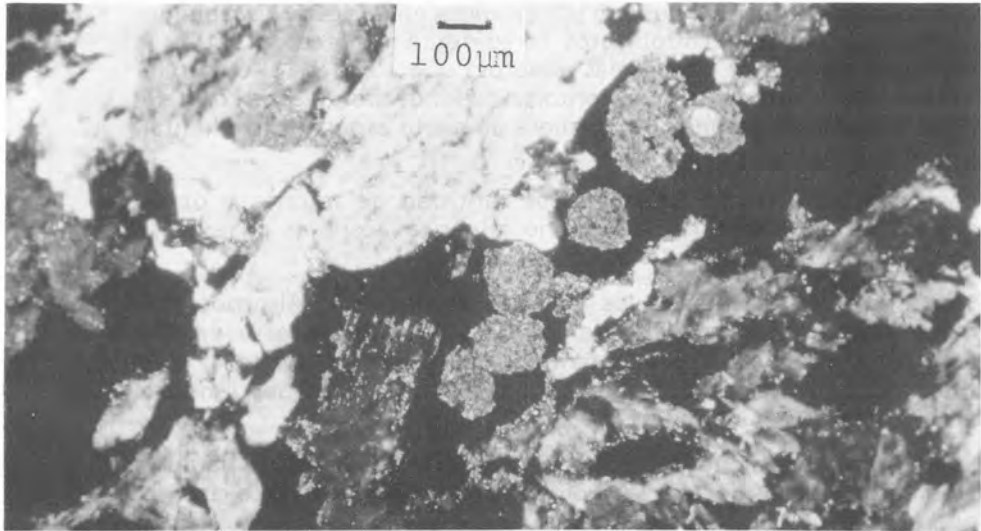


Fig. V.3.1.3.- Formas de disolución del yeso en un clasto oqueroso de yeso sacaroideo recogido sobre el suelo con superficies de disolución revestidas por material carbonático fino. Hay agregados micríticos de aspecto fecal por su forma redondeada. Lám. 153-5.

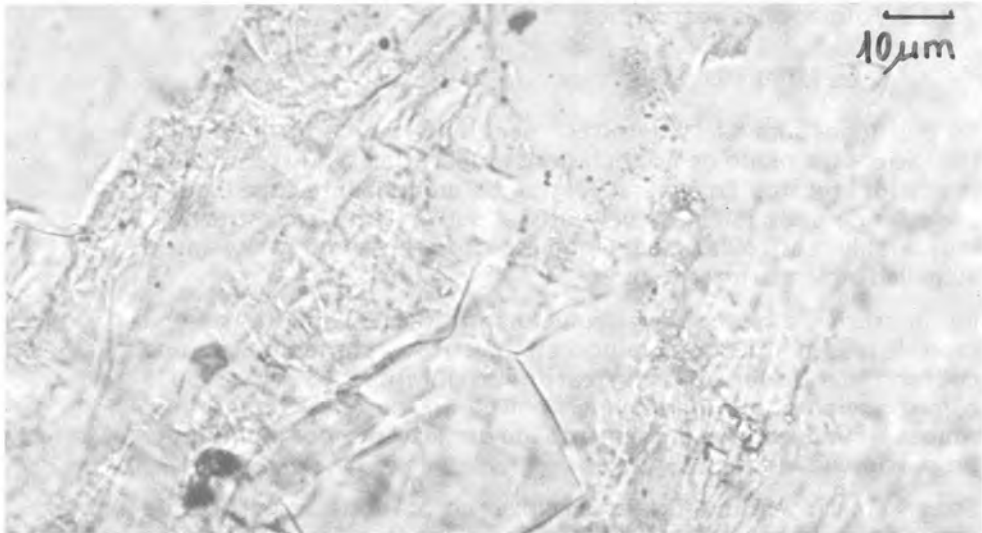


Fig. V.3.1.4.- La anhidrita se distingue por su hábito y por los colores de orden superior. Cristal de anhidrita en el interior del mismo clasto de la figura anterior. LPP. Lám. 153-5.

Hay cristales micríticos de unos 5  $\mu\text{m}$  incluidos en el yeso y revistiendo los bordes de los porfidoblastos corroídos. En huecos grandes y principalmente en la banda más oquerosa que atraviesa al clasto, la micrita forma agregados cuyo contorno redondeado y la presencia de algún fragmento orgánico les confiere un cierto aspecto excremental o de rodadura (Fig. V.3.1.3.).

Los bordes del clasto llevan mayor cantidad de micrita y otros materiales como yeso microcristalino, esparita, residuos orgánicos, etc. que deben corresponder a adherencias.

Son muy poco frecuentes los cristales de esparita. Algunos son euhedrales y en el interior del clasto suelen integrarse en los agregados micríticos. En el material de los bordes del clasto es más frecuente la esparita, tanto en cristales aislados como asociándose entre sí unas pocas unidades.

Se ha comprobado que lo descrito para esta lámina es válido para los elementos gruesos de yeso sacaroideo con tamaño semejante cuando aparecen en el interior de los perfiles.

La gran superficie resultante del proceso de disolución permite afirmar que la duración de estos clastos será corta tanto por la disolución acelerada del yeso al aumentar la superficie de ataque, como por la facilidad que esto supone para la actividad biológica. Los finos menos solubles que se observan sobre la superficie de corrosión del yeso pueden ir liberándose al ritmo de la disolución.

#### V.3.1.2. *Formaciones quesparíticas*

##### V.3.1.2.1. Caracteres generales

En posiciones somitales con escasa pendiente, se desarrollan unas formaciones, a modo de acumulaciones superficiales, que se sitúan al pie de los arbustos. En general constan de un horizonte cuyo espesor suele ser de unos 15 cm de un material pulverulento, sin estructura, muy friable. Los colores son variables, los más oscuros se asocian a actividad biológica más intensa.

En superficie de este material pulverulento frecuentemente hay una capa de musgo. Cuando el musgo está muerto es corriente lleve una cubierta de líquen. Se fabricaron las láminas 153-1 y 153-3 correspondientes a la parte superficial de dos de estas formaciones. Ambas láminas son sustancialmente iguales, excepto por la diferente proporción de residuos vegetales.

Estas formaciones superficiales alcanzan en ocasiones espesores de más de 1 m, lo que se puso de manifiesto con la calicata 153 donde además se hizo la prueba de infiltración P1. De esta calicata se tomaron bloques y se incluye como representativa del perfil la descripción de la lámina 153: 17-38.

V.3.1.2.2. Análisis de caracterización

Referencia	Profundidad cm	Color Munsell (en seco)	pH H <sub>2</sub> O 1: 2.5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equiva- lente %	CE 1:5 dS/m 25oC	Granu- lometría mm
153-1	0-15	-	7.8	3.8	40.0	26.4	1.57	Flocula
153-3	0-15	-	7.9	1.6	36.6	45.7	1.96	Flocula
153,0-1	0-1	5 Y 8/2	-	-	49.4	-	1.72	-
153,0-17	0-17	7,5 Y 8/2	-	-	16.5	-	2.12	-
153,17-33	17-33	-	-	-	33.5	-	1.96	-
153,37-63	37-63	7,5 Y 8/2	-	-	36.2	-	1.67	-

Pasta saturada										
Ref.	Hs %	CEe dS/m25o	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
153-1	48,4	2,64	37,3	2,5	ip	ip	5	29,5	1,8	0,0
153-3	46,8	2,65	36,0	4,6	ip	ip	4	30,5	1,0	0,0



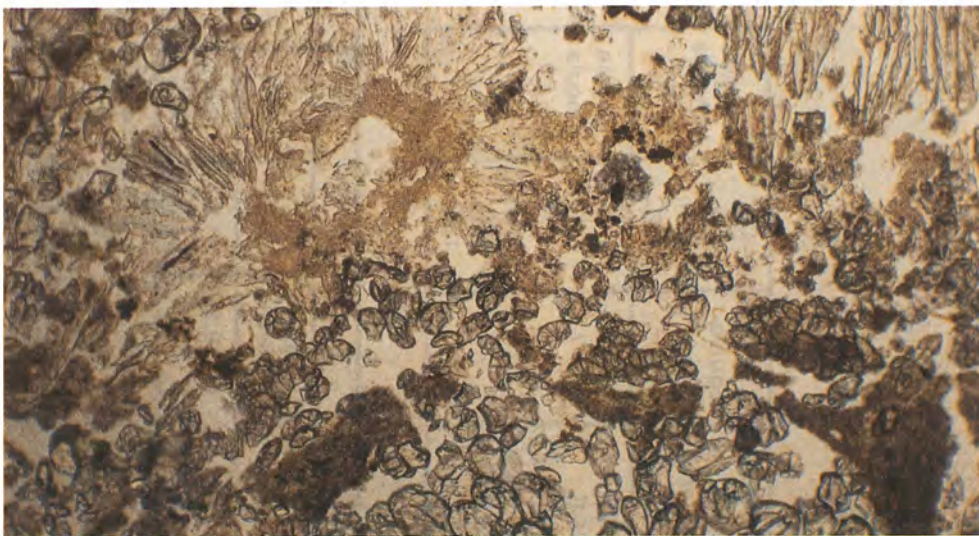


Fig. V. 3.1.5.- Yeso con disposición radial y en empalizada, asociado a yeso microcristalino. Predominan los cristales de quesparita empaquetados al azar, con algunos restos de quemosaicos y fragmentos de quedecal. LPP. Lám. 153-3.

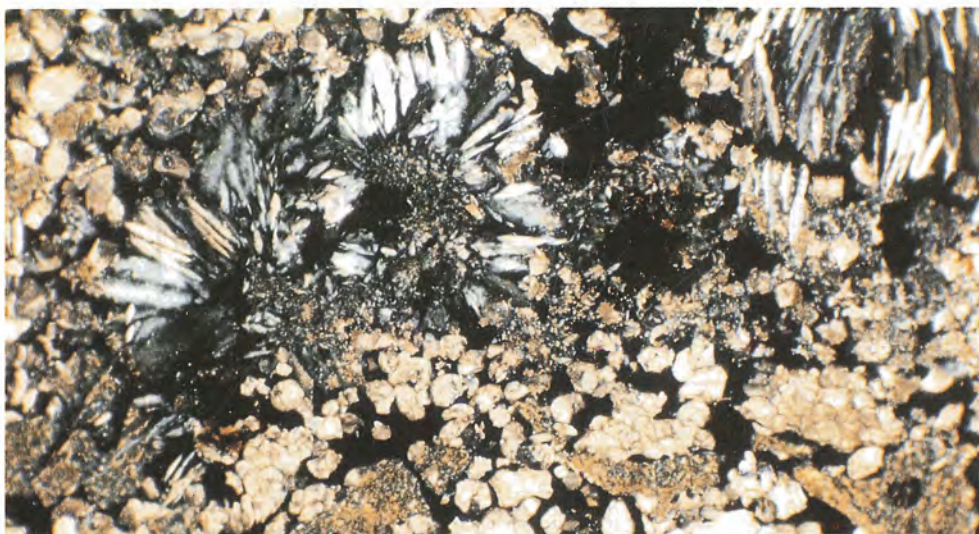


Fig. V. 3.1.6. Idem que la anterior, con nicoles cruzados. Lado mayor: 2 mm



Fig. V.3.1.7. Nódulo de yeso microcristalino asociado a una raíz. El material circundante consta de cristales de yesparita, lentillas de yeso y fragmentos de quedecal, todo ello en empaquetamiento suelto. Lám. 153-3. Lado mayor: 2mm.



Fig. V.3.1.8.- En luz paralela el yeso microcristalino es amarillento. Masas irregulares asociadas a un residuo de raíz. Lado mayor: 2mm.

### V.3.1.2.3. Descripción micromorfológica

Lám. 153-3

#### MICROESTRUCTURA

Apedral. Huecos de empaquetamiento simple y cavidades mal definidas. Microestructura compleja: simple de cristales y de cavidades.

La lámina consta exclusivamente de edaforrasgos y componentes orgánicos.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Yeso lenticular

Los tamaños más frecuentes de las lentillas van de 60 a 300  $\mu\text{m}$ , excepcionalmente se alcanzan 600  $\mu\text{m}$ . Llevan frecuentes inclusiones cristalinas no identificadas, euhedrales o subhedrales, menores de 4  $\mu\text{m}$ . Representan el 10-15% de la superficie de la lámina.

Se distribuyen al azar, aunque hay bolsadas donde las lentillas están agrupadas, a veces con tendencia a disposición en torbellino. En los 2 cm superiores de la lámina no hay lentillas.

##### 2- Yeso radial y en empalizada

Los tamaños más frecuentes de los cristales son 300 x 30  $\mu\text{m}$ .

Las inclusiones son más raras que en las lentillas. Representan menos del 1% de la superficie de la lámina.

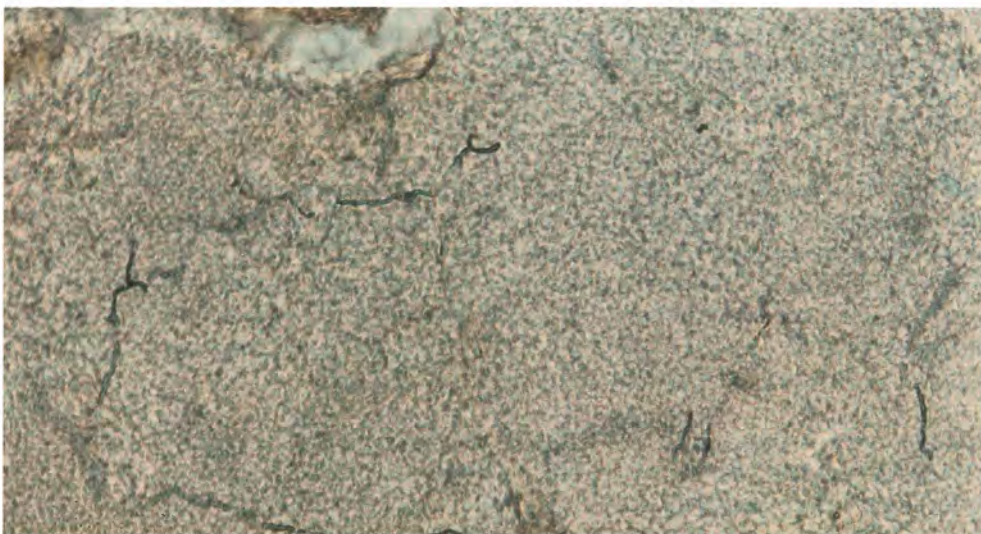
Las disposiciones radiales asociadas a huecos dan formas de transición a empalizada. Frecuentemente este tipo de yeso se asocia a elementos gruesos de yeso o a yeso microcristalino (Figs. V.3.1.5. y V.3.1.6.).

##### 3- Yeso microcristalino

Nódulos redondeados, densos, de unos 300  $\mu\text{m}$  de diámetro (Figs. V.3.1.7.); otros son alargados o irregulares con huecos, de hasta 1 mm x 270  $\mu\text{m}$ . En muchas ocasiones están rodeando raíces, en contacto con ellas (Fig. V.3.1.8.) o asociados a huecos presumiblemente de raíces. Son siempre muy opacos con nicoles cruzados (Fig. V.3.1.7.) y de intenso color amarillento en luz plana.



**Fig. V.3.1.9.-** Secciones transversales y longitudinales de canales (10 a 15  $\mu\text{m}$  de diámetro) en un nódulo de yeso microcristalino. Pueden deberse a hifas o a pelos radiculares. Lám. 153-3.



**Fig. V.3.1.10.-** Filamentos (3  $\mu\text{m}$  de diámetro) en el interior de un nódulo de yeso microcristalino. Sus recorridos no coinciden con los canales de la figura anterior. Lám. 153-3.

En los nódulos más densos se observan en luz plana trazas de color más claro y diámetro entre 10 y 15  $\mu\text{m}$ , con aspecto de secciones longitudinales y transversales de canales (Fig. V.3.1.9.). En algunos nódulos se han observado figuras muy finas, de hasta 3  $\mu\text{m}$  de diámetro que parecen corresponder a un tipo determinado de filamento biológico, quizá hifal (Fig. V.3.1.10.).

En total el yeso microcristalino representa un 3% de la superficie de la lámina. Se distribuye al azar, salvo en los 2 cm superiores de la lámina, donde no existe.

Se ha encontrado un nódulo de tamaño aproximadamente 400  $\mu\text{m}$  sin huecos, constituido por microlentillas, las mayores de 20 a 25  $\mu\text{m}$  de longitud. Su color en luz plana es muy débilmente amarillento. Puede considerarse como una variante del yeso microcristalino.

#### 4- Gypsorrelictos

Cristales de yeso de formas variadas, generalmente con tendencia a iniciar formas lenticulares en los bordes, presumiblemente por disolución/precipitación. Cuando su tamaño es pequeño o son monocristales, es difícil discernir si son litorrelictos o formas de edafogénesis.

Son poco frecuentes en la lámina (<1%), distribuidos al azar. No existen en los 2 cm superiores de la lámina.

#### 5- Micrita

Son raros los cuerpos con fábrica claramente sedimentaria. Sólo se ha encontrado uno en la lámina 153-1. Las formas son variadas indicando a veces su aspecto clástico, la procedencia de la roca (Figs. V.3.1.11. y V.3.1.12.), pero es frecuente encontrar formas redondeadas de tamaños bastante homogéneos. Son poco frecuentes los fragmentos mixtos de micrita y quedecal (Fig. V.3.1.12.) en los que a veces pueden observarse ambos materiales separándose (Fig. V.3.1.13.).

Pueden encontrarse todos los estadios de desagregación, hasta microcristales totalmente separados. A veces las lentillas parecen jugar un papel en la desagregación (Fig. V.3.1.14.). Los distintos tipos de fragmentos y los microcristales están distribuidos al azar, mezclados con los cristales de quesparita y demás componentes del suelo.

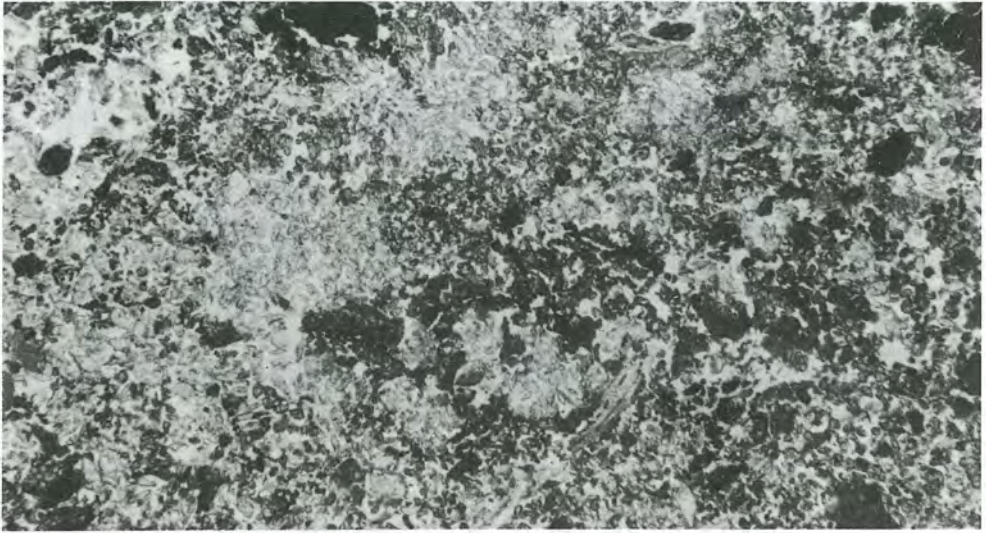


Fig. V.3.1.11.- Cristales de quesparita y yeso lenticular son los componentes más abundantes de las formaciones quesparíticas. Hay también algunos fragmentos de calcilutita. LPP Lado mayor 6 mm. Lám 153-3.

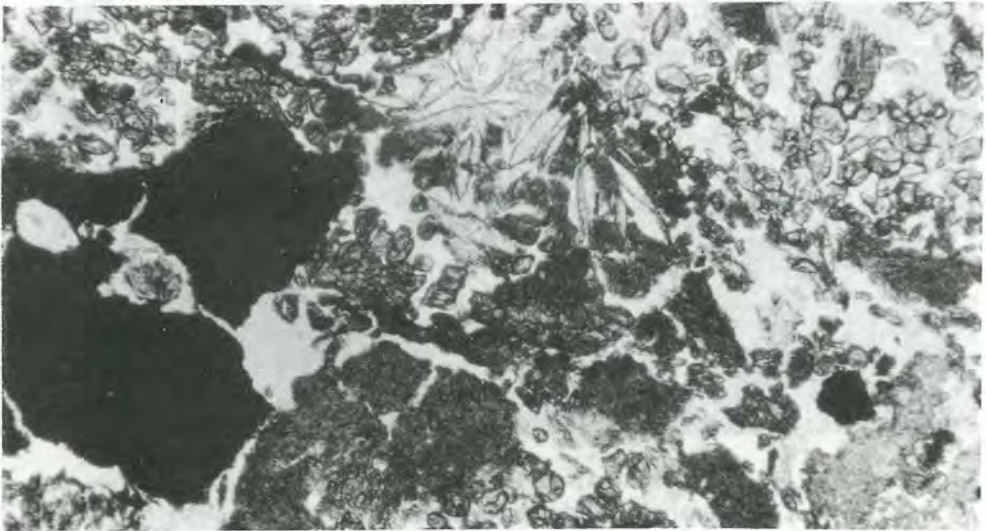


Fig. V.3.1.12.- Campo próximo al de la figura anterior; se distingue el material quedecal. Lado mayor 3 mm. Lám. 153-3.



Fig. V.3.1.13.- Sobre un fondo de yeso lenticular y cristales de quesparita hay material agregado correspondiente a quedecal. Se puede observar un fragmento mixto cuyas partes micrítica y quedecal se están separando. LPX. Lám. 153-3. Lado mayor: 2 mm.

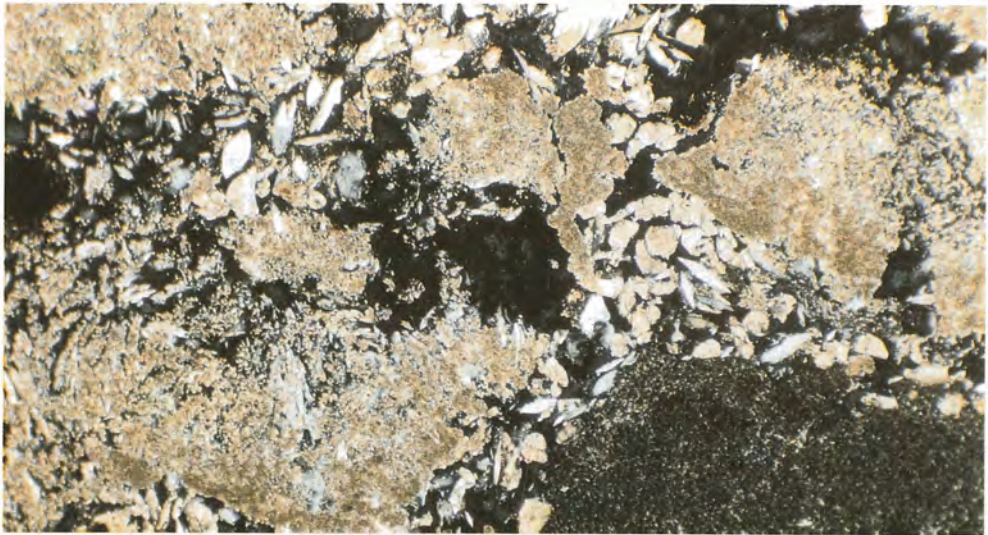


Fig. V.3.1.14.- Fragmentos micríticos en desagregación; las lentillas de yeso se consideran asociadas al proceso. La masa de yeso microcristalino (ángulo inferior dcho. de la fig.) tiene aspecto compuesto, por la distribución de dominios refringentes debidos a cristales algo mayores. LPX. Lám. 153-3. Lado mayor: 2 mm.

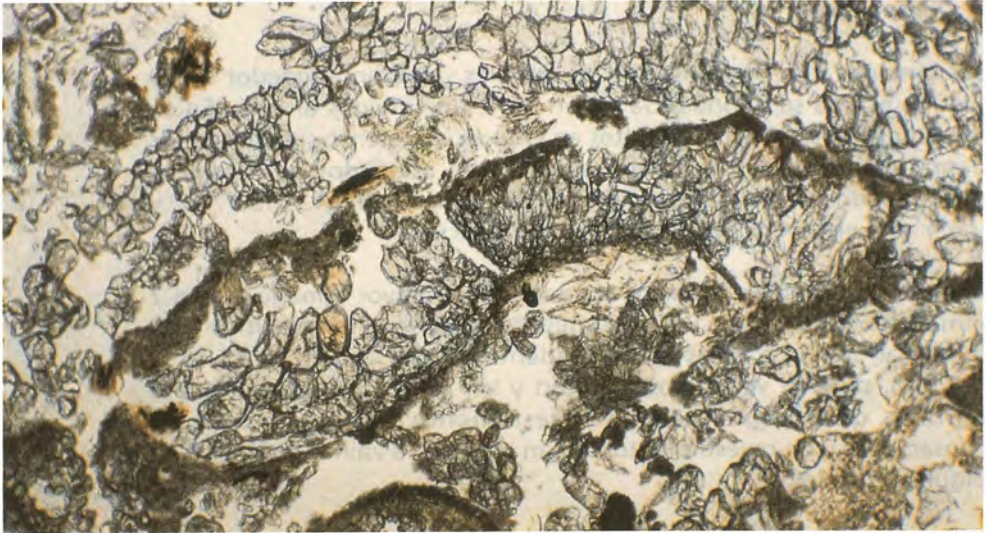


Fig. V.3.1.15.- Quemosaicos. El inferior está revestido de material fino generalmente birrefringente; en varios de sus cristales se insinúa la vaina orgánica. Algunas lentillas de yeso se asocian a las zonas más desorganizadas de los mosaicos y del revestimiento de finos. LPP. Lám. 153-3.

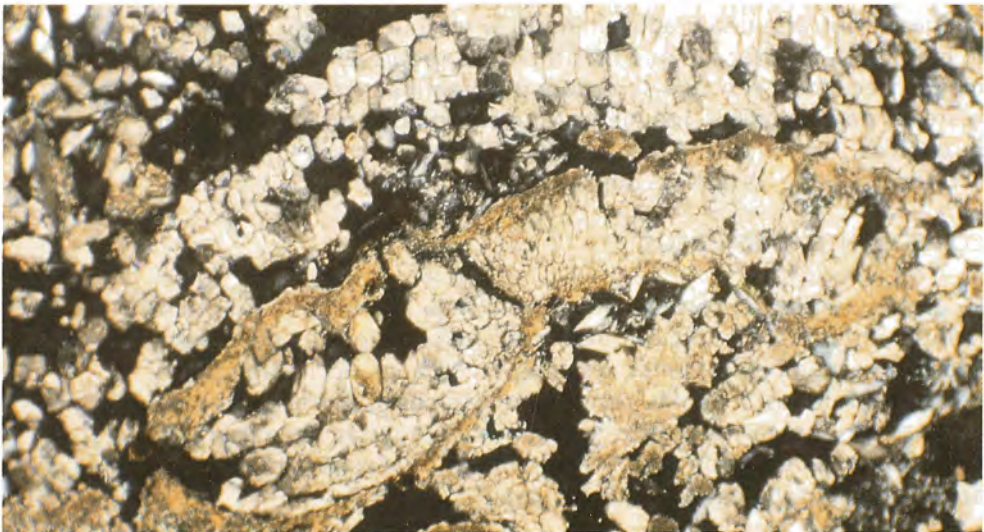


Fig. V.3.1.16. Idem que la anterior, con nicols cruzados. Lám. 153-3. Lado mayor: 2 mm.



## 6- Quesparita

Los tamaños más frecuentes de los cristales se sitúan alrededor de 70  $\mu\text{m}$ . Se estima su abundancia en un 30%, distribuidos al azar. En su gran mayoría son cristales sueltos en empaquetamiento simple con los demás componentes. También se presentan asociados en mosaicos redondeados o alargados y de mayor tamaño (Figs. V.3.1.15. y V.3.1.16.), en diversos estadios de desagregación.

En algunos casos los mosaicos alargados y de mayor tamaño (hasta 2 mm de longitud) llevan un revestimiento que puede ser micrítico o de quedecal, siendo a veces difícil de identificar. En las Figs. V.3.1.15. y V.3.1.16. pueden verse mosaicos con y sin revestimiento, así como lentillas que fragmentan un revestimiento. En mosaicos bien conservados, con revestimiento, se han observado vainas orgánicas en algunos cristales.

## 7- Quedecal

Este material puede encontrarse en agregados de tamaño máximo 1,2 mm, generalmente de formas redondeadas y dispuestos al azar entre los demás componentes del suelo (Fig. V.3.1.7.). En algunos casos el mismo agregado tiene parte micrítica y parte quedecal (Figs. V.3.1.12. y V.3.1.13.).

Puede encontrarse una gradación hasta la total desagregación similar al caso de la micrita, aunque más difícil de seguir. Esto junto con la mayor frecuencia con que se encuentran lentillas creciendo en este material parece indicar una menor consistencia que en los agregados micríticos. En ningún caso se han encontrado los quehuecos característicos de las queras completas.

## COMPONENTES ORGANICOS

La parte superior del corte (1 cm) corresponde al musgo. Los foliolos mantienen la disposición original, con un buen grado de conservación. Hay también algunos residuos de órganos no identificados. Entre los foliolos y demás residuos orgánicos son frecuentes los cristales de quesparita sueltos y algunos agregados de micrita de tamaños alrededor de 240 x 480  $\mu\text{m}$ , muy excepcionalmente acompañados por alguna lentilla de yeso.

En el resto de la lámina los componentes orgánicos se estiman en un 7% de la superficie. Por orden de abundancia decreciente se pueden enumerar:

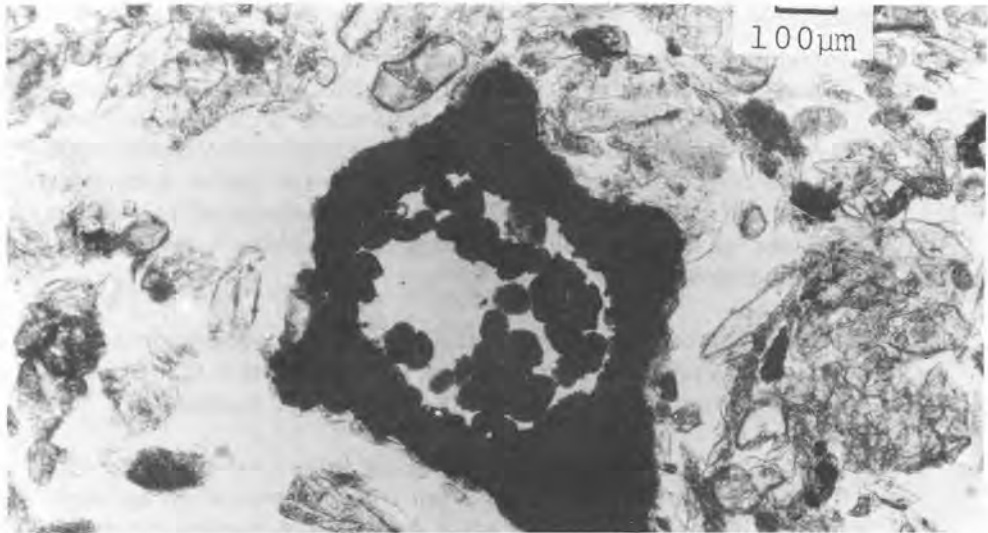


Fig. V.3.1.17.- Los excrementos de oribátidos suelen estar en el interior de residuos de órganos. LPP. Lám. 153-3.

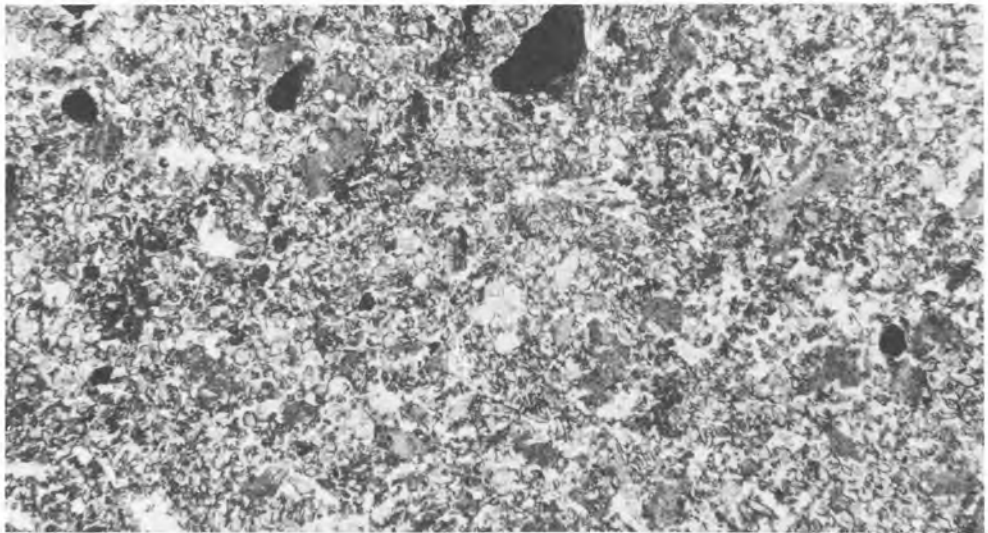


Fig. V.3.1.18. Con pequeño aumento se puede apreciar que la mayor parte de la sección son edaforrasgos, principalmente yeso lenticular y microcristalino, quesparita y quedecal. Los fragmentos de micrita aparecen más oscuros y quedan dispersos entre los otros materiales. Luz natural. Lado mayor 6 mm. Lám. 153:17-38.

- 1- Residuos de raíces, en todos los estadios de descomposición.
- 2- Excrementos. Bien conservados, presentan en general secciones algo elipsoidales, con diámetros característicos de 45  $\mu\text{m}$  y bordes lisos. Están constituidos por material amorfo orgánico fino, bastante denso y homogéneo, de colores rojos oscuros o bien opacos. Lo más frecuente es encontrarlos en el interior de los residuos de raíces más alterados (Fig. V.3.1.17.), pero también se encuentran aislados. Las características descritas corresponden a excrementos de oribátidos.
- 3- Material amorfo, es opaco o casi opaco, en pequeñas manchas aisladas (25  $\mu\text{m}$ ) o en agrupaciones. Se distribuyen al azar entre los demás componentes; también hay en el material quedecal.
- 4- Filamentos. Los más gruesos (12  $\mu\text{m}$ ) son hifas y tienen las paredes lisas. Hay filamentos de unos 6  $\mu\text{m}$  con ornamentación (punteaduras o mamelones) característica. Ambos tipos pueden encontrarse aislados o en conexión con algún residuo orgánico.

En el interior de los nódulos de yeso microcristalino aparecen filamentos de aspecto hifal (Fig. V.3.1.10.) de unos 3  $\mu\text{m}$  de grosor. Su disposición en el nódulo es característica y no coincide con las trazas claras de 10-15  $\mu\text{m}$  (Fig. V.3.1.9.) observadas en estos mismos nódulos. Sólo excepcionalmente se han visto filamentos semejantes fuera de los nódulos.

Lám. 153: 17-38

#### MICROESTRUCTURA

Apédial.

Huecos de empaquetamiento simple. Minoritariamente hay cavidades mal definidas. Se pueden distinguir algunos pocos canales, sobre todo gracias a rellenos sueltos de agregados fecales.

Microestructura simple de cristales.

La mayor parte de la lámina son edaforrasgos que en conjunto se disponen al azar. Sólo alrededor de un 1% de la sección estudiada, la cual mide aproximadamente 82  $\text{cm}^2$ , corresponde a fragmentos angulares milimétricos de calcilutita gris clara (Fig. V.3.1.18.). En algunos de los fragmentos de lutita puede apreciarse una pequeña

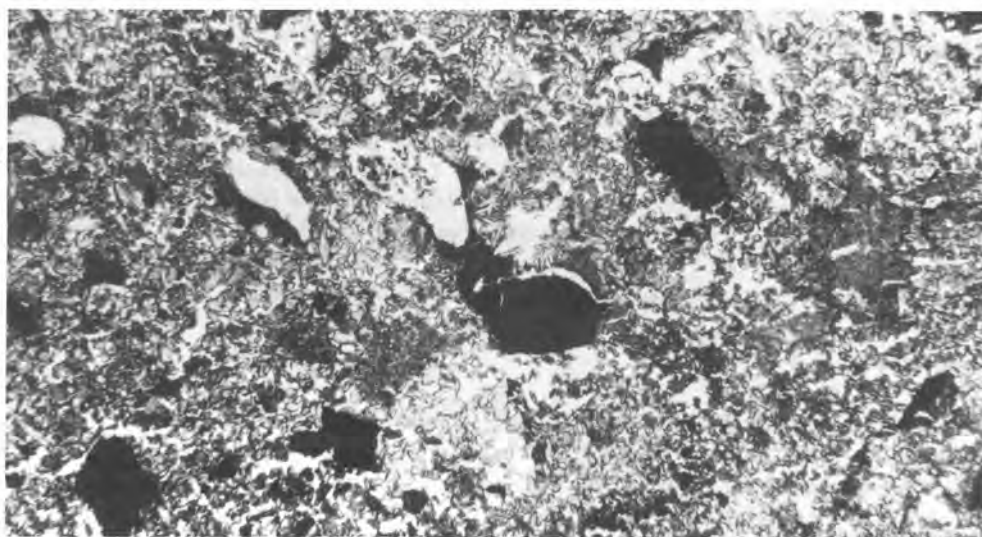


Fig. V.3.1.19.- En algunas zonas pueden verse fragmentos mixtos de micrita y quedecal. Los huecos en general son de empaquetamiento, en su mayoría simple de cristales. Cavidades y canales o cámaras pueden distinguirse donde hay material micrítico. Luz natural. Lado mayor 8,4 mm. Lám. 153:17-38.

zona quedecal, de aspecto similar a los fragmentos quedecal que se encuentran mezclados con los demás edaforrasgos (Fig. V.3.1.19.).

## EDAFORRASGOS

### 1-Yeso lenticular

El tamaño modal es 120  $\mu\text{m}$ , pero las hay de todos los tamaños menores. Lentillas mayores (800  $\mu\text{m}$ ), a veces de varios mm, pueden encontrarse en toda la lámina y muestran fuerte concentración en una banda de espesor centimétrico que cruza longitudinalmente la lámina. Estas lentillas mayores son similares a las que se describen en el párrafo siguiente (radiales y en empalizada).

### 2-Yeso radial y en empalizada

Las lentillas mayores, frecuentemente imperfectas, otras veces polilenticulares o muy afiladas adoptan disposiciones radiales o en empalizada generalmente asociadas a material calcilutítico gris claro. En algún caso estas lentillas alcanzan los 8 mm de longitud, con disposición radial, y tanto entre las lentillas como dentro de ellas hay material calcilutítico gris claro.

### 3-Yeso microcristalino

Es un 5% de la sección. Se presenta frecuentemente en masas nodulares, redondeadas, de hasta 800  $\mu\text{m}$ , por lo que algunas se distinguen bien a simple vista en la lámina. También se presenta en masas más pequeñas que pueden concentrarse dando formas de nódulos compuestos irregulares con zonas desagregadas.

No se han encontrado canales ni hifas en el yeso microcristalino.

### 4-Micrita

Como ya se ha indicado el material micrítico agregado es un 1% de la lámina. Aunque se trata sin duda de restos de una calcilita puede describirse como edaforrasgo por su carácter minoritario y por su desmenuzamiento, estando disperso en el resto de los edaforrasgos.

Son frecuentes fragmentos redondeados de 100  $\mu\text{m}$ , y se pasa gradualmente a los cristalitos independientes o incluidos en lentillas. Igualmente este material se encuentra entre lentillas radiales o en empalizada, tal vez conservando su disposición en la roca.

### 5-Quesparita

Es el componente mayoritario de la sección, en general como cristales sueltos empaquetados al azar con el resto de los componentes. Hay también restos de mosaicos aunque es poco frecuente encontrar mosaicos con quedecal asociada.

### 6- Quedecal

En general son agregados milimétricos, raramente con parte micrítica. No es frecuente encontrarlos con quehuecos ni asociados a quemosaicos. La característica general más llamativa respecto a la quedecal de otras láminas es la escasa cantidad de dominios birrefringentes que poseen y sobre todo su color muy claro, en algunos casos casi transparente, de tal modo que en luz natural son más transparentes que las agrupaciones de yeso microcristalino, mucho más amarillentas.

### 7-Revestimientos

Son muy escasos, pero en algunas cámaras y canales pueden describirse así las concentraciones de finos que dibujan sus paredes.

## COMPONENTES ORGANICOS

Son escasos. Hay algún resto de raíz con inicios de flobafenización y con excrementos de oribátidos. También algunos restos orgánicos desmenuzados mezclados en los edaforrasgos y asociados a algún canal.

### V.3.1.3. Costra de arroyada

El área 153 corresponde a una elevación con la característica forma redondeada de las colinas en yesos. A pocos metros del punto de máxima elevación hay rodales sin vegetación cuya pendiente no excesiva y la pequeña escorrentía permite que tras las lluvias queden en superficie los materiales arrastrados. Cuando está saturado el material depositado forma un plaste muy adherente que dificulta la traficabilidad. Al secarse queda cohesionado formando una costra que puede alcanzar varios cm de espesor. Tras el secado, esta costra puede tener estructura vesicular (Fig.V.3.1.20.) con vesículas milimétricas, como se ha observado en numerosos ejemplares sobre el terreno.



Fig. V.3.1.20.- Sellado de la superficie por costra yesosa. Sobre el martillo se puede ver la parte de debajo de un fragmento de la costra mostrando vesículas milimétricas. Pedión IB-153, 10-9-86.  
 Film 301-308  
 304-02

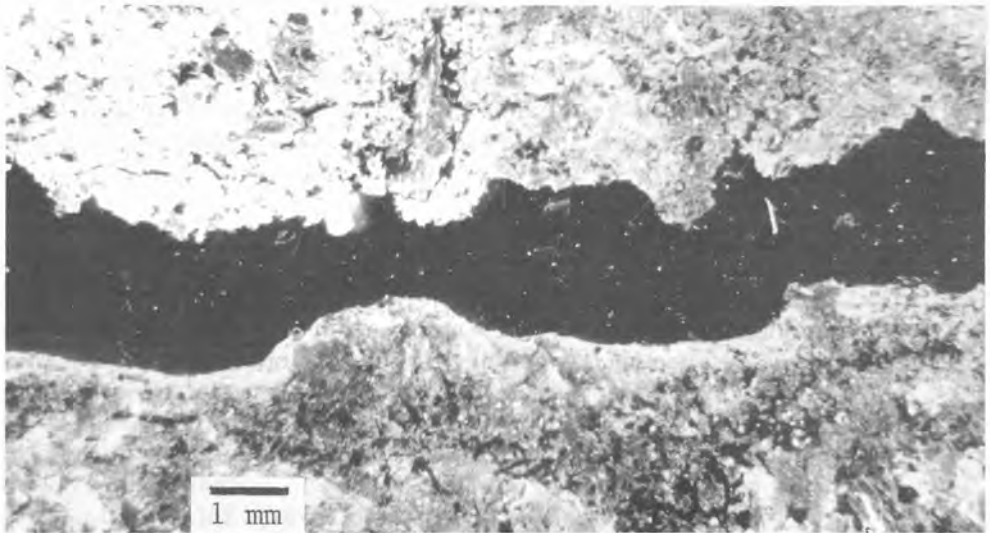


Fig. V.3.1.21 Hueco horizontal de anchura milimétrica entre dos episodios de la costra de arroyada. La pared inferior del hueco corresponde al "sellado" superficial o exorrevestimiento del primer episodio. Lupa binocular, luz reflejada. Lám. 153-4.

La lámina 153-4 corresponde a la sección vertical (11 cm de longitud por 2 a 3 cm de profundidad) de un fragmento superficial de costra.

Pueden distinguirse de visu zonas más opacas situadas en la parte superior y zonas más transparentes en la parte inferior. Su disposición no es del todo regular, como corresponde a una deposición en condiciones de golpeteo de lluvia y cierta escorrentía superficial. También destaca un gran hueco horizontal (Fig.V.3.1.21.) en una de las fronteras entre dos tipos de materiales. Las zonas más transparentes están constituidas esencialmente por cristales de yeso, mientras que las más opacas llevan mucho material micrítico en diversas presentaciones así como cristales de esparita y residuos orgánicos.

La lámina en su conjunto es apedral. Las grietas horizontales, de hasta 0.6 mm, pueden atribuirse a fracturación de la muestra tras recolectarla y secarla.

Se describen por separado los microhorizontes distinguibles en la lámina.

153-4 (0-0.5), microhorizonte carbonático

#### MICROESTRUCTURA

Predominan las cavidades irregulares (30%) (Fig. V.3.1.22.) de hasta 900 x 450  $\mu\text{m}$ , con paredes rugosas a 40X. Hacia superficie hay una débil tendencia a formas redondeadas. En profundidad tienden a disposición horizontal y a formas alargadas de anchura irregular (unos 60  $\mu\text{m}$ ) y varios mm de longitud, hasta aproximadamente los 5 mm de profundidad, donde llegan a desaparecer.

Con gran continuidad en toda la muestra, los 150  $\mu\text{m}$  superficiales apenas presentan huecos. Además la capa exterior presenta continuidad casi total, "sellando" la costra con un espesor de 30  $\mu\text{m}$  de una capa densa de aspecto carbonático, constituida por partículas tamaño limo y arcilla gruesa.

La microestructura puede designarse como cavitaria, tendiendo a laminar débil hacia el interior.

#### MASA BASAL

El material fino (<5  $\mu\text{m}$ ) presenta b-fábrica cristalítica.



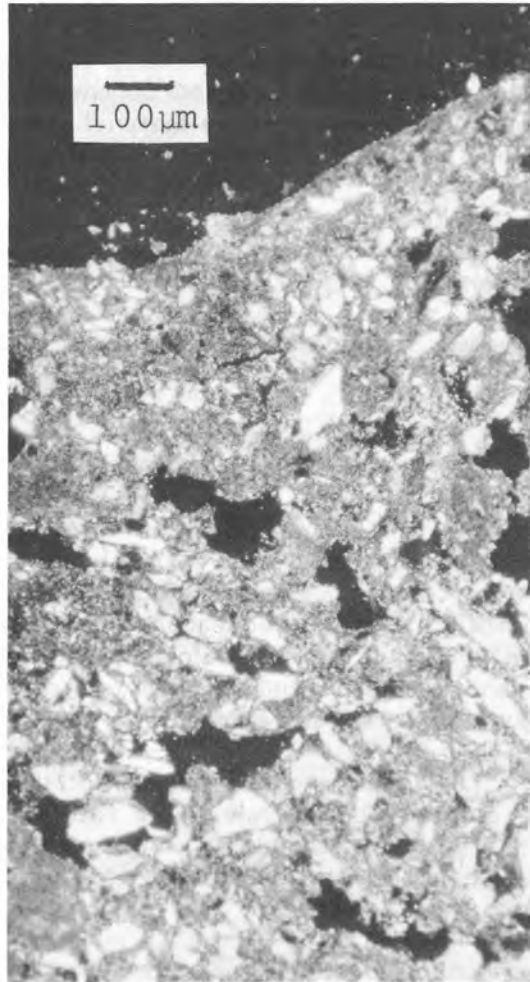


Fig. V.3.1.22.- Microhorizonte carbonático superficial de la costra de arroyada. Los huecos predominantes son cavidades tendentes a la horizontalidad en profundidad LPX. Lám. 153-4.

El patrón de distribución relativa c/f es porfírico.

Como material grueso, procedente de la roca, sólo pueden darse ciertos tipos de yeso y algunos fragmentos lutíticos. Cuando los fragmentos son de yeso policristalino porfidoblástico, o monocristalino de grandes tamaños, se puede suponer procedencia de la roca. Sin embargo la discriminación con posibles agregados de yeso lenticular es en general conflictiva. Tamaños frecuentes en yesos policristalinos son 600  $\mu\text{m}$ , con formas en general redondeadas. En los de tamaños mayores, de hasta 3 mm de diámetro, predominan los contornos angulosos con evidencias de corrosión. La clasificación de este material es pobre.

Son escasos los cristales de yeso que contienen anhidrita siempre en pequeños tamaños (50 x 15  $\mu\text{m}$ ). En los yesos más grandes se han observado inclusiones esparíticas subhedrales de hasta 150  $\mu\text{m}$ .

Pueden describirse como material grueso los fragmentos lutíticos, de hasta 600  $\mu\text{m}$  de diámetro, muy redondeados, con manchas orgánicas de hasta 12  $\mu\text{m}$  de diámetro. Representan menos del 1% de la superficie para este microhorizonte (Fig. V.3.1.23.).

El resto del material del microhorizonte son edaforrasgos y residuos orgánicos.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Se estiman en un 2% de la sección.

Se trata de residuos de tallos de hasta 900 x 150  $\mu\text{m}$ , que llevan cristales euhedrales de 9  $\mu\text{m}$  en el interior de los huecos celulares. Estos cristales frecuentemente presentan crecimientos en macla, y se presume sean de whewellita.

Hay también restos de esporangios y de tejidos muy descompuestos.

El material amorfo orgánico está en manchas de unos 25  $\mu\text{m}$  de diámetro.

También se ha visto algún fragmento de concha y de hifas.

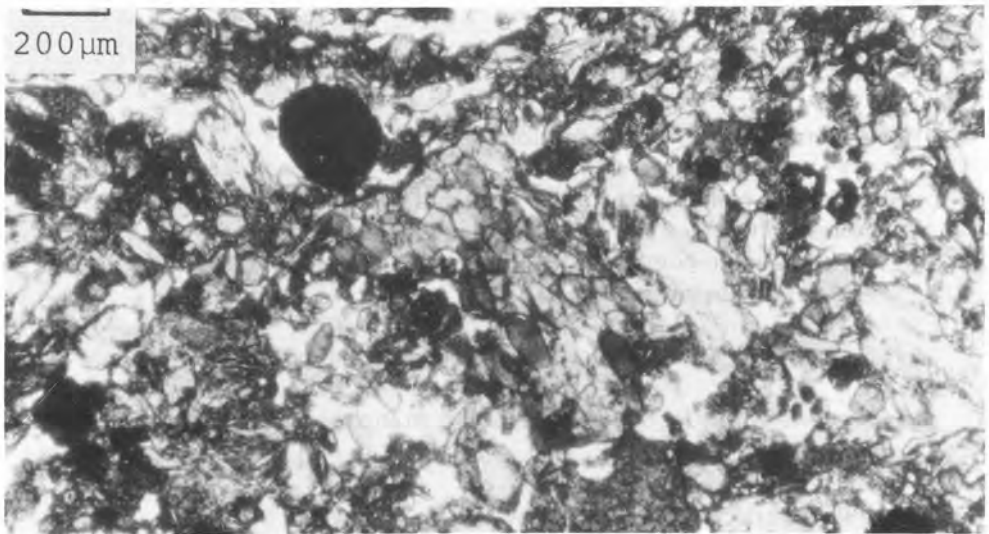


Fig. V.3.1.23. En la costra abundan los cristales de quesparita. También hay restos de quemosaicos relativamente bien conservados (vainas orgánicas o líneas radiales en algún cristal). Hay fragmentos redondeados de material micrítico. LPP. Lám. 153-4.

## EDAFORRASGOS

Ante la dificultad en distinguir los yesos de diferentes orígenes, se estima el yeso total en este microhorizonte en un 15%.

### 1- Yeso lenticular

Las lentillas tienen tamaños máximos de 300 x 100  $\mu\text{m}$ . Llevan inclusiones de hasta 15  $\mu\text{m}$ .

Hay muy escasos nódulos de 0.5 mm de diámetro o más, formados por lentillas de extremos muy afilados menores de 45  $\mu\text{m}$ .

### 2- Yeso microcristalino

Se presenta en acumulaciones redondeadas o irregulares sin separación neta de la masa basal y a veces en intersticios entre los diversos componentes. Las acumulaciones redondeadas más grandes alcanzan 240  $\mu\text{m}$  de diámetro y su color amarillento en luz plana es muy débil. A veces van asociadas a yeso cristalino.

### 3- Quesparita

La mayor parte son cristales aislados, con distribución porfírica, al azar.

Son frecuentes las agrupaciones de varios cristales de quesparita o incluso mosaicos bien conservados con revestimientos de finos (Fig. V.3.1.24.) o conservando las vainas orgánicas (Fig. V.3.1.23.) y con finas líneas radiadas en luz plana (Fig. V.3.1.25.).

El material esparítico se estima en un 10% de la sección del microhorizonte.

### 4- Esparita hedral

Se pueden hallar cristales esparíticos eu- o subhedrales, de tamaños hasta 200  $\mu\text{m}$  con exfoliación romboidal.

### 5- Quederal

Sólo excepcionalmente se ha visto en este microhorizonte algún islote de contorno redondeado

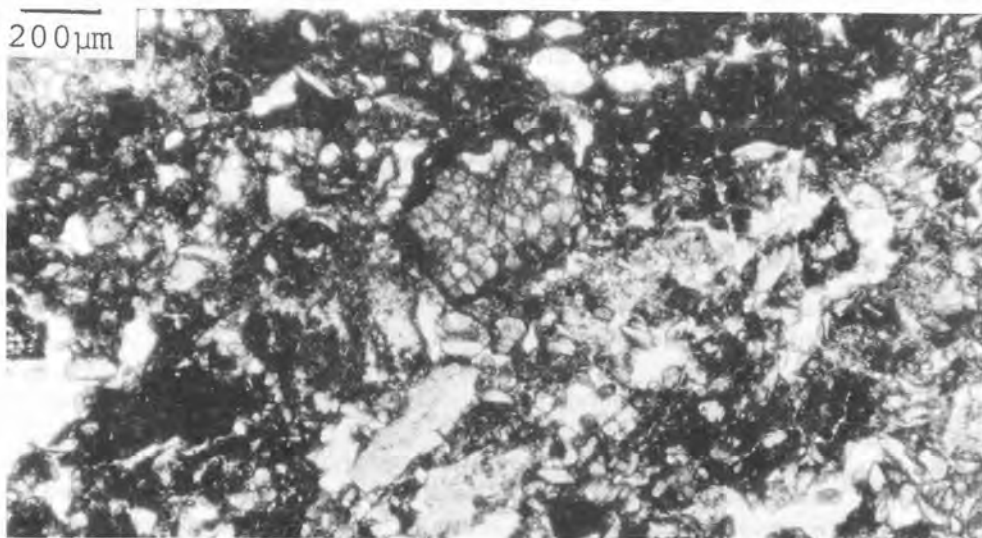


Fig. V.3.1.24.- El material fino está mezclando con yeso lenticular y de otras formas, así como con cristales de quesparita. Algunos quemosaicos conservan material fino revistiéndolos. LPP. Lám. 153-4.

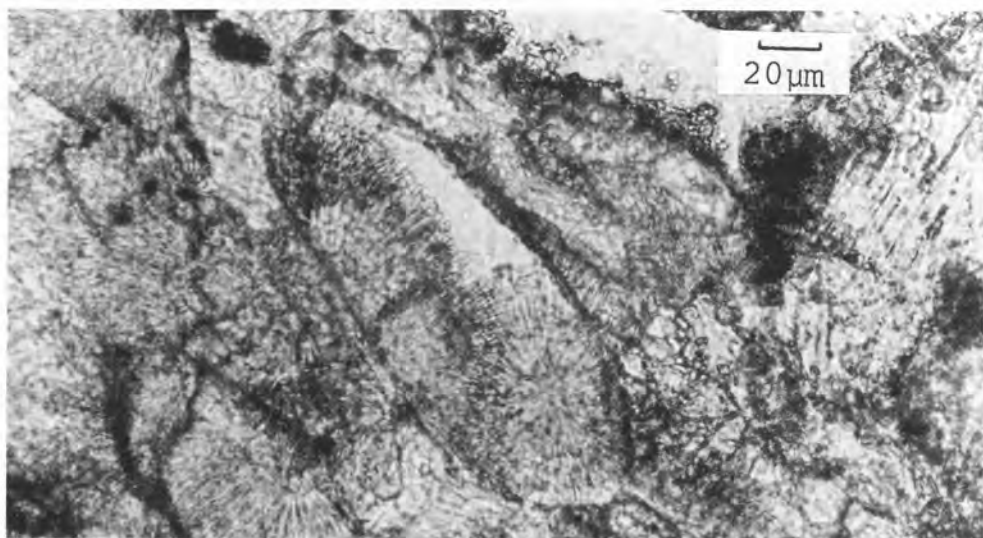


Fig. V.3.1.25 Líneas radiales en cristales de quesparita, dentro del retículo orgánico de origen celular. Nicoles paralelos, luz convergente. Lám. 153-4.

## 6- Rasgos texturales

El revestimiento superficial de 30  $\mu\text{m}$  puede designarse como exorrevestimiento. Un revestimiento similar existe en el gran hueco interior, con mejor desarrollo en su pared inferior (Fig. V.3.1.21.), lo que concuerda con la posición de este hueco entre dos episodios sedimentarios.

En huecos menores el revestimiento es total (Fig. V.3.1.26. y V.3.1.27.) y se puede apreciar continuidad parcial de este rasgo textural en la masa del material estudiado, siempre con tendencia horizontal.

### 153-4 (0.6-2) microhorizonte yesoso

Por ligeras diferencias de composición y por discontinuidades de estratificación pueden distinguirse de visu y con microscopio varias capas de espesores milimétricos.

## MICROESTRUCTURA

Hay un 30% de huecos de empaquetamiento complejo. La microestructura es granular masiva.

### Material grueso

Hay fragmentos policristalinos de yeso de hasta 1.5 mm, muy angulosos. Los hay con abundantes inclusiones de micrita y alguna de quesparita, en cuyo caso la consideración como edaforrasgos sería posible. Las inclusiones de anhidrita son muy raras y pequeñas.

## COMPONENTES ORGANICOS

Son el 1% de la lámina. Hay algunos residuos de órganos, los mayores de 0,7 mm. Hay restos orgánicos de hasta 60  $\mu\text{m}$ , inidentificables.

## EDAFORRASGOS

### 1- Yeso lenticular

Es el material predominante. A veces indistinguible de los fragmentos. El yeso total se estima en un 30%.

Se observan acumulaciones irregulares de yeso lenticular de pequeño tamaño, generalmente asociadas a las de yeso microcristalino. Hay una gradación bastante continua entre los tamaños de yeso.

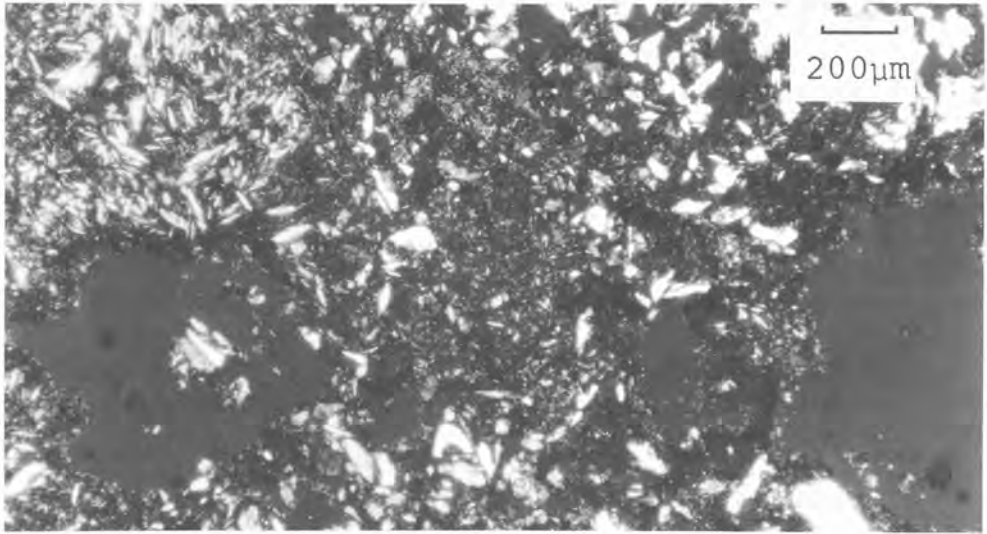


Fig. V.3.1.26.- Cavidades de la costra de arroyada con revestimiento continuo semejante al exorrevestimiento de las figs. V.3.1.21. y V.3.1.22. Este rasgo textural se continúa en el interior de la masa. Nícoles a 45°. Lám. 153-4.

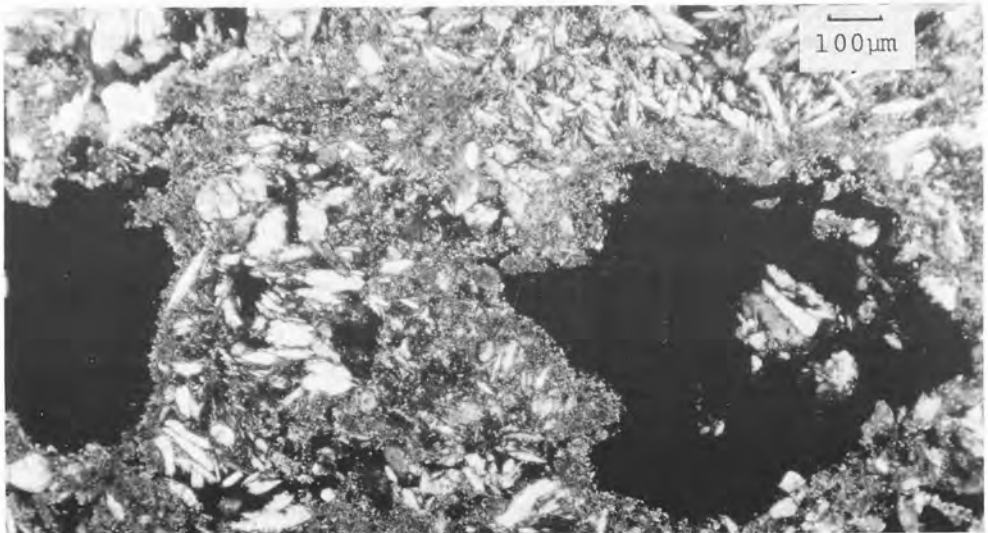


Fig. V.3.1.27 Idem que la anterior, con nícoles cruzados.

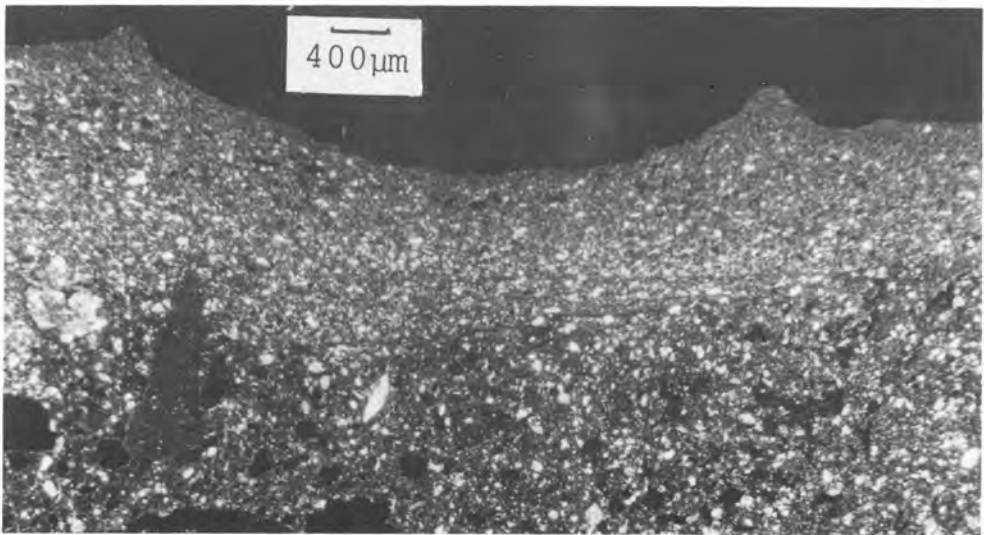


Fig. V.3.1.28 Detalle de una costra de arroyada. La capa exterior o "selladora" tiene porosidad escasa de cavidades no comunicadas. El yeso es lenticular, sin formas de rodadura. LPX. Costra 145. Iborra (Lérida).



## 2- Yeso microcristalino

Menos del 1%. Cuando forma acumulaciones algo redondeadas, su color en luz plana es débilmente amarillento.

## 3- Micrita

Se presenta en acumulaciones de contornos poco netos, con tamaños de 150  $\mu\text{m}$ . También en masas más o menos disgregadas o en cristales totalmente aislados entre los demás componentes.

## 4- Quesparita

Supone un 15% de la superficie de la lámina. En su mayoría son cristales sueltos. Hacia abajo van abundando más las agrupaciones, y existen también mosaicos y todos los estadios de desagregación de éstos.

## 5- Quederal

Se estima en el 20%. Hacia abajo se encuentran fragmentos de hasta 0.9 mm y todos los tamaños menores. En muchos casos incluyen yeso lenticular de pequeño tamaño. Raramente están asociados a mosaicos de quesparita o a cristales de quesparita.

### V.3.1.4. *Deyecciones de mesofauna*

En función del tamaño de los excrementos se estudian dos tipos de acumulaciones de deyecciones en la superficie del terreno. Se hicieron láminas delgadas de ambos tipos.

La lámina 153-6 corresponde a los excrementos más pequeños y redondeados. Las secciones resultantes son de diámetro menor de 2 mm, excepto cuando corresponde a varias unidades soldadas. La 153-7 está hecha con los excrementos mayores y de formas más cilíndricas. En el corte delgado predominan secciones rectangulares redondeadas con tamaños de hasta 2 x 5 mm.

La morfología del contorno denota las zonas de soldadura entre los pellets fecales, sin que se hayan detectado en esas zonas diferencias materiales o discontinuidades de ningún tipo. En los excrementos mayores se ha podido apreciar que incluyen algún pellet más pequeño y más rico en residuos orgánicos.

Las características microscópicas de ambos tipos de deyecciones son similares, por lo que se hace una descripción única.

Se trata de un material con microestructura de empaquetamiento en el que destaca la poca cantidad de huecos (5%).

Todos los componentes se consideran como edaforrasgos o como residuos orgánicos.

La proporción de superficie ocupada por yeso en todas sus formas se estima en un 50%. Parece ligeramente mayor en las deyecciones más pequeñas.

#### 1- Gypsorelictos

Su tamaño es siempre menor de 1 mm. Hay fragmentos redondeados constituidos por yeso porfidoblástico. Otros fragmentos mucho más angulosos, policristalinos, son de atribución más dudosa a este apartado, pudiéndose considerar también como lentillas agregadas o con formas de disolución. Algunos de los monocristales más grandes quizá pudieran situarse en este grupo. En ningún caso se han encontrado inclusiones de anhidrita.

#### 2- Lentillas de yeso

Son poco frecuentes las formas típicas bien desarrolladas. De hecho no se puede distinguir entre monocristales relictos y lentillas al actuar disolución o fracturación. Hay agrupaciones redondeadas de diámetros hasta 750  $\mu\text{m}$  constituidos por yeso lenticular de pequeño tamaño.

#### 3- Yeso microcristalino

Es menos frecuente que el anterior. Se presenta en agrupaciones redondeadas de menos de 450  $\mu\text{m}$ .

#### 4- Micrita

Se estima en un 15% pero es difícil de evaluar por la gran cantidad de cristales menores de 5  $\mu\text{m}$  distribuidos entre los demás componentes. También hay agrupaciones de hasta 750  $\mu\text{m}$ , de formas redondeadas salvo las más grandes. Todas ellas presentan zonas con desagregación de los cristales.

## 5- Esparita

Ocupa un 10% de la superficie. Lo más frecuente son los cristales sueltos con distribución porfírica entre los demás componentes y de tamaños hasta 100  $\mu\text{m}$ . A veces no se puede asegurar sea quesparita, en general presentan aspecto corroído o fracturado. También se encuentran fragmentos de mosaico de quesparita.

Más raros son los cristales euhedrales o subhedrales de hasta 300  $\mu\text{m}$  con trazas de exfoliación romboidal claras.

### COMPONENTES ORGANICOS

Hay menos del 1% de tejidos y puntos de materia orgánica amorfa. También se ha visto algún cuerpo algal.

#### V.3.1.5. *Bolsadas de suelo en anfractuosidades del yeso sacaroideo aflorante*

##### V.3.1.5.1. Caracteres generales

En las vertientes más peladas la vegetación fanerogámica consiste casi en exclusiva en matas diseminadas de *Quercus coccifera* cuya hojarasca es arrastrada y no forma cubierta continua. Hay una cierta cobertura por líquenes aunque esta no es la posición más favorable. La exposición sur es determinante en estas zonas; el pastoreo y el fuego también pueden tener cierta importancia.

Apenas puede hablarse de suelo. Los finos se acumulan en las anfractuosidades de la roca yesosa, dando un horizonte interrumpido. Como perfil característico se aporta el 136.

La obtención de bloques no perturbados ofreció dificultades por la forma de presentarse el suelo en bolsadas y su escasa consistencia. De las láminas de suelo estudiadas se selecciona la 136: 0-8' cuya descripción se ofrece a continuación de la descripción macromorfológica y los análisis de caracterización.

##### V.3.1.5.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión: IB-136

Término municipal: Iborra

Descripción: J. Herrero & J. Porta. 9-9-81

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Tipo de superficie: vertiente

Escala: Dm

Situación en la pendiente: mitad de la forma

Dinámica de la forma: arroyada difusa y disolución

Morfología local: rectilínea

Longitud de la pendiente: 50 m.

Pendiente general: 20%

Exposición: E.

Drenaje: bien drenado

Nivel freático: inaccesible

Eflorescencias: no

**Geología:** yeso sacaroideo**Vegetación:** *Quercus coccifera*, líquenes**Utilización:** Caza

A<sub>1</sub> 00-02/40 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 5/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, gravillas tabular-subangulares sin orientación definida, yeso con formas de disolución. Los 2 cm superiores presentan estructura fuerte, granular muy fina; el resto estructura muy débil en bloques subangulares. Friables. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna no aparente. Pocas raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Mediana efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite abrupto, interrumpido. Ochrico.

R 02/40 Húmedo. No hay efervescencia al HCl 11%. Roca coherente: yeso estratificado.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
136	A1	0-2/40	7,34	1,9	3,3	82,4	2,00

Granulometría			Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena	Limo	Arcilla	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
	Flocula		5,90	1,90	0,15	0,20	8,15

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
38,4	2,91	39	2	1	ip.	3	36	ip.	0,2

### V.3.1.5.2. Descripción micromorfológica

Lám. 136: 0-8'

#### MICROESTRUCTURA

La parte superior de la lámina, de aproximadamente 0.5 cm, tiene agregación fuerte. Son agregados redondeados (Fig. V.3.1.28.) de entre 0.5 a 1.5 mm de diámetro, rugosos, no acomodados.

Los huecos son de empaquetamiento complejo y representan el 60% de la superficie.

La microestructura es granular. En algunas zonas tiende a esponjosa.

El resto de la lámina (parte inferior) tiene agregación muy débil en bloques subangulares. Los huecos son de tendencia horizontal.

Los componentes de la lámina se describen como edaforrasgos y como componentes orgánicos.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Yeso lenticular

Es muy raro.

##### 2- Yeso microcristalino

Se encuentra en la superficie del perfil formando masas amarillentas en luz plana. En ellas pueden distinguirse pequeñas lentillas muy afiladas de hasta 16 µm de longitud.

Se han encontrado dos presentaciones de este material:

- a) Formando la pruina del líquen, tanto sobre la capa algal como en el fieltro de hifas de 3  $\mu\text{m}$  de diámetro de la base del líquen (Fig V.3.1.29.)
- b) En agrupaciones asociándose a yeso cristalino porfidoblástico, con líneas de disolución. El yeso microcristalino queda en superficie y penetrando en el yeso porfidoblástico. En el yeso microcristalino son abundantes las hifas de 3  $\mu\text{m}$  y también hay alveolos ocupados en su parte central por un cuerpo verde clorofila con aspecto algal. No se ha podido poner de manifiesto una clara conexión entre los filamentos y los cuerpos algales.

En el interior de los porfidoblastos se ha localizado alguna inclusión subhedral de anhidrita con aspecto corroído.

### 3- Gypsorrelictos

La mayor parte de la preparación, sobre todo en la parte más profunda está formada por yeso porfidoblástico. Se encuentra toda la gradación, desde fragmentos de yeso sacaroideo formados por varios porfidoblastos, o porfidoblastos aislados y cristales irregulares de yeso que son mayoría y pueden describirse como el último estadio de la disolución del yeso sacaroideo.

### 4- Micrita

Hay un tipo de cuerpos micríticos, escasos, que abundan más en la parte inferior de la lámina, caracterizados por la pureza de su composición y por aparecer sus cristales bastante separados a grandes aumentos.

Otro tipo de cuerpos micríticos tienen hasta 750  $\mu\text{m}$  de diámetro y son de formas variadas, redondeadas o reentrantes, incluyen frecuentes residuos orgánicos y cristales anhedrales de yeso.

### 5- Quesparita

Cristales muy raros, aislados o en grupos de 2 ó 3. Aparecen casi exclusivamente en la parte superior de la lámina. Algunos están incluidos en los agregados. En la parte inferior de la lámina hay zonas de acumulación de estos cristales pero no forman mosaicos.

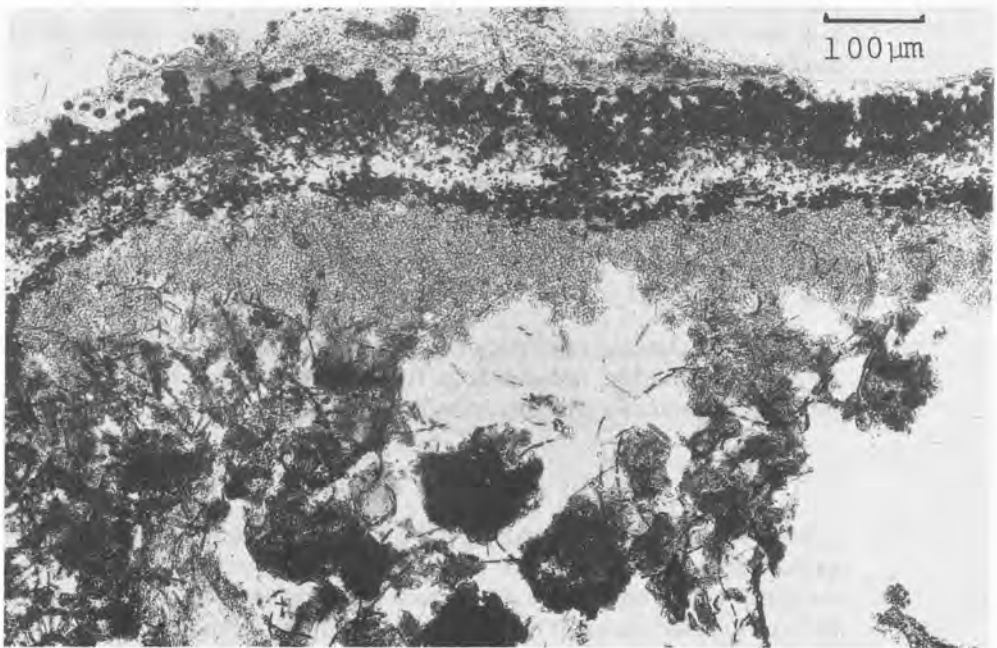


Fig. V.3.1.29. Sección transversal de un líquen. Hay yeso microcristalino sobre él (pruina) así como en su parte inferior asociado a la zona hifal. Agregados redondeados en la base. LPP. Lám. 136:0-8'

## 6- Quedecal

En la parte superior de la lámina hay escasos agregados pequeños. Tienen aspecto decalcificado, con b-fábrica característica, pero su génesis a partir de las queras no puede afirmarse rotundamente por encontrarse aislados y en pequeños tamaños.

Solamente en la parte más baja de la lámina hay fragmentos grandes, atribuibles a queras. Suelen encontrarse vecinos a acumulaciones de cristales de quesparita que no forman mosaico. Ambos materiales se encuentran entre grandes cristales de yeso de contornos en semilentilla. En estas zonas además son algo más frecuentes las lentillas de yeso.

### COMPONENTES ORGANICOS

En la parte superior de la lámina destacan residuos de hojas bien conservados, de *Quercus coccifera*, que contienen flobafeno y frecuente cristales euhedrales y a veces maclados que pueden ser de whewellita. Hay algunas hifas asociadas a estos residuos.

A continuación hay una capa de algunos mm donde abundan residuos de tejidos no identificados, en varios estadios de alteración. También aquí se encuentran los nódulos de yeso microcristalino ya descritos, con cuerpos algales e hifas. En este nivel se instala, de forma discontinua, el líquen con el yeso microcristalino de la pruina (Fig. V.3.1.29).

Antes de pasar al horizonte propiamente yesoso hay una capa bastante continua, de espesor entre 2 y 10 mm, constituida por material fuertemente agregado ya descrito al tratar de la estructura. La composición es heterogénea, desde agregados con aspecto fecal por su contorno y constituídos casi exclusivamente por residuos orgánicos finamente desmenuzados, hasta otros más heterogéneos con menos residuos orgánicos y mayor abundancia de material fino, quesparita y algo de yeso, así como contorno de aspecto fecal menos claro. Tal como se ha descrito en estructura, estos agregados parecen coalescer dando algunas regiones con aspecto esponjoso.

En la zona inferior de la lámina constituida por yeso escasean los agregados descritos aunque hay algunos restos orgánicos desmenuzados y aislados, en general muy alterados, e incluso material amorfo orgánico.



### V.3.2. Edafización en vertientes con bosque

#### V.3.2.1. Caracteres generales

Cuando la exposición es favorable aparecen bosquetes de *Quercus faginea* que por la acción humana no suelen alcanzar grandes desarrollos

La calicata 134 se abrió en uno de estos bosquetes que se instala en una vertiente de exposición Norte dominando una de las vales estudiadas. En el sustrato alterna la roca yesosa con materiales lutíticos, todo ello en estratos casi verticales y muy replegados.

#### V.3.2.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión: IB-134

Término municipal: Iborra

Descripción: J. Herrero & J. Porta. 10-9-81 Localización: Les Comes

#### Geomorfología

Escala: Dm

Tipo de superficie: vertiente

Situación en la pendiente:

Dinámica de la forma: ligera acumulación

Morfología local:

Longitud de la pendiente: 50 m.

Drenaje: bien drenado

Pendiente general: 5% local: 5%

Nivel freático: inaccesible

Exposición: N.

Eflorescencias: no

Geología: Materiales yesosos en tránsito sobre sustrato de yesos terciarios.

Vegetación: *Quercus faginea*, ~~*occifera*~~, *Juniperus*, *Genista*

Utilización: Bosque degradado

0<sub>1</sub> 00-01 Húmedo. Color en húmedo: 7.5 YR 2/1. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Friable. Horizonte orgánico, restos identificables. Fauna no aparente. Muy pocas raíces, muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. No hay efervescencia al HCl 11%. Límite abrupto, plano.

0<sub>2</sub> 01-03/05 Húmedo. Color en húmedo: 7.5 YR 4/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Friable. Horizonte orgánico, restos descompuestos. Fauna no aparente. Pocas raíces, muy finas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Límite abrupto, ondulado.

A<sub>y</sub> 03/05-28/35 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 6/4; manchas 7.5 YR 8/2. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos, guijarros esferoidal-subangulares, yeso muy alterado. Estructura débil, granular muy fina.

Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna no aparente. Abundantes raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Mediana efervescencia al HCl 11%, generalizada. Frecuentes acumulaciones: macrocristales de yeso de tamaño fino, blandos, en canales de raíces y poros. Límite difuso, ondulado.

- B<sub>y</sub> 28/35-130 ↓ Húmedo. Colores en húmedo: 2.5 Y 5/2 & 2.5 Y 6/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, guijarros algo mayores que en el anterior horizonte, esferoidal-subangulares, yeso con formas de disolución. Estructura débil en bloques subangulares muy finos. Friables. Sin materia orgánica, Fauna no aparente. Pocas raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, disminuyendo en profundidad, vivas. Poroso, Débil efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Acumulaciones muy abundantes iguales en lo demás a las de horizonte anterior.

n° registro	Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 2:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
1281/81	134/1	O <sub>1</sub>	0-1	7.1	44.1	5.7	2.5	2.01
1282/81	/2	O <sub>2</sub>	1-3/5	7.4	12.2	18.1	13.3	1.95
1283/81	/3	A <sub>y</sub>	6-24	7.6	0.7	8.5	64.3	2.07
1284/81	/4	B <sub>y</sub>	34-130	7.6	0.2	21.0	36.4	2.19

Granulometría				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na +	K +	
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.75	40.54	34.12	11.59	12.80	2.80	0.10	0.10	15.80
15.32	11.39	51.92	21.37	-	5.40	0.20	0.15	-

### V.3.2.3. Descripción micromorfológica

Lám. 134: 0-7 y Lám.134: 0-9

Se describen conjuntamente; la primera corresponde a los horizontes O<sub>1</sub> O<sub>2</sub> y A a los primeros milímetros del B<sub>y</sub>. La segunda Lámina corresponde a la parte inferior del horizonte O<sub>1</sub>, horizonte O<sub>2</sub>, horizonte A y a los 2 cm superiores del B<sub>y</sub>.

#### HORIZONTE O<sub>1</sub>

Apédial. El 80% son huecos. El material suelo consta de residuos de órganos y otros restos orgánicos en diversos estadios de descomposición, así como de hifas. Sólo excepcionalmente aparece algún material mineral agregado o como cristales aislados.

El material se agrupa casi exclusivamente en excrementos, y los hay de varios tipos:

- elipsoidales densos, de 60 a 90  $\mu\text{m}$  de diámetro, aparentemente de oribátidos. Frecuentemente se encuentran en el interior de residuos de órganos.
- cilíndricos, a veces algo apuntados, de hasta 0.5 x 1 mm, compuestos por residuos de tejidos y material orgánico amorfo.
- granulares, de 90  $\mu\text{m}$  de diámetro, compuestos por residuos de tejidos y a veces totalmente opacos por material orgánico amorfo.
- excepcionalmente (2%) hay agregados minerales con formas vagamente fecales.

Las hifas (6 a 12  $\mu\text{m}$  de diámetro) forman una red entre los agregados, sobre todo asociadas a los granulares.

Hay cristales de aproximadamente 6  $\mu\text{m}$ , generalmente maclados, en el interior de las células de los residuos de órganos mejor conservados.

Hay cristales de yeso (< 1%) de menos de 0.5 mm, sueltos.

#### HORIZONTE O<sub>2</sub>

La micromorfología ha permitido distinguir de este horizonte un A, que se describe después.

## MICROESTRUCTURA

### Agregación fuerte.

Los agregados son granulares, o migajosos los más grandes. Su tamaño es bastante variado, entre 90 y 450  $\mu\text{m}$ . Representan un 25% de la superficie. Hay también un 2% de cristales aislados de esparita (100  $\mu\text{m}$ ) y de yeso (50  $\mu\text{m}$ ).

Un 25% es material orgánico y el 50% restante son huecos.

La microestructura es granular y de residuos orgánicos.

## MASA BASAL

### Material grueso

- cuarzo en los agregados, difícil de distinguir del yeso. Su tamaño es 25  $\mu\text{m}$ , anguloso.
- micas en los agregados no micríticos y suelta. Hasta 150  $\mu\text{m}$  de longitud.
- material micrítico, algunos agregados (20  $\mu\text{m}$ ) homogéneamente micríticos pueden ser considerados como material grueso.
- esparita anhedral. Abundantes cristales con aspecto de quesparita. Se encuentran tanto aislados como incorporados en toda clase de agregados, incluso los de b-fábrica estriada reticular con aspecto decarbonatado y forma vagamente fecal.
- esparita nodular ( $\ll 1\%$ ), nódulos redondeados, policristalinos, presentes en algunos agregados.
- yeso (1%); los mayores tienen aspecto de elementos gruesos en desagregación.
- conchas ( $\ll 1\%$ ), residuos.

### Material fino

En los agregados minerales se encuentra material fino de tipo micrítico (fábrica cristalítica) y material con aspecto decarbonatado. Es muy poco frecuente encontrar los dos tipos de masa basal en un mismo agregado.

## COMPONENTES ORGANICOS

La presentación más frecuente de los componentes orgánicos es en formas excrementales:

- elipsoidales densas: menos frecuentes y peor conservadas que en el horizonte O<sub>1</sub>.
- cilíndricas, milimétricas. También menos frecuentes que en O<sub>1</sub>. Raramente conservan la forma.
- granulares, de 90 μm, semejantes a las de O<sub>1</sub>. Son las predominantes.

Las hifas son similares a las del O<sub>1</sub>, pero algo menos abundantes.

Los residuos y órganos son menos abundantes que en O<sub>1</sub>, y en general no identificables. A veces el interior de las células está ocupado por material amorfo rojo (flobafeno).

Hay algunos residuos de raíces muy atacados por hifas y con su interior totalmente opaco.

Los esporangios son muy raros y todos en fase avanzada de destrucción.

## EDAFORRAGOS

Esparita en residuos de órganos. Es poco frecuente, y ocupa espacios en el interior de tejidos. Sus características internas (refringencia, carencia de líneas curvas convergentes, etc) son diferentes a las de la quesparita.

## HORIZONTE A

### MICROESTRUCTURA

Grado de agregación: moderada

Los agregados de la parte superior son como los del O<sub>2</sub>. A medida que se descende en el horizonte hay menos proporción de huecos y de componentes orgánicos.

En la parte superior la estructura es granular y hacia abajo pasa a cavitaria con algunos agregados densos irregulares, reentrantes y con forma general aplanada, horizontales.

Los huecos pasan de ser de empaquetamiento a fisuras entre agregados más y más acomodados. Hay también canales y cámaras y en la parte baja del horizonte predominan los canales horizontales ocupados por raíces en descomposición por hongos.

La microestructura del horizonte es heterogénea por zonas. En la parte superior es granular o migajosa muy suelta, haciéndose más compacta hacia abajo, donde aparecen zonas de estructura esponjosa y esponjosa intraagregados.

## MASA BASAL

### Material grueso

- cuarzo, de hasta 100  $\mu\text{m}$ ; anguloso, mal clasificado, aparece tanto en la masa micrítica como en la decalcificada.
- micas, de hasta 80  $\mu\text{m}$  de longitud. Aparecen en la masa basal y también sueltas.
- material micrítico.

Hay agregados formados por una masa densa de cristales de microsparita entre los que se puede adivinar alguna laminilla de mica. En general son agregados completos, redondeados, pero a veces en el mismo agregado hay una parte decalcificada.

En otras ocasiones el material micrítico tiene aspecto de clasto de roca sedimentaria por la presencia de cuarzos y manchas orgánicas, así como zonas esparíticas. Entre las dos formas citadas existen todas las intermedias.

- esparita anhedral.

Su aspecto es de quesparita y es abundante tanto aislada como incorporada a los agregados, incluso en agregados con masa decalcificada. Son escasas las agrupaciones de esparita con aspecto de mosaico.

- yeso.

Los fragmentos pequeños son difíciles de distinguir del cuarzo, aunque parecen presentar formas más redondeadas. Hay zonas (< 1%) donde se concentran cristales separados de yeso, que evidencian la existencia de clastos yesosos (gypsorrelictos) fuertemente alterados por disolución.

#### COMPONENTES ORGANICOS

- residuos orgánicos, predominan los radicohistos, opacos, atacados por hongos. En otros casos los radicohistos están flobafenizados. La disposición de los radicohistos, sobre todo en la base del horizonte, es horizontal.
- excrementos
  - elipsoidales densos, casi exclusivamente en el interior de residuos de órganos cilíndricos, son raros (< 1%).
  - granulares, son mucho menos abundantes que en el horizonte anterior.
  - las hifas de 12  $\mu\text{m}$  de diámetro son frecuentes, relacionadas con los radicohistos.

#### EDAFORRASGOS

Los agregados con b-fábrica reticular estriada no se describen como edaforrasgos pues no conservan el patrón de quehucos y en muchos casos van mezclados con cristales de quesparita, lo que muestra que el material ha sido desorganizado y mezclado.

Algunos quemosaicos sí que conservan una cierta unidad y pueden describirse como edaforrasgos, aunque la forma de sus cristales no sea típica y puedan apreciarse formas de disolución en el conjunto.

El contacto entre este horizonte y el siguiente es muy nítido.

### MICROESTRUCTURA

Apedial.

Los huecos son canales y cámaras y algunas fisuras. Además hay una porosidad de empaquetamiento entre los componentes cristalinos (sobre todo lentillas de yeso).

La microestructura es de empaquetamiento de lentillas de yeso y de canales y cámaras. Los islotes de material fino representan menos del 1% de la sección del horizonte.

### MASA BASAL

- cuarzo, de difícil distinción del yeso. Hay en los islotes de quedecal, anguloso, de hasta 40  $\mu\text{m}$ .
- micas, muy poco visibles, de hasta 300  $\mu\text{m}$  de longitud, en los islotes de tipo quedecal.
- yeso, como material grueso podrían describirse los cristales más grandes.

### COMPONENTES ORGANICOS

- residuos de órganos, en algunas ocasiones conservan la estructura histológica, con flobafenización (material rojo) en su interior. Es más frecuente que las partes exteriores queden opacas y con hifas asociadas. Las paredes yesosas del hueco en que se sitúa la raíz llevan también hifas.
- esporangios, se han encontrado algunos esporangios en el interior de los islotes de material fino.
- hifas, frecuentes. En algunas ocasiones se observa asociación de hifas finas con las partes ocupadas por yeso microcristalino.

### EDAFORRASGOS

Puede considerarse todo el horizonte formado por un edaforrasgo de fábrica gypsica, en el que podemos distinguir:

1-Yeso lenticular. Representa la mayor parte de la superficie de la Lámina (50%) y constituye, de hecho, su masa basal.



Los escasos yesos porfidoblásticos e incluso el yeso lenticular de tamaño entre 2 mm y 0.5 mm, cuyos tamaños mayores suelen ser lentillas imperfectas y con abundantes inclusiones tamaño limo, parecen procedentes directamente de la roca sedimentaria. (Véase Láminas siguientes).

El límite de 0.5 mm es bastante arbitrario, pero los tamaños menores son los predominantes en yeso lenticular.

Todo este yeso se dispone al azar, y cabe esperar un comportamiento semejante, por lo que se incluye en el mismo epígrafe.

2-Yeso microcristalino. Representa alrededor del 10% de la superficie del corte. A veces hay continuidad en tamaño con las lentillas de yeso pequeñas.

Se puede observar la tendencia a formar nódulos más puros que a su vez dan nódulos compuestos. También parece haber una relación con huecos (fisuras o canales de raíces) sin que parezca oportuno describirlos como revestimientos. Igualmente hay una relación con la presencia de hifas finas.

3-Quesparita. Son escasos (< 1%) los cristales sueltos de quesparita. Hay algunas acumulaciones locales de quesparita, quemosaicos con sus cristales totalmente separados.

4-Islotos de material fino. Representan el 1%, son de pequeño tamaño, raramente superior a 1 mm. En su mayoría tienen apariencia de material decarbonatado (quedecal), pero en los de pequeño tamaño es difícil de precisar. En algunos de los islotes asociados a lentillas de gran tamaño se han visto débiles birrefringencias junto al yeso. También hay islotes claramente micríticos.

5-Limo carbonático. Son partículas de 3 a 8  $\mu\text{m}$ . Se encuentran dispersas en la masa yesosa, entre los cristales, o agrupadas irregularmente a veces asociadas a huecos. Su aspecto es similar a muchas de las inclusiones en los cristales de yeso más grandes.

Lám. 134: 11-19

De visu pueden distinguirse dos partes en la Lámina: la parte 11-16.5 cm y la parte 16.5-19 cm.

Lám. 134: 11-19 parte superior (11-16.5 cm).

En el 65% de la Lámina ocupado por cristales empaquetados al azar predomina (60%) el yeso. Una pequeña parte de este yeso podría describirse como material grueso por sus evidencias de diagénesis, sus tamaños  $> 1$  mm y sus formas de disolución. Más abundante es el yeso con formas imperfectamente lenticulares, con crecimientos bifásicos y abundante material limo carbonático incluido. A la vez está el yeso con formas típicamente lenticulares y tamaños algo menores, que se asume es de origen edáfico, con sus gradaciones al yeso microcristalino. Todas estas formas presentan transiciones entre sí, y se disponen al azar, salvo lo ya indicado para los elementos gruesos.

La distribución de todo el yeso cristalino en la Lámina es al azar, por lo que su comportamiento debe ser parecido y resulta práctico describirlo conjuntamente como edaforrasgo de fábrica gypsica.

### MICROESTRUCTURA

La parte superior tiene un 5% de su superficie ocupada por islotes de material fino. Los islotes mayores son milimétricos y al microscopio el material que las compone es idéntico a la marga subyacente en este perfil. Suelen ir asociados a yeso de aspecto gypsorelictivo y frecuentemente a restos de querás. Los islotes más pequeños suelen ser restos de quedecal.

Los huecos (30%) son de empaquetamiento de cristales (65% de yeso y algo de quesparita) y de islotes de material fino (marga y restos de quedecal).

La microestructura de los islotes es maciza o débilmente fisurada, mientras que la del edaforrasgo de fábrica gypsica es predominantemente de granos (cristales) aislados.

### MASA BASAL

En los islotes hay:

#### Material grueso

- cuarzo, ( $< 60$   $\mu\text{m}$ ) en cantidades irrelevantes, difícil de distinguir del yeso.
- mica, en general  $< 35$   $\mu\text{m}$ , excepcionalmente llegan a alcanzar 120  $\mu\text{m}$  de longitud. Es poco frecuente en los islotes micríticos.
- manchas opacas, de aspecto orgánico. Poco frecuentes.

## Material fino

Hay islotes micríticos cuyas características internas (color, b-fábrica cristalítica, etc) son iguales a la calcilita subyacente en el perfil.

Otros islotes tienen b-fábrica de moteada a estrial reticulada; corresponden a restos de quedecal y raramente presentan quehuecos.

## COMPONENTES ORGANICOS

Residuos de órganos, hay radichistos que raramente se pueden asociar a islotes de finos.

Esporangios, sólo se han visto uno o dos, bien conservados, en islotes de finos.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgo de fábrica gypsica

- yeso cristalino. En conjunto se trata de un empaquetamiento suelto de cristales de yeso.
- yeso microcristalino, (2%), masas redondeado-esferoidales o irregulares que en general no alcanzan los 0,6 mm. Suelen contener pequeñas (40  $\mu\text{m}$ ) lentillas de yeso y en luz natural su color amarillo es bastante desvaído.
- quesparita, 1%, cristales aislados. Hay gradación continua a quemosaicos.
- finos 1%, material limoso en gradación a islotes. A veces el limo carbonático presenta similitud con el incluido en las lentillas de yeso secundario del sedimento; en otros casos es semejante al de la quedecal.

### 2- Rasgos gypsicicos en los islotes de finos

Los cristales de yeso, generalmente lenticulares, se presentan frecuentemente intercalares en los islotes de finos. Hay gradación a rellenos y a yeso del edaforrasgo de fábrica gypsica; es corriente que los islotes sean de parecido o igual tamaño que las lentillas de yeso.

### 3- Queras

No se ha visto ninguna quera completa. Los quedecal parecen muy fragmentados y raramente se aprecian los quehuecos; frecuentemente llevan lentillas de yeso intercalares.

Los quemosaicos presentan todos los estadios de desagregación hasta la quesparita suelta. En algunos casos se conserva la red celular.

Lám. 134: 11-19, parte inferior (16.5-19)

#### MICROESTRUCTURA

Grado de agregación débil.

Los huecos son fisuras concéntricas y algún canal. Hay zonas con cavidades de 0.5 a 1.5 mm. Además hay huecos de empaquetamiento de cristales de yeso.

La microestructura es de fisuras concéntricas, y entre fisuras es cavitaria.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

Hay un islote de material fino, de 2 mm de diámetro, semejante a los de la descripción anterior (134: 11-19; 11-16.5)

El restante material grueso son edaforrasgos, y se consideran así incluso los pocos ( $\ll 1\%$ ) elementos gruesos (2 mm de diámetro) de yeso fuertemente desagregados.

##### Material fino

El material fino predominante es de tamaño limo fino, de aspecto carbonático; también pueden distinguirse algunas pajuelas de mica. El material fino está disperso entre los cristales de yeso y de quesparita, y hay zonas donde se encuentra exclusivamente revistiendo las lentillas de yeso.

En algunas zonas la distribución relativa de las grandes lentillas de yeso respecto al material fino es quitónica, y en otras zonas se hace porfirica.

## COMPONENTES ORGANICOS

-residuos de raíces (<<1%)

- hifas (<<1%) asociados a reesiduos de raíces o a yeso microcristalino

## EDAFORRASGOS

### 1-Yeso

El yeso representa el 80% de la superficie descrita. Todas las variedades que se describen a continuación presentan formas de transición. En general están empaquetadas al azar, pero en el yeso lenticular puede apreciarse en algunas zonas una tendencia concéntrica, paralela a las fisuras.

- yeso cristalino (75%). Se incluyen aquí todas las formas más o menos lenticulares y los pocos casos (< 1%) en que se puede afirmar el origen pétreo del yeso, ya que siempre son elementos gruesos muy desagregados.
- yeso microcristalino (5%). Son masas redondeadas o irregulares de tamaño modal entre 0.2 y 0.5 mm de diámetro, excepcionalmente hasta 1 mm. Los cristales que las componen alcanzan frecuentemente los 8  $\mu\text{m}$  y su color en luz plana es sólo débilmente amarillento. En ciertas zonas estas masas parecen coalescer, englobando a los otros componentes entre dos fisuras concéntricas.

### 2-Queras

Hay un 2% de quesparita empaquetada con el resto de los componentes. Sólo excepcionalmente se ven restos desagregados de quemosaicós. Son frecuentes los cristales de quesparita con formas de disolución.

### 3-Revestimientos

- de yeso (1%), cristales de yeso dispuestos radialmente en paredes de huecos.
- de finos. El material limo-arcilloso disperso por toda la superficie descrita queda en algunas zonas como revestimiento de lentillas de yeso. En algunos de estos revestimientos se ha podido observar una débil birrefringencia.

#### 4- Rellenos

- rellenos sueltos de canal (1%). Hay un relleno suelto incompleto de agregados de 15  $\mu\text{m}$  de diámetro constituidos por un material micrítico y otros por yeso microcristalino mezclados con residuos de raíces y cristales de yeso.

El patrón concéntrico de las grietas y la disposición también concéntrica de las lentillas de yeso indica un origen de actividad de fauna para esta parte descrita de la Lámina.

Lám. 134: 18-26

#### MICROESTRUCTURA

Apedial.

Los huecos (20%) son fisuras con tendencia horizontal que afectan principalmente a algunos islotes de finos; hay también algunos canales y cámaras. Además hay huecos de empaquetamiento complejo de cristales (yeso y quesparita) e islotes de finos.

La organización es en islotes.

#### MASA BASAL

La mayor parte (65%) del material suelo de esta Lámina son edaforrasgos: yeso y quesparita principalmente. La masa basal es gypsica lenticular.

Los islotes de finos (15%) también podrían considerarse edaforrasgos por su tamaño submilimétrico. Además todos llevan partes más o menos grandes de quedecal, frecuentemente en contacto con un quemosaico en estado de desagregación e incorporación de sus cristales al edaforrasgo de fábrica gypsica.

La descripción de la masa basal de los islotes de finos es la siguiente:

#### Material grueso

- cuarzo, es el 5% de la superficie de los islotes. Anguloso, de 60 a 120  $\mu\text{m}$ . Su abundancia es la misma en las partes micríticas que en las partes quedecal.

- micas 1%, tamaño modal 80  $\mu\text{m}$  de longitud, excepcionalmente hasta 190  $\mu\text{m}$ . Son mucho más visibles en las zonas quedecal.

### Material fino

b-fábrica cristalítica en las zonas no quedecal.

Distribución relativa c/f porfírica.

### COMPONENTES ORGANICOS

- residuos de raíces, (< 1%), en diversos estadios de alteración (flobafenización).
- hifas de 6  $\mu\text{m}$  de diámetro asociadas a los residuos de raíces.

### EDAFORRASGOS

#### 1-Rasgo de fábrica gypsica

En total el yeso es el 55% de la Lámina.

- yeso cristalino, 50%. Se incluyen aquí todas las formas más o menos lenticulares. También los pocos (< 1%) clastos de yeso, en general milimétricos (hay uno de 4 mm), siempre con importantes huecos y aspecto desagregado. Algunos clastos presentan rasgos pétreos en parte de su superficie.
- yeso microcristalino (5%). Se presenta en masas redondeadas irregulares frecuentemente con aspecto compuesto, que llegan a alcanzar 1,8 mm de diámetro. Las más abundantes tienen cristales relativamente grandes y color débilmente amarillento. Se observa una tendencia a asociarse a huecos, a veces con disposición de revestimiento.

#### 2-Rasgos gypicos en los islotes de finos

Existen pocas (<< 1%) lentillas (300  $\mu\text{m}$ ) intercalares en los islotes de finos, siempre en el material quedecal.

#### 3-Queras

La quesparita (10%) se encuentra en su mayoría en quemosaicos más o menos desagregados. Son muy escasos (<< 1%) los cristales sueltos de quesparita.

En general estos restos de quemosaicos están junto al material quedecal de los islotes. Este material quedecal no se suele encontrar separado del material micrítico de los islotes, ni en él se han visto quehuecos, por lo que se ha descrito como parte de los islotes de finos.

#### 4-Revestimientos

Escasos (<< 1%) revestimientos de yeso en canales.

Lám. 134: 37-45

#### MICROESTRUCTURA

Apedial.

Hay algunas fisuras de tendencia horizontal que afectan exclusivamente a los islotes de finos. Además hay huecos de empaquetamiento abierto de cristales de yeso, esparita e islotes de finos. El total de huecos se estima en 35%.

La organización es en islotes.

#### MASA BASAL

Aproximadamente el 15% de la superficie de la Lámina son islotes de finos de tamaño milimétrico (hasta 4 mm).

Respecto a la Lámina anterior (134: 18-26), las queras están más organizadas, hay material micrítico y material quedecal que en algunas ocasiones mantiene su organización en queras con presencia de quehuecos y quemosaicos asociados.

#### Material grueso

- cuarzo, < 1% de la superficie de los islotes. Subredondeado, entre 60 y 120  $\mu\text{m}$ . Su distribución no es homogénea, parece haber dos tipos de material de partida y también parece más abundante en las zonas quedecal.
- micas son semejantes a la Lámina anterior pero menos abundantes.

#### Material fino

b-fábrica cristalítica.



## COMPONENTES ORGANICOS

- residuos de raíces (<< 1%), en estado muy avanzado de descomposición.
- excrementos 15  $\mu$ m de diámetro, rojos, ovales, de oribátidos. Son muy escasos, se presentan en el interior de algunos residuos de raíces.

## EDAFORRASGOS

### 1-Rasgo de fábrica gypsica.

En total el yeso es el 40% de la Lámina.

- yeso cristalino 40%. Las formas lenticulares grandes son más abundantes que en la Lámina anterior (134: 18-26). Los clastos de yeso son menos abundantes y con las mismas características que en la Lámina anterior (134: 18-26).
- yeso microcristalino. En algunas zonas se han encontrado indicios de masas irregulares.

### 2- Rasgos gypsicos en los islotes de finos.

Muy pocas (<<1%) lentillas de yeso que se pueden considerar intercalares. Las del material quedecal son menores que las del material limolítico.

Hay rasgos de vaciado en la masa fina.

### 3-Queras

La quesparita (10%) se encuentra en su gran mayoría en quemosaicos mejor conservados que en la Lámina anterior. Los cristales sueltos de quesparita son también más escasos en esta Lámina. También la asociación de los quemosaicos con el material quedecal es más patente en esta Lámina que en la anterior.

## MICROESTRUCTURA

### Apédial.

Los agregados (60%) son fragmentos subangulares de lutita con tamaños entre 2 y 5 mm. Están acomodados en algunas zonas.

Los huecos (10%) predominantes son las fisuras, de tendencia horizontal. También hay huecos de empaquetamiento de cristales de yeso y de fragmentos de lutita. En la lutita hay alguna cámara.

La microestructura es de bloques subangulares.

## MASA BASAL

La lutita (60%) posee la mayor parte de su masa micrítica o microesparítica, rojiza, con manchas opacas de 4 a 30  $\mu\text{m}$ . Otras zonas son más transparentes, de color general más claro, con abundantes manchas opacas así como mica y granos de cuarzo. Las dos zonas corresponden a estratos de potencia aproximada 0.5 cm, bastante discontinuos y mezclados.

El yeso (30%) está en cristales mayores de 1 mm, lenticulares o no, a veces con aspecto compuesto, según lo indican sus inclusiones micríticas. También hay cristales lenticulares de tamaños menores. El yeso generalmente se encuentra entre los clastos de lutita; el intercalar suele tener aspecto pétreo.

Hay clastos yesosos de facies diagénica que generalmente son difíciles de distinguir del yeso secundario del sedimento.

La celestina ( $\ll 1\%$ ) aparece en huecos o en zonas de la lutita roja con aspecto desagregado entre la que se ven los cristales de celestina. A veces estos cristales se encuentran también incluidos en yeso.

## COMPONENTES ORGANICOS

- radicohistos ( $\ll 1\%$ ) en diferentes estados de conservación, flobafenizados o con partes opacas. Se sitúan en huecos de juntas de estratificación.

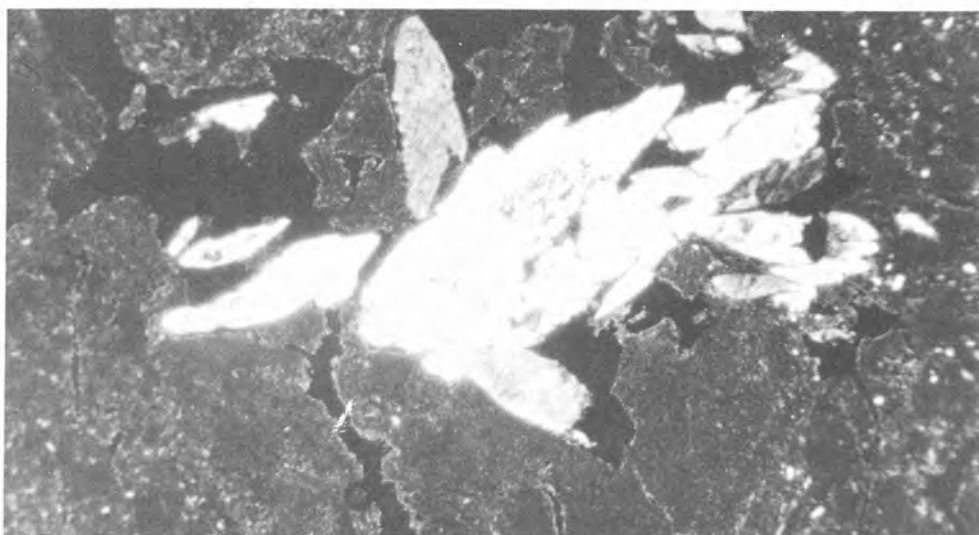


Fig. V.3.2.1. Yeso lenticular milimétrico. Su aspecto compuesto se hace más patente por las inclusiones de material carbonático. LPX. Lado mayor 5 mm. Lám. 134: 130-138.

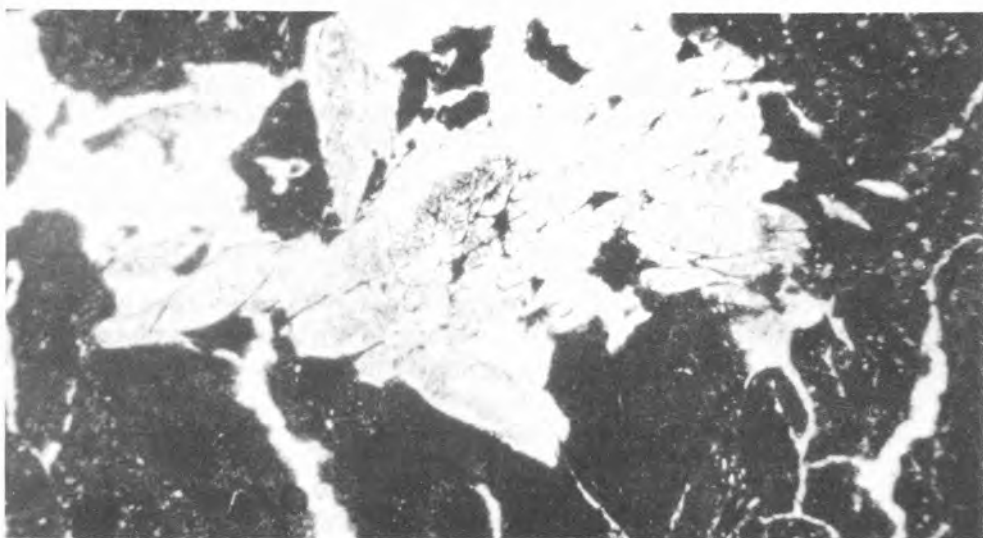


Fig. V.3.2.2. El yeso lenticular se ha desarrollado en una lutita en vías de edafización (horizonte Cy), cuyos huecos son casi exclusivamente fisuras. LPP. Lado mayor 5 mm. Lám. 134: 130-138.



Fig. V.3.2.3. La celestina se presenta en cristales euhedrales, agrupados en nidos. LPP. Lám. 134:130-138.

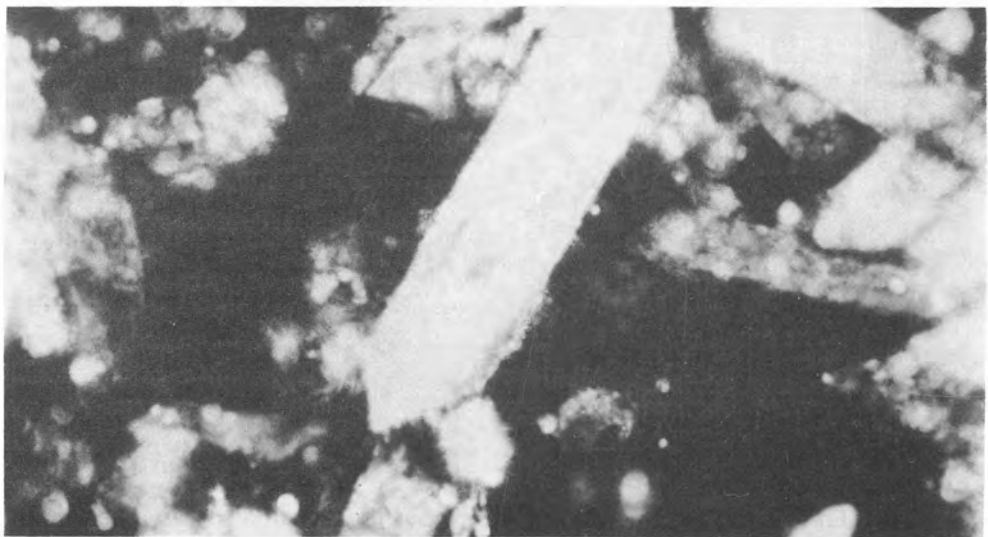


Fig. V.3.2.4. Idem que la anterior. LPX. Lám. 134:130-138.

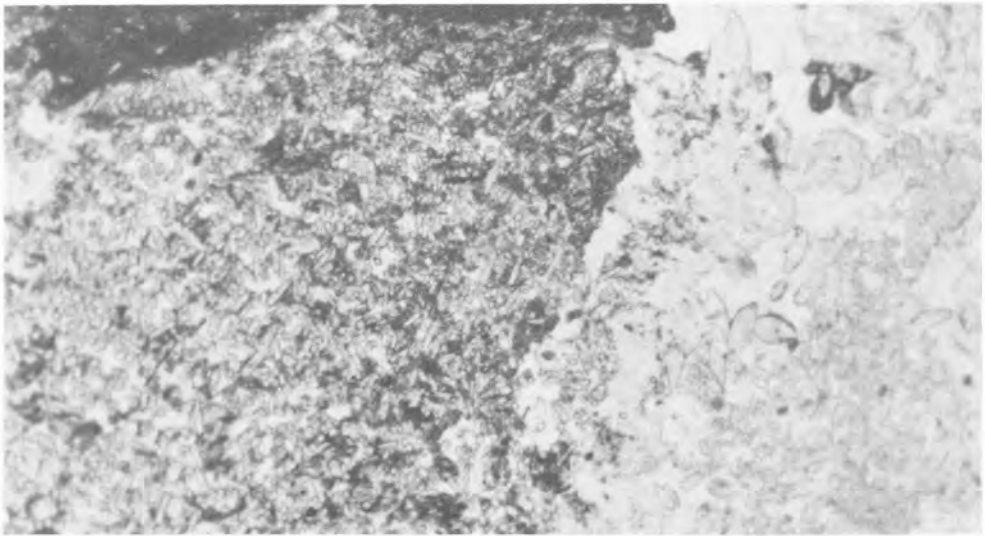


Fig. V.3.2.5 Nido de celestina en lutita, dando a esta un aspecto desagregado. Los cristales de los nidos se disponen siempre al azar; algunos quedan incluidos en lentillas de yeso. LPP. Lado mayor 2.5. mm. Lám. 134:130-138.

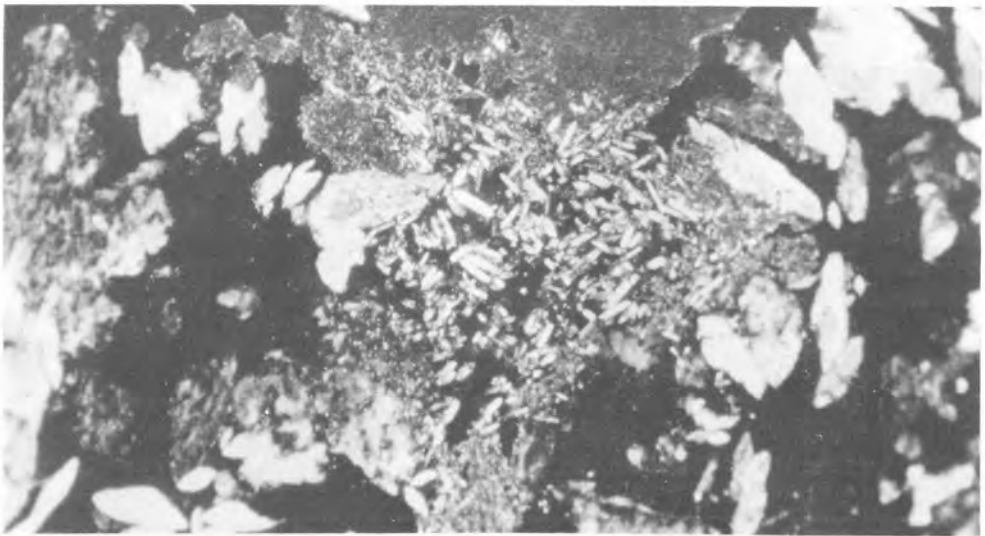


Fig. V.3.2.6. En la lutita del horizonte Cy los nidos de celestina suelen aparecer junto a las fisuras, en las que generalmente hay yeso lenticular. LPX. Lado mayor 2.5 mm. Lám. 134: 130-138.

### **Apedial.**

Los huecos (10%) son fisuras horizontales y verticales, y escasas cámaras.

Se conserva la estratificación de los mismos materiales descritos en la Lámina anterior (134: 70-78).

El yeso (25%) se sitúa preferentemente en las juntas de estratificación y a veces en posición intercalar.

Predomina el yeso lenticular, concentrado en las juntas de estratificación y en los estratos de granulometría más gruesa. Hay también yeso de aspecto compuesto debido a sus inclusiones micríticas (Figs. V.3.2.1. y V.3.2.2.).

La celestina se presenta (Figs. V.3.2.3. a V.3.2.6.) de modo semejante a la Lámina anterior y en proporción parecida.

Hay muy escasas raíces ( $<< 1\%$ ), sólo se han visto en un área situada en una junta de estratificación. Presentan diversos estadios de alteración, con flobafenización o conteniendo bolas rojizas de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro y aspecto fecal.

### **V.3.3. Suelos con endopedión cálcico en posiciones poco erosionables**

#### **V.3.3.1. Caracteres generales**

En la chesa de Iborra, en posiciones geomorfológicas estables, se han encontrado perfiles con desarrollo de horizonte cálcico y horizonte de acumulación de yeso.

Se trata de los perfiles 135, 143 y 141. En ellos aparece bajo un horizonte A de hasta 30 cm, con buena estructura, un horizonte cálcico cuya designación en campo fue Kn o Bca según su grado de evolución. La lámina delgada puso de manifiesto los nódulos micríticos con grado de desarrollo e individualización acordes con lo observado en campo.

Por debajo del cálcico aparece un horizonte de acumulación de yeso en diferentes formas. El análisis químico indica contenidos de alrededor de un 40% de yeso, mientras que en los horizontes superiores está en proporciones insignificantes. La micromorfología

confirma estos datos y permite afirmar que la gran mayoría de este yeso es de precipitación en el perfil y no clastos de la roca. El final de estos horizontes no se ha alcanzado en ningún caso.

Los perfiles 135 y 143 se sitúan en collados con vegetación densa. El 141 está al pie de la ladera Sur de una val, a pocos metros de su fondo plano. La exposición Norte de la vertiente permite el desarrollo de un bosque de *Quercus faginea*, aunque en toda la parte baja de la ladera está bastante degradado por acción antrópica.

### V.3.3.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión: 135

Descripción: J. Porta, J. Herrero. 14-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

#### Geomorfología

Tipo de superficie: collado

Dinámica de la forma: ligera acumulación

Longitud de la pendiente: 40 m.

Pendiente general: 1%

Exposición: N.

Escala: Dm

Morfología local: rectilínea

Drenaje: Bueno

Nivel freático: inaccesible

Eflorescencias: no

**Geología:** Materiales yesíferos en tránsito sobre sustrato de yesos terciarios.

**Vegetación:** *Quercus faginea* *Ononis tridentata*.

**Utilización:** Pedregosidad superficial escasa. Sin afloramientos rocosos. Bosque.

---

O<sub>1</sub> 00-02 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 2/3 Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Horizonte orgánico, restos identificables. Sin efervescencia al HCl 11%. Límite abrupto, plano.

A<sub>1</sub> 02-18 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 5.5/3; en seco: 10 YR 7/3 Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte, granular fina. Friable. Materia orgánica abundante, no directamente observable. Fauna no aparente. Raíces abundantes, de muy finas a medias, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Muy poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Límite neto, plano. Epipedión ochrico.

K<sub>n</sub> 18-44 Húmedo. Color en húmedo: 7.5 YR 5/3; manchas: 7.5 YR 8/3 Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria mode-

rada en bloques subangulares finos; secundaria moderada, granular fina. Friable. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna poco activa: galerías rellenas. Frecuentes raíces, de muy finas a medias, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Efervescencia muy fuerte al HCl 11%, generalizada. No cementado. Muy abundantes nódulos de carbonatos de distribución generalizada y tamaño fino, blandos. Límite difuso, plano. Endopediación cálcico.

By 44-140 ↓ Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 5.5/4; manchas 10 YR 8/2 & 10 YR 7/6. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares finos asociada a otra estructura laminar, mediana. Friable. Sin materia orgánica. Fauna muy poco activa, galerías rellenas. Pocas raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Muy abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, de tamaño fino, blandas

nº reg.

1286

1287

1288

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
135/1	O <sub>1</sub>	0-2	7.6	19.5	22.9	0.3	1.34
/2	A <sub>1</sub>	2-18	7.5	3.2	32.8	0.4	0.59
/3	K <sub>n</sub>	18-44	7.8	1.3	37.8	0.3	0.24
/4	B <sub>y</sub>	44-140	7.5	0.3	16.9	41.9	2.07

Gránulometría				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.21	18.29	42.82	37.68	9.10	3.20	0.10	0.30	12.70
1.44	11.21	54.10	33.25	8.60	3.50	0.10	0.20	12.40
5.86	28.90	Flocula		11.00	2.10	0.15	0.10	13,35



Pasta saturada				
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l
127,8	2,98	33,3	12,3	1
45.6	1.70	17.8	6.4	1
42.2	1.03	11.4	3.0	1
30.0	2.50	30.3	7.6	1

Pedión: 141

Descripción: 28-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Tipo de superficie: Vertiente

Dinámica de la forma: ligera acumulación

Longitud de la pendiente: 20 m.

Pendiente general: 80%

Exposición: N

Eflorescencias: no

Escala: Dm

Situación en la pendiente: basal

Morfología local: Cóncava

Régimen hídrico: Sequía relativa

Drenaje: sin síntomas de hidromorfismo

Nivel freático: Inaccesible.

**Geología:** Materiales terrígenos aportados por arroyada sobre sustrato terciario de yeso

**Vegetación:** *Quercus faginea*, *Q. coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus sp.*, *Genista sp.*

**Utilización:** Bosque muy degradado.

O<sub>1</sub> 00-02 Húmedo. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Horizonte orgánico, restos identificables. Fauna medianamente activa. No hay efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano.

A<sub>1</sub> 02-29 Húmedo. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte, granular fina. Friable. Bastante materia orgánica no directamente detectable. Fauna activa, turrículas. Raíces frecuentes, de muy finas a medias, horizontales, distribución regular, vivas. Muy poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite gradual, plano. Ochrico.

B<sub>ca</sub> 29-80 Húmedo. Estado de oxidación. Abundantes elementos gruesos, tamaño gravas, subredondeados-subesferoidales, nódulos calizos. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte, ligada a fauna, abundante, fina. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna muy activa, galerías rellenas. Pocas raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas; las gruesas se concentran en la base del horizonte. Poroso. Efervescencia muy intensa al HCl 11%, generalizada. No cementado. Muy abundantes acumulaciones, nódulos de carbonato de distribución generalizada y tamaño medio, duros. Cálculo.

C<sub>y</sub> 80-115 Húmedo. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, tamaño guijarros, tabular-subangulares, horizontales, yeso. Estructura: macizo. Friable. Sin materia orgánica. No hay actividad de fauna. Muy abundantes acumulaciones difusas de yeso, de distribución generalizada, blandas.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
141/1	O <sub>1</sub>	0-2	7.4	27.8	19.4	0.7	1.02
/2	A <sub>1</sub>	2-29	7.6	5.8	37.2	0.3	0.63
/3	B <sub>ca</sub>	29-80	7.6	1.2	45.9	ip.	0.54
/4	C <sub>y</sub>	80-115	7.6	0.3	7.1	38.9	2.19

Granulometría				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
3.11	24.59	39.90	32.40	17.20	1.80	0.10	0.30	19.40
0.71	18.20	50.80	30.29	10.60	7.30	0.10	0.15	18.15
8.92	40.36	40.23	10.49	11.00	7.30	0.10	0.05	18.45

Pedión: 143

Descripción: 28-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Tipo de superficie: Collado

Escala: Dm

Situación en la pendiente: Centro de la forma

Dinámica de la forma: Estable

Longitud de la pendiente: 40 m.

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: Sequía relativa

Pendiente general: 2%

Drenaje: Bueno

Nivel freático: Inaccesible.

Eflorescencias: no

**Vegetación:** *Quercus faginea*, *Q. coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Ononis tridentata*, *Genista sp.*, *Thymus sp.*

**Utilización:** Sin afloramientos rocosos. Pedregosidad superficial escasa. Bosque degradado.

- 
- O<sub>1</sub> 00-02 Seco. Color en húmedo: 7.5 YR 2/1 Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Horizonte orgánico, restos identificables. No hay efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano.
- A<sub>1</sub> 02-29 Seco. Color en húmedo: 7.5 YR 4/3; en seco: 10 Y 6.5/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria muy fuerte, granular fina. Ligeramente duro. Poca materia orgánica. Fauna activa, turrículas. Cenizas. Abundantes raíces de muy finas a gruesas, verticales excepto las gruesas que son horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite gradual, plano.
- K<sub>n</sub> 25-85 Seco. Color en húmedo: 10 YR 5.5/4; manchas en seco: 7.5 YR 8/3. Estado de oxidación. Muchos elementos gruesos, gravillas tabular-subredondeadas, sin orientación definida, nódulos calizos no alterados. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte ligada a fauna, abundante, fina. Duro. Muy poca materia orgánica. Fauna medianamente activa, turrículas. Frecuentes raíces, de muy finas a medias, horizontales, disminuyendo su número en profundidad, vivas. Poroso. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Muy abundantes acumulaciones, nódulos calizos, distribución generalizada, tamaño mediano, duros; además hay elementos de estructura recubiertos de carbonatos.

Desde los 85 cm hacia abajo aparece una pátina en los elementos de estructura y pseudomicelios. Desaparecen los nódulos

---

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
143/1	0	0-2	7.5	14.8	25.1	ip.	0.46
/2	A <sub>1</sub>	2-25	7.6	6.1	34.4	ip.	0.26
/3	K <sub>n</sub>	25-85	7.7	0.7	-	ip.	0.32

Granulometría mm					
Ref.	Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0.05	Arena 2-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002
143/2	1.40	20.02	21.42	45.65	32.93
143/3	0.30	11.40	11.70	53.01	35.29

### V.3.3.3. Descripción micromorfológica

Como perfil característico de este tipo de suelo se ha seleccionado para la micromorfología el 135. Aun presentando variaciones interesantes, el 143 y 141 pueden describirse con referencia al primero.

Lám. 135: 0-3.5

El horizonte O<sub>1</sub> consta de residuos orgánicos dispuestos horizontalmente y de algunos pellets fecales constituidos exclusivamente por residuos de plantas desmenuzados. Hay también un tipo de excrementos ovalados, de material orgánico amorfo y hasta 80 µm de diámetro, que suelen situarse en el interior de los residuos de órganos más atacados.

Hay hifas de 6 µm de diámetro, lisas y en general asociadas a residuos orgánicos. Otras hifas son de 3 µm de diámetro y tienen ornamentación.

#### MICROESTRUCTURA

En el horizonte A hay algunas cavidades grandes, también fisuras y canales y cámaras. La microestructura es compleja, de actividad biológica (sobre todo de fauna) y un poco de bloques subangulares. El

trabajo de la fauna se concentra en la parte alta y hacia abajo el material se va compactando.

#### MASA BASAL

La consideración de los componentes, sobre todo de la esparita y los nódulos micríticos, se discute en el apartado VI.2. Aquí se describen todas las formas en el apartado masa basal ya que su comportamiento, como fracción gruesa estará poco condicionado por las diferencias mineralógicas que pueda haber debidas a su origen.

La fracción arena consta esencialmente de carbonatos esparíticos de tamaño entre 50 a 100  $\mu\text{m}$  aunque los hay mayores. Suponen un 15% de la superficie de la lámina. La arena de cuarzo (2%) es bastante angulosa. Las micas (2%) tienen unos 50  $\mu\text{m}$  de largo y son de difícil identificación. Existen algunos nódulos micríticos, redondeados (300  $\mu\text{m}$  de diámetro) con zonas atacadas.

La b-fábrica es cristalítica. La distribución relativa c/f es porfírica. En conjunto la masa basal es semejante a la lámina 135: 3-11.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Hay muchos restos vegetales opacos o marrones. Algún resto de tejido flobafenizado y pequeñas (30  $\mu\text{m}$  de diámetro) manchas del mismo color. Las hifas son abundantes, en conexión con los restos vegetales.

Lám. 135:3-11

#### MICROESTRUCTURA

Agregación fuerte, bloques subangulares (70%) de 1 a 3 mm, de rugosidad variable, acomodados.

Los huecos interagregados son planos quebrados, de 75 a 200  $\mu\text{m}$  de anchura y también canales y cámaras de varios mm con paredes lisas, ligeramente crenuladas en algunas zonas.

Los huecos intraagregados son cavidades irregulares y alargadas de unos 80  $\mu\text{m}$  y cámaras de hasta 300  $\mu\text{m}$ , frecuentemente con residuos de raíces.

La microestructura es compleja de bloques subangulares y de canales y cámaras. Algunos agregados están ligeramente fisurados.

La actividad vegetal es más débil que en la lámina anterior mientras que la retracción es mayor.

## MASA BASAL

Material grueso dispuesto al azar.

- cuarzo, de 20 a 150  $\mu\text{m}$ , poco clasificado. Los granos mayores son subangular esferoidales mientras que los pequeños son más angular-tabulares. Representan entre el 3 y el 5%.
- micas, sus longitudes más recuentes están entre 40 y 50  $\mu\text{m}$ . Son menos del 1%.
- nódulos micríticos, los tamaños más frecuentes son de 90 a 600  $\mu\text{m}$  de diámetro, pero se encuentran algunos de varios mm. La forma es bastante redondeada, tendiendo en los de mayores tamaños a formas más irregulares. Su abundancia es de un 5%.

En los más grandes es frecuente encontrar diversos materiales dispuestos al azar en su interior: granos de cuarzo, cristales de esparita, micas y algún material opaco. En otros, generalmente de tamaño mediano, hay simplemente una zona interior microsparítica o esparítica.

A veces presentan formas con tendencia a halo-nódulos que podrían llamarse impregnantes de la masa basal. La mayoría están en contacto directo con la matriz, pero los más grandes están siempre rodeados de un hueco.

- esparita, en todas sus variantes se encuentra siempre en la masa basal, nunca suelta en los huecos. Se distinguen varios tipos:
- anhedral o subhedral, de 50 a 120  $\mu\text{m}$ , moderadamente clasificada. Frecuentemente tienen contornos reentrantes, aunque redondeados. Son el 15% de la superficie de la lámina.

Los más abundantes presentan finos trazos con disposición en abanico que en nicols cruzados son irisados. Su aspecto es de quesparita. Otros tienen líneas de exfoliación y hay algunos con aspecto claramente policristalino.

- hedral. Son mayores (300 a 600  $\mu\text{m}$ ), siempre tienen alguna cara desarrollada, y los hay euhedrales. Se estiman en un 2%. Presentan líneas de exfoliación y formas de disolución por dichas líneas.

- nodular, de 400 a 800  $\mu\text{m}$  de diámetro, redondeado-esferoidales. Son menos del 1% de la lámina. Los mayores son más oblongos y pueden presentar entrantes huecos u ocupados parcialmente por masa basal. En ocasiones se han encontrado nódulos mixtos con núcleo claramente esparfítico y halo micrítico.
- conchas, muy raras. Sólo se han encontrado 2 ó 3 pequeños fragmentos.

#### Material fino

Muy carbonatado, con b-fábrica cristalítica. La distribución relativa c/f es porfírica.

#### COMPONENTES ORGANICOS

- residuos de órganos, sobre todo raíces, en diversos estadios de descomposición, generalmente en huecos interagregados. En algunos aparecen excrementos ovalados con hasta 60  $\mu\text{m}$  de diámetro mayor que se atribuyen a oribátidos. Hay residuos muy desmenuzados en rellenos de canales.
- residuos de órganos flobafenizados, a veces totalmente y con intenso color rojo. Pequeñas manchas (40  $\mu\text{m}$  de diámetro) de este material se encuentran dispersas en la masa basal, así como fragmentos de material amorfo orgánico (60-120  $\mu\text{m}$  de diámetro) totalmente opacos. Otros fragmentos mayores (hasta 600  $\mu\text{m}$  tienen zonas opacas y otras rojizas.
- esporangios, se encuentran en la masa esferas de 80  $\mu\text{m}$  de diámetro con alveolos circulares de unos 6  $\mu\text{m}$  de diámetro, que les dan aspecto de esporangios. Las esporas también se encuentran sueltas en la masa basal.
- hifas, de hasta 8  $\mu\text{m}$  de diámetro se sitúan en los huecos (Fig. V.3.3.1.) o en residuos de órganos que resultan opacos.

#### EDAFORRASGOS

No se consideran edaforrasgos los nódulos micríticos descritos como material grueso ya que al menos los más grandes parecen heredados.

Las pocas zonas de acumulación de quesparita se consideran como edaforrasgos deformados (queras en destrucción) y no rasgos texturales.

Los residuos orgánicos más evolucionados e integrados en la masa basal pueden considerarse edaforrasgos, e igualmente los rellenos sueltos en algunos canales compuestos por residuos orgánicos muy desmenuzados mezclados con pellets fecales y masa basal.

Los rasgos excrementales propiamente dichos y los residuos de órganos no entran en la definición de edaforrasgos.

Lám. 135: 16-24

### MICROESTRUCTURA

Agregación fuerte, bloques subangulares de 3 a 6 mm, rugosos a 40X (Fig.V.3.3.2.). Están acomodados en los huecos pequeños pero no en los grandes.

Los huecos interagregados son planos quebrados de 60 a 150  $\mu\text{m}$  de anchura así como canales y cámaras. Los huecos intraagregados son cavidades irregulares de unos 100  $\mu\text{m}$  o bien muy alargadas; también hay cámaras, en su mayoría con un resto de raíz.

La microestructura es compleja de bloques subangulares y secundariamente de canales y cámaras.

### MASA BASAL

#### Material grueso

- cuarzo: como en la lámina 135: 3-11.
- micas: como en la lámina 135: 3-11. Están algo mejor clasificadas. Algunas de las más grandes son verdes, tal vez sericita.
- esparita
- cristales anhedrales o subhedrales similares a los del horizonte anterior aunque mejor clasificados y menos abundantes (5%). Se observa una mayor abundancia en agregados asociados a canales, que contienen bastantes residuos orgánicos y parecen más recientes.



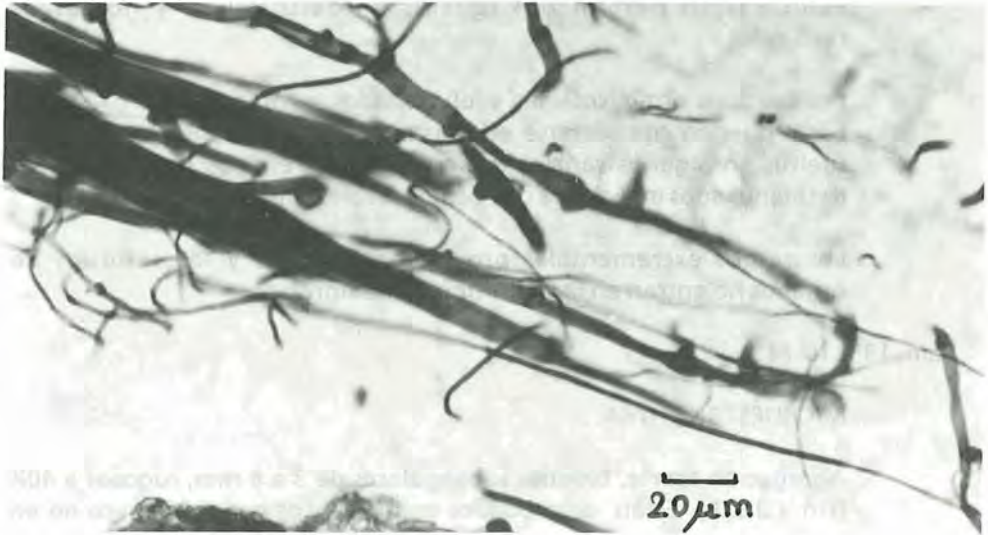
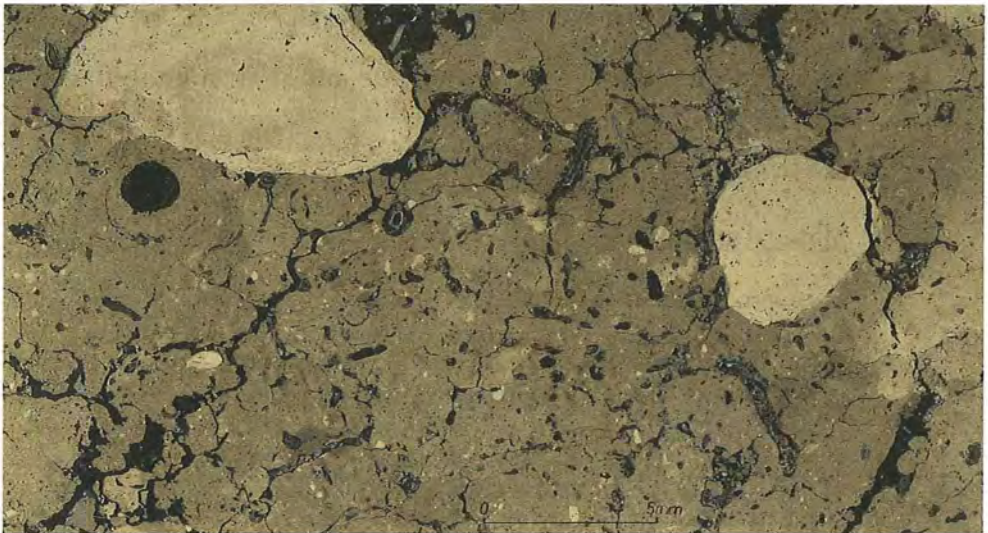


Fig. V.3.3.1 Haz de hifas de basidiomiceto en un hueco. Horizonte A. LPP. Lám. 135: 3-11, Iborra (Lérida).



61420047  
Fig. V.3.3.2. El gran campo de la fotografía permite observar el patrón de huecos. Destacan los nódulos carbonáticos y otros edaforrasgos (excrementos, rellenos, revestimientos). Fondo negro Lám. 135: 16-24.

Evidentemente podrían describirse como edaforrasgos pero por su buena incorporación a la masa basal y la escasez o ausencia de formas de transición a queras completas, habiendo queras completas en la parte inferior de esta misma lámina, se ha optado por incluirlos aquí.

- cristales hedrales en todo similares a la lámina anterior, salvo que son menos abundantes (1%).
- nódulos, así denominados por sus formas esferoidales. Están bien clasificados y son escasos (<<1%); no suelen presentar huecos de disolución. Pueden contener algún residuo orgánico o tener aspecto botrioide. Se ha visto uno de 180 µm de forma esférica muy perfecta en el interior de un pellet fecal.
- conchas muy raras. Se han encontrado 2 ó 3 fragmentos.

#### Material fino

Similar al horizonte anterior. La b-fábrica es cristalítica y la distribución relativa c/f porfirica.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Muy parecido a la lámina 135: 3-11. Sólo se describen las diferencias.

Los residuos de órganos están más atacados y son menos abundantes. El material flobafenizado también es más escaso. El material opaco sólo se presenta en pequeños tamaños.

Las hifas son menos abundantes. En los nódulos micríticos hay unas esferas (8 µm de diámetro) marrón oscuras consideradas esporas, a veces en gemación (Figs. V.3.3.3. y V.3.3.4.), que se agrupan dando cuerpos opacos de los que salen filamentos con aspecto hifal.

Hay excrementos grandes (700 µm de diámetro) en diferentes grados de deformación.

#### EDAFORRASGOS

1- Micrita. Se distinguen tres presentaciones (V.2.2.6.) de la micrita de origen edáfico, pero existen formas de transición entre todas las variedades.

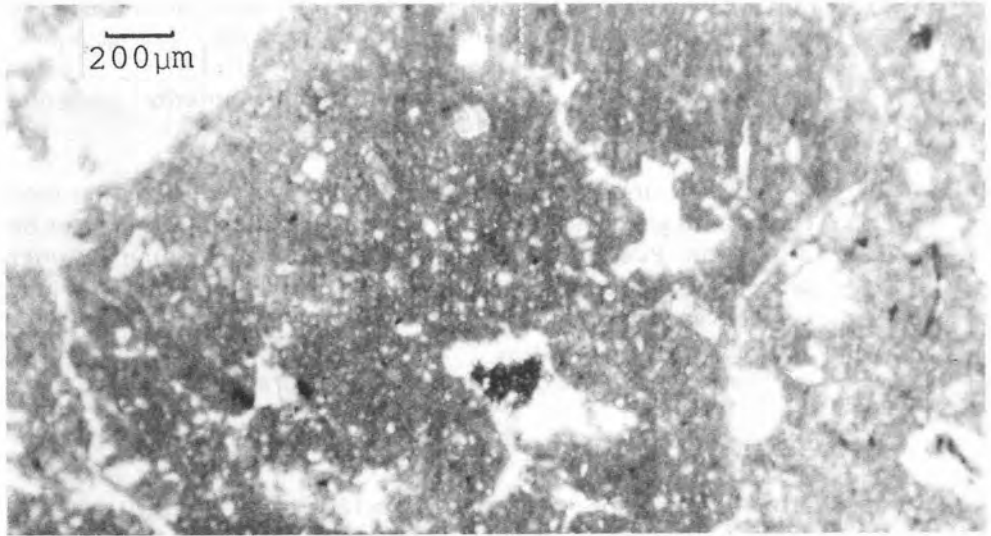


Fig. V.3.3.3. Interior de un nódulo micrítico con cavidades. En una de ellas hay una masa de esporas. LPP. Lám. 135: 16-24. Horizonte Kn. Iborra (Lérida).

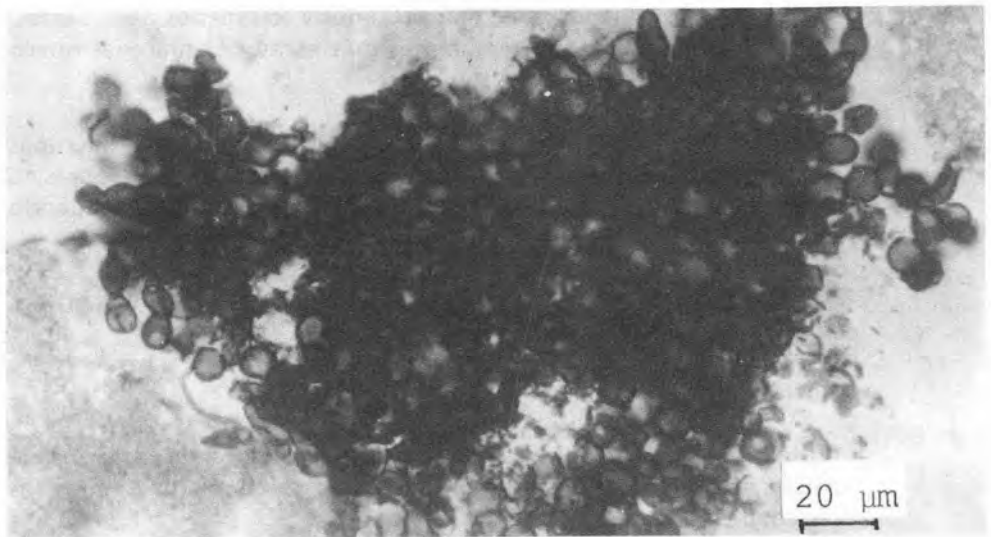


Fig. V.3.3.4. Detalle de la figura anterior mostrando la masa de esporas con alguna de ellas en gemación. LPP. Lám. 135: 16-24.

### 1-a Nódulos separados

Suponen un 20% de la superficie de la lámina. En un caso se ha encontrado incluido un nódulo esférico de esparita. En ninguno se ha podido distinguir quesparita incluida.

El mayor (10 x 5 mm) de los nódulos de esta lámina (Fig. V.3.3.2.) pertenece al tipo de los nódulos nucleados o pisoides pues tiene un core o núcleo de micrita más densa. Este core está bien caracterizado por ser más oscuro en luz plana, tiene límites difusos y su porosidad es menor que la de la envuelta. Lleva fragmentos de cuarzo angulosos y fantasmas calcíticos de estructuras pelletoidales.

La envuelta tiene coloración diferente, lleva materia orgánica marrón inexistente en el core. Hay menos fantasmas y más borrosos. Las cavidades tienen orientación paralela a los bordes del nódulo. En estas grietas, sobre todo en su parte interior, la micrita tiene los cristales algo mayores.

Tanto en el núcleo como en el core hay cristales de esparita cuyas características internas los sitúan en el grupo de los hedrales, aunque frecuentemente sus bordes parecen difusos.

Las acumulaciones de esporas y las hifas se observan preferentemente en grietas y también en zonas más transparentes de la micrita por ser sus cristales mayores. Son muy raras las esporas aisladas. No se han observado esporas en el core, aunque sí algunos restos orgánicos que podrían proceder de esporas.

### 1-b Nódulos integrados en la masa basal

Son un 5% de la superficie de la lámina.

### 1-c Nódulos impregnantes de la masa basal

Su abundancia en la lámina se estima en un 15%. Algunos presentan una oquerosidad muy desarrollada.

### 2- Queras

Hay unas pocas unidades en la lámina (1%), concentradas en la parte inferior. No aparecen quehuecos ni quefe.

En la parte inferior de la lámina una de las queras parece haberse desarrollado sobre el borde de un nódulo micrítico del tipo separado.

Hay concentración de cristales de quesparita en agregados con residuos orgánicos situados en zonas con estructura debida a actividad biológica. Estas concentraciones pueden describirse como restos de queras en fase avanzada de incorporación a la masa basal, más bien que como acumulaciones texturales.

### 3- Rellenos sueltos de canales.

Consisten en una mezcla de residuos orgánicos desmenuzados, excrementos de varios tipos (de hasta 700  $\mu\text{m}$  de diámetro, más o menos deformados) y fragmentos de masa basal con edaforrasgos (nódulos micríticos integrados, quesparita) o quesparita suelta. Pueden verse rellenos deformados.

### 4- Manchas orgánicas

El material amorfo orgánico en pequeñas manchas sueltas es más escaso que en la lámina anterior.

Lám. 135: 30-38

## MICROESTRUCTURA

Estructura moderada. La agregación (75%) es en bloques subangulares, no totalmente desarrollada.

Se pueden distinguir dos patrones de huecos. El primero se asocia preferentemente a las zonas no micritizadas. Hay canales y cámaras de 1 a varios mm, y en determinadas zonas hay cavidades (Fig. V.3.3.5.) que localmente pueden dar tendencia a estructura granular. El segundo se presenta en las zonas micritizadas. Consta de fisuras con débil tendencia horizontal y algo de cavidades. Toda la lámina está afectada ligeramente por planos quebrados.

La microestructura es compleja de canales y cámaras y de fisuras. Muy débilmente en bloques subangulares.

## MASA BASAL

### Material grueso

- cuarzo, como en la lámina 135: 3-11, con menor abundancia de los tamaños grandes.
- micas, como en la lámina 135: 3-11.



Fig. V.3.3.5. Los huecos en las zonas no micritizadas son cavidades, canales y cámaras. LPX. Lám. 135: 30-38.

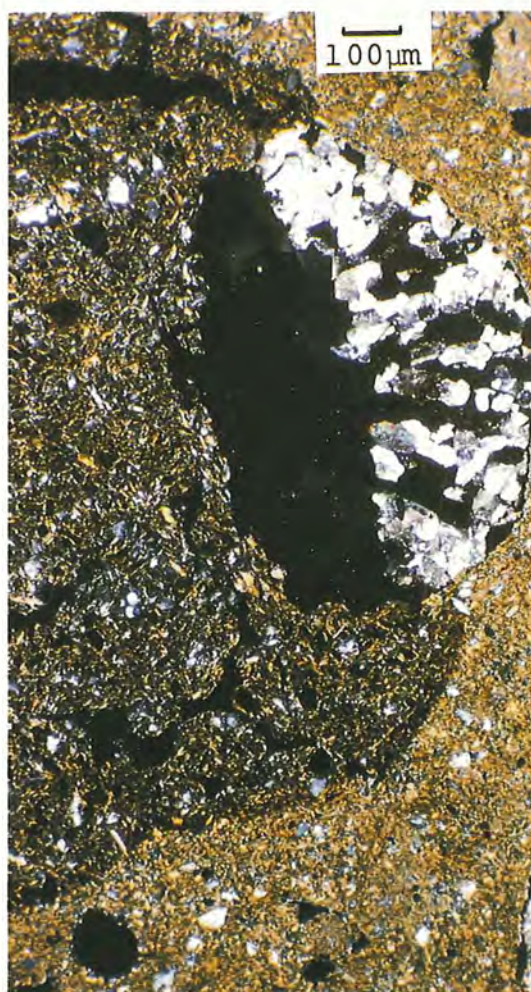


Fig. V.3.3.6. Vista parcial de una quera. El tenue color rojo (quefe) en el límite quedecal/masa basal es producido por hierro. LPX. Lám. 135: 30-38.

- esparita
- cristales anhedrales o subhedrales. Se sitúan preferentemente en las zonas de estructura cavitaria, pero incluso en ellas son menos abundantes que en horizontes anteriores. Están bien clasificadas y representan un 2% de la lámina (las queras se describen aparte). Su consideración como edaforrasgos se puede mantener por los mismos motivos indicados en 135: 16-24. (pág. 157-158).
- cristales hedrales. Igual que en las láminas anteriores, salvo que su tamaño suele ser menor.
- nódulos. Hay alguno del tipo esférico descrito en 135: 16-24.
- conchas. Como en la lámina 135: 16-24.

### Material fino

Similar a las láminas anteriores. b-fábrica cristalítica. Distribución c/f porfírica.

### COMPONENTES ORGANICOS

Los residuos orgánicos son menos abundantes que en la lámina anterior. Se trata sobre todo de raíces muy atacadas. Los excrementos de oribátidos también son más raros.

El material intensamente flobafenizado no aparece. Los fragmentos opacos son frecuentes en la masa basal, incluso en zonas micritizadas.

Restos orgánicos desmenuzados se encuentran en rellenos y también en la masa basal.

Las hifas son menos abundantes que en láminas anteriores y sólo aparecen asociadas a residuos de órganos. Las esporas son muy raras y cuando las hay suelen estar mal conservadas.

### EDAFORRASGOS

#### 1- Micrita

No hay nódulos separados. Los nódulos integrados son menores y más escasos que en la lámina 135: 16-24. Las impregnaciones de la masa basal están mucho más desarrolladas (30%). Son similares a la lámina anterior pero con formas mucho más irregulares y límites más difusos.

## 2- Queras

Se estima en un 15% de la lámina. Se distribuyen irregularmente y dan la sensación de superponerse. Son menos frecuentes en las zonas micritizadas. La presencia de quefe (Fig. V.3.3.6.) no es general.

No se han visto formas de destrucción. Los cristales de quesparita incorporados a los agregados son escasos, se describen como masa basal.

## 3- Rellenos sueltos de canales

Son discontinuos, constituidos por fragmentos de masa basal (incluso de material micritizado) y residuos orgánicos muy desmenuzados.

## 4- Manchas orgánicas

El material amorfo opaco en manchas se encuentra distribuido al azar por toda la masa basal y algunos edaforrasgos (quedecal).

Lám. 135: 61-70

## MICROESTRUCTURA

Apedial.

Hay islotes con sección de bloques subangulares (45%) centimétricos, rugosos, algo acomodados, débilmente horizontales (Fig.V.3.3.7.).

Huecos interislotes de empaquetamiento complejo de cristales. Hay grietas horizontales intraislotes (Fig. V.3.3.7.). En el interior de los islotes hay canales y cámaras. En algunos islotes son frecuentes los huecos lenticulares.

La organización es en islotes. La parte gypsica tiene estructura simple de cristales. La parte arcillo-limosa (masa basal de los islotes) tiene estructura de fisuras (Fig. V.3.3.7.) y localmente de canales y cámaras, a menudo por superposición de queras (Fig. V.3.3.8) y zona con actividad de fauna.

## MASA BASAL

### Material grueso

- cuarzo, 2% de la superficie de los islotes, poco clasificado.





Fig. V.3.3.7.- Incipiente organización en islotes conservando fisuración horizontal del material micrítico. El edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular se sitúa entre los islotes de finos. Luz reflejada, fondo negro. Lám. 135: 61-70.

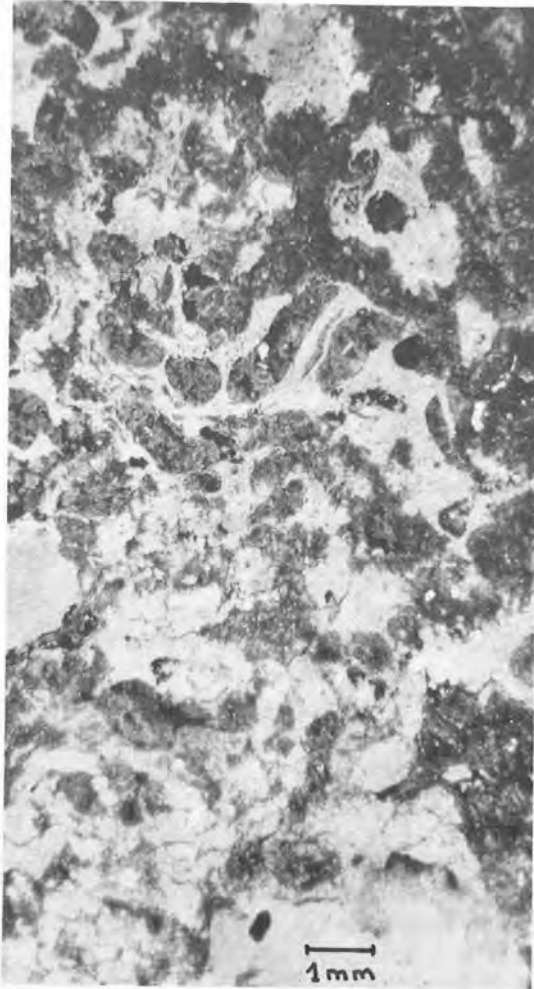


Fig. V.3.3.8. El desarrollo de queratinas contribuye a la evolución de la organización en islotes: en esta zona apenas se aprecia fisuración horizontal a causa de la concentración de queratinas. Luz reflejada, fondo negro. Lám. 135: 61-70

- micas, <1%.
- esparita, <<1% cristales euhedrales, 120 a 300  $\mu\text{m}$   
 <<1% nódulos esferoidales; los más alargados tienden a ser mayores y con aspecto policristalino.
- calcilimolita. <<1% clastos redondeados, de 0.5 a 2 mm. Están *constituídos por cristales subhedrales de carbonatos (75%)* de 10 a 25  $\mu\text{m}$  y un 15% de manchas opacas o marrón oscuro, redondeadas de hasta 15  $\mu\text{m}$  o alargadas de hasta 50  $\mu\text{m}$ . El resto es cuarzo y minerales silicatados de tamaños <20  $\mu\text{m}$ . Pueden presentar grietas. En uno de ellos hay evidencias de ataque por una quera. En algún caso se observa desagregación avanzada.
- conchas, como en la lámina anterior. Sólo se han visto 2 ó 3 fragmentos.

#### Material fino

Es similar a la lámina anterior. b-fábrica cristalítica. Distribución c/f porfírica.

Hay indicios de b-fábricas especiales asociadas a algunas lentillas de yeso.

#### COMPONENTES ORGANICOS

En conjunto son menos del 1% de la superficie total.

- residuos de órganos, muy raros salvo en las queras o en rellenos de canales. El material flobafenizado y los excrementos de oribátidos sólo aparecen en rellenos de canales.
- manchas opacas o marrón oscuras (60  $\mu\text{m}$ ) que se sitúan en la masa basal y en la quedecal, y son menos abundantes en la masa gypsica. Las mayores (hasta 300  $\mu\text{m}$  de longitud), son alargadas, angulosas, y sólo aparecen en la masa basal.

#### EDAFORRASGOS

- 1- Edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular.

Esencialmente se trata de un empaquetamiento al azar de lentillas de yeso, en general sueltas, pero que localmente puede ser continuo o

responder a algún modelo. Entre estas lentillas, y a veces incluidos en ellas, se encuentran otros materiales considerados a su vez como edaforrasgos de la propia masa gypsica lenticular.

- yeso lenticular, los tamaños modales son  $450 \times 210 \mu\text{m}$ , pero las hay de longitud superior a 1 mm; las mayores suelen ser de formas menos perfectas. Otro grupo de tamaños está entre 18 y  $90 \mu\text{m}$  de longitud. Los dos grupos de tamaños están muy poco mezclados. En total se estima ocupan el 90% del edaforrasgo de fábrica gypsica. En su mayoría se disponen al azar, empaquetadas con el resto de los componentes del edaforrasgo. Además de los huecos de empaquetamiento simple, hay algunos canales. La densidad del empaquetamiento varía por zonas.
- yeso radial y en empalizada, hay pequeñas agrupaciones casi siempre superpuestas a una masa algo micrítica y en estado de desagregación.
- yeso microcristalino,  $\ll 1\%$ , sólo se ha visto alguna acumulación de forma irregular asociada a restos de raíz. También en zonas entre queras. No llega a alcanzar las características típicas, siendo su color amarillo muy desvaído.
- quesparita; teniendo en cuenta la abundancia de queras, los cristales aislados de quesparita resultan poco frecuentes; en general están agrupados en todos los estadios de transición a queras.
- esparita hedral,  $< 1\%$ , son cristales en general revestidos de pequeñas cantidades de masa basal. Suelen presentar trazas de exfoliación y huecos de ataque.
- celestina,  $\ll 1\%$ , cristales alargados, de hasta  $60 \mu\text{m}$  de longitud, con aspecto corroído. Sólo se han encontrado agrupados, empaquetados al azar y algunos incluidos en lentillas de yeso.
- materiales finos, hay pequeños cristales aislados inidentificados. Hay una gradación hacia agregados más y más grandes en los que ya se pueden apreciar las características, sobre todo de micritización, de la masa basal próxima o bien las de la quedecal.

## 2- Rasgos gypsicos en los islotes de material fino

- revestimientos de yeso. Son muy frecuentes en las cámaras (Fig. V.3.3.7.) y también los hay en algunas fisuras. El revestimiento suele estar constituido por lentillas generalmente poco ordenadas y

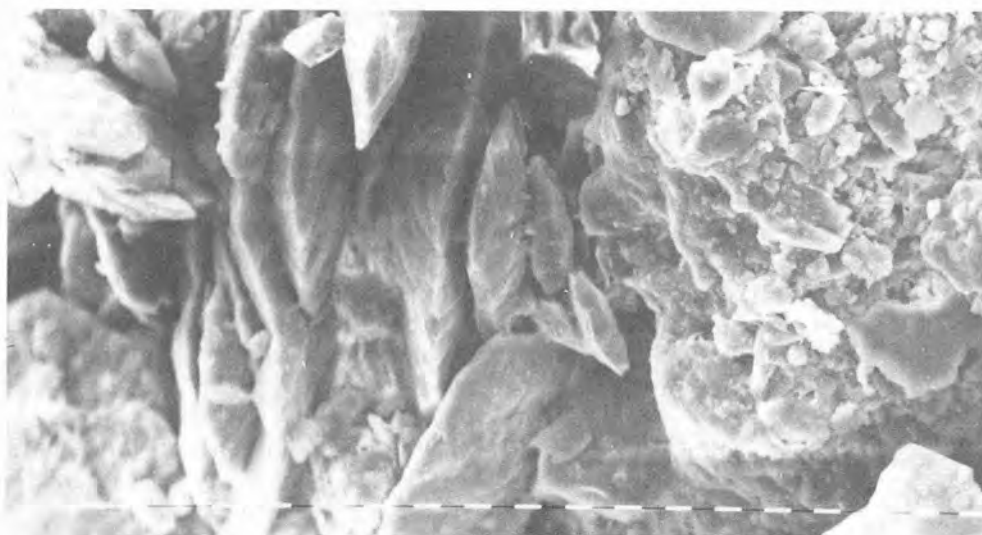


Fig. V.3.3.9. El M.E.B. confirma la forma lenticular del yeso. Este constituye casi exclusivamente (parte izquierda) la fábrica gypsica lenticular. 1 trazo = 10  $\mu$ m. Muestra del pedión 135, entre 66 y 78 cm.



Fig. V.3.3.10. Detalle del yeso lenticular. Hay gran porosidad entre lentillas, utilizada por filamentos biológicos. 1 trazo = 100  $\mu$ m. Muestra del pedión 135, entre 66 y 78 cm.

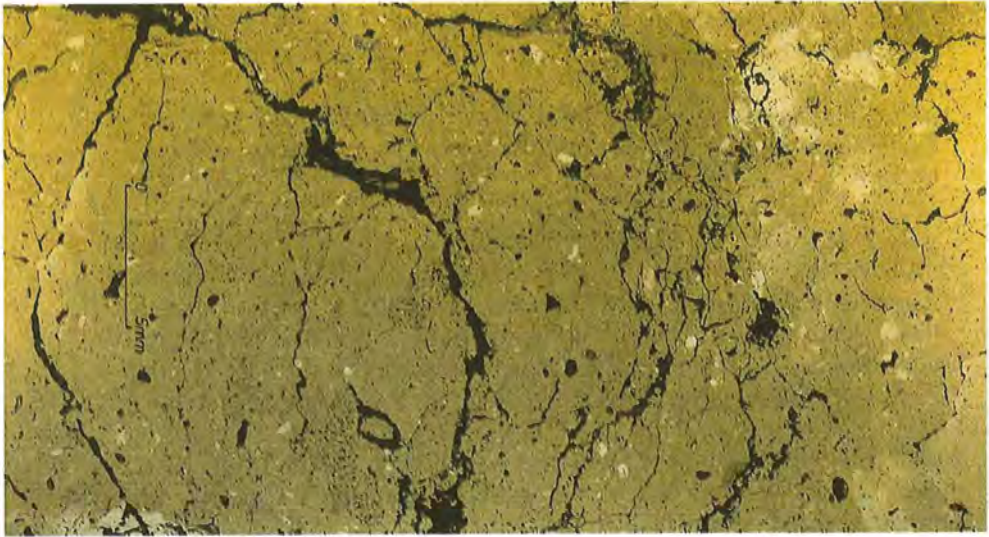


Fig. V.3.3.11. Horizonte con microestructura bien desarrollada. Destacan las micritizaciones como nódulos integrados y como impregnantes. Fondo negro. Lám. 143: 45-53. Iborra (Lérida).

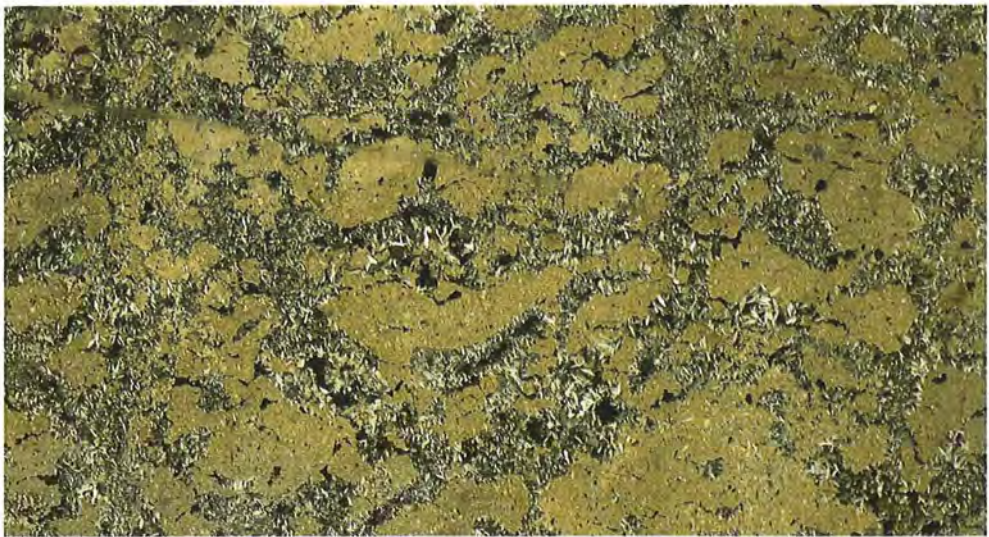


Fig. V.3.3.12. Organización en islotes manteniendo una fisuración horizontal intraislotes. Gypsificación avanzada. Horizonte By. LPX. Lám. 143: 105-110. Iborra (Lérida).

*ludo inferior  $\approx$  35 mm.*

*positivo CIIBA*

nunca de los tamaños mayores. En algún caso se han visto revestimientos yuxtapuestos de yeso/limo carbonítico/yeso

- rellenos de yeso, algunas cámaras presentan relleno total por yeso. Generalmente son cristales imperfectamente lenticulares, soldados entre sí.
- yeso intercalar, en ciertos islotes son frecuentes las lentillas intercalares. En los islotes más micríticos son prácticamente inexistentes, salvo las asociadas a grietas. Algunos islotes pueden llevar el 40 ó 50% de lentillas intercalares. La disposición es al azar o ligeramente arremolinada. No se han observado b-fábricas asociadas a las lentillas, salvo tenues indicios en las zonas quedecal.

Los caracteres morfológicos y el patrón de distribución de las lentillas a veces se continúan en las zonas quedecal. No suelen presentarse en el canal central de la quera ni en quemosaicos.

En los agregados con huecos lenticulares son raras las lentillas intercalares.

### 3- Queras

Se estiman en un 15% de la lámina. Se distinguen por toda la masa basal de forma generalizada, aunque en algunos agregados muy micritizados son muy escasas. Hay regiones (Fig. V.3.3.8.) con gran concentración de queras, lo cual les confiere estructura de canales y cámaras, a la vez que el material está muy decalcificado. Son escasos los estadios avanzados de desagregación. Los radicohistos suelen estar muy alterados o faltan. Sólo en una minoría de las queras se puede distinguir el quefe.

### 4- Micrita

No hay nódulos separados. Los escasos nódulos integrados son microparíticos, con cristales separados que les dan aspecto de estar en destrucción. Hay micritizaciones de agregados en formas irregulares; más frecuentemente, el agregado completo es claramente micrítico, en cuyo caso suelen presentar las fisuras horizontales mejor desarrolladas.

### 5- Rellenos

Una cámara de 20 x 4 mm tiene un relleno suelto y discontinuo de pellets fecales y algún residuo orgánico desmenuzado.

Los pellets están soldados por grupos. Están constituidos por material con masa basal no micritizada y residuos orgánicos desmenuzados y pequeñas manchas de material flobafenizado. Los pocos excrementos de oribítidos parecen muy alterados. Hay cristales sueltos de esparita (hasta 100  $\mu\text{m}$ ), con aspecto de quesparita, mucho más abundantes que en el resto del corte. Lleva también muchas lentillas de yeso.

La cámara está parcialmente revestida por lentillas de yeso. El material circundante a la cámara tiene estructura arqueada, disponiéndose la masa basal y las lentillas formando capas. En su recorrido la cámara corta varias queras.

#### 6- Manchas orgánicas

El material amorfo orgánico se ha descrito en Componentes Orgánicos.

### V.3.4. Suelos con horizonte de yeso microcristalino.

#### V.3.4.1. Caracteres generales

El horizonte de yeso microcristalino tiene elevado contenido de yeso (alrededor del 95%). En campo carece de estructura (macizo) o ésta es muy débil. Los colores son blancos, frecuentemente con tonos asalmoados. En húmedo tienen consistencia harinosa y su aspecto es de yeso puro. Los fragmentos quedan duros al secarse pero se desmoronan en agua.

La lámina delgada muestra una composición casi exclusiva de yeso microcristalino y color amarillento en luz plana. En muchos horizontes suele haber también yeso lenticular de tamaños pequeños.

En campo siempre que se han estudiado estos horizontes se han encontrado húmedos y eran penetrables con el cuchillo. Por lo demás sus características parecen las mismas que las descritas por STOOPS & ILAIWI (1981) para el horizonte petrogypico.

El perfil 141 tiene un horizonte de este tipo muy incipiente, y algo más desarrollado el 143. Ambos perfiles llevan también horizonte cálcico, por lo que se estudian en V.3.3. Como perfil modelo se ha tomado el 151, donde el horizonte A está en contacto, con límite abrupto, con un horizonte de yeso microcristalino, masivo, bien desarrollado, que designamos Y.



La posición en el paisaje de los perfiles 141 y 143 es bastante estable, como se indica en V.4. También lo es la del 151, al pie de una vertiente umbría, bastante húmeda como lo indica la vegetación que la viste (apartado III.5.) La calicata quedó abierta y a los dos años sus paredes estaban cubiertas por un líquen.

#### V.3.4.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión: 151

Descripción: J. Porta, J. Herrero. 14-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

#### Geomorfología

Tipo de superficie: vertiente

Escala: Dm

Situación de la pendiente: extremo basal

Dinámica de la forma: estable

Morfología local: cóncava

Longitud de la pendiente: 40 m.

Drenaje: Bueno

Pendiente general: 30%

Nivel freático: inaccesible

Exposición: N.

Eflorescencias: no

Vegetación: *Quercus faginea*, *Buxus sempervirens*, *Lavandula sp.*, musgos

Utilización: Bosque degradado

- 
- O<sub>1</sub> 00-02 Húmedo. Color en húmedo: 7.5 YR 3/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Horizonte orgánico. Actividad de la fauna no aparente. Abundantes raíces, finas y medianas, horizontales, concentradas en la base del horizonte, vivas. Poroso. Débil efervescencia al HCl 11%, generalizada. Límite abrupto, plano.
- A<sub>1</sub> 02-27 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 3/3; en seco: 10 YR 6/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada, granular mediana. Friable. Abundante materia orgánica, no directamente detectable. Fauna no aparente. Abundantes raíces, de muy finas a gruesas, concentradas en la base del horizonte, vivas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite abrupto, plano. Epipedión óchrico.
- Y 27-90 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 7/3; en seco 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares finos. Friable. Sin materia orgánica. Fauna no aparente. Pocas raíces, de muy finas a gruesas, horizontales, disminuyendo su número en profundidad, vivas. Poroso. Mediana efervescencia al HCl 11%, generalizada.
-

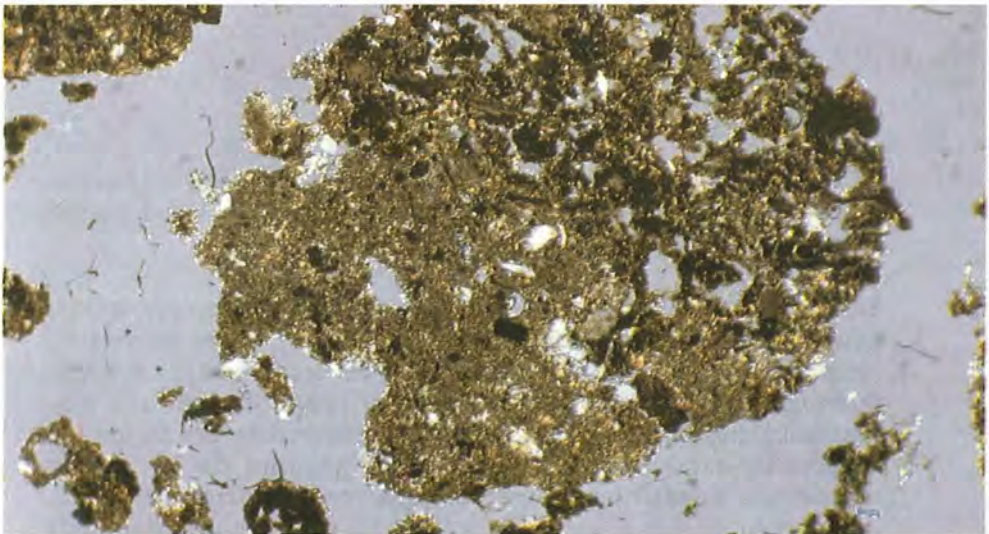


Fig. V.3.4.1 Rasgos excrementales en el horizonte 01. La mitad inferior del mayor de los pellets fecales es mineral, la superior tiene mayor proporción de residuos orgánicos. Se observan fragmentos de hifas en toda la microfoto. LP con nicoles a 20°. Lám. 151: 0-9 Lado mayor: 2 mm.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
151/1	O <sub>1</sub>	0-2	7.3	50.3	26.0	-	2.01
/2	A <sub>1</sub>	2-27	7.6	6.4	42.5	0.8	0.24
/3	Y	30-45	7.8	1.0	5.2	95.9	2.25

Granulometría, mm				Pasta saturada				
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Hs %	CEe d/Sm25°	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
-	-	-	-	241.6	2.76	37	4	1
1.41	11.51	47.77	39.31	57.2	1.23	15	2	1
-	-	-	-	50.0	2.48	35	3	1

#### V.3.4.3. Descripción micromorfológica

Lám. 151: 0-9

##### HORIZONTE 01

En superficie hay residuos de órganos, sobre todo hojas dispuestas horizontalmente, en los que las hifas asociadas son más abundantes en profundidad.

Bajo esta capa hay un nivel en que junto con residuos de órganos más desmenuzados y alterados abundan los pellets fecales de sección redondeada o algo ovalada, con tamaños del orden de 1,2 x 0,9 mm. Están constituidos fundamentalmente por residuos orgánicos muy desmenuzados y cuerpos opacos de aproximadamente 40 x 50 µm con aspecto de excrementos de oribátidos. Algunos de los pellets milimétricos pueden tener aspecto mixto, con una parte más densa, de composición más mineral (Fig. V.3.4.1.). Hay diversos estadios de destrucción de pellets y abundan las hifas.

En este horizonte los huecos son un 80% de la sección. La microestructura puede designarse como granular compleja de restos orgánicos y pellets fecales.

## HORIZONTE A

### MICROESTRUCTURA

La agregación es fuerte. Un 40 % de la lámina, sobre todo en la parte más profunda, tiene bloques subangulares de hasta 8 mm, bastante acomodados, delimitados por planos quebrados y por canales y cámaras. Los huecos intraagregados son cavidades irregulares.

El resto del corte está constituido por bloques redondeados de entre 120 a 600  $\mu\text{m}$  de diámetro.

Los huecos son de empaquetamiento complejo, sin contacto entre bloques en la mayor parte de la superficie.

La microestructura es compleja. Hay una parte de bloques subangulares y otra de empaquetamiento complejo con zonas esponjosas.

### MASA BASAL

#### Material grueso

- cuarzo: 60  $\mu\text{m}$ , mal clasificado, anguloso. Los fragmentos más grandes suelen ser alargados, de hasta 200  $\mu\text{m}$ .
- calcilita: clastos cuyo tamaño modal en esta lámina está entre 200 y 250  $\mu\text{m}$ , aunque en algún caso se alcancen 0,9 mm. Tienen forma esferoidal ligeramente alargada, siempre bien redondeados y con límites netos y lisos. Su fábrica es homogéneamente micrítica y algunos llevan inclusiones marrones de pocos  $\mu\text{m}$ , cuya apariencia orgánica y límites difusos les confieren aspecto de bitúmenes. Raramente llevan inclusiones de cuarzo o mica.

Su abundancia es menor del 1% y en general se encuentran integrados en la masa basal, raramente aislados en huecos.

- esparita: son en general cristales sueltos que se encuentran tanto en los bloques subangulares como en los bloques redondeados. Los tamaños más abundantes son de alrededor de 90  $\mu\text{m}$ ; la clasificación es buena. En general son anhedrales o subhedrales, y más raramente euhedrales en rombos de  $113^\circ$ . Son el 7%. En luz polarizada presentan color claro, de primer orden. Su aspecto es, en la mayoría, de quesparita.

Aparece algún cristal de hasta 320  $\mu\text{m}$ , de formas irregulares redondeadas, con colores de segundo orden que desaparecen con aumentos grandes, y trazas de exfoliación de aspecto calcita.

- conchas: sólo se ha visto un fragmento.

### Material fino

La b-fábrica del material fino es cristalítica. La distribución relativa c/f es porfírica.

### COMPONENTES ORGANICOS

Se encuentran residuos de plantas en todos los estadios de alteración. Algunos residuos de raíces contienen excrementos ovalados, marrones, de 30  $\mu\text{m}$ .

Los residuos más descompuestos y los fragmentos de material orgánico amorfo están incluidos en la masa basal. Estos fragmentos tienen como tamaño más frecuente 25  $\mu\text{m}$  y suelen ser rojos, de aspecto flobafenizado; los opacos son menos frecuentes.

Hay hifas de 6 a 8  $\mu\text{m}$  de diámetro asociadas a residuos de raíces. También hay filamentos de menos de 2  $\mu\text{m}$  de diámetro ramificados. Son frecuentes los esporangios.

### EDAFORRASGOS

Son de tipo cristalítico.

Nódulos con recristalizaciones: La composición de cada nódulo es mayoritariamente micrítica, pero casi todos llevan partes microesparíticas (cristales de 7  $\mu\text{m}$ ) o claramente esparíticas (cristales de hasta 70  $\mu\text{m}$ ), que se consideran recristalizaciones.

Llegan a observarse tamaños de 0,7 x 1,1 mm. Su forma general es alargada y tienen grandes lóbulos. Las partes esparíticas se sitúan preferentemente en los bordes o asociadas a los frecuentes huecos irregulares de estos nódulos.

Es corriente que presenten "inclusiones" de masa basal a veces asociada a sus huecos. Los límites de estos nódulos suelen ser poco netos pero su aspecto es muy diferente a los que en otras láminas se han denominado nódulos impregnantes.

Son de destacar las frecuentes agrupaciones arracimadas de esporas de 5  $\mu\text{m}$  de diámetro, de color marrón, que se presentan como inclusiones en la micrita. También puede verse algún filamento hifal asociado a los bordes del nódulo.

La abundancia de estos nódulos es menor del 1% y su distribución en la lámina muestra una concentración ligeramente mayor en las áreas con más huecos.

Lám. 151: 9-17

## MICROESTRUCTURA

### Agregación fuerte.

En un 40 % de la lámina hay bloques subangulares de varios mm, acomodados. Otro 40% son bloques redondeados de tamaños variados, siendo frecuentes los de 70  $\mu\text{m}$  de diámetro; muchas de estas zonas son rellenos de canales por actividad de fauna y se pueden encontrar distintos grados de coalescencia de los agregados.

Los huecos representan un 20% de la lámina. Hay canales y cámaras y algo menos de planos quebrados. En las zonas de relleno los huecos son de empaquetamiento complejo y algo de canales y cámaras. Los huecos intraagregados son cavidades.

La microestructura es de canales y cámaras y débilmente en bloques subangulares. En los rellenos es migajosa o granular con transiciones a esponjosa u oquerosa, perdiéndose en estos casos la diferencia con los agregados no pertenecientes al relleno.

### Material grueso

- cuarzo en los agregados, 30-40  $\mu\text{m}$ , bien clasificados, esferoidal-angular o esferoidal-subredondeado. Los hay alargados, de hasta 60  $\mu\text{m}$  de longitud. Hay otro grupo de hasta 240  $\mu\text{m}$ , de formas muy angulosas, más escasos. En total el cuarzo representa un 2% de la lámina.
- micrita, clastos de hasta 1,8 mm de diámetro, tabular-redondeados o esferoidal-redondeados. Son un 2% de la lámina. Los clastos llevan algún cuarzo subangular-esferoidal de hasta 30  $\mu\text{m}$  de diámetro y manchas orgánicas de hasta 15  $\mu\text{m}$  de diámetro; estas inclusiones no micríticas suponen menos del 1% de la superficie de los clastos descritos. En general no presentan evidencias de

alteración, sólo raramente se observa alguna figura de disolución o fragmentación del clasto.

- conchas, sólo se ha hallado un fragmento.

La b-fábrica del material fino es cristalítica. La distribución relativa c/f es porfírica.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Hay residuos de plantas en todos los estadios de alteración. Algunos contienen excrementos ovalados, marrones, de 30  $\mu\text{m}$ .

Los residuos más descompuestos y los fragmentos de material orgánico amorfo están incluidos en la masa basal. Los fragmentos rojos de aspecto flobafenizado tienen frecuentemente tamaños de unos 30  $\mu\text{m}$  mientras que los fragmentos opacos suelen ser mayores.

Las hifas son muy poco frecuentes, mientras que esporangios como los del horizonte anterior son bastante abundantes.

#### EDAFORRASGOS

1- Esparita anhedral: Son cristales distribuidos regularmente en la masa basal. La mayoría, por su tamaño (90  $\mu\text{m}$ ) y forma general, deben ser cristales de quesparita con diferentes grados de corrosión.

Sin embargo hay una gradación con formas euhedrales o subhedrales, generalmente de mayor tamaño, en las que se pierde el aspecto de quesparita. Se pueden encontrar en la lámina algunos ejemplares euhedrales con sección en rombo de 70° y hasta 180x120  $\mu\text{m}$ . El total de la esparita en la lámina se estima en un 10%.

Sólo en un caso (0,7 x 1,1) se ha encontrado una agrupación de cristales de esparita con aspecto de quemosaico, si bien rodeado de micrita y con racimos de esporas en el contacto esparita/micrita.

2- Nódulos con recristalizaciones: son de forma y composición semejantes a los del horizonte anterior aunque con una mayor proporción de esparita. Unos pocos están constituidos por grandes (hasta 150  $\mu\text{m}$ ) cristales de esparita. La abundancia de estos nódulos en la lámina es <1%.

Lám. 151: 24-32

Esta preparación corresponde al contacto abrupto entre el horizonte A1 y C1. Y

Para la parte correspondiente al horizonte A1 vale la descripción de la lámina 151: 9-17. Hay que reseñar que en el contacto la microestructura es exclusivamente granular, con tamaños más frecuentes de los gránulos entre 100 y 190  $\mu\text{m}$  de diámetro. Tan apenas existe mezcla entre los dos horizontes (Fig. V.3.4.2. y V.3.4.3.).

Lám. 151: 24-32, HORIZONTE Y

#### MICROESTRUCTURA

El grado de agregación es débil; en las zonas de agregados aplanados tiende a moderada (Fig. V.3.4.4.).

Los agregados, no plenamente desarrollados, tiene forma aplanada en un 70% de la sección del horizonte. Sus tamaños van desde 70  $\mu\text{m}$  a 1 mm de grosor y varios mm de longitud. Son rugosos a 100X y moderadamente acomodados. El patrón de orientación es paralelo, horizontal.

En un 20% de la sección del horizonte, la organización horizontal se ve interrumpida por una agregación que puede calificarse de masiva o también en bloques redondeados (Fig. V.3.4.4.) de pedialidad débil. Estas partes coinciden con el yeso más puro.

Huecos.

Cavidades interagregados alargadas. Su anchura más frecuente es de 20 a 200  $\mu\text{m}$ , pero las hay de hasta 1 mm. Su longitud puede ser de varios mm. Las paredes son rugosas a 100X. Su patrón de orientación es paralelo, horizontal (Fig. V.3.4.5.).

Canales y cámaras se presentan en menor porcentaje. Frecuentemente están ocupados por radícohistos o sus residuos. Los tamaños son variados, pudiendo llegar al milimétrico. Las paredes son como en las cavidades. Cuando la sección es longitudinal la orientación es vertical o inclinada.

La microestructura es de agregados aplanados y muy secundariamente de canales y cámaras (Fig. V.3.4.4.).



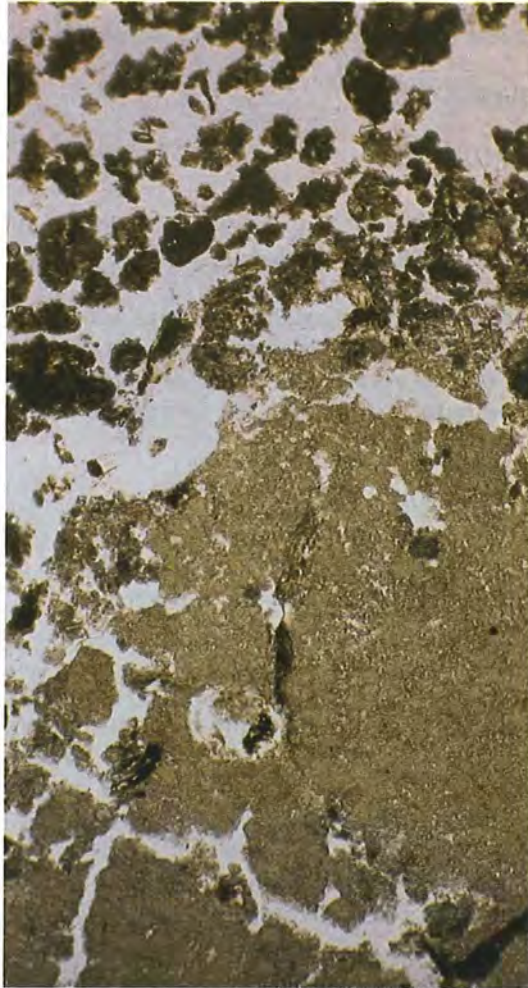
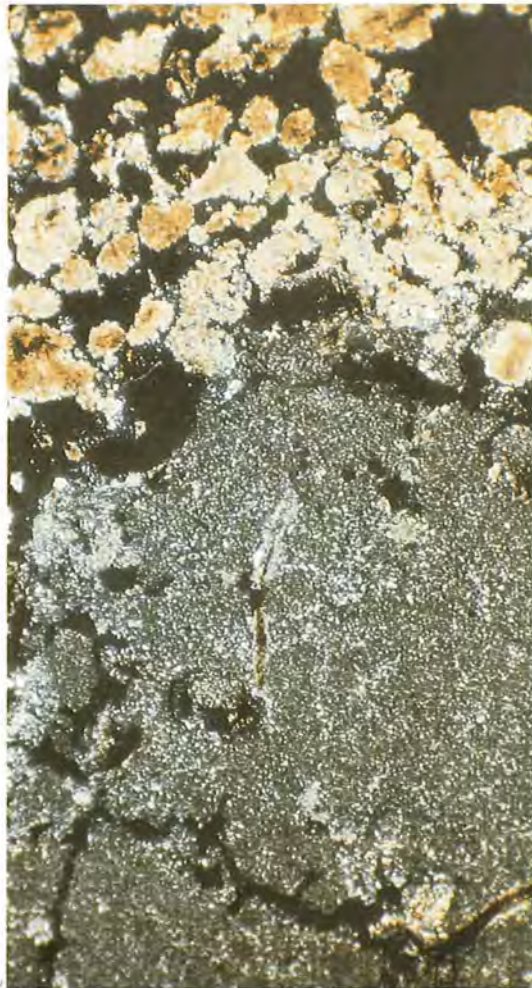


Fig. V.3.4.2. La masa basal del horizonte y, gypsica microcristalina, tiene color amarillo en LPP. La estructura granular corresponde al horizonte A1 en su transición abrupta con el Y. Lám. 151: 0-9. Lado mayor: 1,8 mm.



ig. V.3.4.3. Por superposición de los pequeños cristales en el espesor de la preparación, la masa basal microgypsica resulta isotrópica, excepto donde hay algún cristal algo mayor. LPX. Lám. 151: 0-9.



Fig. V.3.4.4. Predominio de cavidades horizontales, paralelas, con agregación débil. La masa basal es gypsica microcristalina con algo de limo carbonático. Las zonas grises corresponden a nódulos de yeso microcristalino más puro. Nícoles cruzados. Lado mayor: 2 cm. Lám. 151: 24-32.

## MASA BASAL

Material grueso: no hay

Material fino: En general lentillas de yeso  $< 10 \mu\text{m}$ . La masa presenta un aspecto sucio debido a los cristales de micrita repartidos de modo irregular en el material yesoso.

b-fábrica del material fino: gypsica microcristalina con limo carbonático diseminado.

## COMPONENTES ORGANICOS

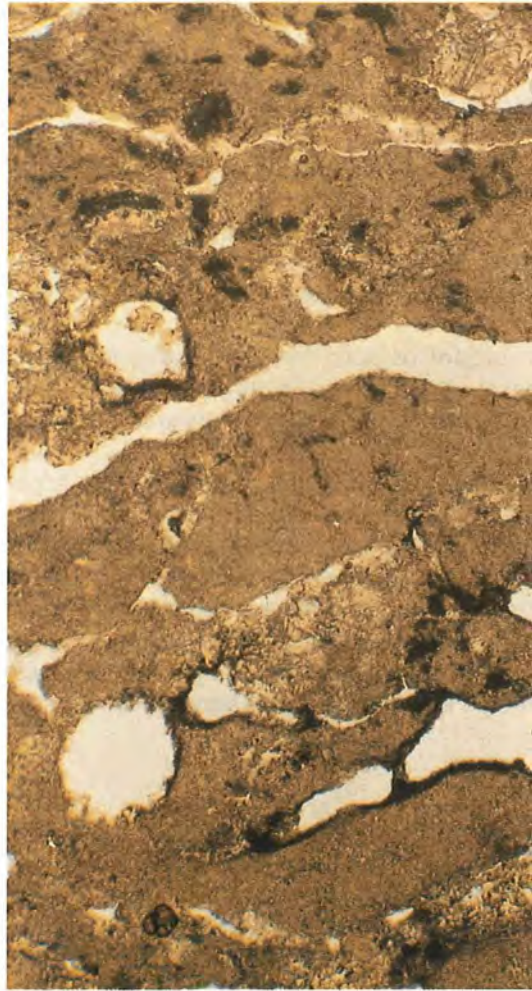
- radicohistos o sus restos, en todos los estadios de descomposición. Algunos tienen el interior ocupado parcialmente por excrementos ovalados de hasta  $140 \mu\text{m}$  de diámetro; otros por agregados de  $110 \mu\text{m}$  de diámetro de aspecto fecal, constituidos por material semejante al del horizonte A1.
- residuos orgánicos poco frecuentes, desmenuzados dispersos en la masa basal. No aparece material orgánico rojo flobafenizado. Tampoco se han visto racimos de esporas.
- hifas de  $6 \mu\text{m}$  de diámetro asociadas a restos orgánicos. En la masa basal estas hifas son poco frecuentes, abundan más unos filamentos de diámetro  $< 3 \mu\text{m}$ , aparentemente también hifas que pueden verse también, en menor cantidad, en los nódulos de yeso microcristalino. La tendencia a observarse estos filamentos en las paredes de huecos horizontales coincidiendo o confundiendo con revestimientos de tipo limoso, puede ser debida a su mejor visualización en el borde de los agregados.

## EDAFORRASGOS

### 1- Nódulos de yeso microcristalino

En contraste con la masa basal, no llevan limo carbonático. Representan un 30% de la sección del horizonte. Se trata de nódulos cristalinos puros, formados por cristales de yeso, la mayoría en el límite de resolución del microscopio.

Sus tamaños son variados, los más grandes alcanzan 2 mm y pueden distinguirse de visu en la lámina delgada. La forma general es redondeada con contornos más o menos reentrantes (Fig. V.3.4.4.) y límite muy neto con el material circundante (yeso microcristalino con



0.5 mm según  
diapositiva film

Fig. V.3.4.5. La micromasa gypsica es amarilla en luz plana. El material carbonático puede formar revestimientos limosos en las paredes de huecos Lám. 151: 24-32. Lado mayor: 1.8 mm.

64130005.jpg

↑  
menor?

micrita). Cuando su tamaño es suficiente interrumpen el patrón de huecos horizontales del suelo.

Poseen un patrón de huecos propio: cavidades irregulares o alargadas ( $< 100 \mu\text{m}$ ). La disposición de estas cavidades confiere a los nódulos un aspecto de compuestos por zonas más amarillas en luz paralela y en extinción con polarizadores cruzados. El aspecto compuesto es algo más vago en nicols cruzados, pero se mantiene, tanto por los huecos como por ordenación de pequeños dominios de birrefringencia debidos a la existencia de cristales de yeso algo mayores relacionados con tales cavidades. La pequeñez de los cristales impide confirmar si se trata de recristalizaciones de yeso en huecos.

## 2- Revestimientos de limo carbonático

Son frecuentes los revestimientos de paredes de huecos por partículas carbonáticas tamaño limo o menor. Estos revestimientos se producen tanto sobre los huecos horizontales (Fig. V.3.4.5.) como sobre los canales y cámaras. A veces adoptan posición de quasi-revestimiento y otras se presentan asociados a revestimientos de yeso. En algún caso se han visto revestimientos limosos muy desarrollados en la proximidad de pellets fecales constituídos por masa basal del horizonte A1 (Figs. V.3.4.6. y V.3.4.7.).

No parecen existir diferencias ni de composición ni granulométricas entre el material de los revestimientos y la micrita que espolvorea la masa basal. La distribución de tal micrita, como ya se ha indicado, es bastante irregular y en algunos puntos se concentra llegando a dar zonas opacas que pudieran describirse como intercalaciones o que presentan aspecto de revestimientos que han quedado englobados en la masa basal.

La existencia de formas intermedias hace convencional en muchos casos el considerar la micrita como parte de la masa basal o como edaforrasgo.

## 3- Yeso lenticular

Son cristales de entre 25 a 90  $\mu\text{m}$ , anhedrales o en lentillas imperfectas. Representan menos del 2% de la sección del horizonte. Muy raramente, y siempre los de tamaños menores, se encuentran en los nódulos de yeso microcristalino. En la masa basal se encuentran como cristales intercalares. Suelen encontrarse concentrados en ciertas áreas. Muchas veces forman revestimientos en canales y cámaras.

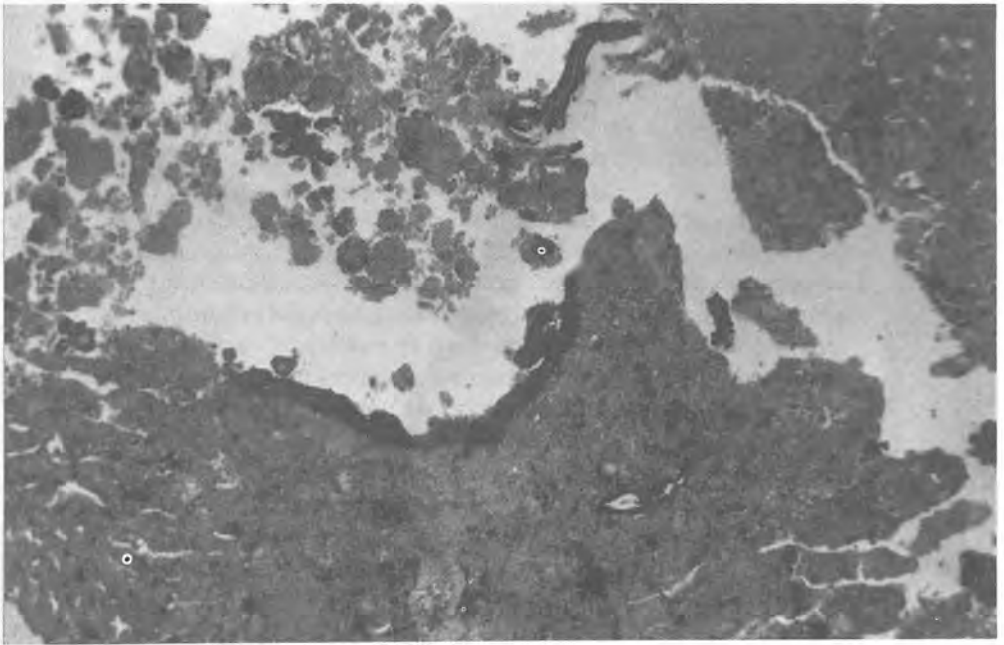


Fig. V.3.4.6. Revestimiento carbonático en hueco de la masa basal microgypsica. En este caso el revestimiento está relacionado con excrementos. LPP. Lado mayor 5 mm. Lám. 151: 24-32.

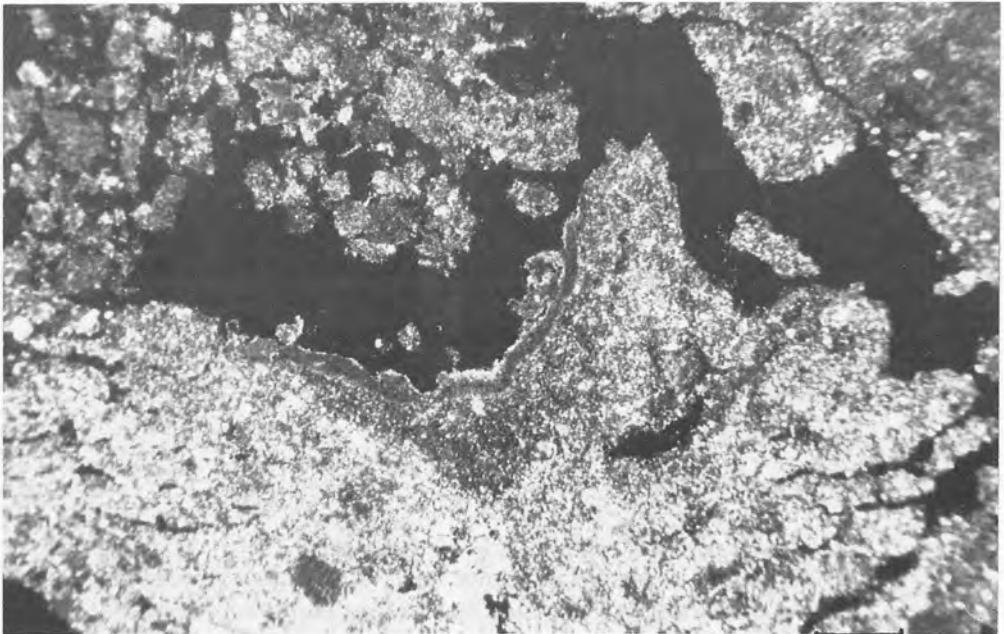


Fig. V.3.4.7. Idem que la anterior. La relativa anisotropía de la masa microgypsica se debe al limo carbonático disperso en ella. LPX. Lado mayor 5 mm. Lám. 151: 24-32.

#### 4- Rellenos

En total representan menos del 1% de la sección del horizonte. Hay cámaras con relleno suelto de pellets fecales de hasta 400  $\mu\text{m}$  de diámetro. Se ha encontrado una cámara conteniendo tres pellets fecales de 1,3 mm de diámetro.

En todos los casos el material de los pellets es similar al de la masa basal, es decir, yeso microcristalino. Siempre contienen abundante limo carbonático regularmente distribuido, y no llevan yeso microcristalino puro.

#### Lám. 151 R

Es una muestra de la roca de yeso, de visu sacaróideo, que se puso al descubierto en el fondo (90 cm) de la calicata 151. Su aspecto era muy poco alterado.

Descripción de la lámina.

Petrográficamente se trata de un yeso alabastrino compuesto de c.e.n.u. y yeso microcristalino. Los tamaños de los c.e.n.u. son variados según las zonas, algunos son macroscópicos. Hay algunas venas generalmente compuestas por yeso fibroso con cristales subparalelos y dispuestos transversalmente a la grieta. Alguno de los c.e.n.u. más grandes contiene inclusiones anhedrales o subhedrales de anhidrita, de hasta 70  $\mu\text{m}$ . La indentación de los c.e.n.u. en algunos casos es euهدral.

Sobre este fondo de yeso hay algunos (< 1%) cristales de esparita de hasta 110  $\mu\text{m}$  anhedrales, poco clasificados, que en ciertos casos presentan secciones subromboidales atribuibles a exfoliación. Hay también un 2% de partículas de micrita distribuidas por todo el corte, con tendencia a concentrarse en zonas irregularmente repartidas. En los bordes del clasto y en algunos huecos con aspecto de disolución, hay revestimientos de este material.

En una determinada región del corte, un 80% de la superficie corresponde a una mezcla de esparita y micrita; el 20% restante es yeso en c.e.n.u. y alguna vena. Contigua a esta región hay otra con estructura nodular puesto que hay un material micrítico formando un retículo del que resultan celdillas ocupadas por yeso en c.e.n.u.

En una zona del borde de la muestra correspondiente a un material margoso micrítico con inclusiones opacas de aspecto orgánico, se



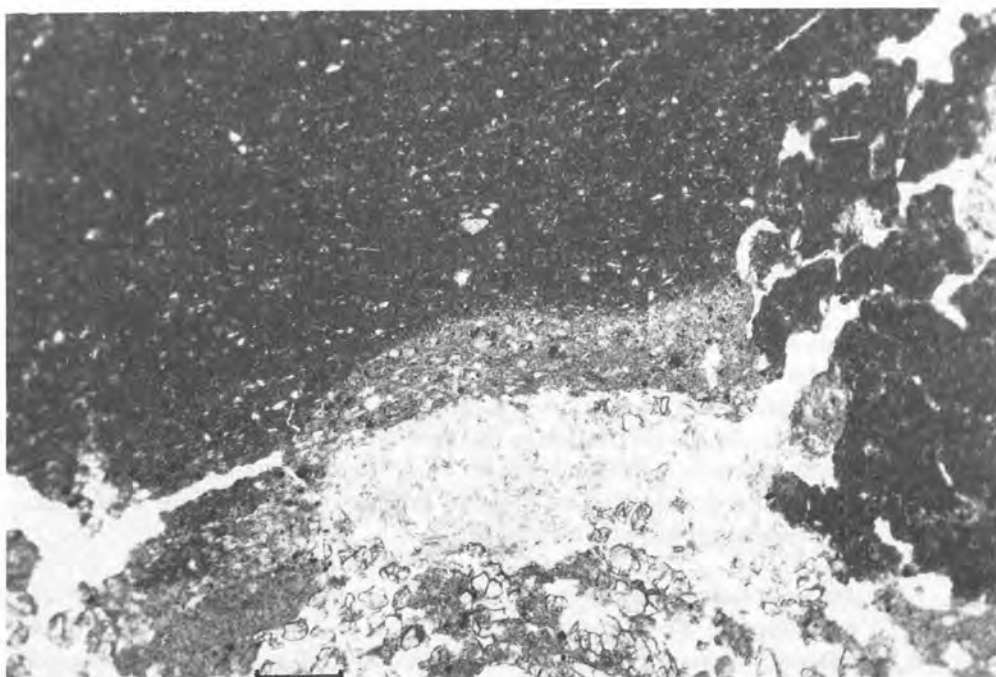


Fig. V.3.4.8. Quera en desorganización. Se ha desarrollado en el material calcilimolítico existente entre los nódulos de un banco de yeso sacaroideo. El canal central está ocupado por yeso lenticular. Lado mayor 2.5 mm. Lám. 151-R.

observa una quera en la cual (Fig. V.3.4.8.) una parte del hueco central está ocupada por yeso en lentillas de longitud  $< 90 \mu\text{m}$  que amarillean en luz plana.

En el contacto del material margoso micrítico y el yeso alabastrino hay grandes lentillas (hasta 0,9 mm de longitud) de yeso en distintos estadios de diferenciación. Algunas de ellas pueden considerarse intercalares en la marga micrítica, sin que en esta se observen b-fábricas especiales asociadas a las lentillas.

### V.3.5. Suelos en los fondos planos de las vales.

#### V.3.5.1. Caracteres generales.

Los suelos situados en los fondos de los vales son los únicos utilizados de forma general y desde antiguo para la agricultura. Los cultivos de secano son posibles mediante bancales transversales al valle para aminorar la erosión.

Actualmente la mecanización de labores y la evolución socio-económica han originado una tendencia a la destrucción de bancales para obtener parcelas de mayor tamaño, pese a las pendientes resultantes y la erosión consiguiente. Donde el pequeño tamaño de la val u otros factores son desfavorables, se produce el abandono.

El estudio de estos suelos evidencia que la edafogénesis se ha producido sobre los potentes paquetes de materiales arrastrados que forman el fondo plano de estas vales. Además del papel de las oscilaciones climáticas, el hombre ha influido al construir bancales y aportar epipediones acarreados desde las vertientes u otras posiciones elevadas, así como indirectamente al exacerbar la erosión por deforestación.

En uno de estos fondos cultivados, con ligero bancalamiento en cabecera, se han estudiado los perfiles 142, 137 y 140. En otro valle menor, tributario del anterior, se abrieron las calicatas 144 en la cabecera del valle que fue rellenada artificialmente hace unos 40 años, y la 138 en la parte más baja de esta val, sin cultivo desde hace al menos 10 años.

Todas estas vales llevan una fuerte entalladura "tollo" longitudinal, generalmente lateral, que recoge las aguas y tiene actividad erosiva. En la cabecera de uno de estos tollos se pudieron medir 2 m de retroceso en un año a expensas del relleno limoso de la val.

Los perfiles son siempre del tipo A, B<sub>y</sub>. El epipedión puede ser A<sub>p</sub> si está cultivado, en cuyo caso no excede los 30 cm. En el perfil seleccionado en un fondo abandonado, el horizonte A sobrepasaba los 80 cm de espesor. A continuación se distingue en campo un horizonte B<sub>y</sub>, con acumulaciones vermiformes de yeso. En ninguna de las calicatas (hasta 180 cm), se alcanzó la terminación de este horizonte. Las observaciones en las paredes del tollo, de varios metros de profundidad, indican una gran continuidad en estos materiales.

La descripción micromorfológica de referencia se hace en el pedión 138, correspondiente a un fondo abandonado. Los demás pediones de fondos que se han estudiado macromorfológicamente: 142, 137, 140, 144, pueden considerarse representados por esta descripción, si bien hay ciertas diferencias de detalle, sobre todo en los edaforrasgos.

### V.3.5.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización.

Pedión: 138

Descripción: 14-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

#### Geomorfología

Tipo de superficie: Fondo de valle

Dinámica de la forma: ligera acumulación

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Escala: Hm

Situación en la pendiente: centro de la forma

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 300 m.

Pendiente general: 10% local: 10%

Eflorescencias: no

Drenaje: bien drenado

Nivel freático: inaccesible

**Geología:** Materiales yesíferos en tránsito sobre sustrato de yesos terciarios.

**Vegetación:** *Quercus faginea*, *Q. coccifera*, *Thymus sp.*, *Genista*

**Utilización:** Cultivo abandonado

---

A<sub>11</sub> 00-16 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3,5/3, en seco 10 YR 5,5/3. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos, guijarros tabulares subangulares sin orientación definida, calizos poco alterados. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria débil, poco abundante, ligada a fauna, fina. Friable. Bastante materia orgánica no directamente detectable. Fauna activa, galerías rellenas. Frecuentes raíces de muy finas a medianas, verticales regularmente distribuidas vivas. Muy poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano. Epipedión óchrico.

A<sub>12</sub> 16-83 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3/3, en seco 10 YR 6/3. Estado de oxidación. Elementos gruesos igual que en el horizonte anterior. Fuerte estructura primaria en bloques subangulares finos; secundaria fuerte ligada a fauna, abundante, de tamaño mediano. Friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Fauna activa, galerías rellenas. Cenizas. Micelios. Pocas raíces de muy finas a medias., horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Muy poroso.. Sin acumulaciones. Las oquedades de los elementos gruesos presentan pátina blanca. Límite abrupto, plano.

2B<sub>y</sub> 83-173 ↓ Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3/3, manchas 10 YR 8/2. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares finos. Muy friable. Sin materia orgánica. Fauna muy poco activa, galerías rellenas. Muy pocas raíces finas y medianas, horizontales, su número disminuye en profundidad, vivas. Poroso, Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, de tamaño fino, blandas.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
138/1	A <sub>11</sub>	0-16	7,4	4,6	39,1	0,4	0,19
/2	A <sub>12</sub>	20-40	7,7	3,0	43,2	0,4	0,19
/3	A <sub>12</sub>	63-83	7,7	4,0	35,9	0,1	0,26
/4	B <sub>y</sub>	83-170	7,7	1,1	17,1	57,8	2,19

Granulometría mm				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0,5	Arena fina 0,5-0,05	Limo 0,05-0,002	Arcilla <0,002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
2,76	20,42	47,34	29,48	11,10	2,80	0,10	0,40	14,40
4,35	18,86	50,49	26,30	8,20	3,50	0,10	0,20	12,00
0,42	14,40	48,02	37,16	9,10	2,80	0,15	0,20	12,25
9,65	27,54	53,26	9,55	7,30	3,80	0,15	0,10	11,35

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25º	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
47,4	1,38	12	3	0,2	ip.	11,0	5,0	0,8	0,1
42,1	0,74	6	ip.	0,8	ip.	3,7	3,0	0,6	0,5
48,0	1,01	5	5	0,4	ip.	4,2	5,5	1,2	0,2
41,4	2,66	30	3	0,6	ip.	2,2	35,2	0,6	0,1

Pedión: 137

Coordenadas: 31T CG 673 237 520

Descripción: 29-8-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

### Geomorfología

Tipo de superficie: Fondo de valle

Dinámica de la forma: arroyada difusa y concentrada

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Escala: Hm

Situación en la pendiente: centro de la forma

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 800 m.

Pendiente general: 5% local: 5%

Exposición: NE.

Drenaje: bueno

Nivel freático: inaccesible

Eflorescencias: no

A<sub>p1</sub> 00-07 Seco. Color en húmedo: 10YR 6/3; en seco 10 YR7/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares finos. Blando. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna muy poco activa, no aparente. Cenizas. Pocas raíces muy finas verticales, regularmente distribuidas, vivas. Muy poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite inferior abrupto por laboreo, plano. Epipedión óchrico.

A<sub>p2</sub> 00-17 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 5/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Muy friable. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna poco activa, alguna larva de insecto. En todo lo demás igual al horizonte anterior. Límite inferior gradual, plano.

B<sub>y1</sub> 17-72 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 5/3; manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, de tamaño guijarros y forma tabular-redondeada, no orientados, yesos alterados. Estructura

moderada, en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna medianamente activa, galerías rellenas y turrículas. Las galerías rellenas originan cilindros de hasta 15 mm de diámetro, a favor del contacto entre el relleno y el material encajante se instalan raíces. Cenizas. Pocas raíces muy finas, verticales, irregularmente distribuidas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCL 11%, generalizada. Pocas acumulaciones, extremadamente pequeñas, redondeadas, con límite abrupto. Límite inferior gradual, plano.

By2 72-170 ↓ Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 4/3: manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Menos elementos gruesos que en el horizonte anterior, de tamaño piedras, forma tabular redondeada, no orientados, yesos poco alterados. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Sin materia orgánica. Fauna medianamente activa, galerías rellenas. Cenizas. Muy pocas raíces, finas y muy finas, sin orientación definida, su número disminuye en profundidad, vivas. Poroso. Sin grietas. Frecuentemente acumulaciones grandes, dendriformes, con límite abrupto.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
137/1	A <sub>p</sub>	0-15	7,3	1,9	6,3	61,1	2,25
/3	B <sub>y1</sub>	18-72	7,6	1,4	17,8	44,6	2,19
/4	B <sub>y2</sub>	72-170	7,6	1,2	21,4	34,3	2,19

Granulometría mm				
Referencia	Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002
137/1	-	-	Flocula	-
/3	2,35	27,22	60,99	9,44
/4	-	-	-	-

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25º	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
39,2	3,78	41	5,2	2,0	ip.	5,5	30,5	1	0,4
40,0	2,84	36	4,0	1,2	ip.	3,0	30,0	1	0,3
40,0	2,63	33	3,4	1,0	ip.	2,0	21,4	1	0,2

Pedión: 140

Descripción: 10-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Tipo de superficie: Fondo de valle

Dinámica de la forma: arroyada concentrada

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Escala: Hm

Situación en la pendiente: Mitad de la forma

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 400 m.

Pendiente general: 10%

Exposición: NW.

Drenaje: bueno

Nivel freático: inaccesible

Eflorescencias: no

**Geología:** Materiales yesosos en tránsito sobre sustrato de yesos terciarios

**Vegetación:** Natural eliminada

**Utilización:** Barbecho de cebada

A<sub>p</sub> 00-23 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, guijarros subesferoidales-subredondeados, yeso con formas de disolución. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica no directamente detectable. Fauna medianamente activa, galerías rellenas. Pocas raíces finas y muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuente efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano. Epipedión óchrico.

By1 23-70 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4,5/3; manchas 7,5 YR 8/2. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos ligeramente mayores que en el horizonte anterior, con la misma forma; yeso alterado. Estructura muy débil en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna poco activa, gale-

rías rellenas. En lo demás igual que el horizonte anterior. Frecuentes acumulaciones de yeso, blandas de tamaño fino y distribución generalizada.

B<sub>y2</sub> 70-170 ↓ Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/3 manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos del mismo tamaño que en el horizonte anterior, subangular-subesferoidales, yesos con alteración superficial. Estructura granular fina. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable; hay zonas redondeadas que aparentan un mayor contenido en materia orgánica. Fauna no aparente. Muy pocas raíces de muy finas a gruesas, horizontales, distribuidas regularmente, vivas y muertas. Poroso. Mediana efervescencia al HCl 1%, generalizada. No cementado. Muy abundantes acumulaciones de yeso, blandas de tamaño fino y distribución generalizada.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
140/1	A <sub>p</sub>	0-23	7,4	2,8	21,4	42,7	2,25
/2	B <sub>y1</sub>	23-70	7,6	1,8	19,9	49,7	2,25
/3	B <sub>y2</sub>	90-110	7,8	0,6	5,8	85,7	2,25
/4	B <sub>y2</sub>	110-140	7,7	0,7	5,9	83,2	2,19
/5	B <sub>y2</sub>	140-160	7,7	0,7	7,2	79,8	2,19
/6	-	120-125	7,7	0,7	5,5	-	-

Granulometría mm				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
2,27	27,95	59,79	9,99	22,00	0,40	0,15	0,70	23,25
4,09	26,12	59,02	10,77	22,70	0,70	0,15	0,20	23,75
0,20	3,94	Flocula	Flocula	10,20	7,30	0,15	0,10	17,75
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5,50	6,40	0,15	0,10	12,15
-	-	-	-	-	-	-	-	-



Pedión: 142

Término municipal: Iborra

Descripción: 10-9-81

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Escala: Hm

Tipo de superficie: Fondo de valle

Situación en la pendiente: Mitad de la forma

Dinámica de la forma: arroyada difusa y concentrada

Morfología local: Ligeramente cóncava

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Longitud de la pendiente: 400 m.

Régimen hídrico: sequía relativa

Pendiente general: 10%

Drenaje: bueno

Eflorescencias: no

Nivel freático: inaccesible

---

A<sub>p</sub> 00-25 Húmedo. Color 10 YR 4/3. Estado de oxidación. Textura franco-limosa. Pocos elementos gruesos, gravas, forma tabular-redondeada, sin ordenación definida, calizos poco alterados y yesos con formas de disolución. Estructura débil en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna poco activa, galerías rellenas. Cenizas. Pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso, Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano. Epipedión óchrico.

B<sub>y1</sub> 25-88 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 4/3; manchas: 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Textura franco-limosa. Menos elementos gruesos que en el horizonte anterior, forma tabular-redondeada, sin orientación definida, tamaño gravas, calizos. Fuerte estructura primaria en bloques subangulares finos; secundaria ligada a fauna, abundante, fina. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna activa, galerías rellenas. Cenizas. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, de tamaño fino, blandas. Límite neto, ondulado.

B<sub>y2</sub> 88-140 ↓ Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 3/3; manchas: 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Muy pocos elementos gruesos, calizos. Estructura y consistencia iguales al anterior horizonte. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Igual es todo lo demás al horizonte anterior, salvo que las raíces son algo más escasas

---

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
142/1	A <sub>p</sub>	0-25	7,6	2,4	33,3	15,0	2,21
/3	B <sub>y1</sub>	25-88	7,7	3,1	29,1	3,0	2,14
/4	B <sub>y2</sub>	88-144	7,8	2,2	26,2	8,7	2,23

Granulometría mm					
Referencia	Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Aren 2-0.05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002
142/1	2,06	22,33	24,39	63,85	11,76
/3	1,45	13,05	14,50	51,87	33,63
/4	1,23	12,30	15,53	73,52	12,95

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na+ meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl meq/l	SAR
41,0	2,72	29	7	1,9	ip.	3,7	33	1,0	0,4
45,8	2,46	30	4	ip.	ip.	2,2	32	0,5	0,0
46,9	2,57	30	5	0,5	ip.	2,0	33	0,8	0,1

Pedión: 144

Descripción: 12-9-81

Término municipal: Iborra

Localización: Les Comes

**Geomorfología**

Tipo de superficie: Fondo de valle

Dinámica de la forma: Erosión laminar

Acciones sobre la pendiente: cultivo, nivelación con aporte de materiales hace unos 40 años

Escala: Hm

Situación en la pendiente: Mitad de la forma

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 400 m.  
Pendiente general: 15% local: 10  
Exposición: NW

Drenaje: bien drenado  
Nivel freático: inaccesible  
Eflorescencias: no

**Geología:** Materiales yesosos sobre sustrato de yesos terciarios

**Vegetación:** Natural eliminada

**Utilización:** cultivo de cereal

- 
- A<sub>p</sub> 00-20 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4,5/3; en seco 10 YR 6,5/3. Estado de oxidación. Menos del 1% de elementos gruesos, gravas esferoidal-angulares, yesos con formas de disolución. Estructura débil en bloques subangulares finos. Friables. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna no aparente. Pocas raíces, muy finas, verticales, regularmente distribuidas vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano, Epipedión óchríco.
- A<sub>py</sub> 20-34 Húmedo. Color en húmedo: 10 YR 4/3; manchas 10 YR 8/2. Elementos gruesos igual que es el horizonte anterior. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Algo más de materia orgánica que en el horizonte anterior. Fauna no aparente. Cenizas. Pocas raíces, muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Frecuentes acumulaciones esféricas de yeso, de distribución generalizada y tamaño fino, blandas. Límite neto, plano. Epipedión óchríco.
- en
- B<sub>y1</sub> 34-110 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4,5/3; manchas 10 YR 8/3. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna medianamente activa, galerías rellenas. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, su número disminuye en profundidad vivas; a 50 cm aparece un nivel de raíces de hasta 6 cm de diámetro, horizontales, en descomposición, indicando reciente deforestación. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 1%, generalizada. No cementado. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros de tamaño fino.
- B<sub>y2</sub> 110-130 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 2/3, manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica no directamente detectable. Fauna activa, galerías rellenas. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Acumulaciones igual que en el horizonte anterior, algo más abundantes. Límite gradual, plano.

B<sub>y3</sub> 130-180 ↓ Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/3; manchas 10 YR 8/3. Igual al anterior, salvo la materia orgánica que hay muy poca, y las acumulaciones son algo menos abundantes.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
144/1	A <sub>p</sub>	0-20	7,5	4,6	-	28,6	2,07
/2	A <sub>py</sub>	20-34	7,5	4,2	-	21,1	2,13
/3	A <sub>y1</sub>	34-110	7,6	2,2	27,9	22,1	2,13
/4	B <sub>y2</sub>	110-130	7,6	3,1	28,5	12,7	2,07
/5	B <sub>y3</sub>	130-180	7,6	2,3	28,7	12,9	2,13
/6	-	120-125	7,6	3,3	27,6	-	-

Granulometría mm				
Referencia	Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002
144/1	5,09	24,84	58,77	11,30
144/2	2,96	19,91	66,50	10,63
144/4	0,94	11,32	74,64	13,10

### V.3.5.3. Descripción micromorfológica

Lám. 138: 0-4

#### MICROESTRUCTURA

Pueden distinguirse dos horizontes con microestructura: desde 0 hasta 1.5/3 cm y desde 1.5/3 cm hasta 4 cm.

- 0-1.5/3 Grado de agregación fuerte. Agregados granulares 2 mm, rugosos a 100X, no acomodados. Huecos de empaquetamiento compuesto.

#### Microestructura granular:

- 1.5/3-4 Grado de agregación fuerte. Bloques subangulares 3 mm, rugosos a 100X, acomodados. Los huecos interagregados son fisuras, algunas de ellas horizontales; en menor proporción hay canales y cámaras. Los huecos intraagregados son canales generalmente con radicohistos. En algunos agregados abundan las cavidades, y la estructura es cavitaria.

Microestructura compleja: de bloques subangulares y cavitaria; muy débilmente de canales.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

- cuarzo, 1%; su tamaño máximo alcanza excepcionalmente 0.8 mm. Las formas son angular y subangular-elipsoidales. Los de mayor tamaño son más esferoidales, con bordes irregulares y generalmente policristalinos.
- micas, muy raras.
- material micrítico, pueden distinguirse al menos dos tipos de calcilimolitas. Son clastos mal clasificados, esferoidal-redondeados, que suponen un 5% de la lámina. El tipo más frecuente contiene manchas redondeadas a puntos de color rojo oscuro. Hay algunos clastos redondeados cuyos cristalitos están en desagregación; a veces son microsparíticos o contienen algún cristal esparítico. Es dudoso que su origen sea edáfico y por su disposición se describen como material grueso.
- esparita, 7%. Hay cristales esferoidal-subredondeados, irisados, con aspecto de quesparita y dispuestos siempre al azar en la masa basal.

Otros cristales son euhedrales, con clivaje romboidal, y generalmente no irisados. Existen formas intermedias de difícil atribución. Algunos elementos son policristalinos con contactos euhedrales.

##### Material fino

b-fábrica cristalítica.

## COMPONENTES ORGANICOS

- radicohistos, en todos los estadios de descomposición. Muy raramente se encuentra algún radicohisto con hifas en su interior.
- material orgánico anhisto,  $\ll 1\%$ ; el más abundante es opaco, en manchas. Menos abundante, y en manchas de menor tamaño, es el material rojo.
- esporas, muy raras, siempre agrupadas.

## EDAFORRASGOS

La esparita se describe como material grueso.

Lám. 138: 20-28

## MICROESTRUCTURA

Hay partes de la lámina con estructura moderada en bloques subangulares, acomodados y cuyos huecos interagregados son fisuras al azar y los huecos intraagregados son canales de raíces y cavidades. En otras partes de la lámina los agregados son granulares, existiendo formas intermedias.

La microestructura es compleja: cavitaria con zonas esponjosas o granulares. En algunas partes de la lámina hay estructura en bloques subangulares.

## MASA BASAL

### Material grueso

- cuarzo, similar al horizonte anterior (138: 0-4).
- micas,  $\ll 1\%$ .
- clastos micríticos, como en el horizonte anterior, aunque los redondeados con cristalitos desagregados son algo más abundantes.
- esparita, semejante al horizonte anterior. Hay algunas agrupaciones de cristales redondeados de difícil atribución a quemosaicos.
- conchas, como en el horizonte anterior.

### Material fino

b-fábrica cristalítica

### COMPONENTES ORGANICOS

- radicohistos, menos frecuentes que en el horizonte anterior. Se pueden distinguir algunos histones opacos con aspecto de cenizas.
- material anhisto, el rojo es más escaso y el opaco más abundante que en el horizonte anterior.

Hay algún esporangio, pero no se han visto hifas.

### EDAFORRASGOS

1- Lublinita. Son finas varillas en ocasiones con crecimiento perpendicular (Fig. V.3.5.1.). Están en el interior de huecos, a veces asociados a las paredes.

2- Rellenos de canales por agregados de aspecto fecal de 90  $\mu\text{m}$  de diámetro. Son rellenos incompletos, sueltos (Fig. V.3.5.2.).

Lám. 138: 53-58

### MICROESTRUCTURA

Grado de agregación fuerte en las zonas esponjosas; moderada en el resto.

Los huecos son cavidades y algunos canales; hay también fisuras al azar.

La microestructura es compleja: esponjosa y con algo de canales y cámaras. En menor proporción es de fisuras.

### MASA BASAL

#### Material grueso

Cuarzo, mical, material micrítico y conchas, como en las láminas anteriores (138: 0-4 & 138: 20-28).

### Material fino

b-fábrica cristalítica

### COMPONENTES ORGANICOS

Como en la lámina 138: 20-28; los radicohistos son menos abundantes.

### EDAFORRASGOS

1- Lublinita. Como en la lámina anterior

2- Rellenos sueltos de canales. Son algo más frecuentes que en la lámina anterior (138: 20-28).

Lám. 138: 89-97

### MICROESTRUCTURA

El grado de agregación es débil.

Hay islotes de material fino, algunos contienen yeso lenticular y otros no, sin que haya formas intermedias. El tamaño de estos islotes puede ser de hasta 2 ó 3 mm, pero hay una gradación continua de tamaños hasta una población importante de islotes granulares de 100-120  $\mu\text{m}$  y hasta el material totalmente desagregado. De este modo, algunas zonas tienen estructura esponjosa. Entre los islotes hay fundamentalmente yeso lenticular empaquetado al azar junto con otros componentes individuales de los e islotes.

Los huecos son fisuras horizontales y canales y cámaras.

La organización es en islotes, con abundancia de islotes pequeños (100-120  $\mu\text{m}$ ). En menor grado hay una estructura por fisuras y por canales.

### MASA BASAL

La mayor parte de la masa basal de esta lámina está constituida por edafórrasgos, ya que así se considera al yeso lenticular y a la quesparita.



La masa basal de los islotes es semejante a la de los horizontes superiores de este perfil. Hay un 1% de gravas esferoidales con huecos y recristalizaciones. En los islotes de pequeño tamaño o que contienen mucho yeso la masa basal parece también semejante.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Son igual que en las láminas anteriores, salvo que no aparecen esporas ni hifas.

Los componentes orgánicos se encuentran tanto en los islotes de material fino como entre la masa de lentillas de yeso.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgo de fábrica gypsica

Se trata de un empaquetamiento al azar de lentillas de yeso sueltas mezcladas con otros constituyentes (principalmente cristales de esparita, limo carbonático y componentes orgánicos). Cuando se presentan juntos estos componentes, se pasa gradualmente a islotes.

Se describen a continuación los componentes del edaforrasgo de fábrica gypsica, que a su vez se consideran como edaforrasgos:

- yeso lenticular, tamaño modal 60  $\mu\text{m}$  de longitud, y puede alcanzar hasta 200  $\mu\text{m}$ . Se dispone en empaquetamiento suelto al azar con los demás constituyentes.

- yeso microcristalino, < 1%, aparece en masas de forma irregular de hasta 0,3 mm, a veces se asocian a huecos (Fig. V.3.5.3.). Los tamaños de sus cristales son algo mayores que en el yeso microcristalino típico y su color amarillo en luz plana es casi imperceptible.

- quesparita, < 1%, siempre en cristales aislados.

- esparita euهدral o subهدral, es aún más escasa que la quesparita. Frecuentemente tiene formas de disolución.

- finos, cristales aislados tamaño limo fino, de aspecto carbonático. Los hay agrupados, y puede establecerse una gradación a islotes.

## 2- Rasos gypsicos en los islotes de finos

- yeso intercalar. Las lentillas de yeso intercalares son muy raras en los islotes más densos, salvo en los de forma netamente excremental. En los de aspecto más esponjoso, en clara transición con granulares, hay abundante yeso lenticular que está en gradación a poder ser considerado como perteneciente al edaforrasgo de fábrica gypsica.

## 3- Revestimientos

- yesosos. En canales y cámaras y en algunas fisuras es frecuente encontrar yeso lenticular o de formas irregulares que por su disposición ordenada respecto a las paredes o por su concentración en ellas, puede considerarse revestimiento (Figs. V.3.5.4. a V.3.5.7.).
- limoso-arcillosos densos. Asociados a canales de raíces con o sin relleno de pellets fecales puede haber un tipo de revestimientos constituidos por limo fino y algo de arcilla con manchas opacas. El espesor de estos revestimientos es 100  $\mu\text{m}$  o más. Sus componentes no están orientados y su masa es mucho más densa y rojiza que la de cualquiera de los islotes de finos (Figs. V.3.5.8. a V.3.5.10.).

Muy frecuentemente estos revestimientos son el principal o el único rasgo que permite identificar la existencia de un canal en una masa de material suelo muy poco densa al estar constituida por el rasgo de fábrica gypsica (Figs. V.3.5.11. a V.3.5.12.).

## 4- Rellenos

- Rellenos sueltos incompletos de pellets fecales de 50-100  $\mu\text{m}$ , a veces coalescentes por unidades, mezclados con lentillas de yeso. En general los pellets de estos tamaños no contienen lentillas de yeso.

## 5- Cristales pseudomorfos

De hasta 25  $\mu\text{m}$ , euhedrales. Se presentan en el interior de las células de algunos residuos de raíces (Fig. V.3.5.13.). Su transparencia y su hábito inducen a pensar se trata de oxalato cálcico (whewellita) (Fig. V.3.5.14.). La profundidad a que se encuentran, su euhedralidad y el grado de alteración del tejido hacen que se describan como edaforrasgos.

#### MICROESTRUCTURA

##### Agregación débil.

Hay islotes de material fino, milimétricos. Estos islotes pueden ser densos, sin yeso, o con más huecos y yeso lenticular. Algunos son total o parcialmente fragmentos de quedecal. Los agregados granulares de 0.1-0.2 mm son menos frecuentes que en la lámina anterior (138:89-97).

Los huecos son canales y cámaras y algunas fisuras horizontales.

La organización es en islotes, con algo de canales y cámaras.

#### MASA BASAL

La masa basal de los islotes es semejante a la lámina anterior.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Igual que en la lámina anterior, pero con menos radicohistos.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgo de fábrica gypsica

Es semejante a la lámina anterior, pero son más abundantes los limos finos de aspecto carbonático.

- yeso lenticular, el tamaño modal de las lentillas es menor que en la lámina anterior (138: 89-97).
- yeso microcristalino, 2%, más abundante y más amarillo que en la lámina anterior. Además se presenta en masas más regulares con tendencia a agruparse dando nódulos compuestos milimétricos (Fig. V.3.5.15.) que llevan también algunas lentillas así como cristales de esparita redondeados.
- finos, el limo carbonático fino es más abundante que en la lámina anterior.

## 2- Rasgos gypsicos en los islotes de finos

- revestimientos de yeso en huecos, son escasos (Figs. V.3.5.16. a V.3.5.18.).
- rellenos de yeso en huecos, también escasos. Algunos rellenos son totales, densos, con cristales en disposición radial. Otras veces es difícil discernir si se trata de rellenos que han dado un mosaico de yeso o bien se trata de gypsorrelictos.
- yeso intercalar, es poco frecuente. Generalmente se encuentra en zonas quedecal.

## 3- Queras

Aproximadamente un 10% de la lámina se encuentra ocupado por restos de queras y por queras deformadas. No se encuentran queras bien conservadas.

Las quedecal pueden formar islotes independientes o ser parte de otros islotes y tienen más tendencia a contener más yeso lenticular que las partes con material fino normal (Figs. V.3.5.19 y V.3.5.20.).

Los quemosaicos están en todas las fases de destrucción. No se han observado vainas celulares pese a la relativa escasez de cristales de quesparita independientes. Cuando el límite quedecal/matriz está bien conservado se puede apreciar el quefe.

## 4- Revestimientos

- limo fino carbonático. En algunos canales y cámaras se concentra en los bordes este material dando un revestimiento.
- yeso lenticular. Hay revestimientos de yeso lenticular en disposición radial situado sobre los anteriores (Figs. V.3.16. a V.3.18.).

Frecuentemente el canal o cámara sólo puede detectarse por la existencia de este revestimiento puesto que la masa de lentillas o de agregados es siempre muy poco densa.

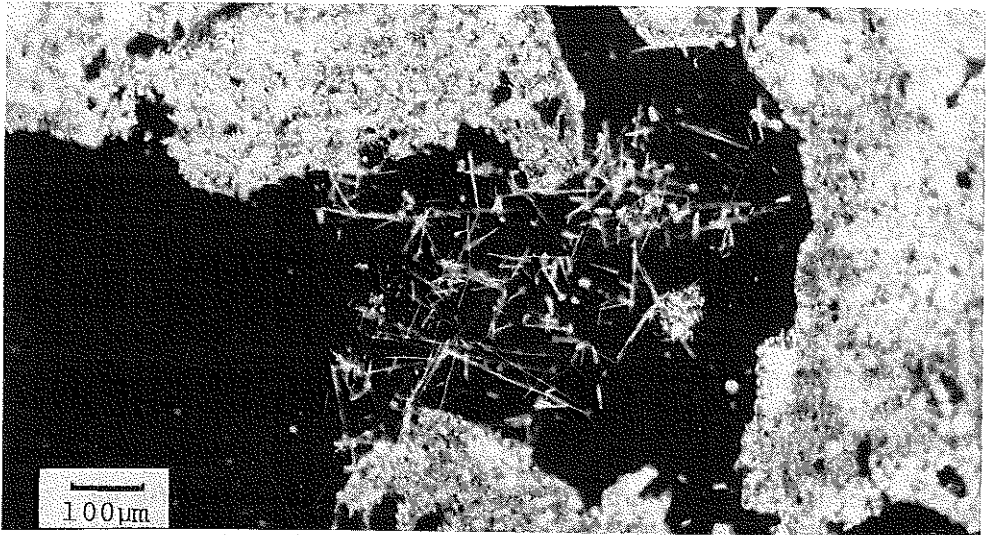


Fig. V.3.5.1 Masa basal cristalítica (calcítica). Cristales de lublinita en un hueco. LPX. Lám. 138: 20-28. Iborra, Lérida.

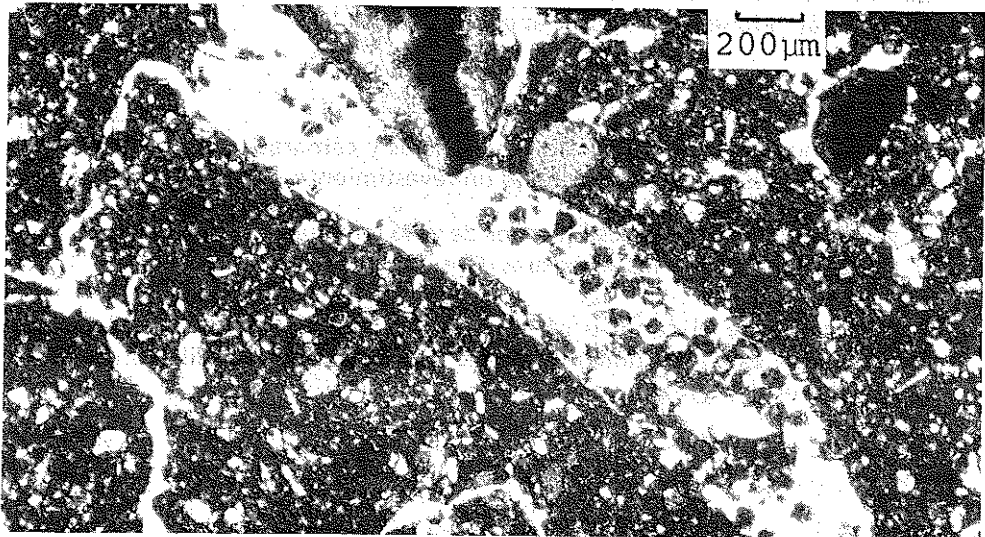


Fig. V.3.5.2. Estructura de bloques subangulares. Canal con relleno suelto, incompleto, por excrementos. LPP. Lám. 138: 20-28.

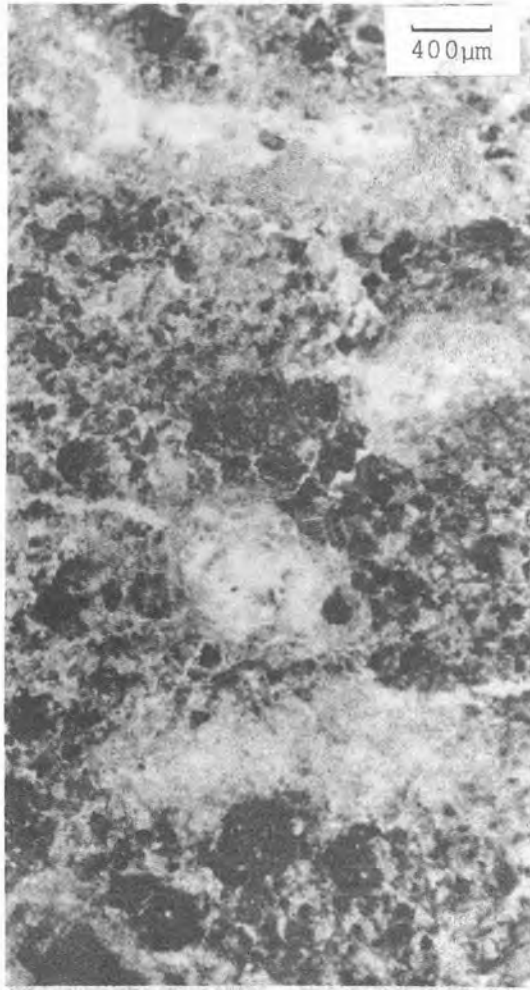


Fig. V.3.5.3. Organización en islotes. El edaforrasgo de fábrica gypsica constituye la mayor parte de la sección. Los islotes de finos destacan en oscuro. LPP. Lám. 138: 89-97.

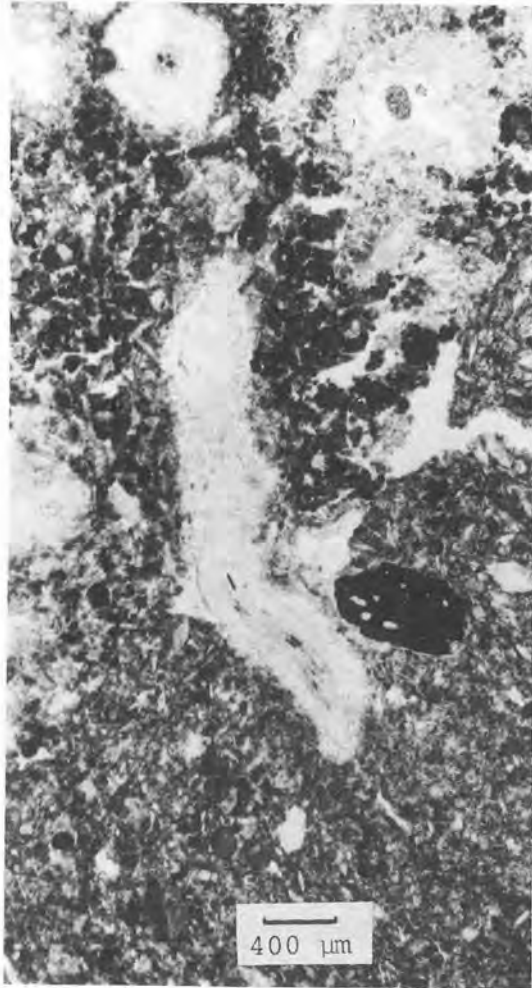


Fig. V.3.5.4. El material fino, cuando los islotes son más y más fragmentados por la gypsificación u otros factores, llega a quedar mezclado con las lentillas de yeso. LPP. Lám. 138: 89-97.

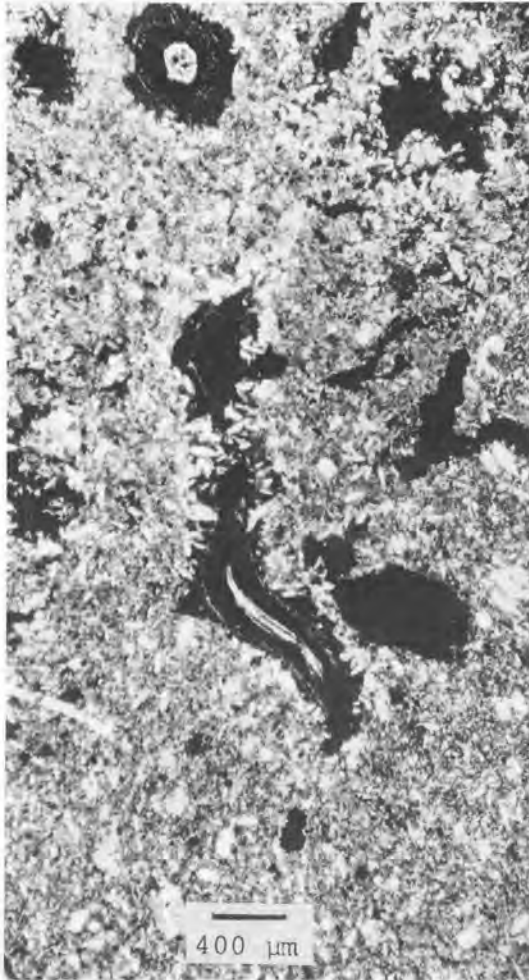


Fig. V.3.5.5. Las lentillas junto a los huecos adoptan en ocasiones concentración o disposiciones relacionadas con la pared de huecos, por lo que pueden designarse como revestimientos. LPX. Lám. 138: 89-97.



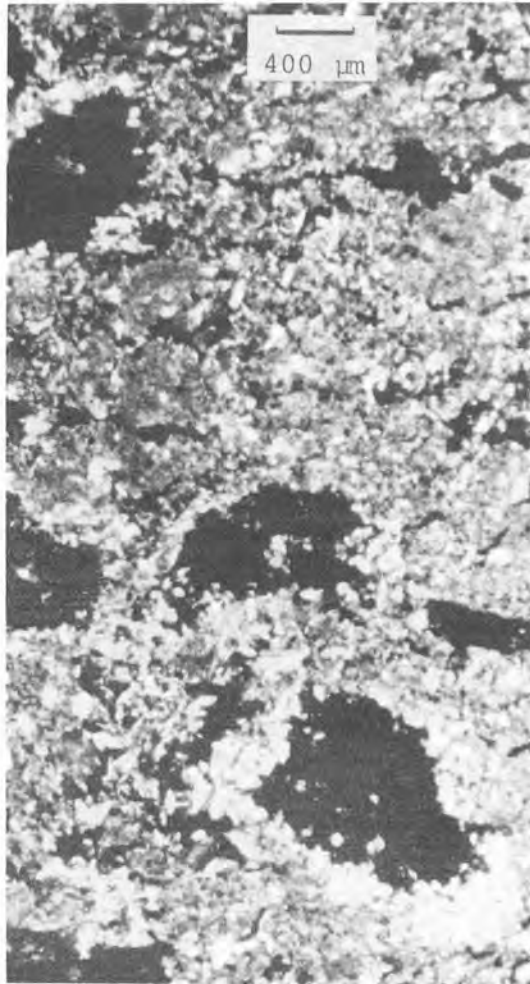


Fig. V.3.5.6. La concentración de lentillas de yeso en paredes de hueco puede describirse como revestimiento, pero la diferencia con la masa basal gypsica lenticular es escasa. LPX. Lám. 138: 89-97.

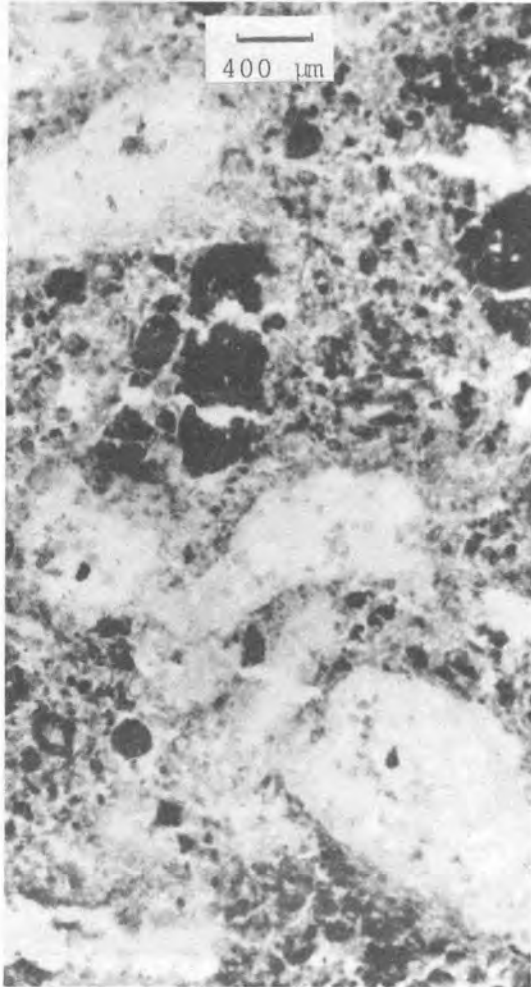


Fig. V.3.5.7. Hay transición desde los islotes de finos a la completa degradación de estos, llegando a dar un horizonte con masa basal gypsica lenticular. LPP. Lám. 138: 89-97.



Fig. V.3.5.8. Revestimientos limo-arcilloso en un canal de fauna. El soporte de este edaforrasgo es una masa basal gypsica lenticular. LPP. Lám. 138: 89-97.

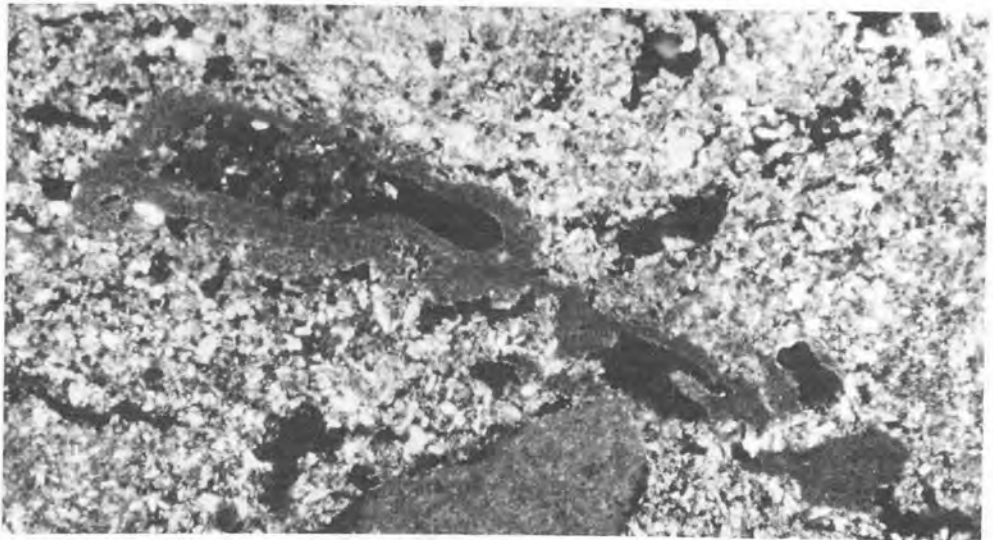


Fig. V.3.5.9. En esta figura como en la anterior destaca el revestimiento y el clasto de lutita cuya composición carbonática los hace más opacos que la masa basal gypsica lenticular. LPX. Lám. 138: 89-97.

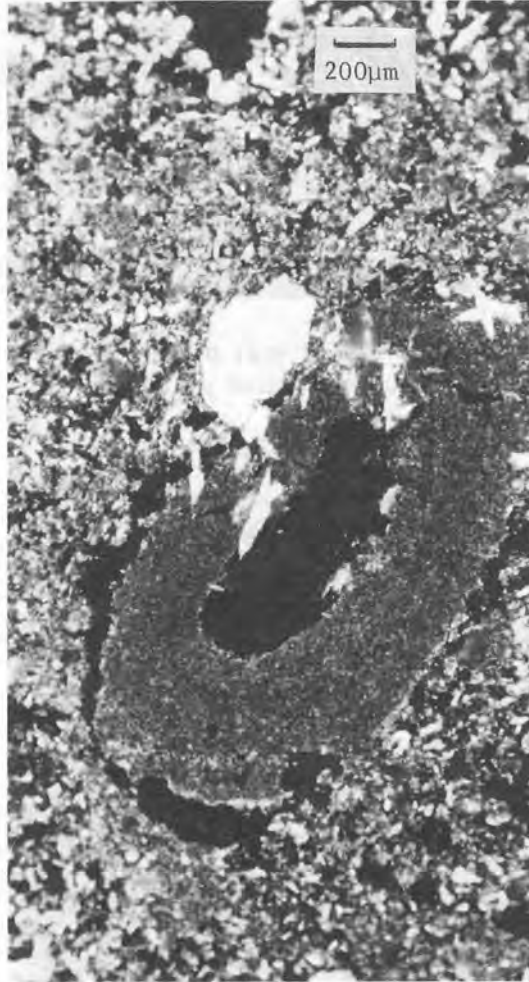


Fig. V.3.5.10. Revestimiento de limo carbonático conteniendo algunas lentillas de yeso. Su aspecto es de mayor densidad y cohesión que el material muy gypsificado hospedante. Gran cristal de esparita. LPX. Lám. 138: 89-97.

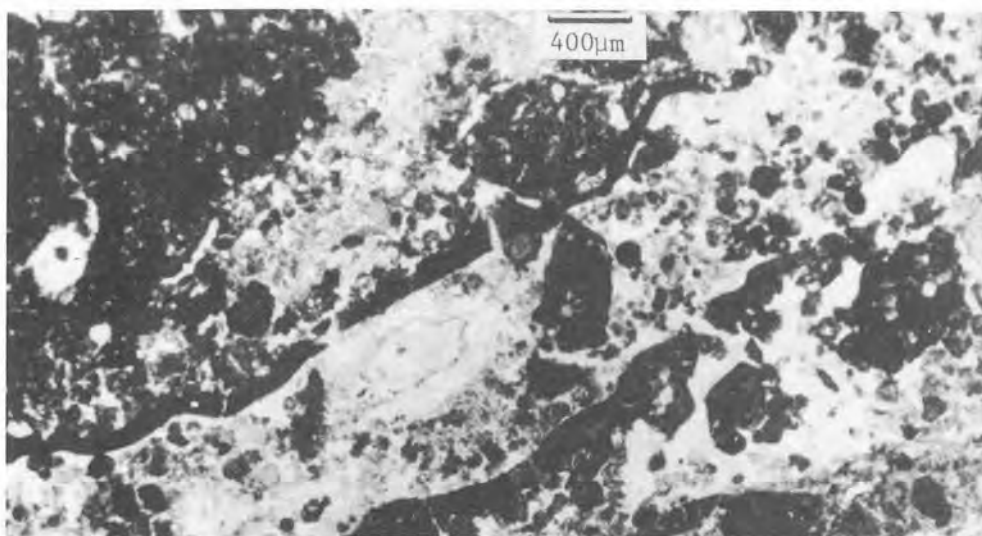


Fig. V.3.5.11. Parte del material más oscuro puede describirse como revestimiento de un canal y como relleno de otro. LPP. Lám. 138: 89-97.

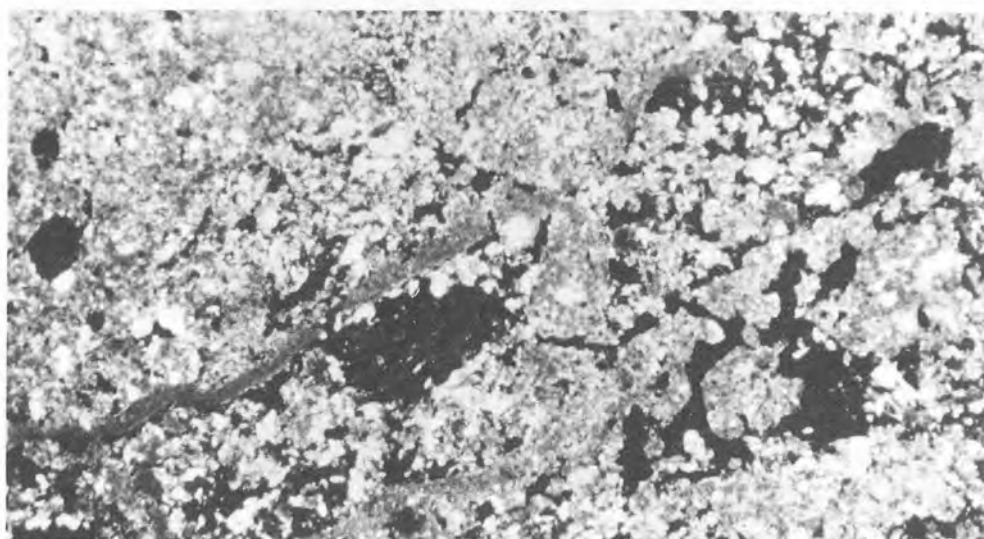


Fig. V.3.5.12. El material micrítico permite detectar la actividad faunal al formar un revestimiento. El proceso de gypsificación tiende a destruir estos edaforrasgos. LPX. Lám. 138: 89-97

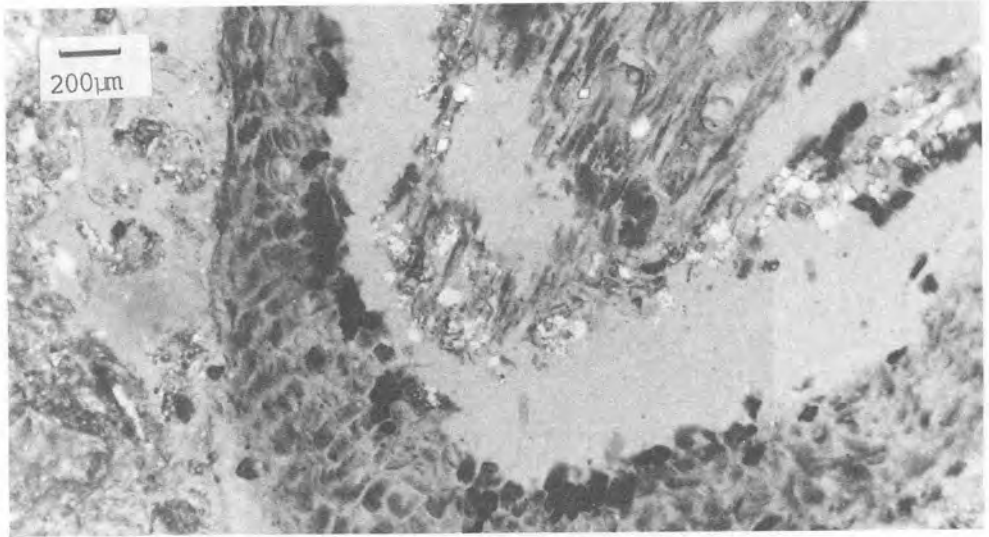


Fig. V.3.5.13. Residuo de raíz con parte de sus células flobafenizadas. Hay cristales muy refringentes asociados al tejido o en el interior de células. Nicoles parcialmente cruzados. Lám. 138: 89-97.



Fig. V.3.5.14. Detalle de los cristales euhedrales que se atribuyen a whewellita. Nicoles parcialmente cruzados. Lám. 138: 89-97.

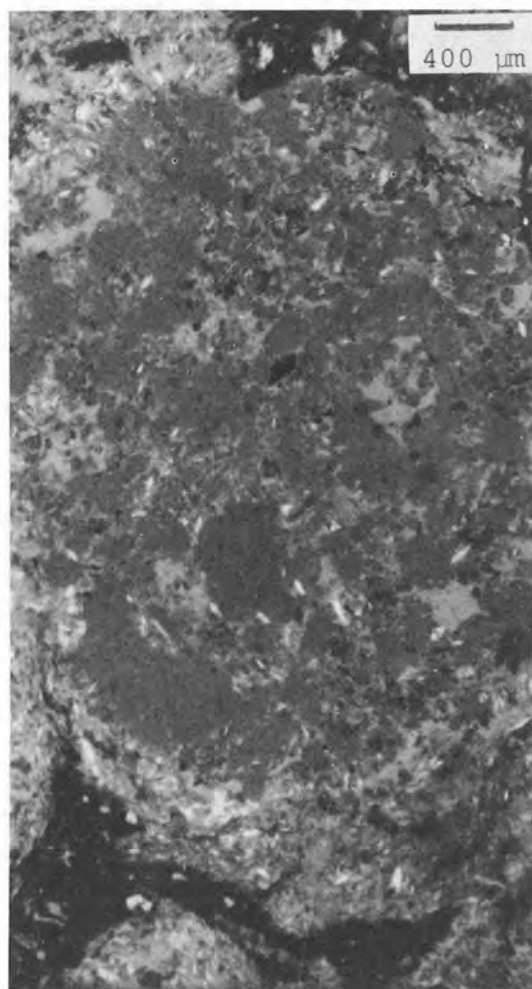


Fig. V.3.5.15.- El yeso microcristalino aparece a menudo en masas nodulares que coalescen dando nódulos mayores. Luz parcialmente polarizada. Lám. 138: 168-182.

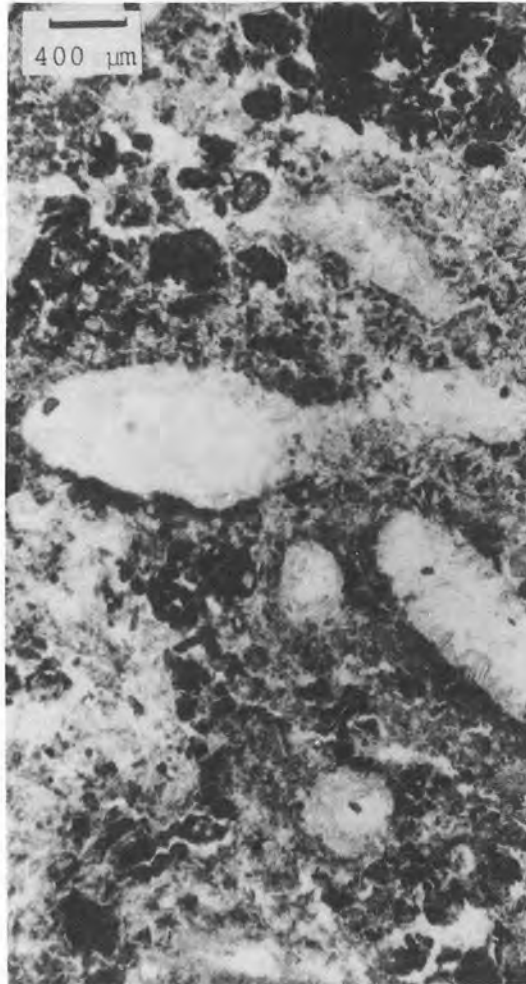


Fig. V.3.5.16. Organización en islotes. El material fino que se dispone alrededor de las cámaras puede describirse como revestimientos. LPP. Lám. 138: 168-182. Iborra.



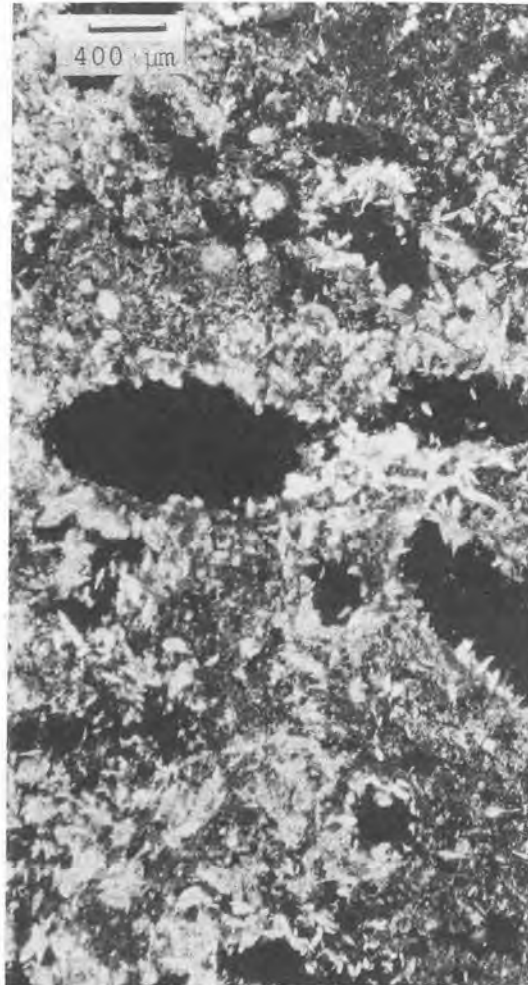


Fig. V.3.5.17. El proceso de gypsificación está avanzado: La proporción de yeso es alta, muchos de los islotes (Figura anterior) tienen tamaños similares a los de las lentillas. Las propiedades del suelo dependen básicamente del yeso. LPX. Lám. 138: 168-182.



Fig. V.3.5.18. Detalle de las dos figuras anteriores. Sobre el revestimiento de limo carbonático hay otro de yeso con lentillas dispuestas radialmente. LPP. Lám. 138: 168-182.

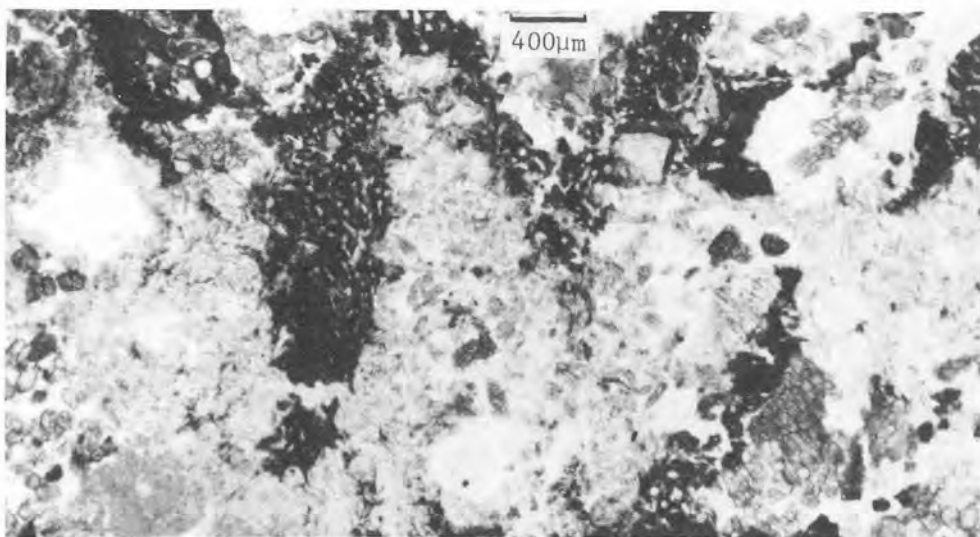


Fig. V.3.5.19. Las queras han contribuido a la elaboración del horizonte de yeso lenticular. Islotes mostrando el patrón típico de los quehuecos. Restos de quemosaico y cristales de quesparita que se incorporan al edaforrasgo de fábrica gypsica. LPP. Lám. 138: 168-182.

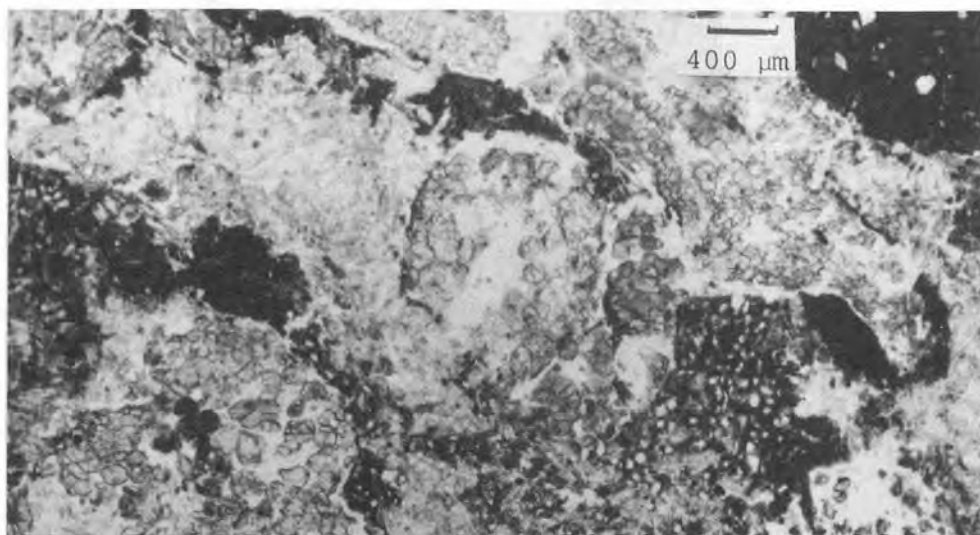


Fig. V.3.5.20. Quemosaicos en diversos estadios de desorganización. Las queras también repercuten en formación de islotes. LPP. 138: 168-182.

#### V.3.5.4. Estudio al MEB

Se incluyen en este apartado algunos de los fotogramas obtenidos al MEB en muestras del pedión IB-138. El MEB confirma y precisa las morfologías y disposiciones de los componentes deducidas mediante el microscopio óptico.



Fig. V.3.5.21. El yeso lenticular (izquierda) y el microcristalino (derecha) tiene diferente comportamiento óptico en las secciones delgadas, pero su aspecto a pequeños aumentos del M.E.B. es parecido. 1 trazo = 10  $\mu$ m. Horizonte 2 By, pedión 1B-138.

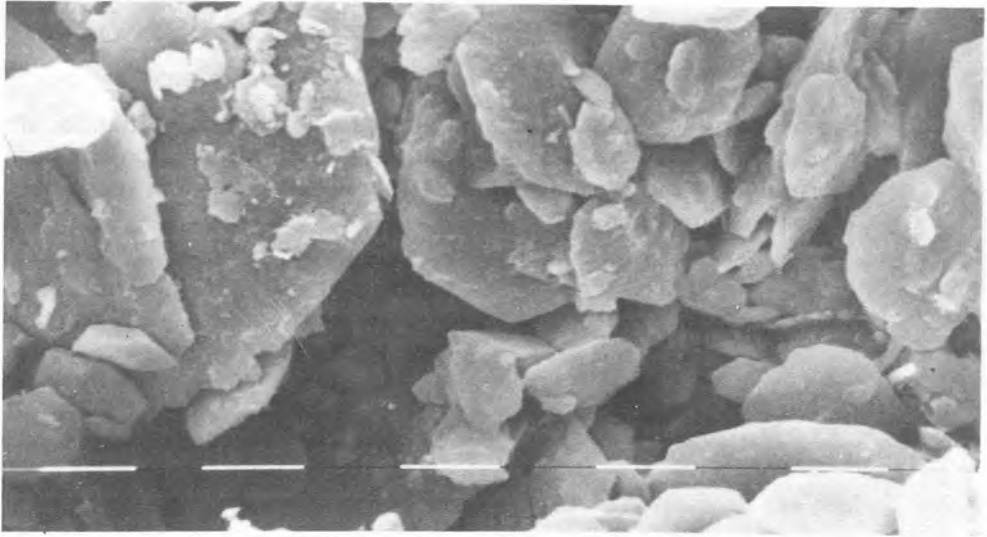


Fig. V.3.5.22. Detalle de la figura anterior mostrando el yeso lenticular. Las formas predominantes son de lentes de perímetro aproximadamente hexagonal. Sus diámetros máximos superan, en casi todos, los 30  $\mu\text{m}$ . 1 trazo = 10  $\mu\text{m}$ .  
8410002.jpg  
8420007.jpg

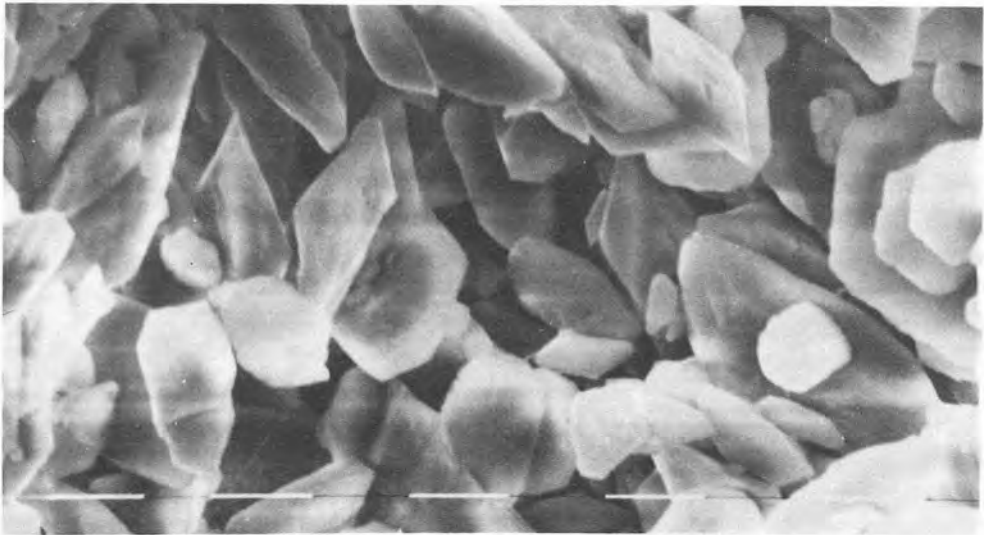


Fig. V.3.5.23. Detalle de la figura V.3.5.21. mostrando el yeso microcristalino. Son formas similares a las anteriores, pero menos redondeadas. Su tamaño modal apenas supera los 10  $\mu\text{m}$ , lo que explica sus características ópticas en lámina delgada. 1 trazo = 10  $\mu\text{m}$ .  
8410003.jpg



Fig. V.3.5.24. A la izquierda granos de quesparita de tamaño superior a  $60\ \mu\text{m}$ , junto a ellos algunas lentillas de yeso y la masa decalcificada (quedecal). 1 trazo =  $10\ \mu\text{m}$ . Pedión IB-138.

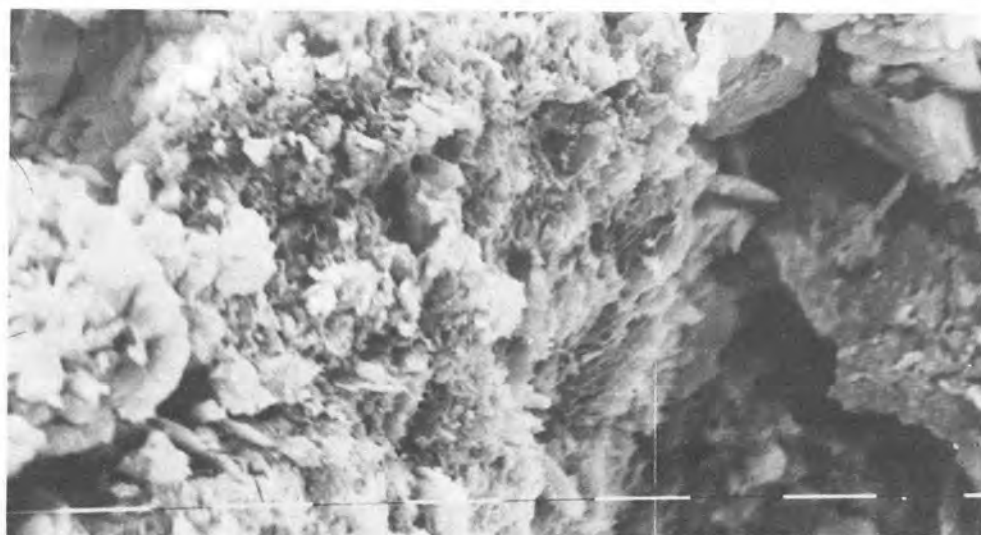


Fig. V.3.5.25. Detalle de la figura anterior. Quedecal con las salidas de los túneles que pueden corresponder a quehuecos. 1 trazo =  $10\ \mu\text{m}$ .

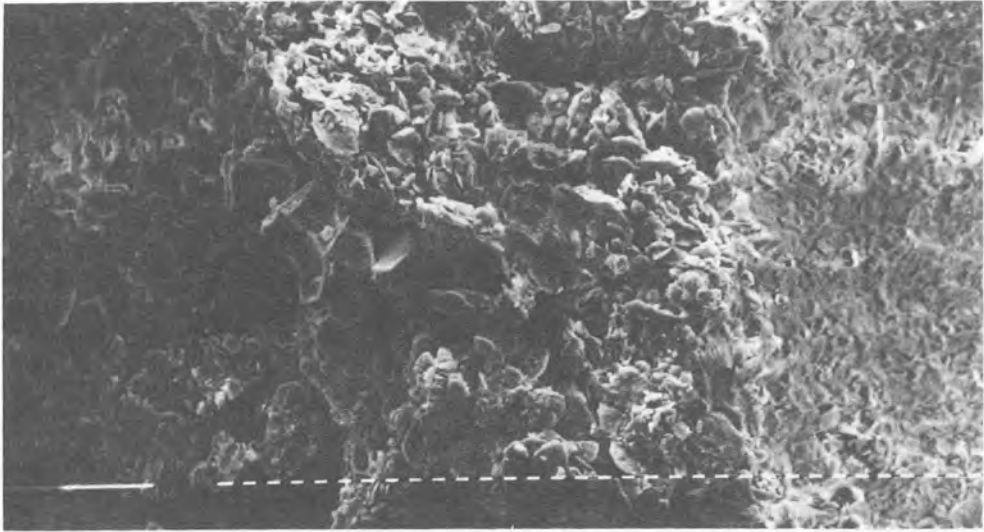


Fig. V.3.5.26. De izquierda a derecha se distingue: material quedecal, quesparita, yeso lenticular y yeso microcristalino. Con este aumento resalta la gran porosidad en la masa de yeso lenticular frente al aspecto casi continuo de la masa de yeso microcristalino. 1 trazo = 10  $\mu$ m. Pedión IB 138.

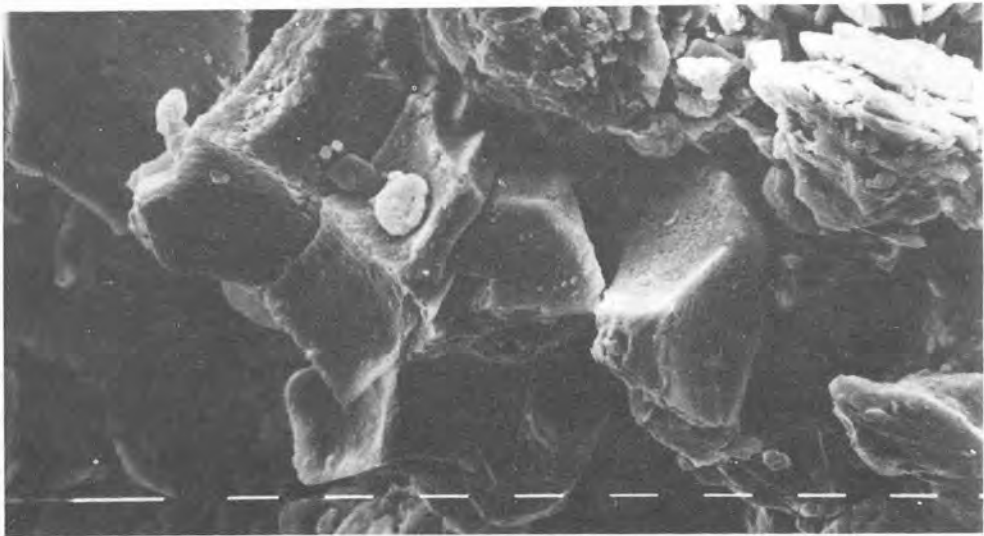


Fig. V.3.5.27. Detalle de la figura anterior. Cristales de quesparita encastrados entre sí, en contacto con yeso lenticular. 1 trazo = 10  $\mu$ m.

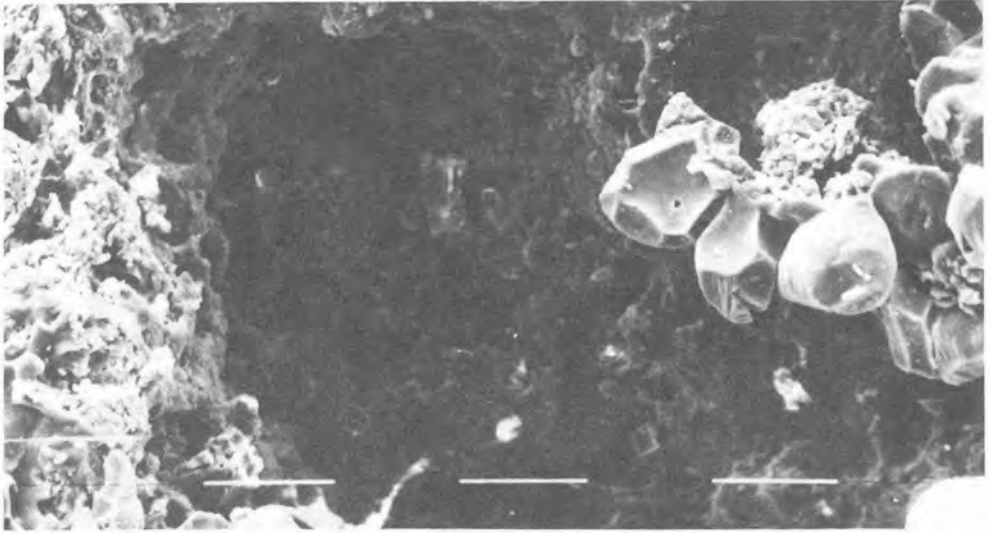
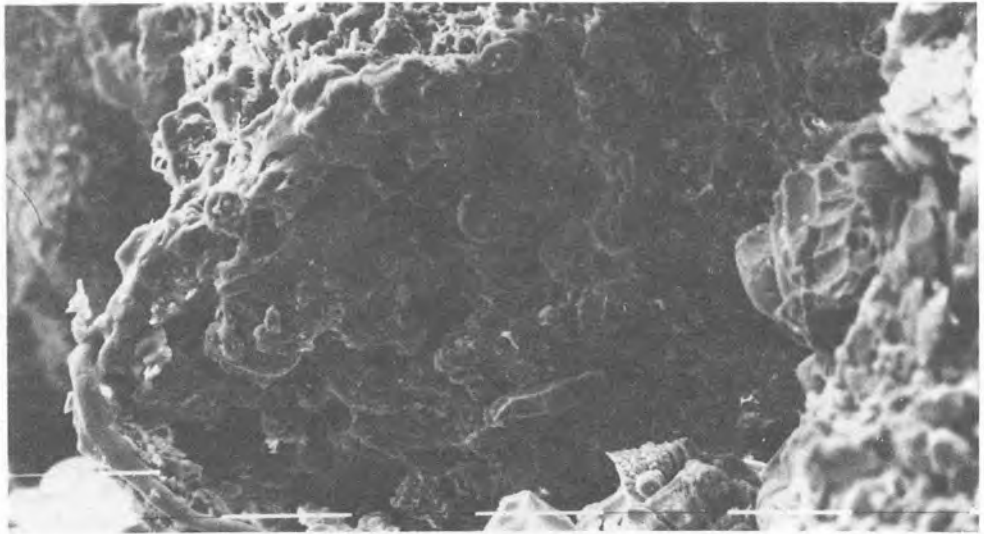


Fig. V.3.5.28. Destacan los cristales de yeso. Sus caras cóncavas y convexas permiten una buena acomodación. 1 trazo = 100  $\mu$ m. Pedión IB-138.



8420002.jpg  
Fig. V.3.5.29. Quedecal con las bocas de los quehucos saliendo al canal central de la quera (arrancada parcialmente) la regularidad de diámetros, la disposición ordenada y los diámetros de los quehucos confirman las observaciones al microscopio polarizante. 1 trazo = 100  $\mu$ m. Pedión IB-138.



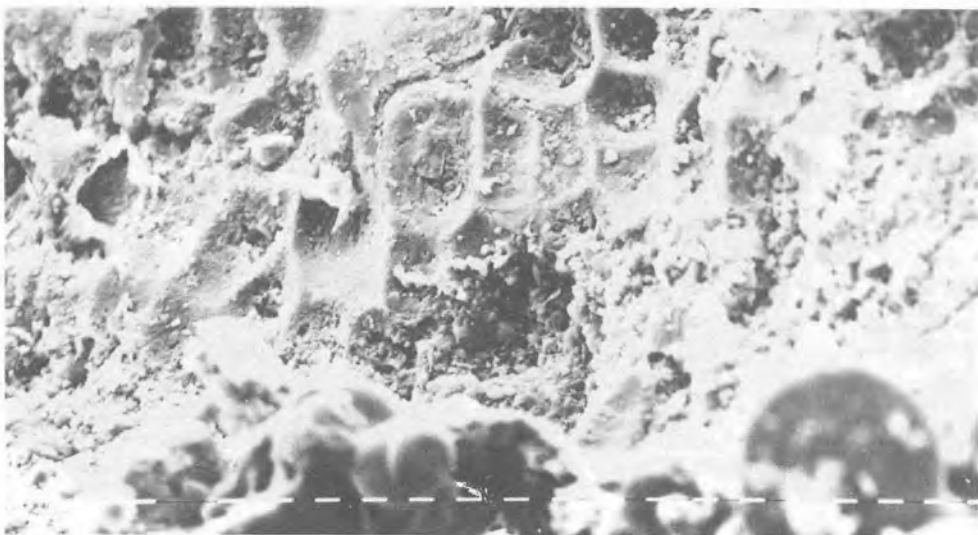


Fig. V.3.5.30. Moldes de los cristales de yeso. 1 trazo = 10  $\mu\text{m}$ . Pedión IB-138.  
8420003.jpg

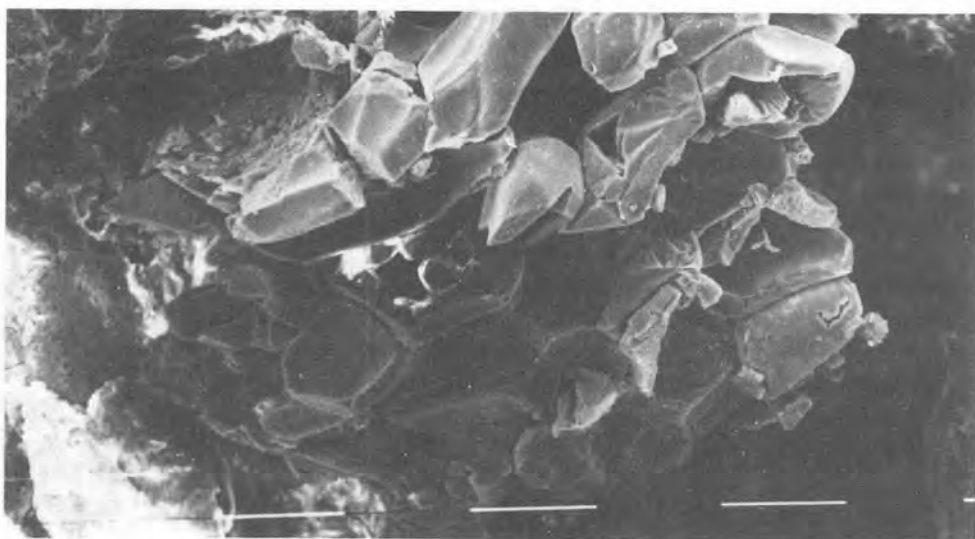


Fig. V.3.5.31. En alguno de los cristales de la quera se pueden observar huecos centrales explicables por crecimiento simultáneo desde varios puntos de la periferia del cristal. Son escasos los cristales que muestran superficie ondulada. 1 trazo = 100  $\mu\text{m}$ . Pedión IB-138.  
8410006.jpg



Fig. V.3.5.32. La separación y perfecto empaquetamiento de los cristales de quesparita sugiere su origen en el interior de células de un tejido. 1 trazo = 100  $\mu\text{m}$ . Pedión IB-138.

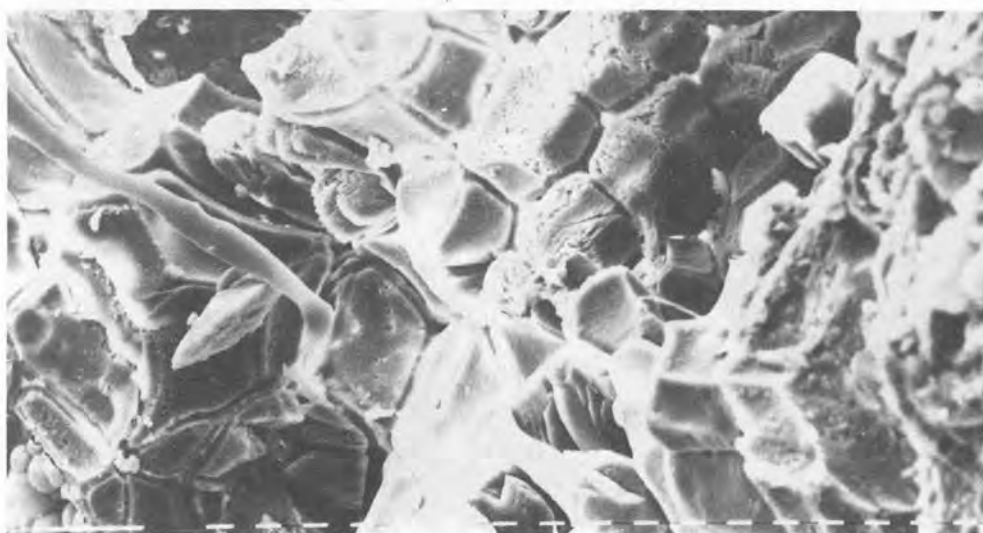
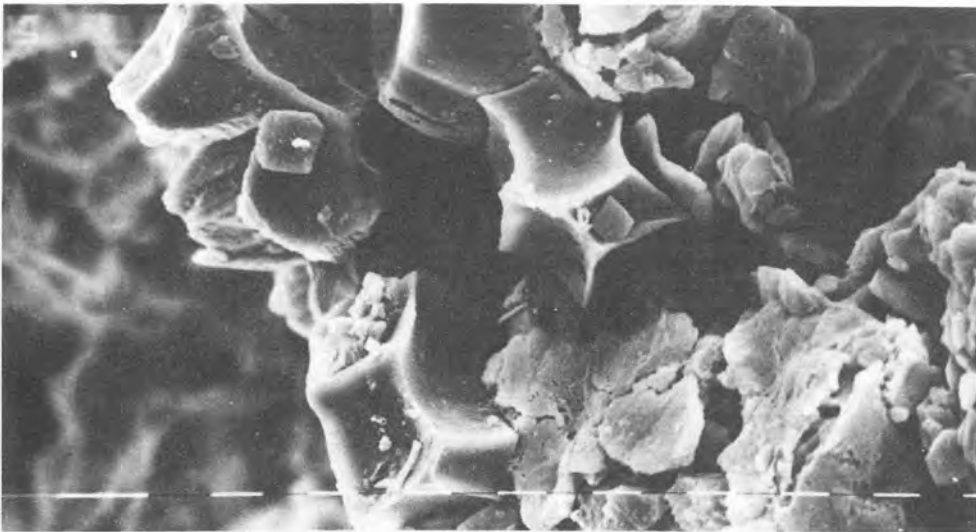


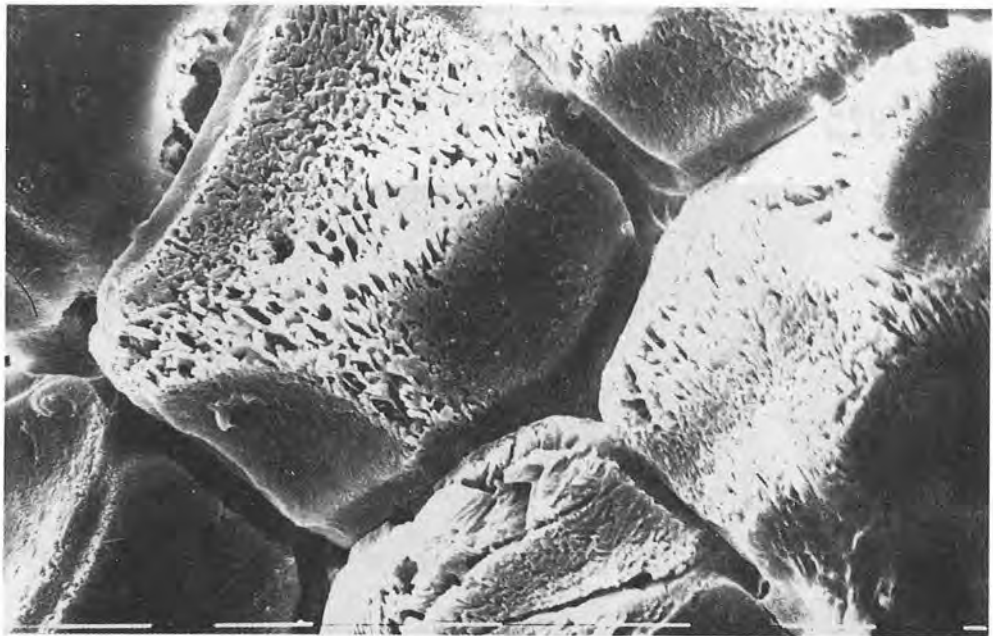
Fig. V.3.5.33. Detalle de la figura anterior. Formas de corrosión/crecimiento en los cristales de quesparita. Las acanaladuras a lo largo de las aristas sugieren el crecimiento dentro de un molde celular específico, o la sutura de varias piezas iniciales. 1 trazo = 10  $\mu\text{m}$ .



842 0005.jpg  
 Fig. V.3.5.34. Detalle de la figura V.3.5.26. En contacto con la quera hay yeso lenticular (ángulo superior derecho) y material decalcificado (ángulo inferior derecho); las formas laminares y sus tamaños coinciden con las características ópticas de la quedecal. 1 trazo = 10  $\mu$ m.



842 0004.jpg  
 Fig. V.3.5.35. Detalle de la figura V.3.5.32. Formas de corrosión/crecimiento concordantes con las líneas curvas convergentes visualizadas al microscopio polarizante en el interior de muchos granos de quesparita. Al fondo túneles de los quehuecos en la quedecal. 1 trazo = 10  $\mu$ m. Pedión IB-138.



8410005.jpg Fig. V.3.5.36. Quesparita con formas de corrosión/crecimiento en batería de tubos. Se aprecia bien las acanaladuras en las aristas sí como la grieta de separación entre cristales vecinos. 1 trazo =  $\mu\text{m}$ . Pedión IB-138.

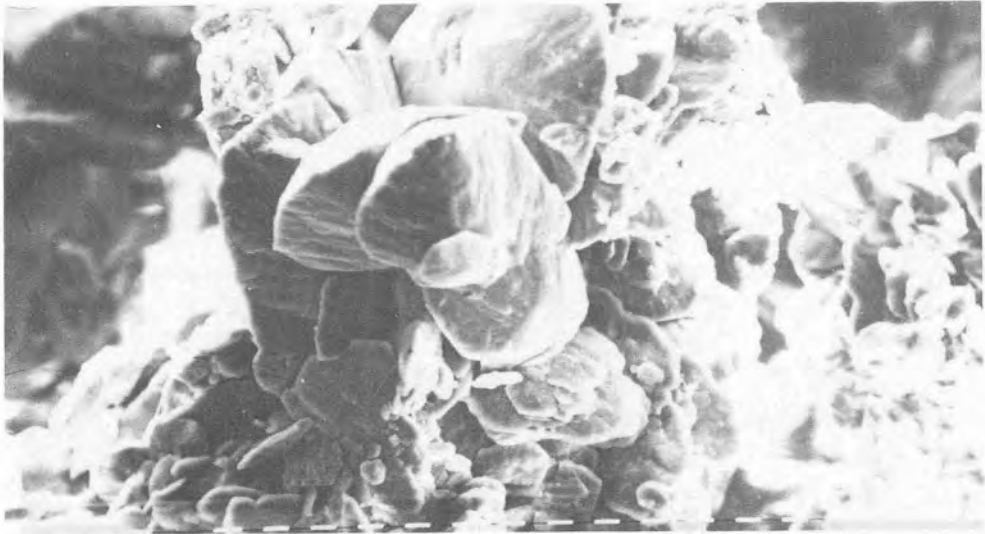


Fig. V.3.5.37. Lentillas de yeso con superficies muy curvas. 1 trazo = 10  $\mu$ m.  
8420001.jpg Pedión 138, a 129 cm de profundidad.

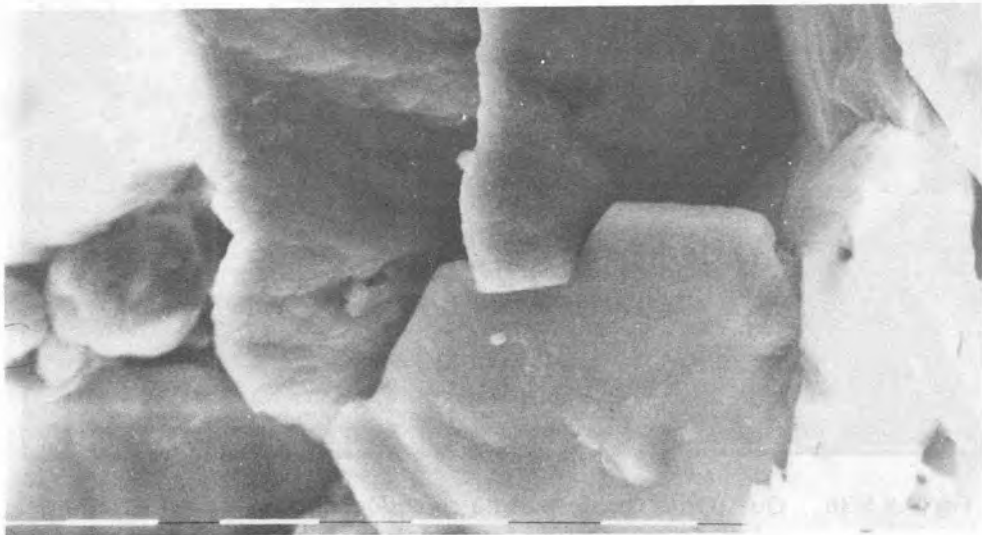


Fig. V.3.5.38. Las lentillas de yeso mantienen su separación, pero pueden trabarse entre sí por escotaduras. Pedión 138. 1 trazo = 10  $\mu$ m.  
8410004.jpg

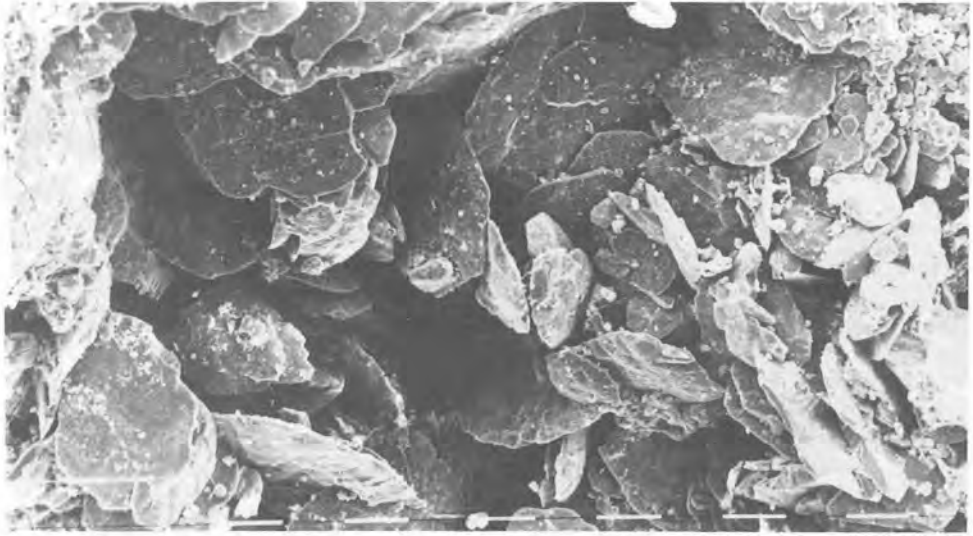


Fig. V.3.5.39. En la masa gypsica lenticular los cristales de yeso son independientes y se disponen al azar, lo que da gran porosidad a los horizontes. 1 trazo = 100  $\mu$ m.  
8410001.jpg



Fig. V.3.5.40.- De centro a derecha: cristales de quesparita y yeso lenticular. 1 trazo = 100  $\mu$ m.  
8420006.jpg

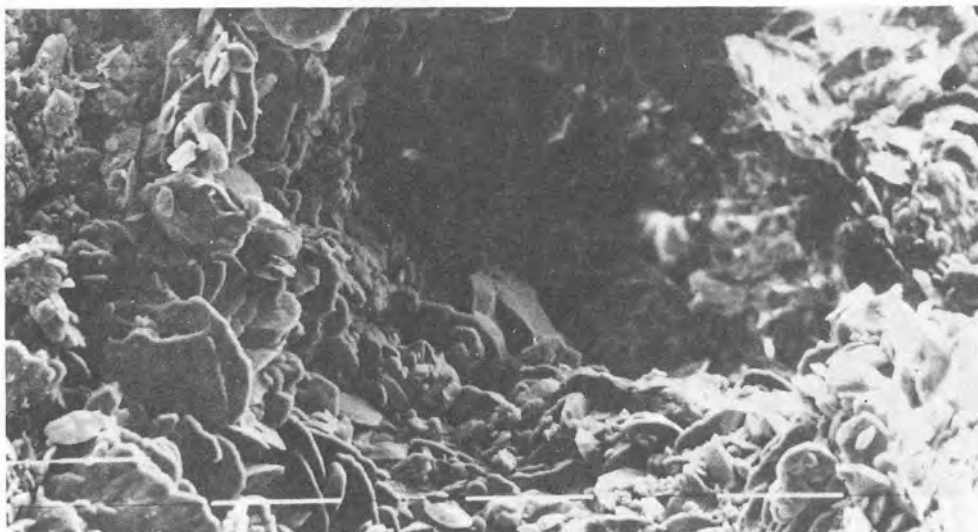


Fig. V.3.5.41. La foto muestra un poro con lentillas en su pared dispuestas perpendicularmente a ella. 1 trazo = 100  $\mu\text{m}$ .

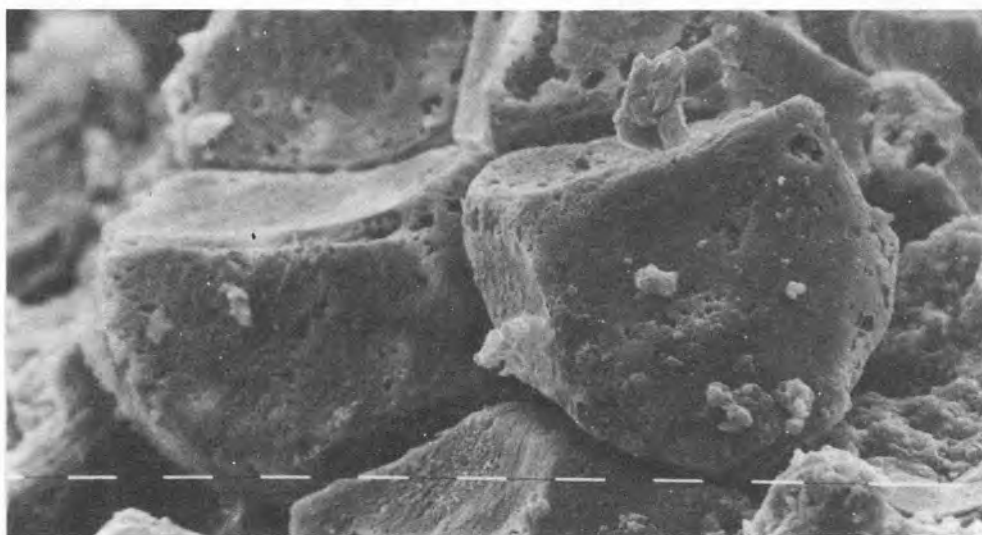


Fig. V.3.5.42. Detalle de la fig. V.3.5.40. mostrando en los granos de quesparita una oquerosidad imputable a corrosión. 1 trazo = 10  $\mu\text{m}$ .

63930038.jpg

### V.3.6. Suelos de llanura aluvial dominada por chesas

#### V.3.6.1. Caracteres generales

En el área de Iborra-Torá, además de las chesas, se prospectó la amplia llanura aluvial del río Llobregós. En este tramo el cauce discurre sobre el anticlinal, siendo los aportes de la margen izquierda procedentes de las chesas. Esta circunstancia condiciona las características de los diferentes niveles de la llanura aluvial.

La morfología de estas terrazas sugiere varias etapas de deposición marcadas por horizontes ricos en materia orgánica, conspicuos como bandas oscuras de espesor decimétrico en los escarpes verticales (Fig. V.3.6.1.). Se muestrearon (TR 152) para micromorfología, las capas más significativas en uno de estos escarpes de algo más de 3 m. La redistribución de sulfato cálcico afecta a todo el perfil, distinguiéndose muy bien de visu las acumulaciones de yeso vermiforme (Fig. V.3.6.2.).

La calicata IB 146 corresponde al abanico aluvial del barranco de Les Comes, prospectado intensamente en su parte alta, que es uno de los aportadores de material de las chesas a la llanura aluvial, siendo funcional actualmente.

La calicata TR 147 es representativa de los pediones del nivel más bajo de terrazas, a unos 2 m sobre el cauce actual. La calicata TR 149 corresponde al borde de este mismo nivel representando a los pediones sobre paquetes de gravas. Las diferencias de comportamiento hídrico entre ambos pediones debidos a las diferencias granulométricas son muy patentes.

#### V.3.6.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión: TR 147

Coordenadas: 31 T CG 671 297 420

Término municipal: Torá

Descripción: J. Herrero & J. Porta. 29-8-81

Localización: Bernaus

#### Geomorfología

Tipo de superficie: llanura aluvial

Dinámica de la forma: acumulación

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Escala: km

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: hidromorfismo temporal en la base del perfil (proximidad río Llobregós).

Longitud de la pendiente: 4 km.

Pendiente general: 1%

Drenaje: deficiente en profundidad

Nivel freático: inaccesible

Eflorescencias: no

Utilización: Cultivo de cereal



- A<sub>p</sub> 00-25 Seco. Color en húmedo 7.5 YR 4.5/4; en seco: 7.5 YR 7/4. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura fuerte en bloques subangulares finos. Muy duro. Muy poca materia orgánica no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Pocas raíces, finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano.
- B<sub>2</sub> 25-98 Húmedo. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria en bloques subangulares finos; secundaria débil, ligada a fauna, abundante, débil, gruesa. Friable, muy poca materia orgánica, no directamente observable. Fauna muy poco activa, turrículas. Muy pocas raíces finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso, de distribución generalizada, finas, blandas. Límite gradual, plano. Epipedión cámbico.
- B<sub>y</sub> 98-125 Húmedo. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria débil en bloques subangulares finos, secundaria débil, ligada a fauna, escasa, de tamaño medio. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Fauna poco activa, turrículas. Muy pocas raíces, finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso, de distribución generalizada, finas, blandas. Límite inferior difuso, plano.
- 2C<sub>yg</sub> 125-160 Húmedo. Bandas de color 2.5 YR 6/3; manchas 7.5 YR 6/8. Frecuentes manchas de oxidación, de límite abrupto, pequeñas, asociadas a poros y raíces. Estado de oxidación/reducción. Sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna no aparente. Muy pocas raíces, finas, de tendencia horizontal, regularmente distribuidas, muertas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso de distribución generalizada, finas, blandas. Límite gradual, plano.
- 3C<sub>yg</sub> 160-210 Mojado. Color en húmedo 7.5 YR 5/3, manchas 7.5 YR 6/8. Hay capas centimétricas de distinta granulometría que, por capa colgada, originan fenómenos de oxidación/reducción, como parece indicarlo la aparición de colores grisáceos en dichas bandas. Frecuentes manchas de oxidación, pequeñas, de límite abrupto, asociadas a los poros y raíces. Estado de oxidación/reducción. Sin elementos gruesos. Sin estructura. No adherente, plástico. Sin materia orgánica. Fauna no aparente. Muy pocas raíces, finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, muertas. Poco poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Sin acumulaciones.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
147/1	A <sub>p</sub>	0-25	7,6	2,2	32,7	ip.	0,22
/2	B <sub>2</sub>	25-98	7,7	1,0	34,5	ip.	0,49
/3	B <sub>y</sub>	100-120	7,6	0,7	30,2	4,3	2,13
/4	C <sub>yg</sub>	140-160	7,6	0,7	30,0	4,4	2,25
/5	C <sub>g</sub>	170-190	7,7	0,6	37,0	6,2	1,89
/6	C <sub>g</sub>	210-220	7,7	0,6	41,9	3,8	1,58
/F		0-20	7,6	2,3	36,3	-	-

Granulometría mm				Cationes de cambio meq/100g				C.I.C. meq/100g
Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
0,51	33,98	40,88	24,63	5,10	9,10	0,10	0,45	14,75
0,00	32,28	40,34	27,38	5,50	9,10	0,25	0,15	15,00
-	-	-	-	44,30	7,30	0,30	0,15	52,05
-	-	-	-	43,50	10,00	0,30	0,20	54,00
-	-	-	-	15,30	4,60	0,20	0,10	20,20
-	-	-	-	39,50	7,30	0,25	0,10	47,15
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
37,0	1,05	8	4	2,0	ip.	7,2	5,2	1,1	0,8
39,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43,2	3,14	28	13	ip.	ip.	2,0	39,0	2,5	0,0
51,0	3,14	19	25	2,8	ip.	1,2	41,0	2,0	0,6
38,4	2,95	29	13	3,0	ip.	1,5	33,5	1,0	0,7
40,0	3,14	30	10	3,4	ip.	2,7	40,0	2,4	0,8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pedión: IB 146

Coordenadas: 31 T CG 668 282 438

Término municipal: Iborra

Descripción: J. Herrero & J. Porta. 29-9-81

Localización: Poal

### Geomorfología

Escala: Hm

Tipo de superficie: cono de deyección

Situación en la pendiente: centro de la forma

Dinámica de la forma: acumulación

Morfología local: Rectilínea

Acciones sobre la pendiente: cultivo

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 200 m.

Drenaje: bueno

Pendiente general: 2% Local: 2%

Nivel freático: inaccesible

Exposición:

Eflorescencias: no

Utilización: cultivo de cereal

- 
- A<sub>p</sub> 00-18 Seco. Color en húmedo 10 YR 3.5/3; en seco 10 YR 6/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, gravillas tabular-subangulares, sin orientación definida, calizos poco alterados. Estructura moderada, granular media. Ligeramente duro. Poca materia orgánica no directamente detectable. Fauna medianamente activa, turrículas. Frecuentes raíces finas y muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite abrupto por laboreo, plano. Epipedión óchrico.
- B<sub>p</sub>B 18-45 Seco. Color en Húmedo 10 YR 4/3; manchis: 7.5 YR 8/2. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, grava subesferoidea-subangular, caliza poco alterada; existen además elementos de diámetro < 1 mm de naturaleza yesosa. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Muy duro. Poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna poco activa, galerías rellenas. Cenizas. Pocas raíces muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Viva efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso, irregularmente distribuidas, tamaño fino, blandas. Límite neto, plano. Epipedión óchrico.
- B<sub>y</sub>1 45-130 Seco. Color en húmedo 10 YR 4.5/3; manchas: 7.5 YR 8/2. Estado de oxidación. Elementos gruesos igual que en el horizonte anterior pero algo más abundantes. Fuerte estructura en bloques subangulares finos. Duro. Muy poca materia orgánica no directamente detectable. Fauna poco activa, galerías rellenas. Cenizas. Muy pocas raíces, de muy finas a medias, verticales, regularmente distribuidas, vivas y muertas. Poroso. Viva efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, tamaño fino, blandas. Límite gradual, plano.

B<sub>y2</sub> 130-160 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/4; manchas 7.5 YR 8/2. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, gravas tabular-subangulares, sin orientación definida, calizos poco alterados. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte ligada a fauna, escasa, fina. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente detectable. Fauna medianamente activa, galerías rellenas. Cenizas. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, muertas. Poroso. Viva efervescencia al HCl 11%, generalizada. Yeso vermiforme como en el horizonte anterior.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
146/1	A <sub>p</sub>	0-18	7,4	3,0	23,5	28,7	2,07
/2	A/B	18-45	7,6	2,1	22,5	27,2	2,13
/3	B <sub>y1</sub>	45-130	7,6	1,5	32,3	4,9	2,01
/4	B <sub>y2</sub>	130-160	7,6	0,6	30,7	5,5	2,01

Granulometría mm				
Referencia	Arena gruesa 2-0.5	Arena fina 0.5-0,05	Limo 0.05-0.002	Arcilla <0.002
146/1	2,50	23,14	62,81	11,55
146/2	3,70	23,06	62,15	11,09
146/3	1,23	8,93	67,76	22,08
-	-	-	-	-

Pedión: TR-149

Coordenadas: 31T CG 673 297 420

Término municipal: Torá

#### Geomorfología

Tipo de superficie: llanura aluvial del Llobregós

Dinámica de la forma: leve acumulación

Escala: Hm

Situación: borde de la forma

Morfología local: Rectilínea

Régimen hídrico: sequía relativa

Longitud de la pendiente: 400 m.

Pendiente general: 1% Local: 1%

Drenaje: excesivo

Nivel freático: no alcanzado



film 301-308  
307-08

Fig. V.3.6.1. En la llanura aluvial de Torá son frecuentes los escarpes; en ellos las bandas más orgánicas marcan diferentes etapas de depósito. En este material abunda el yeso vermiforme. Corte TR-152.



Lm 301-308  
307-07

Fig. V.3.6.2. Detalle del corte TR 152 mostrando la morfología vermiforme de las acumulaciones de yeso.

**Vegetación natural:** eliminada. Hay *Limonium* sp. en las proximidades

**Utilización:** cultivo de cereal con bajos rendimientos achacables a excesivo drenaje por capa de gravas a 60 cm. Pedregosidad superficial escasa.

- A<sub>p</sub> 00-20 Seco. Color en húmedo 10 YR 6/3; en seco 10 YR 7/3. En estado de oxidación. Muchos elementos gruesos de tamaño cantos, planoredondeados, horizontales, calizas poco alteradas. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Ligeramente duro. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Fauna no aparente. Pocas raíces finas y muy finas, verticales, distribuidas por todo el horizonte, vivas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 1%, generalizada. Sin acumulaciones. Límite neto, plano. Contacto paralítico. Ochrico.
- 2C 20-62 Seco. En estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, tamaño guijarro, plano-redondeados, horizontales, caliza poco alterada. Sin estructura. Muy duro. Sin materia orgánica. Fauna no aparente. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, distribuidas por todo el horizonte. Poroso. Sin grietas. Viva efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Sin acumulaciones. Límite abrupto, plano.
- 3C 62-200 Seco. En estado de oxidación. Elementos gruesos muy abundantes, tamaño desde gravillas a piedras, plano redondeados, horizontales, calizas poco alterados. Estructura impedida por la abundancia de elementos gruesos. Sin materia orgánica. Actividad de fauna no aparente. Sin raíces. Muy poroso. Sin grietas. Viva efervescencia al HCl 11%, generalizada. No cementado. Sin acumulaciones.

Corte 1B 152

Los análisis corresponden al muestreo realizado en un escarpe natural entre dos niveles del aluvial del Llobregós (Fig. V.3.6.1.). Al mismo tiempo se tomaron bloques para su estudio micromorfológico.

Referencia	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %
152/1	0-15	7,9	2,7	29,8	ip.
/2	84-97	8,1	-	27,9	ip.
/3	178-192	8,2	1,1	23,9	1,5
/4	199-205	8,1	1,8	23,1	6,6
/5	272-294	8,1	0,9	24,6	0,9
/6	339-350	8,2	1,3	37,9	2,0
/7	350-370	8,3	1,0	57,2	2,5

### V.3.7. Suelos en vertiente poco erosionable

#### V.3.7.1. Caracteres generales

El área prospectada en Camarasa es representativa de los paisajes que circundan al barranco de La Passada. Se trata de suaves vertientes que ya sólo en emplazamientos aislados tienen bosques de *Quercus faginea*. El drenaje superficial es por vales muy abiertas y de pendientes longitudinales moderadas, que rompen al desembocar en el Segre. Puede considerarse que las chesas en este área presentan un paisaje relativamente estabilizado, y así lo confirma el tipo de suelos encontrados.

En las partes más elevadas de las pendientes la erosión es mayor encontrándose perfiles de tipo A,R. Como ejemplo se tiene el pedión 163 cuya morfología viene sin duda condicionada por la erosión y el laboreo. Las posiciones distales de estas vertientes acusan su dinámica de deposición por la arroyada al presentar paquetes de finos que propician los horizontes B bien desarrollados y estructurados con actividad de fauna. En estos endopediones hay redistribuciones que dan lugar a horizontes próximos a cálcicos y a gypsicos en un mismo perfil, y a veces ocupando el mismo nivel. Las diferentes presentaciones y disposiciones relativas de estos dos tipos de acumulaciones en los perfiles (pediones 161 y 162) son una muestra de la compleja dinámica de carbonato y sulfato cálcico, que se pone de manifiesto en estas condiciones climáticas cuando las formas del paisaje son suficientemente duraderas.

Incluso en posiciones de ladera con estratos a escasa profundidad (pedión 164), se observan redistribuciones de yeso dando horizontes gypsicos y afectando también al material subyacente.

El fondo plano del barranco de La Passada es funcional en épocas lluviosas y se ha encajado recientemente, como lo indica su escarpe lateral. La constitución es detrítica gruesa (perfil 166) y se pueden observar redistribuciones de hierro asociadas a las condiciones de humedad, así como de yeso.



### V.3.7.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión CA 161  
Camarasa, barranco La Passada  
28-1-83

Escala de observación: varios hectómetros, ladera en glacis. Erosión laminar moderada. Pendiente simple de 600 m de longitud. Perfil situado en un área rectilínea, en el borde inferior de la forma. Pendiente 2%, exposición SW.

**Vegetación:** Cultivo.

#### **Uso del territorio:**

Agrícola, cereal, bien explotado, de antigüedad entre 25 y 60 años. Según encuesta directa al propietario, la producción es 3000 Kg/ha/año entre 1975 y 1982; el nivel de manejo es medio. Factor limitante principal: falta de agua. Secano con abonado NPK.

- 
- A<sub>p1</sub> 0-12      Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/4. En estado de oxidación. Muy pocos elementos gruesos heterométricos, gravas, subredondeado-planos, sin orientación definida, distribución irregular, calizos poco alterados. Textura franco-arcillo-limosa. Estructura débil, granular compuesta. Poco compacto, friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente; actividad humana poca, paja enterrada. Pocas raíces, muy finas, verticales, de distribución irregular, vivas. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Ochrico.
- A<sub>p2</sub> 12-26      Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/4. En estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, heterométricos, gravas, subredondeado-planos, sin orientación definida, distribución irregular, calizos poco alterados. Textura arcillo-limosa. Estructura moderada, en bloques subangulares. Compacto, friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Actividad humana: poca paja enterrada y poca cerámica. Pocas raíces, muy finas, verticales, de distribución irregular, vivas. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Ochrico.
- B<sub>21</sub> 26-58      Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/4. Manchas inexistentes. Pocos elementos gruesos, heterométricos, gravilla y grava gruesa, subredondeado-tabulares, sin orientación definida, distribución irregular, calizos poco alterados. Fuerte estructura en bloques subangulares; estructura secundaria fuerte en formas de actividad de fauna. Compacto, friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: pocas galerías, frecuentes galerías rellenas y frecuentes coprolitos. Actividad humana: pocas cenizas. Pocas

raíces, muy finas, verticales, de distribución irregular, vivas y muertas. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Cámbico.

B22y 58-100 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 3/4. Escasas manchas, desde 2 a 15 mm de tamaño, de límite abrupto, redondeadas, por mezcla de horizontes, asociadas a la actividad de fauna, de color 7.5 YR 6/6. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares; estructura secundaria fuerte en formas de actividad de fauna. Compacto, friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: pocas galerías, muy abundantes galerías rellenas y muy abundantes coprolitos. Frecuentes raíces, muy finas, sin orientación definida, de distribución irregular, vivas y muertas. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Frecuentes pseudomicelios de yeso. Hay señales de posibles hifas. Las acumulaciones se encuentran asociadas a elementos de estructura. Límite gradual, plano. Cámbico.

B<sub>23</sub>yc 100-162 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/6. Frecuentes manchas, desde 2 a más de 15 mm de tamaño, de límite abrupto, redondeados, por mezcla de horizontes, asociadas a la actividad de fauna, de color 5 YR 4/3. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares. Compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: pocas galerías, abundantes galerías rellenas y muy abundantes coprolitos. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, de distribución irregular, vivas y muertas. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros; pocos nódulos de carbonato cálcico, de entre 5 a 15 mm, distribuidos por todo el horizonte, ligeramente duros. Límite abrupto, plano. Cálcico.

Y 162-212 ↓ Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/6. Escasas manchas menores de 2 mm, de límite neto, irregulares, de oxidación, asociadas a los poros, de color 2.5 YR 4/8. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Macizo; hay formas debidas a actividad de fauna. Compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de la fauna: pocas galerías rellenas y abundantes coprolitos. Sin raíces. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros; pocos nódulos de yeso, mayores de 15 mm distribuidos por todo el horizonte, ligeramente duros. Gypsico.

---

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
161/1	A <sub>p1</sub>	0-12	8.3	1.3	37.0	0.19
/2	A <sub>p2</sub>	12-26	8.3	1.2	37.8	0.20
/3	B <sub>21</sub>	26-58	8.4	0.8	38.9	0.21
/4	B <sub>22y</sub>	58-100	8.1	0.8	31.1	0.47
/5	B <sub>23yca</sub>	100-162	8.0	0.3	38.9	1.12
/6	Y	162-212	8.0	0.2	28.2	2.39

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
34.8	1.11	9.75	2.5	ip.	ip.	5.0	6.5	2.0	0.0
35.2	1.07	10.5	1.5	ip.	ip.	4.0	7.0	2.0	0.0
36.2	1.15	10.0	2.8	ip.	ip.	3.0	7.5	3.0	0.0
39.0	2.62	28.0	5.8	ip.	ip.	3.5	22.5	4.5	0.0
34.0	3.18	19.0	25.5	3.5	ip.	1.5	34.5	2.0	0.7
32.8	3.30	7.6	40.0	3.5	ip.	2.5	41.5	1.5	0.6

Pedión CA 162  
Camarasa, barranco La Passada

28-1-83

#### Geomorfología:

Escala de observación: varios hectómetros. Ladera en glacis. Forma modificada por nivelación (relleno). Erosión laminar fuerte. Pendiente simple, de 200 m. Perfil situado en un área convexa, en la mitad inferior de la forma. Pendiente general 20%, local 15%. Exposición: SW

Moderadamente pedregoso en superficie, calizas y rocas yesíferas. Sin afloramientos rocosos. Material original: limos.

**Uso del territorio:**

Agrícola. Cereales, bien explotado. Según encuesta directa al agricultor, la producción es 3000 Kg/ha/año entre los años 1975 a 1982; el nivel de manejo es medio. Uso secundario: ovejas, con nivel de manejo bajo según encuesta directa al agricultor. El factor limitante principal es la falta de agua.

**Tecnología de suelos:**

Secano con abonado NPK; labores con subsolador cada 2 años y labor con cultivador anualmente.

- 
- A<sub>p</sub> 0-13      Húmedo. Color en húmedo 5 Y 6/2. En estado de oxidación. Abundantes elementos gruesos heterométricos, de grava gruesa a cantos, subangular-tabulares sin orientación definida, regularmente distribuidos, calizos poco alterados y yesos poco alterados. Débil estructura granular compuesta gruesa. Poco compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Pocas raíces, muy finas, verticales, vivas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Ochrico.
- C      13-120      Mojado. Color en húmedo 5 Y 7/1. En estado de oxidación. Elementos gruesos como en el horizonte anterior. Sin estructura por la abundancia de elementos gruesos. Ligeramente adherente, no plástico. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Pocas raíces, muy finas, verticales, muertas y mal descompuestas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite muy abrupto, plano.
- 2B<sub>21b</sub> 120-145      Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares finos; estructura secundaria en formas de actividad de fauna. Poco compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de fauna: galerías rellenas abundantes y galerías frecuentes. Muy pocas raíces, muy finas, verticales, vivas y muertas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Cutanes poco numerosos. Pocas acumulaciones, nódulos de carbonato cálcico de 5 a 15 mm. Límite difuso, plano. Cámbico.
- 2B<sub>22cab</sub> 145-195      Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 6/5. Frecuentes manchas mayores de 15 mm, de límite abrupto, redondeados, de fauna, de color 10 YR 5.5/2, por mezcla de horizontes. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares finos; estructura secundaria en formas de actividad de fauna. Poco compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de fauna: galerías rellenas abundantes y galerías abundantes.

Muy pocas raíces, gruesas, verticales, muertas y mal descompuestas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones, nódulos de carbonato cálcico de 5 a 15 mm y pocas acumulaciones vermiformes de yeso localizadas. Límite difuso, plano. Cámbico.

2B<sub>23</sub> 195-225 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 6/5. En estado de oxidación, sin elementos gruesos. Estructura muy débil en bloques subangulares gruesos; estructura secundaria en formas de actividad de fauna. Muy compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de fauna: galerías rellenas, pocas. Muy pocas raíces, medianas, verticales, muertas y mal descompuestas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso, localizadas. Cámbico.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
162/1	A <sub>p</sub>	0-13	8.4	0.8	43.3	0.20
/2	C	13-120	8.5	0.2	44.9	0.44
/3	2B <sub>21b</sub>	120-145	8.3	0.9	44.3	0.54
/4	2B <sub>22cab</sub>	145-195	8.4	0.4	38.4	0.42
/5	2B <sub>23y</sub>	200-220	7.9	0.2	24.5	2.24

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
39.2	0.89	4.5	6.8	ip.	ip.	4.0	5.0	1.5	0.0
41.2	2.59	-	-	-	ip.	3.5	27.5	2.5	-
36.0	2.96	21.8	10.7	2.5	ip.	2.0	32.0	1.5	0.6
34.0	2.56	32.6	4.4	ip.	ip.	3.5	29.5	1.5	0.0

Pedión CA 163  
Camarasa, barranco La Passada

29-1-83

**Geomorfología:**

Escala de observación: varios hectómetros. Ladera con nivelación. Erosión laminar fuerte. Pendiente simple de 400 m. Perfil situado en un área convexa, en el borde superior de la forma. Pendiente general 20 %; local 10 %.

Exposición SW.  
Moderadamente pedregoso en superficie, calizas.

**Usos del territorio:**

Uso agrícola, cereales, bien explotado. Productividad de 2500 Kg/ha/año en el período 1975 a 1982, según encuesta directa al agricultor; nivel de manejo medio. Uso ganadero: ovejas. Factor limitante: falta de agua.

**Tecnología de suelos:**

Secano con abonado NPK; labores de subsolador cada 2 años; cultivador cada año.

---

A<sub>p</sub> 0-20 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 5/2. En estado de oxidación. Abundantes elementos gruesos, heterométricos, de grava gruesa a cantos, angular-tabulares, sin orientación definida, regularmente distribuidos calizos poco alterados. Estructura muy débil en bloques subangulares medianos. Poco compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Pocas raíces muy finas, verticales regularmente distribuidas, vivas. Porosidad alta. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, irregular, contacto lítico.

R 20-70 Húmedo.

---

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
163/1	Ap	0-20	8.4	0.8	46.9	0.20

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na+ meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
38	0.80	5	3.7	ip.	ip.	3.5	5	1	0

Pedión CA 164  
Camarasa, barranco de La Passada

29-1-83

**Geomorfología:**

Escala de observación: varios decámetros. Ladera abancalada. Erosión hídrica moderada. Pendiente de 50 m. Perfil situado en un área rectilínea, en el tercio inferior de la forma. Pendiente general 20%; local 5%. Exposición SW.

No pedregoso. Material original: rocas detríticas terrígenas.

**Uso del territorio:**

Uso agrícola: olivar subexplotado, de 25 a 60 años de antigüedad, según encuesta directa al agricultor. Almendros subexplotados de antigüedad entre 3 y 10 años según encuesta directa al agricultor. Factor limitante: falta de agua.

**Tecnología de suelos:** Secano con laboreo cada dos años. Bancales.

Ap 0-27 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/2. En estado de oxidación. Pocos elementos gruesos heterométricos, grava gruesa, subredondeado-planos, sin orientación definida, regularmente distribuidos, yeso con formas de disolución medias, de color exterior en húmedo 5 BG 5/1 (gris azulado); pocos elementos gruesos homométricos, gravillas subredondeado-esferoidales de distribución regular, yesos pulverulentos. Estructura moderada, granular compuesta, fina. Poco compacto, friable. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: toperas muy abundantes, hormigueros hipogeos muy abundantes y galerías rellenas frecuentes. Abundantes raíces de muy finas a gruesas, sin orientación definida, de distribución regular, vivas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano.

- A<sub>12</sub> 27-54 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/2. En estado de oxidación. Muy pocos elementos gruesos heterométricos, gravillas, subredondeado-planos sin orientación definida, regularmente distribuidos, yesos; pocos elementos gruesos homométricos, gravillas subredondeado-esferoidales de distribución regular, yesos pulverulentos. Fuerte estructura en bloques subangulares, mediana. Compacto, friable. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de fauna: pocos coprolitos. Abundantes raíces, de muy finas a gruesas, sin orientación definida, de distribución regular, vivas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite abrupto, plano.
- Y<sub>1</sub> 54-76 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5.5/7. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura fuerte en bloques subangulares, mediana; estructura secundaria en formas de fauna. Compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de fauna: pocos coprolitos y pocas toperas. Pocas raíces muy finas, horizontales, de distribución regular, vivas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Abundantes acumulaciones, cristales de yeso de tamaño fino; hay también acumulaciones vermiformes. Límite abrupto, plano.
- Y<sub>2</sub> 76-96 Húmedo. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura del material original. Compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de la fauna no aparente. Muy pocas raíces muy finas, horizontales, de distribución regular, vivas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso, mayores de 15 mm; hay también cristales. Límite abrupto, plano.
- C<sub>y</sub> 96-120 Húmedo. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura del material original. Muy compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Muy pocas raíces muy finas, horizontales, de distribución regular, muertas. Porosidad moderada. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones, interláminas, de yeso, mayores de 15 mm, asociadas a fragmentos del material original. Contacto lítico, plano.
- 2R 120-140 Húmedo. Arenisca.
-



Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
164/1	A <sub>p</sub>	0-27	7.8	1.9	26.2	2.19
/2	A <sub>12</sub>	27-54	8.0	1.1	23.5	2.23
/3	Y <sub>1</sub>	54-76	7.9	0.2	24.0	2.21
/4	Y <sub>2</sub>	76-96	7.9	0.2	25.5	2.21
/5	C <sub>y</sub>	96-120	-	0.1	25.8	-
/6	2R	120-145	8.2	ip.	42.8	0.80

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°C	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
37.2	2.93	42.3	1.2	ip.	ip.	7.5	30,5	1.5	0
34.8	2.65	37.5	0.5	ip.	ip.	4.0	31.0	0.5	0
32.6	2.60	34.0	2.5	ip.	ip.	3.0	31.0	1.0	0
30.0	2.51	32.3	3.0	ip.	ip.	2.0	30.0	1.0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Pedión CA 166  
Camarasa, barranco de La Passada

30-1-83

#### Geomorfología:

Escala de observación: varios decámetros. Fondo llano, nivelado. Erosión laminar débil. Pendiente simple de 90 m de longitud. Perfil situado en un área rectilínea. Pendiente general 5%; local 2%. Exposición SW.  
Ligeramente pedregoso, calizas.

A<sub>p</sub> 0-25 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/4. En estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos heterométricos, gravilla y grava gruesa, subangular-tabulares sin orientación definida, regularmente distribuidos, calizos no alterados. Estructura muy débil, granular compuesta muy fina. Poco compacto, friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Frecuentes raíces muy finas,

verticales, de distribución regular, vivas. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Ochrico.

- C 25-38 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 4/3. Frecuentes manchas mayores de 15 mm, de límite neto, irregulares, de oxidación, asociadas a los poros y raíces, de color 2.5 YR 4/8. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura del material original. Poco compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de fauna no aparente. Muy pocas raíces muy finas, verticales, de distribución regular, vivas. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones, cristales de yeso de 5 a 15 mm. Límite abrupto, plano.
- 2C 38-65 Húmedo. En estado de oxidación. Abundantes elementos gruesos heterométricos, gravilla y grava gruesa de litología muy variada, predominando las calizas y las margas alteradas. Sin estructura por la abundancia de elementos gruesos. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Acumulaciones inexistentes. Límite abrupto, plano.
- 3C 65-90 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 4/3. Escasas manchas mayores de 15 mm, de límite neto, irregulares, de oxidación, de color 2.5 YR 4/8. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura del material original. Poco compacto, friable. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones, cristales de yeso de 5 a 15 mm; también hay acumulaciones de yeso en canales de raíces y poros. Límite abrupto, plano.
- 4C 90-102 Húmedo. Abundantes elementos gruesos heterométricos, gravilla y grava gruesa. Sin estructura por la abundancia de elementos gruesos. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite inferior abrupto, plano.
- 5C 102-157 Húmedo. Color en húmedo 2.5 YR 5/3. Frecuentes manchas irregulares, mayores de 15 mm, de límite neto, de oxidación, distribuidas sin relación visible con otros caracteres, de color 2.5 YR 5/8. En estado de reducción. Sin elementos gruesos. Estructura del material original. Poco compacto, friable. Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones, cristales de yeso de 5 a 15 mm; también hay acumulaciones de yeso en canales de raíces y poros. Límite gradual, plano.
- 6C<sub>y</sub> 57-165 Húmedo. Color en húmedo 2.5 YR 5.5/4. Frecuentes manchas irregulares, mayores de 15 mm, de límite difuso, de oxidación, distribuidas sin límite visible con otros caracteres, de color 10 YR 4/6. En estado de reducción. Sin elementos gruesos. Poco compacto, friable.

Muy fuerte efervescencia al HCl 11%. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso menores de 5 mm, en canales de raíces y poros.

El material original del pedión son capas alternantes de gravas, arenas, limos y arcillas que en ocasiones forman lentejones.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
166/1	Ap	0-25	7.9	0.4	27.0	2.17
/2	C	73-85	8.2	ip.	24.5	0.75
/3	-	120-125	8.0	ip.	25.5	1.71
/4	5C	133-150	8.1	ip.	18.9	1.64

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
26.8	2.76	33.5	6.0	ip.	ip.	3.5	31.5	1.5	0.0
28.0	29.60	28.5	10.3	3.5	ip.	2.0	35.5	1.5	0.8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30.4	3.21	30.0	17.2	ip.	ip.	3.5	38.0	3.5	0.0

### V.3.8. Suelos en yesos de la rasa pliocuaternaria

#### V.3.8.1. Caracteres generales

En el área de Alcampell se prospectaron suelos desarrollados sobre la superficie pliocuaternaria. Esta superficie ha sido tradicionalmente cultivada en las zonas con suelos más desarrollados, correspondientes a fondos o ligeras depresiones. A partir de la mecanización agraria se inició un proceso de roturación generalizada que en esta zona afectó a las superficies más elevadas, con materiales yesosos resistentes, desprovistos de epipedión continuo. Estas superficies estaban ocupadas por monte bajo o a lo sumo mantenían almendros y olivos. Pese al nulo o escaso espesor del suelo, la naturaleza yesosa de la roca

subyacente permitió su desmenuzamiento artificial al contar con aperos adecuados y tracción de potencia suficiente.

El perfil ALC 202 (Fig. V.3.8.1.) corresponde a una de estas superficies. Estaba ocupada por matorral hasta que en 1963 fue roturada por su actual propietario, que sigue dando labores profundas con subsolador cada 2 años. Las cosechas de secano se consideran aceptables, teniendo a la sequía como principal factor limitante.

### V.3.8.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión: ALC 202

Descripción: 26-11-83

Término municipal: Alcampell

Localización: El Pilá

#### Geomorfología

Tipo de superficie: llanura de arrasamiento

escala: varios Hm

Drenaje: bien drenado

Dinámica de la forma: erosión hídrica inapreciable

Morfología local: rectilínea

Longitud de la pendiente: 50 m

Pendiente general: 4% local: 2%

Ligeramente pedregoso, yeso

Utilización: Cultivo de cereales de invierno

0-28 A<sub>p</sub> Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/4 (pardo pálido). Sin manchas. En estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos, heterométricos, de grava media a cantos, subredondeado tabulares, sin orientación definida, regularmente distribuidos, yeso con formas de disolución poco intensas, interior de los elementos gruesos de color en húmedo 10 Y 4/1. Estructura débil en bloques subangulares gruesos. Poco compacto. Muy friable. Poca materia orgánica, no directamente observable, bien incorporada. Actividad de la fauna no aparente. Frecuentes raíces muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, muertas por fin de ciclo. Porosidad alta. Sin grietas. Esfervescencia media al HCl 11%. Límite abrupto por laboreo, plano. Ochrico.

28-43/51 Y Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 7/4 (amarillo claro). Sin manchas. En estado de oxidación. Muy frecuentes elementos gruesos, heterométricos, gravilla y grava gruesa, subangular-tabulares, horizontales, distribuidos en un plano; en la parte inferior, de color más rosáceo, no existen elementos gruesos; la litología de los elementos gruesos es yeso, con formas de disolución muy marcadas; el



Fig. V.3.8.1. Suelo desarrollado sobre roca de yeso sacaroideo. Se roturó hace unos 20 años. Bajo el Ap hay un horizonte Y (color más claro) formado casi exclusivamente por yeso microcristalino y algo de yeso lenticular. Las manchas más blancas son gravas de yeso muy alterado. El Pillá, Alcampell (Huesca).

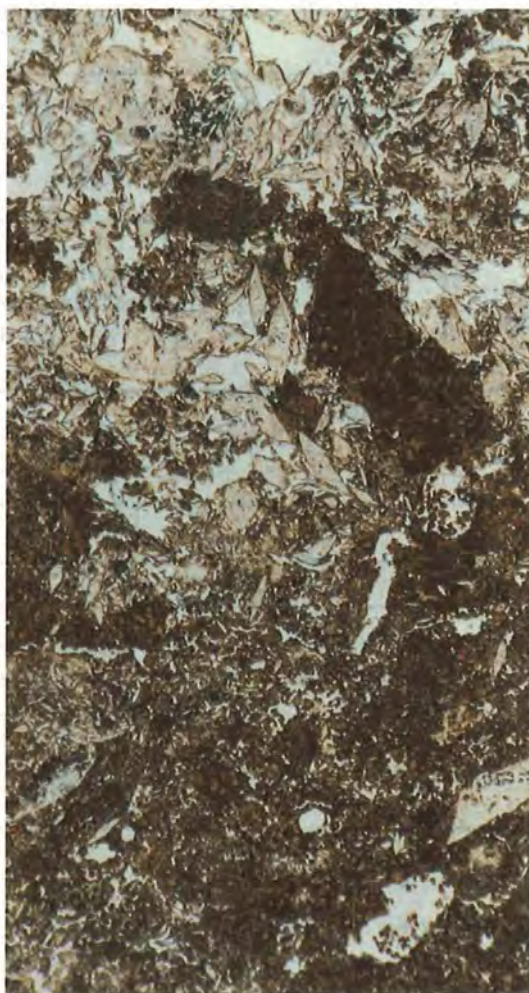


Fig. V.3.8.2. El yeso lenticular abunda en la parte superior, mientras que hacia abajo aumenta la proporción de yeso microcristalino (en la foto, masas coloreadas) hasta dar una masa continua. LPP. Lado mayor 8 mm. Lám. 202: 84-95.

interior de los elementos gruesos en húmedo es de color 10 Y 5.5/3. Estructura del material original. Poco compacto. Friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de la fauna no aparente. Muy pocas raíces, muy finas, horizontales, regularmente distribuidas, muertas por fin de ciclo. Porosidad alta. Sin grietas. Esfervescencia media al HCl 11%; respuesta alta al BaCl<sub>2</sub> 10%. Límite abrupto, ondulado. Gypsicó.

43/51-100 C Húmedo. Muy escasas manchas, menores de 1 mm, de óxidos e hidróxidos. En estado de oxidación. Muy abundantes elementos gruesos, yeso.

La muestra 202/2 corresponde a la parte del tono rosado, más farinácea. La 202/3 se toma en una parte algo verdosa, aparentemente roca de yeso muy alterada.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
202/1	A <sub>p</sub>	0-28	7.9	1.3	8.4	2.31
/2	Y	43-51	8.0	0.4	3.5	2.38
/3	Y	43-51	8.0	0.4	10.8	2.38

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°C	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR/l
35.6	3.61	40.2	2.7	2.5	ip.	6	31.5	4.5	0.5
40.1	4.51	45.5	8.3	2.5	ip.	2	27.5	10.0	0.5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### V.3.8.3. Descripción micromorfológica

Lám. 202: 28-45

La lámina (81 cm<sup>2</sup>) está formada por edaforrasgos, principalmente yeso microcristalino, que en la parte inferior de la lámina se hace continuo formando la masa basal del horizonte.

**Apedial.**

**Agregados:** No hay agregados separados.

**Huecos:** En la parte superior de la lámina predominan los huecos de empaquetamiento de cristales y de algún agregado. Además hay cámaras y cavidades muy desdibujadas. Algún canal.

En la parte inferior predominan las cavidades horizontales. También son muy abundantes las cámaras, en general  $< 500 \mu\text{m}$  y los canales.

#### **MICROESTRUCTURA**

En la parte superior es compleja, de cavidades y de empaquetamiento de cristales.

En la parte inferior es compleja, de cavidades horizontales y de canales y cámaras.

#### **MASA BASAL**

Está formada por edaforrasgos. El material procedente de la roca y no edafizado casi no existe. Pese a estar muy afectados por la edafogénesis, pueden citarse los fragmentos de lutita milimétricos y los elementos gruesos yesosos centimétricos dispuestos a menudo horizontalmente. Se puede estimar que el 99% del material de la lámina es yeso.

#### **EDAFORRASGOS**

##### **1- Yeso lenticular**

Son frecuentes los tamaños de  $300 \mu\text{m}$  pero hay gradación continua hasta los tamaños más pequeños. Lentillas mayores, milimétricas, pueden considerarse en continuidad con las que se asignan a elementos gruesos yesosos y con los cristales irregulares.

El yeso lenticular es más abundante en la parte superior de la lámina (Fig. V.3.8.2.).



## 2- Yeso en empalizada

Es poco abundante, en general son lentillas de 800  $\mu\text{m}$  formando empalizadas muy imperfectas. Suelen asociarse a material fino carbonático y a los yesos considerados elementos gruesos.

## 3- Yeso microcristalino

En la parte superior de la lámina un 50 % del material es yeso microcristalino. Llega a dar nódulos densos de hasta 2 mm con un reticulado visible en luz plana que dibuja zonas redondeadas de unos 50  $\mu\text{m}$ , muy continuas. Con polarizadores cruzados se aprecia que el retículo corresponde a cristales del tamaño corriente ( $< 5 \mu\text{m}$ ), mientras que las zonas redondeadas son de cristales sumamente pequeños y permanecen oscuras en luz polarizada.

Además en estos nódulos parecen dibujarse canales ondulados de 10  $\mu\text{m}$  ó por 200  $\mu\text{m}$  de largo. Los nódulos más corrientes carecen de estos detalles internos a la vez que son menores, generalmente no tan esferoidales, y a menudo de aspecto compuesto.

La parte inferior de la lámina está formada mayoritariamente por yeso microcristalino. Según se desciende en la lámina los nódulos microcristalinos van haciéndose más abundantes y van coalesciendo llegando en la parte baja a una masa continua microcristalina (Fig. V.3.8.2.), con cavidades alargadas horizontales y con cámaras. Hay zonas de esta masa microcristalina donde se puede apreciar el reticulado descrito anteriormente, lo que da aspecto nodular a la zona afectada.

En algunas cavidades hay hifas  $< 3 \mu\text{m}$  en las paredes de huecos.

En esta masa basal microgypsica pueden describirse edaforrasgos como:

- revestimientos de limo carbonático muy tenues en alguna de las cavidades.
- revestimientos de lentillas de 40  $\mu\text{m}$  dispuestas radialmente en las paredes de alguna de las cavidades.
- lentillas de yeso intercalares, generalmente  $< 200 \mu\text{m}$ .
- lentillas de yeso del mismo tamaño dispuestas tangencialmente alrededor de alguna nodulización de yeso microcristalino.
- cristales de quesparita intercalados.

#### 4- Gypsorrelictos

Hay fragmentos centimétricos o menores que a menudo muestran disposición horizontal. Suelen tener material fino carbonático. En algún caso su carácter de gypsorrelicto es muy claro por tratarse de una vena formada por cristales alargados transversales.

Otros gypsorrelictos de formas más redondeadas, formadas por cristales irregulares y generalmente también con micrita están esparcidos al azar por la lámina.

#### 5- Quesparita

No se ha encontrado ninguna quera ni mosaico. A lo sumo hay agrupaciones de 3 ó 4 cristales o bien zonas con ligera concentración de cristales. La quesparita es un componente minoritario en toda la lámina, pero es algo más abundante en la mitad superior.

#### 6- Quedecal

Muchos de los fragmentos lutíticos llevan pequeñas zonas decalcificadas, sin quehuecos.

#### 7- Micrita

Menos del 1% de fragmentos milimétricos de lutita. Su aspecto puede ser diverso según su color y las inclusiones opacas.

En el conjunto de la lámina la micrita más abundante es la que se presenta en cristalitas sueltas o entre los cristales de yeso considerados gypsorrelictos.

#### 8- Revestimientos e intercalaciones de limo carbonático

Son raros en las zonas lenticulares, más frecuentes en la masa de yeso microcristalino. Las intercalaciones alcanzan a veces los 30  $\mu\text{m}$  de grosor. Los revestimientos en cavidades son siempre muy tenues; en lentillas no se han observado.

#### Lám. 202 Rv

Se trata de una muestra de yeso pétreo de apariencia sacaroidea y cuya tonalidad verde destacaba en campo frente a la "asalmonada" del horizonte suprayacente (lámina 202: 28-45).

Al microscopio es yeso alabastrino compuesto por c.e.n.u. que en su mayoría miden varios mm. Su indentación es a menudo subhedral y algunos incluyen anhidrita subhedral de menos de 80  $\mu\text{m}$ .

Hay una zona con aproximadamente un 50% de material micrítico entre los c.e.n.u. microscópicos, lo que da un aspecto nodular. Esta micrita lleva algún grano de cuarzo  $< 50 \mu\text{m}$  y abundantes manchas opacas de 40  $\mu\text{m}$  o mayores.

En el resto de clasto la micrita es minoritaria y también se distribuye dibujando un retículo que da aspecto nodular con más de un c.e.n.u. en cada celdilla.

Una pequeña parte de la micrita se encuentra dentro de los c.e.n.u., bien sea dispersa, bien sea agrupada generalmente en alineaciones curvas irregulares.

En el borde de la parte más micrítica pueden verse restos de un quemosaico y de su quedecal, con los típicos dominios de birrefringencia, que afecta a la micrita.

### **V.3.9. Suelos cumúlicos en la rasa pliocuaternaria**

#### **V.3.9.1. Caracteres generales**

La superficie pliocuaternaria de Alcampell presenta únicamente suaves ondulaciones, con la salvedad de las depresiones asociadas a las dolinas.

Sólo se insinúan formas parecidas a vales de muy poca pendiente longitudinal y apenas deprimidas. Sin embargo destacan del resto, tanto sobre el terreno como en la fotografía aérea, por el color de sus epipedones, mucho más oscuros que las zonas elevadas o los afloramientos rocosos.

Estos suelos oscuros se han formado, entre otros procesos, por acumulación de materiales. Su profundidad, capacidad de retención de humedad y facilidad de laboreo hace que hayan sido los tradicionalmente cultivados de forma permanente.

La calicata 201 pertenece a una de estas posiciones, con cultivo desde tiempo inmemorial y documentado desde más de 100 años. La prospección puso de manifiesto importantes movilizaciones de carbonato cálcico además de las de yeso; ambas se individualizan muy bien tanto macro como microscópicamente frente a una masa basal tan oscura.

### V.3.9.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión: ALC 201

Descripción: 26-11-83

Término municipal: Alcampell

Localización: El Pllá

Geomorfología

Escala: varios Hm.

Tipo de superficie: fondo

Situación en la pendiente: mitad de la forma

Dinámica de la forma: acumulación

Morfología local: rectilínea

Longitud de la pendiente: 200 m.

Pendiente general: 4% local: 2%

Utilización: cultivo de cereales de invierno

- 
- A<sub>p</sub> 0-25 Húmedo. Color en húmedo 5 YR 3/4 (pardo rojizo oscuro). En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Franco-arcilloso al tacto. Estructura débil en bloques subangulares gruesos. Poco compacto. Adherente. Muy plástico. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna no aparente. Frecuentes restos de paja enterrada; pocos fragmentos de ladrillo. Frecuentes raíces muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, muertas por fin de ciclo, de *Triticum aestivum*. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite abrupto por laboreo, plano.
- A<sub>12</sub> 25-60 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 3/3 (pardo oscuro). En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Franco-arcillo-arenoso al tacto. Estructura muy fuerte en bloques subangulares gruesos; estructura secundaria fuerte en formas de fauna, mediana. Compacto. Adherente. Plástico. Friable. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: toperas frecuentes, galerías rellenas abundantes; actividad de la flora: pocos micelios. Abundantes raíces muy finas, verticales, regularmente distribuidas, muertas por fin de ciclo. Porosidad moderada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, ondulado. Ochrico.
- Y 60-143 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/4 (marrón). En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares gruesos; estructura secundaria en formas de fauna, muy fina. Compacto. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: abundantes galerías rellenas; actividad de la flora: pocos micelios. Pocas raíces muy finas, verticales, disminuyendo en profundidad, muertas por fin de ciclo. Porosidad muy baja, poros finos. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Acumulaciones



Fig. V.3.9.1. Los horizontes A con buen desarrollo son característicos de los suelos cumúlicos de la rasa pliocuaternaria. Los endopediones muestran redistribución de yeso y carbonato cálcico. El Plla, Alcampell, Huesca.

generalizadas: nódulos de yeso, de tamaño <5 mm, en canales de raíces y poros. Límite gradual, plano. Gypsico.

**K<sub>n</sub>** 143-185 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 6/4 (naranja pálido). En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares gruesos estructura secundaria de formas de fauna, muy fina. Compacto. Friable. Actividad de la fauna: pocas galerías rellenas. Porosidad muy baja: poros finos. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Acumulaciones generalizadas: nódulos de CaCO<sub>3</sub>, de tamaño medio, distribuidos por todo el horizonte, duros, de color 7.5 YR 8/2 (gris claro). Contacto lítico, ondulado. Cálxico.

**R** 185 Yeso.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
201/1	Ap	0-25	1.7	26.4	0.22
/2	A12	40-60	1.8	18.7	0.30
/3	Y	70-90	1.1	32.7	0.26
/4	Y	100	1.0	32.1	0.30
/5	Y	125	0.8	32.5	0.31
/6	Kn	143-155	0.9	33.3	-
/7	Kn	155-185	0.6	6.85	0.33

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na+ meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl meq/l	SAR
40.6	0.83	6.0	2	ip.	ip.	3	3.0	2.0	0
45.2	1.45	12.6	3	ip.	ip.	2.0	6.0	2.0	0
47.4	0.91	7.2	2	ip.	ip.	1.5	6.0	1.5	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47.8	1.20	10.2	2	ip.	ip.	1.5	9.0	1.5	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44.8	1.41	12.0	4	ip.	ip.	1.5	11.5	1.5	0

### V.3.10. Suelos en bancal de fondo de val

#### V.3.10.1. Caracteres generales

La rasa pliocuaternaria de Alcampell termina hacia el sur en un escalón dominando la Baja Litera (Fig. V.3.10.1.). Tanto sobre el terreno como en la fotografía aérea se aprecia que las cabeceras de las amplias vales procedentes de este escalón se inician en muchos casos en valés más pequeñas, de disposición dendrítica. Los bancales de estas pequeñas vales no han sido demolidos ya que las fuertes pendientes imposibilitarían el laboreo en parcelas más extensas.

La calicata 204 se abrió en un bancal de una de estas vales, sin cultivo desde hace 40 años. Los bancales se mantienen, pese al abandono, con algunas roturas desencadenadas generalmente a partir de cados. Esta permanencia sin labores de reparación puede explicarse por la exposición NW de la val que reduce la intensidad de los procesos de arroyada al favorecer la vegetación. Además la escorrentía superficial procedente de la rasa es prácticamente nula debido al papel de sumidero desempeñado por varias dolinas próximas a esta parte del borde de la rasa. La estabilidad de esta forma concuerda bien con el espesor del pedión que presenta intensos rasgos de actividad de fauna y de redistribución de yeso.

#### V.3.10.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión: ALC 204

Descripción: 24-3-84

Término municipal: Alcampell

Localización: La Chesa

Geomorfología

Escala: varios Dm.

Tipo de superficie: fondo abancalada

Situación en la pendiente: mitad de la forma

Dinámica de la forma: acumulación moderada

Morfología local: rectilínea

Longitud de la pendiente: 250 m. compleja

Pendiente general: 20% local: 0%

Utilización: cultivo abandonado desde 1937. Pastoreo

---

Apy 0-22 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/3. En estado de oxidación. Muy pocos elementos gruesos heterométricos, gravilla y grava media, subangular-planos, sin orientación definida, distribución regular, yeso con formas de disolución muy marcadas y pulverulentos. Estructura moderada en bloques subangulares de tamaño mediano; estructura

secundaria fuerte en formas de fauna de unos 8 mm de diámetro. Poco compacto, muy friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: abundantes galerías, frecuentes turrículas. Pocas raíces finas y muy finas, horizontales, de distribución regular, vivas. Porosidad moderada en todo el perfil. Sin acumulaciones. Límite abrupto por laboreo, plano. Ochrico.

- A<sub>12</sub>Y 23-50 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/3. En estado de oxidación. Elementos gruesos como en el horizonte anterior. Fuerte estructura en bloques subangulares gruesos; estructura secundaria fuerte en formas de fauna de unos 8 mm de diámetro. Poco compacto, muy friable. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de fauna como en el horizonte anterior. Pocos fragmentos de ladrillo y poco carbón vegetal. Pocas raíces de muy finas a medianas, horizontales, de distribución regular, vivas. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso menores de 5 mm distribuidas por todo el horizonte. Límite neto, plano. Ochrico.
- Y<sub>1</sub> 50-80 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/3. En estado de oxidación. Muy pocos elementos gruesos heterométricos, de gravilla a cantos, subangulares, sin orientación definida, distribución regular, calizos poco alterados. Estructura muy fuerte en bloques subangulares gruesos; estructura secundaria muy fuerte en formas de fauna de unos 8 mm de diámetro. Compacto, friable. Abundante materia orgánica, no directamente observable. Actividad de la fauna: galerías rellenas frecuentes, turrículas muy abundantes y pocas galerías. Frecuentes raíces de muy finas a medianas, sin orientación definida, de distribución regular, vivas. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso de 5 a 15 mm, distribuidas por todo el horizonte. Límite gradual, ondulado. Gypsico.
- Y<sub>2</sub> 80-150 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Sin estructura. Compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Actividad de fauna: turrículas, pocas. Muy pocas raíces de muy finas a medianas, horizontales, de distribución regular, vivas y muertas. Frecuentes raíces mayores de 10 mm, horizontales, vivas y muertas. Pocas acumulaciones vermiformes de yeso, menores de 5 mm en canales de raíces y poros. Límite abrupto, plano. Gypsico.
- Y<sub>3</sub> 150-180 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Sin estructura. Muy compacto, friable. Materia orgánica inapreciable. Muy pocas raíces, muy finas, muertas. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso, menores de 5 mm, distribuidas por todo el horizonte, continuas dando aspecto de "enrejado". Gypsico.
-





Fig. V.3.10.1 Una de las amplias vales con cabecera en el escarpe de los yesos. La mayoría de los pequeños bancales laterales están abandonados. Vista desde el Pllá, Alcampell, Huesca.



Fig. v.3.10.2. Muestreo de bloques no perturbados del suelo de un pequeño bancal abandonado. Destaca el horizonte gypsic a partir de los 50 cm. de profundidad. Pedión 204. La Chesa, Alcampell, Huesca.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
204/1	A <sub>py</sub>	0-23	7.7	1.4	27.2	2.22
/2	A <sub>12y</sub>	23-50	7.7	1.4	31.1	2.23
/3	Y <sub>1</sub>	50-80	7.7	1.5	39.5	2.20
/4	Y <sub>1</sub>	50	7.7	1.3	41.7	2.19
/5	Y <sub>1</sub>	80	7.7	0.9	41.1	2.21
/6	Y <sub>2</sub>	80-150	7.8	0.5	34.2	2.36
/7	Y <sub>3</sub>	180	7.8	0.4	23.5	2.32

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
39.6	2.61	34	2.5	ip.	ip.	3.0	27.5	1.0	0
42.0	2.60	34	3.0	ip.	ip.	2.5	30.0	1.5	0
46.2	2.68	33	5.2	ip.	ip.	3.0	29.0	1.0	0
46.2	2.57	33	2.5	ip.	ip.	2.0	28.0	1.5	0
44.8	2.50	31	3.5	ip.	ip.	2.5	27.5	1.5	0
40.0	3.20	29	16.5	ip.	ip.	2.0	37.0	2.0	0
36.6	2.79	28	12.8	ip.	ip.	2.5	33.5	1.5	0

### V.3.11. Suelos en posición somital

#### V.3.11.1. Caracteres generales

Dentro de las chesas son características las colinas más o menos alargadas, redondeadas, a menudo asociadas a resistencia diferencial a la erosión por paquetes de estratos verticalizados por la halocinesis.

La calicata 34 se abrió en la parte somital de una de estas colinas con recubrimiento continuo por un matorral de asnallo (*Ononis tridentata*) y romero (*Rosmarinus officinalis*). En los dos o tres metros de longitud de la calicata afloraban diferentes estratos lutíticos y yesosos. Las láminas delgadas reflejan en parte la heterogeneidad del material original.

V.3.11.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión PE 34	Descripción: 15-3-82	Peraltilla (Huesca)
0 <sub>1</sub>	0-5	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3/3. Sin elementos gruesos. Friable. Horizonte orgánico. Límite abrupto, plano.
A <sub>1</sub>	5-14	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/3. Sin elementos gruesos. Débil estructura en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Débil actividad de fauna. Frecuentes raíces finas y muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Límite difuso, plano.
AC	14-40	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/4. Frecuentes manchas de color 10 YR 8/3, menores de 1 mm, de límite abrupto. Frecuentes elementos gruesos, entre 0.5 y 1 cm, angular-tabulares, yesos. Débil estructura en bloques subangulares finos. Muy friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Pocas raíces, finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite neto, plano.
2C	40-80	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 6/3. En estado de oxidación. Estructura laminar. Sin materia orgánica. Pocas raíces finas y muy finas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
34/1	01	0-5	7.6	6.4	21.6	17.2	2.35
/2	A1	5-14	7.7	6.4	16.1	<del>17.2</del>	2.14
/3	AC	14-40	7.8	0.9	<del>20</del>	42.2	2.29

10.3 → 27.9

V.3.11.3. Descripción micromorfológica

Lám. 34: 0-12

De visu pueden separarse en la lámina dos partes, la superior más oscura, de 0 a 5 cm y el resto, más claro, de 5 a 12 cm.

Pedialidad: fuerte

Agregados: gránulos

Huecos: 60%, de empaquetamiento compuesto

Microestructura: granular

### MASA BASAL

#### Material grueso

- cuarzo 1%, granos subangular-redondeados, tamaño arena fina, bien clasificados. En su mayoría están fuera de los agregados.
- cuarcita <<1%, redondeados, arena muy fina, bien clasificados.
- esparita 5% cristales subhedrales, tamaño arena fina, bien clasificados.

#### Material fino

b-fábrica cristalítica (calcítica).

### COMPONENTES ORGANICOS

Son los componentes mayoritarios (40% de la sección). Hay desde restos de órganos bien conservados hasta restos de tejidos desmenuzados. Son escasos los residuos flobafenizados casi todos con excrementos de oribátidos. Hay algunos restos opacos correspondientes a cenizas. No aparecen hifas.

### EDAFORRASGOS

1- Quesparita <1% de cristales claramente quesparíticos. Hay algunas agrupaciones de hasta 8 cristales de quesparita formando mosaico.

2- Yeso 1% de lentillas no incorporadas a los agregados.

Pedialidad: moderada  
Agregados: bloques subangulares finos y muy finos parcialmente acomodados  
Huecos: Interagregados: Huecos planares  
Intraagregados: Cavidades y canales de raíces de 200  $\mu\text{m}$ .  
Huecos de empaquetamiento simple.

#### MICROESTRUCTURA

En bloques subangulares.

Una gran parte de la lámina corresponde a edaforrasgos, predominantemente gypsicos. En esas zonas se puede dar una organización en islotes.

#### MASA BASAL

La masa basal de las zonas de bloques tiene muy poco cuarzo ( $<<1\%$ ) tamaño arena fina bien clasificada. La b-fábrica del material fino es cristalítica (calcítica) y su color en luz natural es gris claro.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Hay residuos en todos los estadios de desorganización. También hay residuos flobafenizados.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgo de fábrica gypsica

- Lentillas de yeso. Las hay de todos los tamaños, hasta milimétricas macroscópicas. A menudo las lentillas mayores llevan asociadas lentillas más pequeñas con disposición en empalizada.
- Yeso microcristalino en masas de aspecto nodular y nodular compuesto. Algunas son milimétricas y se ven a ojo desnudo en la lámina. En algunas de estas masas hay filamentos ramificados de aspecto hifal de diámetro  $< 3 \mu\text{m}$ .
- Cristales de yeso irregulares, milimétricos.

## 2- Quesparita

Hay muy escasos cristales aislados o en grupos de pocas unidades. Los más pequeños son de dudosa atribución.

## 3-Rellenos

En canales muy desdibujados hay rellenos sueltos de gránulos de 200  $\mu\text{m}$  muy clasificados, con aspecto de haber sido originados por fauna.

4- Agregados de residuos orgánicos desmenuzados, fecales, de sección rectangular.

Lám. 34: 19-24

Casi toda la lámina está constituida por edaforrasgos.

Pedialidad: Débil

Agregados: El 80% de la lámina corresponde al rasgo de fábrica gypsica, con algunas grietas probablemente de secado. No hay agregados en sentido estricto.

Huecos: Existen las grietas mencionadas, pero la mayor parte de los huecos son de empaquetamiento de los cristales del rasgo de fábrica gypsica y de los islotes de finos. Además hay cavidades.

## MICROESTRUCTURA

Organización en islotes. Hay dos tipos de islotes ambos sin material grueso, unos de color gris con b-fábrica cristalítica (calcítica); los otros son más rojizos y corresponden a retazos de quedecal, por lo que se pueden describir como edaforrasgos.

## COMPONENTES ORGANICOS

Inexistentes en esta lámina.

## EDAFORRASGOS

1- Rasgo de fábrica gypsica el 80% de lámina.

- Lentillas de yeso de hasta 2.5 x 0.7 mm, aunque el tamaño modal es alrededor de 600  $\mu\text{m}$ , y hay todos los tamaños menores. Muy escasos cristales de yeso irregulares.

- Yeso microcristalino. Masas irregulares de 400 a 800  $\mu\text{m}$ , algunas veces milimétricas que se ven bien a ojo desnudo en la lámina. Tienen aspecto nodular, a menudo compuesto. Hay una cierta tendencia a presentarse junto a agrupaciones de finos.
- Queras
- Quedecal- Los islotes de finos mayores, milimétricos, están compuestos por material quedecal sin quehucos ni parte calcítica. Estos islotes presentan frecuentemente agrietamiento y no llevan lentillas de yeso incluídas.  
  
Este material se encuentra en agrupaciones de todos los tamaños, frecuentemente menores que las lentillas del rasgo de fábrica gypsica, entre las que queden dispersas. Insensiblemente se pasa a material totalmente desagregado.
- Quesparita - No hay quemosaicos bien conservados, sólo sus restos frecuentemente relacionados con el material quedecal. También hay quesparita dispersa pero es más frecuente una cierta concentración de los cristales, como si se tratase de mosaicos recién desorganizados.
- Revestimientos. Hay lentillas de yeso con revestimientos de finos, sin birrefringencia. El material de estos revestimientos está en transición con los finos dispersos.
- Rellenos. Hay material compactado, más rico en material fino de color claro, y con las lentillas con disposición arqueada. Este material rellena canales milimétricos.

Lám. 34: 38-46

Esta lámina consta en un 80% de edaforrasgos.

Pedialidad, agregados y huecos similares a la lámina anterior (34: 19-24).

La organización es en islotes (Fig. V.3.11.1.). Los islotes son milimétricos, pero algo mayores que los de la lámina anterior (34: 19-24), además se presentan varios tipos según su color en luz natural.





Fig. V.3.11.1 La edafización de la lutita se debe, en parte, a las queras. Junto a ellas se observan granos sueltos de quesparita. Las tenues líneas rojizas en algún islote corresponden probablemente a quefe. La decalcificación ha afectado a la mayor parte del material fino. LPX. Lám. 34: 38-46.



Fig. V.3.12.1. Paisaje de colinas redondeadas típico de las chesas. Cereal o almendro en fondos de val y vertientes abancaladas. En primer plano ladera donde se estudiaron los pediones PE-28 y PE-29. Peraltilla (Huesca).

## MASA BASAL

Se describe la de los islotes.

No llevan material grueso. Pese a las diferencias de color entre ellos, se consideran todos quedecal. Hay material fino grisáceo aparentemente no decalcificado que se encuentra disperso entre las lentillas de yeso, sin dar agrupaciones.

## EDAFORRASGOS

Son similares a los de la lámina anterior (34:19-24). Sin embargo son más frecuentes los cristales anhedrales de yeso, macroscópicos. Hay también algunas lentillas macroscópicas, imperfectas y crecimientos polilenticulares.

Las qeras presentan los quemosaicos mejor conservados (Fig. V.3.11.1.) y la quesparita dispersa es menos abundante. Además son frecuentes los quehuecos en los islotes.

### V.3.12. Suelos en vertiente de colinas

#### V.3.12.1. Caracteres generales

Cuando la inclinación no permite el cultivo, se instala una vegetación variable en función de la exposición y de la presión humana (Fig. V.3.12.1.). En una de estas pendientes con recubrimiento casi total por arbustos (Cuadro III.9.), con estrato muscinal y liquénico muy continuo, se estudian los perfiles 29 y 28 correspondientes a dos caras de una misma calicata. La profundidad de estos dos perfiles es muy distinta reflejando la irregularidad del espesor de los suelos en función de la litología y la disposición de los estratos subyacentes.

Cuadro III.5.

#### V.3.12.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

	Pedión PE 29	Descripción: 15-1-82	Peraltilla (Huesca)
O <sub>1</sub>	0-5	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 2/3. Horizonte orgánico, restos identificables. Actividad de la fauna no aparente. Límite abrupto, plano.	
A <sub>1</sub>	5-10	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3/3. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, 0,5-1 cm, gravas, subangular subesferoidales, no orientados, yeso con formas de disolución. Débil estructura granular muy fina. Muy friable. Poca materia orgánica, no directamente	

observable. Actividad de fauna no aparente. Frecuentes raíces finas y muy finas, horizontales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite gradual, plano. Ochrico.

- AC 10-25 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 5/6. Estado de oxidación. Pocos elementos gruesos, gravas, subredondeados subesféricos, no orientados, yesos con formas de disolución. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Muy friable. Muy poca materia orgánica. Actividad de fauna no aparente. Pocas raíces, finas y muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite gradual, plano.
- C<sub>y1</sub> 25-70 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 5/3. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos iguales en todo lo demás al horizonte anterior. Estructura débil en bloques subangulares finos. Igual al anterior, salvo las raíces que son escasas.
- C<sub>y2</sub> 70-100 ↓ Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 6/3. Estado de oxidación. Muchos elementos gruesos, 1-5 cm, guijarros, subredondeados subesféricos, no orientados, yesos con formas de disolución. Estructura del material original. Friable. Muy poca materia orgánica. Actividad de fauna no aparente. Raíces escasas, finas y muy finas, verticales, regularmente distribuidas, vivas.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
29/1	O <sub>1</sub>	0-5	7.3	22.3	23.4	3.9	2.00
/2	A <sub>1</sub>	5-10	7.6	6.7	32.7	3.2	2.22
/3	AC	10-25	7.7	1.1	14.6	61.7	2.21
/4	C <sub>y1</sub>	25-70	7.8	0.4	16.2	57.2	2.23
/5	C <sub>y2</sub>	70-100	7.8	0.4	13.8	48.7	2.22

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl meq/l	SAR
70.2	2.94	38.0	4.0	ip.	ip.	9.2	34.4	0.6	0.0
33.6	2.71	38.0	2.0	ip.	ip.	5.2	34.4	0.4	0.0
30.7	2.60	36.0	2.0	ip.	ip.	3.2	34.4	0.3	0.0
32.0	2.33	31.7	2.1	1.0	ip.	1.0	27.0	4.5	0.2
43.0	2.37	30.5	3.9	1.0	ip.	1.0	27.5	2.7	0.2

Pedión PE 28D

Descripción: 15-1-82

Peraltilla (Huesca)

- O<sub>1</sub> 0-1 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 2/2. Sin elementos gruesos. Horizonte orgánico, restos identificables. Límite abrupto, plano.
- A<sub>1</sub> 1-3 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 2/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares finos. Muy friable. Bastante materia orgánica, no directamente observable. Débil actividad de fauna. Abundantes raíces finas y muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite neto, ondulado.
- C 3-10 Húmedo. Color en húmedo 2,5 Y 6/5. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares medianos. Muy friable. Sin materia orgánica. Actividad de fauna no aparente. Frecuentes raíces finas y muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite inferior abrupto, interrumpido.
- R 10-40 Bloques de yeso entre los que se intercalan zonas de material no consolidado, sin estructura (yeso farináceo), donde abundan las raíces. La muestra 28/4 corresponde a este material.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
28/2	01	1-3	7.5	10.1	24.7	3.4	1.00
/3	A1	3-10	7.6	1.6	21.5	63.8	2.21
/4	C	40-50	7.7	0.7	4.3	85.4	2.31

### V.3.12.3. Descripción micromorfológica

Lám. PE 29: 0-12

Esta lámina presenta dos zonas. El yeso es raro hasta los 8 cm, donde bruscamente se hace muy abundante. La parte superior de la lámina corresponde a la parte inferior del horizonte O1 y al horizonte A1.

Lám. PE 29: 0-12 (0-8)

#### MICROESTRUCTURA

Estructura moderada; pasa de granular a migajosa y hacia abajo llega a esponjosa y cavitaria. Los gránulos de la parte superior miden entre 200 y 400  $\mu\text{m}$ . Hacia abajo, además de hacerse más escasos, predominan los de mayor tamaño. La estructura esponjosa es la predominante a partir de los 2 cm, y en la parte más profunda es de tendencia horizontal.

Los huecos totales se estiman en un 20%. Los huecos de la parte superior son de empaquetamiento al azar de agregados y restos orgánicos. En la parte inferior los huecos intraagregados predominantes son cavidades mamiladas de entre 100 a 400  $\mu\text{m}$ ; en algunos agregados hay canales de raíces muy abundantes y de diámetros muy homogéneos (140  $\mu\text{m}$ ). Los huecos interagregados son canales de varios mm o fisuras irregulares, de paredes no acomodadas.

La estructura es compleja, pasa de granular-migajosa en la parte superior a esponjosa-cavitaria con tendencia horizontal en la parte inferior.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

- cuarzo, 1% tamaño medio 100  $\mu\text{m}$ , máximo 220  $\mu\text{m}$ .
- micrita, 2% clastos redondeado-esferoidales o redondeado-tabulares los más grandes. Tamaño entre 1 y 2 mm, bien clasificados. Contienen granos de cuarzo redondeado-esferoidales o angular-esferoidales de 100 a 150  $\mu\text{m}$ . También contienen puntos o manchas marrones de hasta 100  $\mu\text{m}$ , de aspecto orgánico. La masa micrítica es homogénea y densa, sin signos de alteración.

- esparita, se trata de quesparita y se describe como edaforrasgo por haber frecuentes cristales agrupados en mosaicos.
- yeso, puede haber algún cristal de yeso, difícil de distinguir del cuarzo. En el borde superior de la preparación hay 2 ó 3 clastos de yeso porfidoblástico, de 0,9 mm, con algunas lentillas de yeso cerca.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Se estiman en un 5% de la lámina, siendo los más abundantes los radicohistos en diferentes estadios de descomposición.

Hay excrementos marrón-rojizos (80  $\mu$ m) asociados a los radicohistos peor conservados. Son de forma redondeada, algunos densos, pero en general se puede distinguir material fibroso sobre el fondo rojizo y algunas puntuaciones opacas. A veces se les asocian hifas.

Otros excrementos son elípticos, densos, marrón-oscuros u opacos, a veces mixtos con parte marrón oscura y parte opaca en el mismo excremento.

Residuos de tejidos totalmente opacos, con aspecto de cenizas; sobre cuyos huecos celulares, vacíos en su mayoría, destacan unas hifas de aproximadamente 1  $\mu$ m de diámetro.

Se ha visto algún "esporangio" alargado, vacío de esporas.

#### EDAFORRASGOS

##### 1-Quesparita

En los 2 cm superiores es más escasa, pero a partir de ahí puede estimarse entre un 20% y un 30%. En su mayoría son cristales sueltos pero hay frecuentes mosaicos sin huecos, de forma redondeada, y hasta 0.8 mm de diámetro. Hay gradación a través de agrupaciones de pequeño número de cristales, hasta cristales sueltos.

Todas las presentaciones de la quesparita están bien integradas en la masa basal y se distribuyen al azar, sin relación aparente con huecos ni con ningún otro rasgo. No se ha encontrado ningún otro componente de las queras.

##### 2- Rellenos sueltos de canales

- por excrementos de los ya descritos.

- por una mezcla de material orgánico desmenuzado con agregados granulares de aspecto excremental y composición semejante a la del resto del material suelo.

Lám. 29: 0-12 ( 8-12)

### MICROESTRUCTURA

#### Apedial.

Sólo un 15% de la lámina corresponde a materiales finos. La abundancia de elementos gruesos y la abundancia de edaforrasgos cristalinos (yeso lenticular y quesparita), impiden la estructura, salvo en algunas zonas aisladas donde se inicia una estructura esponjosa de huecos mamilados.

Los huecos (40%) son de empaquetamiento complejo de clastos y edaforrasgos con algunos agregados. Hay canales muy deformados y algunas fisuras. En las zonas esponjosas hay cavidades mamiladas.

La microestructura es compleja, de canales y fisuras. En algunas zonas es esponjosa o migajosa.

### MASA BASAL

#### Material grueso

- cuarzo: no se puede estudiar por su escasez y por la abundancia de yeso con el que se confunde.
- micrita: hay clastos (2%) semejantes a los de la descripción anterior 29: 0-12 (0-8). Están menos clasificados, su tamaño máximo es 2 mm. Su aspecto es de estar en destrucción: bordes irregulares con cristalitos separándose, huecos frecuentes, incluso con raíces, fragmentos menores junto al fragmento mayor, etc. En general estos clastos están bien separados de la masa basal (rodeados de huecos), y a veces en continuidad con yeso porfidoblástico.
- esparita: también aquí se describe como edaforrasgo.
- yeso: hay clastos de yeso porfidoblástico con formas reentrantes interpretadas como de disolución; en algunas ocasiones se asocian a micrita. Alcanzan tamaños de varios mm. Cuando los clastos son oligo o monocristalinos es difícil de distinguirlos de las lentillas más grandes.



## Material fino

La mayor parte del material fino se describe como edaforrasgos, por ser quedecal. El resto tiene fábrica cristalítica y es similar al horizonte anterior. En muchos casos estos dos tipos de material fino se encuentran mezclados. El total de material fino es un 15% de la lámina.

## COMPONENTES ORGANICOS

Son semejantes a los de 29: 0-12 (0-8), salvo que no hay cenizas.

### EDAFORRASGOS

#### 1-Yeso

- yeso lenticular, frecuentemente mayor de 0.5 mm. Los tamaños grandes, de formas más imperfectas, son difíciles de distinguir de los elementos gruesos. Se disponen al azar entre el resto del material suelo. Se estiman en un 35% de la superficie.
- yeso microcristalino se presenta en nódulos de aproximadamente 0.3 mm de diámetro subredondeados y distribuidos sin relación aparente con otros caracteres. Se estima en 3%.

En un caso (3.5 x 10.6) se ha visto una masa irregular, de aspecto fragmentado, de aproximadamente 1 cm, constituida por yeso microcristalino al que se asocian cristales algo mayores, porfidoblásticos.

#### 2- Queras

No aparece ninguna quera completa, pero aproximadamente un 5% de la superficie está ocupada por sus restos.

La mayor parte de los finos corresponden a material quedecal; no abundan fragmentos grandes con quehuecos, hay sobre todo pequeños fragmentos. Los de menor tamaño son difíciles de distinguir al no poder apreciarse su anisotropía y mezclarse con finos de otros tipos.

La quesparita se encuentra en general como cristales independientes, muchas veces mezclados con el resto de los componentes. No hay mosaicos bien desarrollados, sólo algunos de 10-20 cristales.

### 3- Revestimientos

El material fino forma algún revestimiento en huecos, sobre una masa donde abundan cristales de quesparita y yeso lenticular.

También son frecuentes los revestimientos discontinuos arcillo-limosos sobre fragmentos de yeso con formas de disolución. Frecuentemente pueden apreciarse en este material las características de anisotropía del material quedecal. En general estos revestimientos llevan partículas orgánicas.

Lám. 29: 22-35

#### MICROESTRUCTURA

Apedral.

El material fino (20%) está en islotes milimétricos entre materiales cristalinos (yeso y quesparita). Hay gradación de tamaños de los islotes hasta el material fino.

Los huecos (20%) son de empaquetamiento de cristales e islotes de finos. Hay también algunos canales. Hay huecos redondos (0.7 mm de diámetro) en los islotes de finos y en los elementos gruesos calcilutíticos.

La organización es en islotes.

#### MASA BASAL

Se describe la masa basal de los islotes:

##### Material grueso

- Micrita, son clastos de una calcilutita similar a la de láminas anteriores. Tabular-redondeados. En los 3 cm superiores de la lámina presentan disposición subhorizontal. A veces estos clastos tienen partes de yeso porfidoblástico, formando un clasto mixto. Más frecuentemente presentan parte quedecal, la cual se considera edaforrasgo.

Los clastos suelen tener bordes irregulares, y a veces huecos con revestimientos discontinuos de cristales de yeso.

- Yeso, clastos policristalinos, en continuidad con micrita o exclusivamente de yeso. Generalmente son de forma redondeada, aunque con bordes de disolución. En muchos casos hay formas de yeso de difícil atribución a elementos gruesos o a edaforrasgos.

### Material fino

#### COMPONENTES ORGANICOS

Radicohistos, (1%), la mayoría muy mal conservados.

Manchas opacas (<< 1%), con partes rojizas, < 1 mm.

#### EDAFORRASGOS

1- Yeso. El yeso (edaforrasgo y gypsorrelicto) es el 45%.

- yeso lenticular. Hay formas lenticulares de hasta 2 mm; en general los tamaños mayores tienen formas lenticulares imperfectas y se encuentran empaquetadas al azar. Hay zonas de lentillas empaquetadas con mayor densidad que parecen corresponder a rellenos de canales o a crecimientos radiales (Fig. V.3.12.2).
- yeso microcristalino, 2%, nódulos redondeados, de bordes irregulares y a veces de aspecto compuesto. Raramente sobrepasan los 0.4 mm, el de mayor tamaño encontrado es de 0.8 mm.

#### 2- Queras

Son raras las queras completas. Hay todos los estadios de destrucción, tanto desde quemosaicos a quesparita aislada, como desde quedecal con quehuecos hasta pequeños fragmentos con las características de color y b-fábrica de la quedecal.

A veces las queras, generalmente fragmentos de quedecal, tienen continuidad con un clasto de calcilutita.

El material quedecal cuando está junto a lentillas puede presentar indicios de birrefringencias asociados a la pared de la lentilla. Se ha observado material quedecal, carente de quehuecos, formando películas alrededor de nódulos de yeso microcristalino.

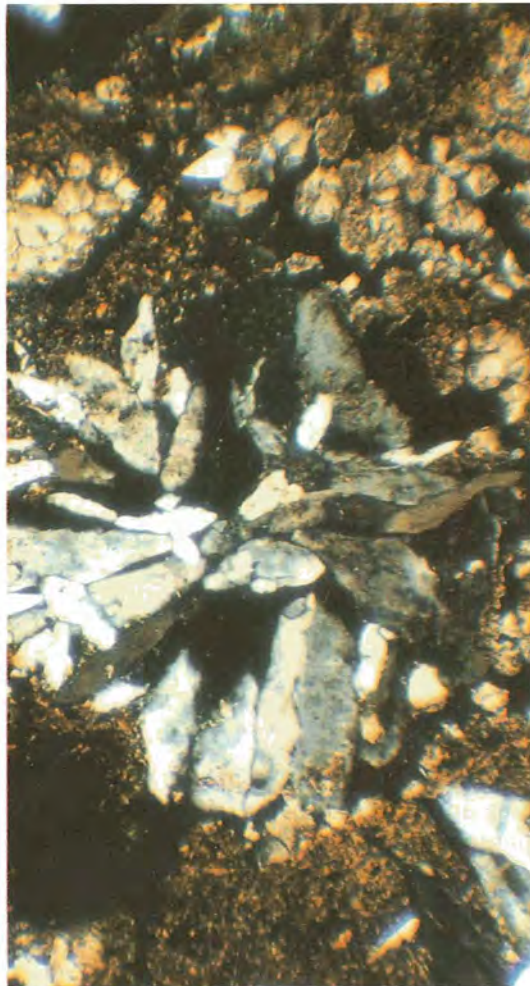


Fig. V.3.12.2. Yeso lenticular en disposición radial que se describe como edaforrasgo. Cristales de quesparita y resto de quemosaico. Lado mayor 2.45 mm. LPX. Lám. 29: 22-35. Peraltilla (Huesca).

### 3- Rellenos (<< 1%)

Hay zonas centimétricas más densas que el resto, de aspecto excremental. El relleno tiene un 5% de huecos, además hay 40% de yeso lenticular y 5% de quesparita, ambos con distribución porfirica, al azar o vagamente arqueada, en una masa basal cristalítica, semejante al material fino de láminas anteriores.

### 4- Revestimientos

Existen revestimientos discontinuos constituídos por cristales de yeso en huecos de los elementos gruesos calcilutíficos.

Láms. 29: 45-50 y 29: 50-57

## MICROESTRUCTURA

Apedial.

Microestructura semejante a la de la lámina 29: 22-35, salvo que aquí abundan menos los islotes de finos de pequeño tamaño. Los huecos también son similares.

Hay venas caracterizadas por su mayor riqueza en yeso, oblicuas, de aproximadamente 0.5 cm de anchura, que recorren ambas láminas.

La organización es en islotes.

## MASA BASAL.

Se describe la masa basal de los islotes.

### Material grueso

- Micrita, clastos calcilutíficos de caracteres internos como los de las láminas anteriores. Tabular-redondeados con bordes irregulares y frecuentemente con patrón de grietas paralelas. Algunos llevan huecos con revestimiento de cristales de yeso. Más a menudo tienen una parte quedecal, carente de grietas; hay todas las gradaciones a islotes totalmente quedecal.
- Yeso, hay yeso policristalino en continuidad con los clastos lutíficos; también clastos exclusivamente de yeso con inclusiones micríticas (limo micrítico o cristales agrupados). El aspecto de sus bordes y huecos parece indicar que están en disolución. En muchos casos las

formas del yeso no permiten discernir si corresponden a elementos gruesos o a edaforrasgos.

### Material fino

#### COMPONENTES ORGANICOS

- Residuos de tejidos (<< 1%) en general muy descompuestos.

#### EDAFORRASGOS

1- Yeso. El yeso total (edaforrasgos y gypsorrelicto) se estima en 45%.

- yeso lenticular como en 29: 22-35.
- yeso microcristalino similar a la lámina 29: 22-35, si bien los nódulos parecen peor desarrollados (mezcla de cristales de tamaños algo mayores, y por lo tanto color amarillo menos puro) y sus formas también más irregulares.

#### 2- Queras

Hay algunas queras completas. Cuando el material quedecal forma una estrecha banda entre cristales lenticulares de yeso de gran tamaño, se aprecia una clara birrefringencia en dicho material. En contacto entre la quedecal y el material fino hospedante de la quera, en zonas pobres en quehuecos o carentes de ellos, aparece tinción por hierro. Más que una característica heredada de la lutita, parece una segregación o concentración de hierro asociada a la quera que se ha denominado quefe.

Es más frecuente que en 29: 22-35 el encontrar islotes de finos de tamaño grande totalmente decalcificados. Las demás características generales son similares a las de 29: 22-35.

3- Rellenos. Similar a 29: 22-35.

4- Revestimientos. Similar a 29: 22-35.

#### MICROESTRUCTURA

##### Apedial.

El material fino es el 30% de la lámina. Microestructura semejante a la de las láminas anteriores (29: 22-35 y 29: 45-50 & 29: 50-57). Aquí la tendencia a islotes grandes es mucho mayor que en las anteriores. Hay una vena vertical de 0.6 mm de grueso más rica en yeso, sobre todo lenticular.

La organización es en islotes.

#### MASA BASAL

Se describe la masa basal de los islotes.

##### Material grueso 10%

- Micrita: como en la lámina anterior.
- Yeso: como en la lámina anterior. Cristales de yeso, milimétricos, pueden incluir material con apariencia de quedecal.

##### Material fino

#### COMPONENTES ORGANICOS

Residuos de tejidos (<<1%) muy descompuestos, exclusivamente los pertenecientes a queras.

#### EDAFORRASGOS

1- Yeso. El yeso total (edaforrasgo o no) se estima en un 40%

- yeso lenticular. Semejante a las láminas anteriores. Es la forma predominante. Alcanza tamaños milimétricos y hay formas que tanto pueden atribuirse a disolución de lentillas mayores como a yeso procedente de la roca. Hay yeso radial y en empalizada asociado a material fino de aspecto quedecal (Figs. V.3.12 3. y V.3.12 4.).
- yeso microcristalino. Hay nódulos menos frecuentes que en la lámina anterior, en su mayoría peor desarrollados y más pequeños.

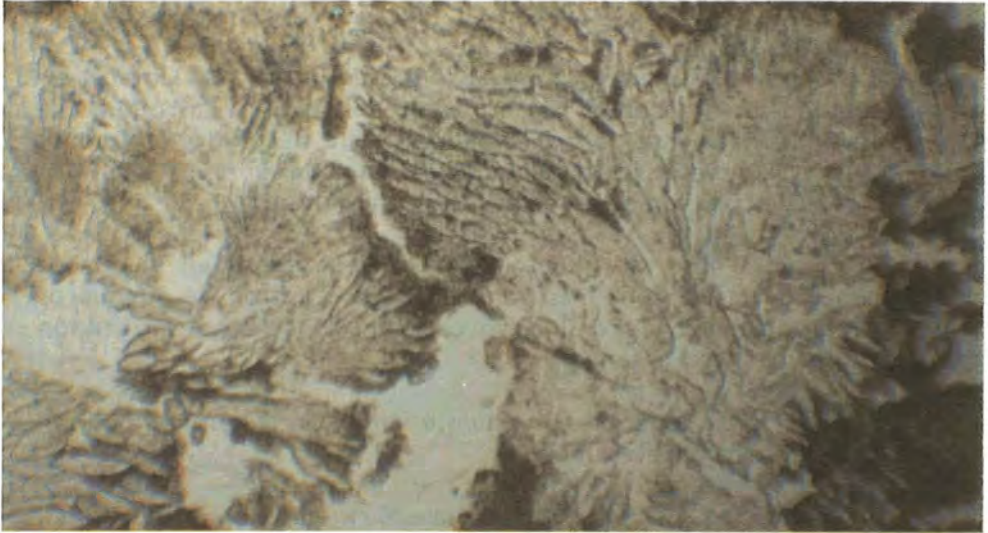


Fig. V.3.12.3. Lentillas de yeso aplanadas dispuestas en empalizada y radialmente, con material fino entre ellas. Lado mayor 2.45 mm. LPP. Lám. 29: 67-69. Peraltila (Huesca).

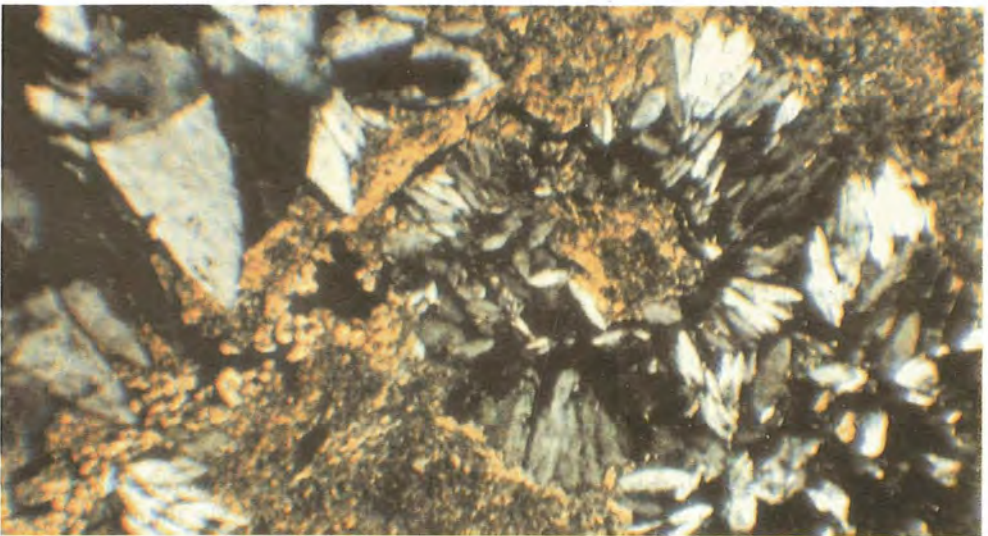


Fig. V.3.12.4. Los cristales de yeso con disposición radial se asocian frecuentemente a material fino de aspecto quedecal. Lado mayor 2.45 mm. LPX. Lám. 29: 67-69.



## 2- Queras.

Las queras están mejor conservadas que en las láminas anteriores, aunque son frecuentes las formas de destrucción. Las queras se individualizan mal porque la mayor parte del material fino es quedecal. A veces hay continuidad con material grueso calcilutítico que se describe como elementos gruesos calcilutíticos.

A veces se observan zonas de material quedecal en el que se superponen una zona más translúcida y con patrón de quehuecos propio, lo que puede considerarse como una zona de redecalficación de una quedecal anterior.

Hay b-fábricas especiales asociadas a lentillas grandes, que podrían describirse como revestimientos.

3- Celestina (< 1%) cristales euhedrales de hasta 290  $\mu\text{m}$  de longitud. Son aciculares con sección transversal en losange.

En general se disponen al azar en nidos de unos pocos  $\text{mm}^2$ , generalmente asociados a zonas quedecal (Figs. V.3.12.5 y V.3.12.6.), aunque también aparecen sobre material micrítico no decalcificado (Figs. V.3.12.7. y V.3.12.8.). Los cristales de celestina se han visto también sobre yeso (Figs. V.3.12.7. y V.3.12.8.), ángulo superior izquierdo); a veces los cristales tienen bordes serrados por disolución y están total o parcialmente incluidos en yeso, conservando una cierta agrupación en nidos.

Lám. 29: 84-92

## MICROESTRUCTURA

### Apedial.

El material fino (60%) es calcilutítico; forma islotes angulares de hasta 1 cm. Entre estos islotes fundamentalmente hay yeso lenticular empaquetado al azar (Figs. V.3.12.9. a V.3.12.11.).

En el material lutítico predominan las grietas de disposición paralela (Fig. V.3.12.9.) y los huecos redondeados de 0.7 mm de diámetro. El total de huecos se estima en un 20%.

Hay algunas venas oblicuas o verticales de 0.3 mm de anchura constituidas por yeso lenticular en empaquetamiento algo suelto, al azar. También una vena horizontal de 0.5 mm de ancho, cuya parte

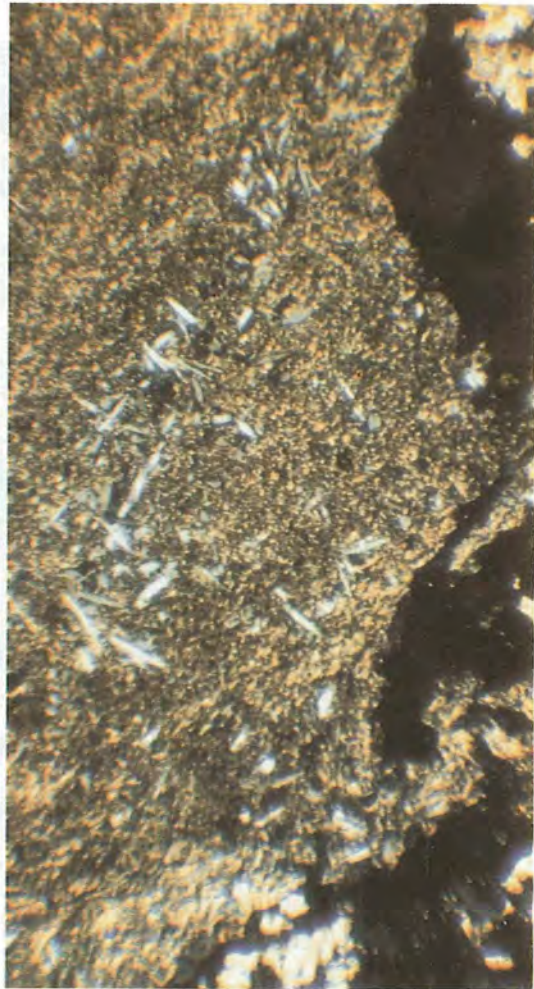


Fig. V.3.12.5. Nido de celestina en un área decalcificada de un material lutítico. Se pueden distinguir algunos cristales de quesparita en los huecos. Lado mayor 2.45 mm. LPX. Lám. 29: 67-69. Peraltila. Huesca.

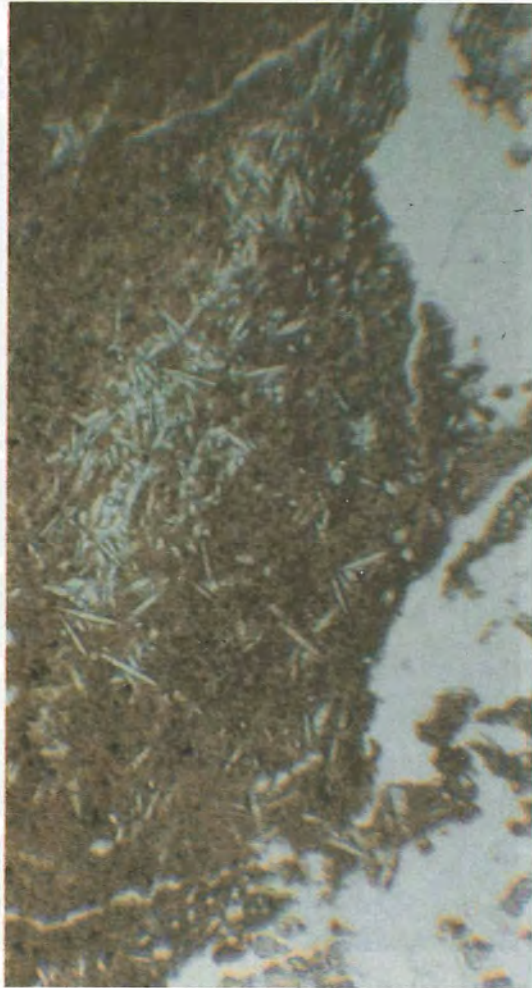


Fig. V.3.12.6. Idem que la anterior. Pueden apreciarse ciertos rasgos sedimentarios en la lutita. Lado mayor 2.45 mm. LPP. Lám. 29: 67-69. Peraltila, Huesca.

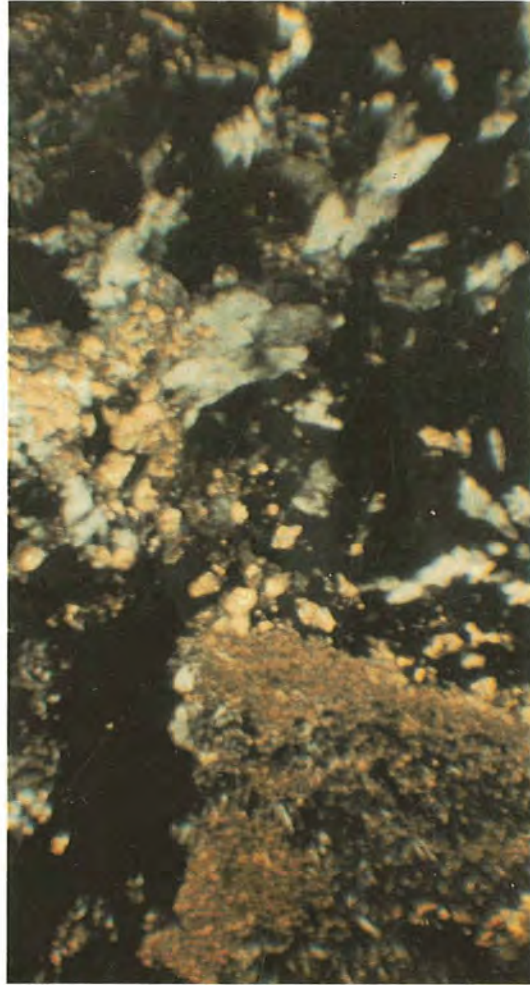


Fig. V.3.12.7. Celestina en material micrítico, no decarbonatado. Lentillas de yeso y cristales de yesparita en el hueco. Lado mayor 2.45 mm. LPX. Lám. 29: 67-69. Peraltilla, Huesca.

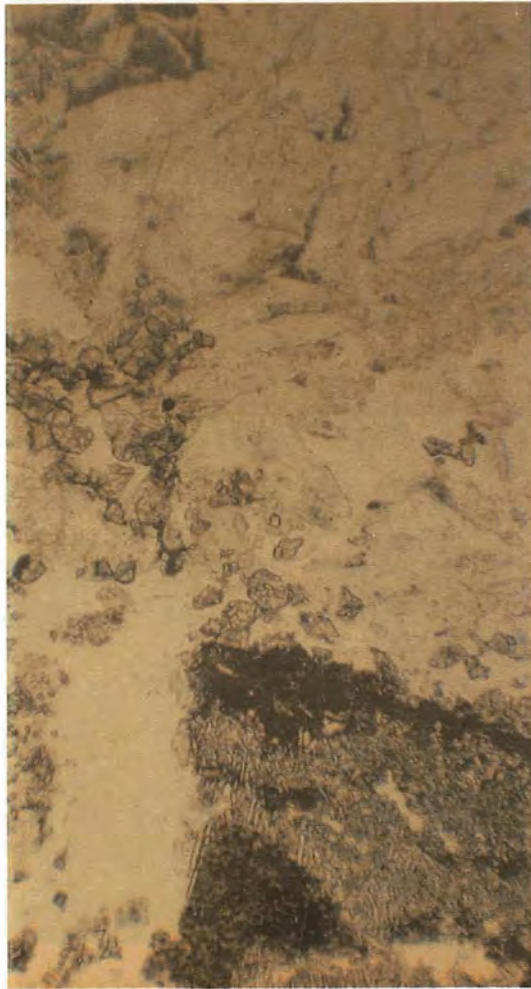


Fig. V.3.12.8. Idem que la anterior. Hay celestina incluida en yeso lenticular. Lado mayor 2.45 mm. LPP. Lám. 29: 67-69.



Fig. V.3.12.9. Estadio temprano de gypsificación edáfica de una lutita que conserva un patrón de huecos (grietas horizontales), todavía sin yeso. Predominan las formas de éste procedentes de la lutita. El canal oblicuo pertenece a una quera. LPX. Lám. 29: 84-92. Peraltilla, Huesca. Lado mayor 31 mm

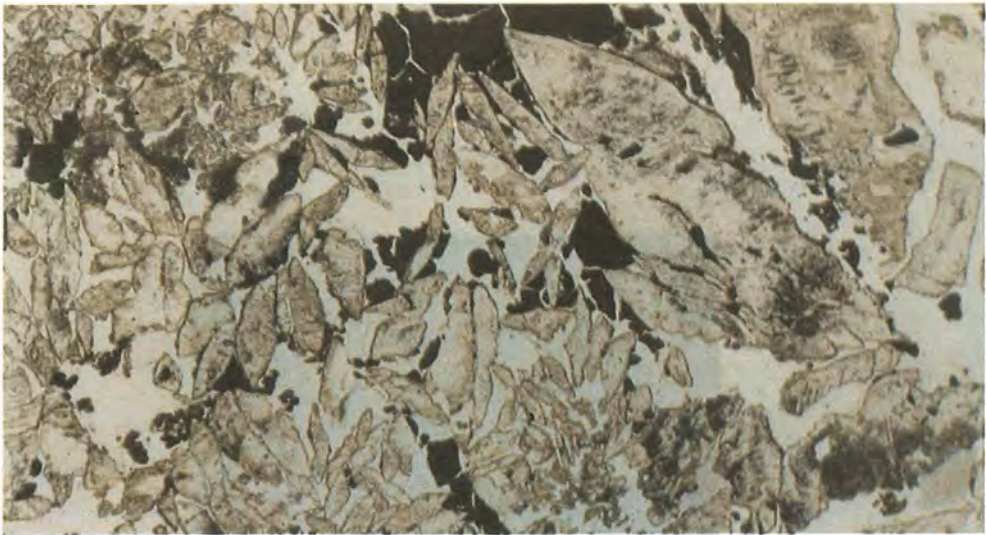


Fig. V.3.12.10. Proceso de gypsificación más intenso que en la figura anterior. Apenas quedan islotes, parte del material micrítico reviste lentillas de yeso o está incluido en ellas. Lado mayor 8 mm. LPP. Lám. 29: 84-92.

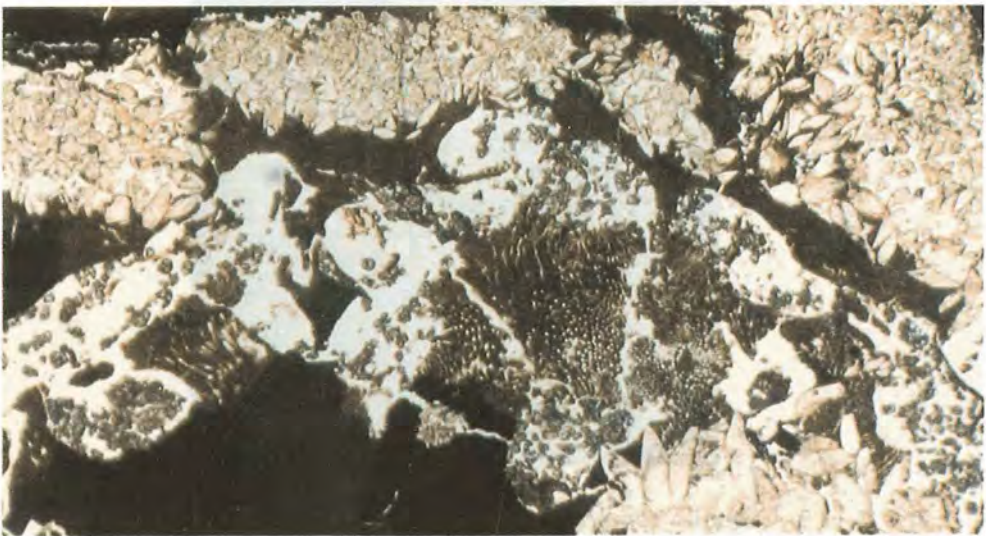


Fig. V.3.12.11. Yeso lenticular empaquetado al azar entre los islotes. Partes de estos están decalcificados y con quehuecos. Los quemosaicos aparecen incompletos. Lado mayor 8 mm. LPP. Lám. 29: 84-92.

central es de yeso fibroso con cristales oblicuos a la vena, mientras que la parte exterior es de yeso lenticular (Fig. V.3.12.9.).

La organización es en islotes.

#### MASA BASAL

No se puede hablar de material grueso, al ser todo material calcilutítico fragmentado y con zonas queradas. El yeso en su mayoría es lenticular, pero algunos cristales podrían describirse como material grueso.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Radichistos (< < 1%) muy descompuestos.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Yeso

- yeso lenticular. La forma predominante del yeso es la lenticular, en posición intercalar en la calcilutita. Minoritarias son las zonas con lentillas menores (hasta 200  $\mu\text{m}$ ), que podrían describirse como rellenos.

Los tamaños mayores (hasta 4 mm) frecuentemente presentan formas de disolución, y generalmente no se puede determinar si se trata de residuos de disolución de una gran lentilla edáfica, o de un cristal procedente de la roca sedimentaria.

Las lentillas de yeso se suelen empaquetar al azar entre fragmentos lutíticos, pero las de mayor tamaño es frecuente encontrarlas en posiciones intercalares (Fig. V.3.12.9.). Estas lentillas mayores suelen incluir material micrítico dando diversas figuras: inclusiones en "fantasma de lentilla", en planos de clivaje perpendiculares a la longitud mayor de la lentilla, en relleno de huecos de disolución, que parecen indicar crecimientos polifásicos (Fig. V.3.12.10.).

- yeso microcristalino. Alrededor de una raíz de 3 mm de diámetro hay una zona concéntrica, de unos 2 mm, con bolas de aspecto fecal y lentillas de pequeño tamaño. Mezclado con todo ello aparecen nódulos de yeso microcristalino.

En el resto de la lámina hay pequeños nódulos de yeso microcristalino de forma irregular.



## 2 Queras 50%

En general se conserva muy bien la queredal con sus huecos, sin llegar a desgajarse del material de partida. Sin embargo los quemosaicos no llegan a estar completos (Figs. V.3.12.11. a V.3.12.13.). Prácticamente no hay cristales sueltos de querasita, salvo en la zona que rodea a la raíz de 3 mm. Algunos mosaicos conservan parte de las vainas orgánicas de los cristales (Fig. V.3.12.14.)

La iluminación convergente y el campo oscuro, al aumentar la profundidad de campo ha permitido visualizar las secciones de los quehuecos con gran relieve (Figs. V.3.12.15. y V.3.12.16.).

También ha permitido apreciar la existencia, en el interior de los cristales de querasita, de zonas generalmente en abanico con vértice en la periferia del grano, que resaltan por su escasa translucidez frente a la hialinidad del resto del grano (Figs. V.3.12.15. y V.3.12.16.). Estas imágenes concuerdan muy bien con las de MEB. En algunas ocasiones estas estructuras en abanico, con zonas concéntricas de diferente hialinidad, parecen afectar a más de un grano de querasita.

## 3-Celestina (<1%)

Hay nidos en la calcilutita (Fig. V.3.12.17.).

Lám. PE 28: 44-50

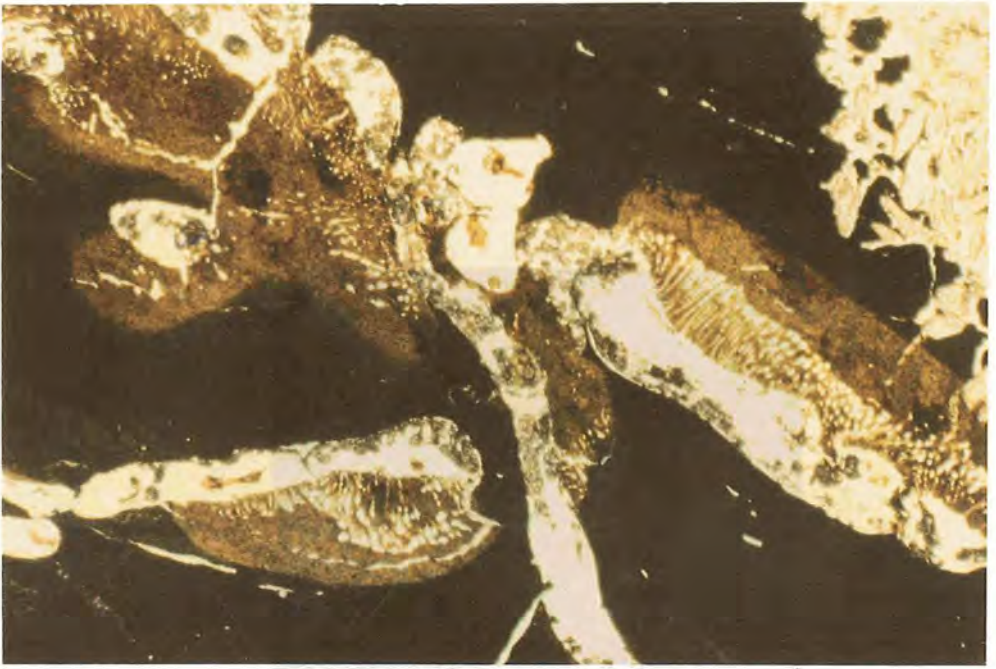
### MICROESTRUCTURA

Estructura muy débil.

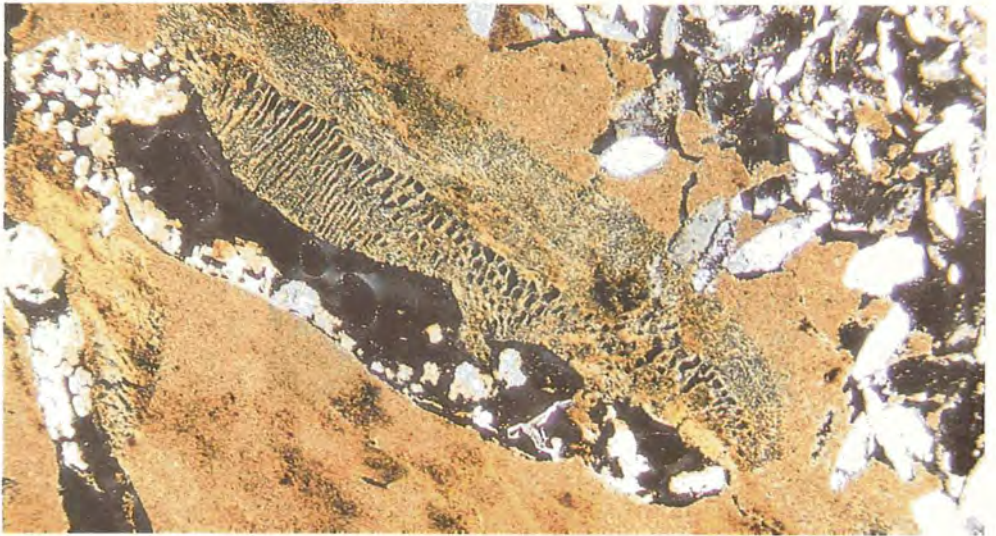
Los huecos son un 40% de la lámina.

En la parte superior de la lámina predomina el empaquetamiento suelto al azar de cristales lenticulares de yeso. Hacia abajo se pasa a empaquetamiento complejo de cristales de yeso lenticular y nódulos de yeso microcristalino. Estos se van haciendo más abundantes llegando a tener la parte inferior de la lámina una porosidad de cavidades en una masa de yeso microcristalino.

En toda la lámina hay huecos redondeados, muchas veces conteniendo restos de raíces.



64130018.jpg  
 Fig. V.3.12.12. Queras milimétricas en lutita. Límite neto de la quedecal y disposición asimétrica respecto al canal central. Quehuecos bien ordenados y de longitudes uniformes. Ocupación incompleta del canal central por el quemosoico. Lado mayor 8 mm. LPP. Lám. 29: 84-92.



A1-A2-083  
 Fig. V.3.12.13. Detalle de la figura anterior. Las birrefringencias entre los quehuecos se consideran producidas por estos. La b-fábrica de la parte de la quedecal no explorada por ellos parece resultar de la decarbonatación. Lado mayor 5 mm. LPX. Lám. 29: 84-92.

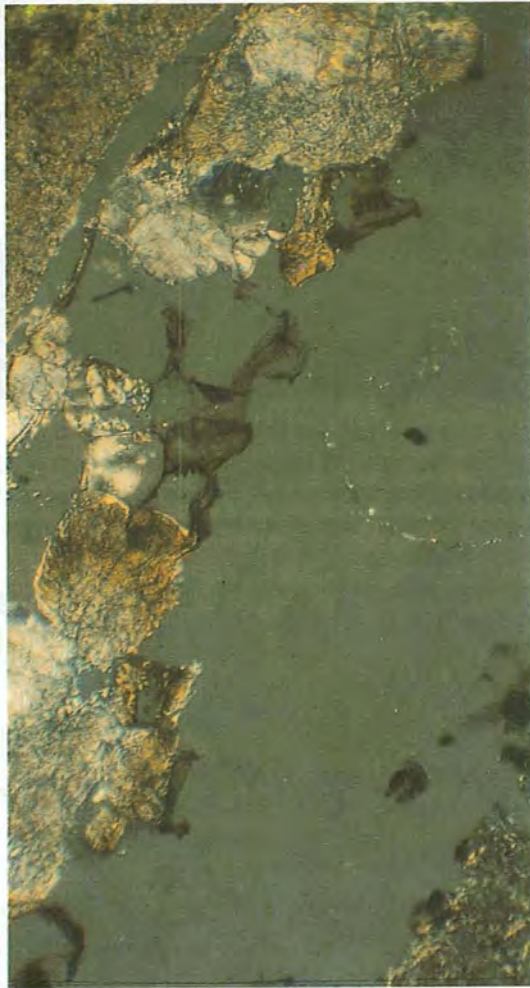


Fig. V.3.12.14. Cristales de quesparita cuya vaina orgánica se identifica bien ya que está en continuidad con sus propios jirones. Lado mayor 0.85 mm. Nícoles a 45°. Lám. 29: 84-92. Peraiulla, Huesca.

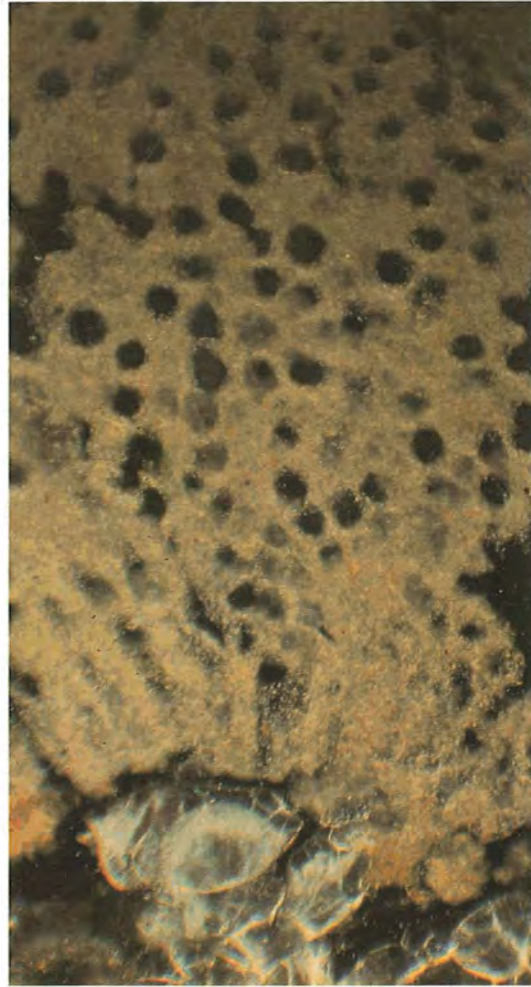


Fig. V.3.12.15. Sección transversal de los quehucos. Observación microscópica con campo oscuro. Lado mayor 0.85 mm. Lám. 29: 84-92.

64130019.jpg

64130020

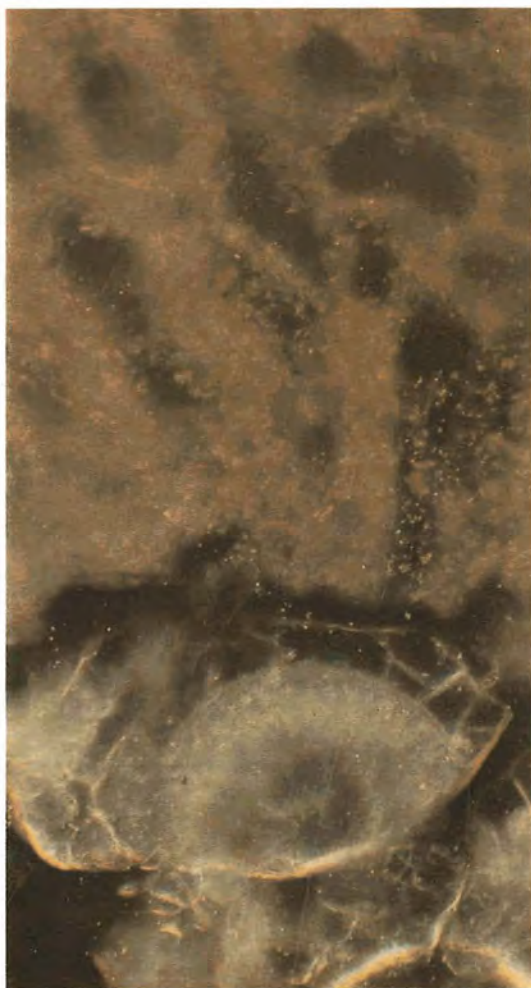


Fig. V.3.12.16. Detalle de la anterior. Zonas de distinta hialinidad en abanico con vértice en el exterior del cristal. Lado mayor 0.34 mm. Lám. 29: 84-92.

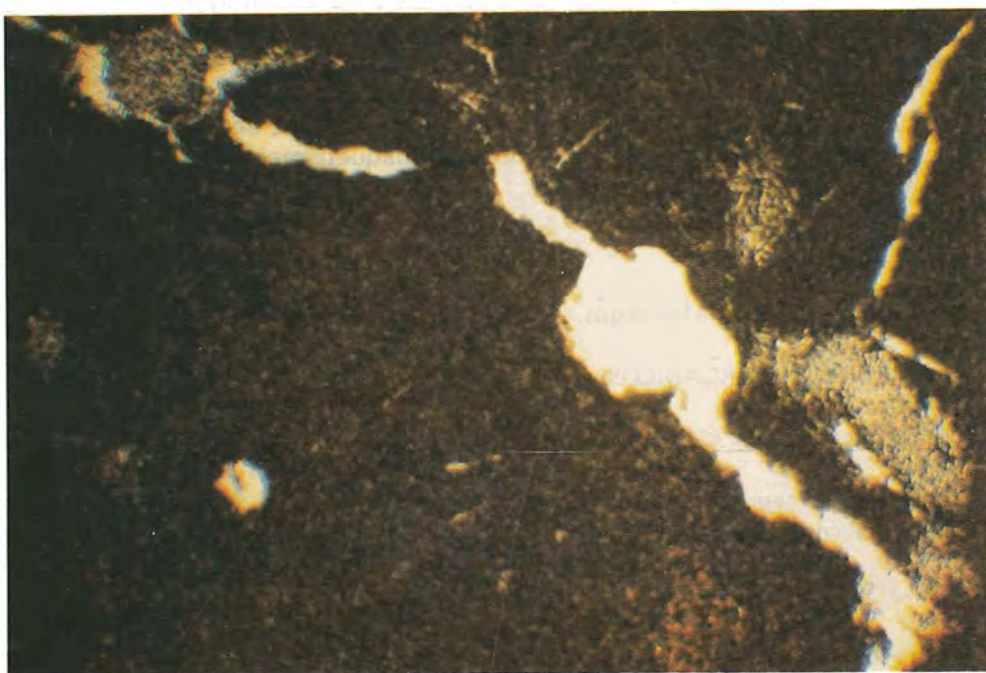


Fig. V.3.12.17. Nidos de celestina en la calcilutita. No hay relación con zonas decalcificadas. Lado mayor 2.45 mm. LPP. Lám. 29: 84-92. Peraltilla, Huesca.

Hay grietas discontinuas de anchura  $< 1$  mm y de hasta 2 cm de longitud, oblicuas subverticales, con disposición paralela.

La microestructura pasa de empaquetamiento suelto de lentillas de yeso en la parte superior, a cavitaria en la parte inferior de la lámina.

## MASA BASAL

### Material grueso

- Yeso porfidoblástico. Hay un clasto de 1 cm y fragmentos milimétricos. El clasto es tabular-redondeado compuesto por porfidoblastos indentados de hasta 0.1 mm. El clasto incluye cristales carbonáticos de unos 15  $\mu\text{m}$  que en una zona tienen distribución porfírica, al azar, sobre los porfidoblastos de yeso, y en otras se disponen formando líneas. También puede verse alguna brizna de mica.

El ataque al yeso se evidencia por los fragmentos milimétricos de iguales características internas que rodean al clasto mayor. Los fragmentos de tamaño más pequeño no pueden distinguirse de las formas lenticulares.

- Lutita.  $< 1\%$ . Fragmentos subesferoidal-redondeados, de hasta 0.8 x 0.4 mm, agrietados. Se presentan en empaquetamiento suelto al azar con los demás componentes.

### Material fino

Se describe como edaforrasgos.

## COMPONENTES ORGANICOS

Manchas opacas  $< < 1\%$ . De hasta 250  $\mu\text{m}$ .

Residuos de tejidos  $< 1\%$ . A veces con excrementos a su alrededor. Muy mal conservados.

## EDAFORRASGOS

1- Yeso. El total de yeso en la lámina es 55 a 60%.

- yeso lenticular. Los tamaños corrientes oscilan entre 0.2 a 0.5 mm. Es predominante en la parte superior de la lámina. Alrededor del

clasto se va haciendo más escaso, a la vez que abundan los fragmentos del clasto.

En la parte inferior de la lámina hay lentillas embutidas en la masa de yeso microcristalino.

- yeso microcristalino. En la parte superior de la lámina son raros los nódulos, de hasta 0.6 mm, subesferoidales-angulosos, que hacia abajo se van haciendo más frecuentes hasta coalescer y finalmente dan una masa cavitosa de yeso microcristalino que engloba algunas lentillas.

## 2- Rasgos excrementales

Hay un 2% de excrementos redondeados de hasta 0.7 x 0.4 mm. Resaltan sobre el fondo yesoso al estar constituídos por material fino y residuos orgánicos, aunque muchas veces contienen algunas lentillas. Abundan las formas de destrucción. Sólo se encuentran en la parte superior de la lámina.

## 3- Revestimientos

- de yeso. Consisten en una disposición especial de cristales (frecuentemente radial) en paredes de huecos redondeados, aparentemente de raíces.
- limoarcillosos, carbonáticos, en destrucción, quedan como fragmentos intercalados en la masa de yeso.

Sus formas evidencian origen en revestimientos, por lo que se prefiere describirlos así y no como intercalaciones.

## V.3.13. Suelos en cabecera de fondo de val

### V.3.13.1. Caracteres generales

La cuenca del barranco Grail prospectada en Peraltilla tiene una val principal cuya cabecera acaba en un cuello hacia otra cuenca más amplia desarrollada en sentido opuesto y también dentro de la chesa.

La parte baja del barranco Grail está encajada, con acción erosiva remontante desde su desembocadura en la Clamor de Peraltilla. Esta acción remontante queda obstaculizada a lo largo del barranco por la presencia de bancos verticales de yeso más resistentes a la erosión,



con lo cual la parte superior de esta val es de fondo plano y carece de tollo. Esta amplia cabecera lleva un relleno limoso de varios metros de potencia. Ello indica que la val de Grail fue más larga, habiendo retrocedido la divisoria de aguas por la acción más intensa de la cuenca colindante.

### V.3.13.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión PE 22	Descripción: 16-1-82	Peraltilla(Huesca)
Cultivo de cebada	Val de Grail	
A <sub>p</sub>	0-30 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 3/4. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Débil actividad de fauna. Restos de rastrojo incorporados al labrar. Frecuentes raíces finas y muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuídas, vivas. Poroso. Límite plano: suela de labor. Ochrico.	
B <sub>y</sub>	30-80 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/3. Manchas de color 10 YR 6.5/3, pequeñas, de límite abrupto, redondeados, sin relación visible con otros caracteres. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Débil actividad de fauna. Frecuentes raíces finas y muy finas, verticales, regularmente distribuídas, vivas. Poroso. Pocas acumulaciones: nódulos friables de tamaño fino, blandas. Límite gradual, plano.	
Y <sub>21</sub>	80-170 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/3.5. Estado de oxidación. Frecuentes elementos gruesos, tamaño grava, esferoidales, yeso. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Mediana actividad de fauna. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuídas, vivas. Poco poroso. Abundantes acumulaciones, macrocristales de yeso en las caras de los elementos de estructura, poros y raíces, de tamaño fino, blandas formas complejas, color 2.5 Y 8/3 (color del yeso). Límite neto, plano. Gypsico.	
Y <sub>22</sub>	70-240 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 5/3. Estado de oxidación. Estructura débil en bloques subangulares finos. Friable. Débil actividad de fauna. No hay raíces. Poco poroso. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso, de tamaño fino, blandas, asociadas a los poros, de color 2.5 Y 8/3 (color del yeso). Gypsico.	

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
22/1	A <sub>p</sub>	0-30	7.7	1.8	33.4	1.2	1.05
/2	B <sub>y2</sub>	30-80	7.8	0.9	32.4	0.6	0.72
/3	Y <sub>21</sub>	80-170	7.8	0.6	30.9	8.1	1.89
/4	Y <sub>22</sub>	170-240	7.9	0.4	24.7	13.4	2.32

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
45.2	2.81	35,0	4.5	ip.	ip.	3	22.8	ip.	0.0
52.8	2.41	26,0	8,0	ip.	ip.	1.5	26.5	1.0	0.0
46.0	2.84	27,0	16.1	ip.	ip.	1.5	33.0	1.0	0.0
42.2	3.05	27.4	19.2	ip.	ip.	1.5	37.0	1.8	0.0

### V.3.13.3. Descripción micromorfológica

El examen de las 13 láminas disponibles de este pedión revela diferencias de estructura entre los diferentes horizontes.

Sin embargo la masa basal es relativamente uniforme en todo el perfil, por lo que puede describirse conjuntamente a partir de la lámina más superficial, haciendo referencias a las demás cuando hay diferencias relevantes. Debe indicarse que la relación *c/f* desciende progresivamente en profundidad estimándose en 10 % para la lám. 22: 18-30 y en 2 % para la lám. 22: 230-241; este descenso es más brusco hacia la mitad del perfil, sobre todo entre la lám. 22: 95-107 y la lám. 22: 109-122. Otra característica que varía en profundidad es que la calcita con aspecto de quesparita sólo se encuentra en los horizontes más superficiales.

Los edaforragos más destacados son los constituidos por yeso que aparecen a partir de los 90 cm de profundidad. Son predominantemente rellenos si bien en determinados niveles (desde 90 a 165 cm) pueden describirse algunas regiones milimétricas en términos de organización en islotes.

Apedral, con un 10 % de zonas de estructura débilmente desarrollada.

Agregados en bloques subangulares finos de superficie rugosa a 100X, parcialmente acomodados.

Huecos.

En la mitad superior de la lámina, en material no agregado, hay un 10 % de huecos, principalmente meso o microcavidades, algunas muy alargadas, de tendencia vertical.

En la mitad inferior de la lámina hay un 20 % de huecos, sobre todo macrocanales finos y medios de paredes rugosas a 100X. Además hay micro y mesogrietas, algunas de tendencia vertical, y en menor proporción mesocavidades.

#### MICROESTRUCTURA

La parte superior de la lámina es maciza, con zonas cavitarias. La parte inferior tiene microestructura de canales con algunas zonas de microestructura fisural.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

- cuarzo tamaño arena fina, moderadamente clasificado y algo mejor clasificado en profundidad; granos subangulares o subredondeados. Su proporción es en todo el perfil menor del 10 %, siendo en esta lamina donde más abunda.
- cuarcita << 1%, esferoidal-redondeados, tamaño arena media.
- mica briznas de hasta 150  $\mu$ m de longitud (< 2 %), haciéndose más escasas en profundidad.
- calcilita fragmentos siempre < 2 mm, esferoidal-redondeados. Menos del 2 % en esta lámina; su abundancia y tamaño disminuyen en profundidad hasta hacerse muy raros a partir de los 85 cm de profundidad.

- esparita de hasta 110  $\mu\text{m}$ , bien clasificada. Anhedral, generalmente redondeada. Menos del 5 % en esta lámina, en profundidad se hace más escasa y de menor tamaño.
- conchas algún fragmento de hasta 2 mm de longitud en esta lámina, más escasos en la 22: 60-72, inexistentes en profundidad.

### Material fino

b-fábrica cristalítica (calcítica); c/f porfírica

### COMPONENTES ORGANICOS

- residuos vegetales carbonizados < 1% en esta lámina, con tamaño modal 60  $\mu\text{m}$  y excepcionalmente milimétricos. Hay muchos menos en la lámina 22: 60-72 y son casi inexistentes en las demás láminas.
- manchas orgánicas: los materiales opacos de tamaños < 30  $\mu\text{m}$  suponen un 5% de la lámina, siendo indistinguibles de los residuos vegetales más pequeños. Las manchas orgánicas de color marrón son menos abundantes y más pequeñas. Hay algunas manchas redondeadas, de bordes netos, que impregnan la masa basal y no sobrepasan los 150  $\mu\text{m}$ .

### EDAFORRASGOS

1- Quesparita: son raros (<1%) los quemosaicos, todos ellos con menos de 15 cristales. Algunos de los cristales de esparita que pueden describirse como material grueso pueden identificarse como quesparita por su tamaño, características internas y más raramente por su morfología.

Lám. 22: 60-72

Pedralidad moderada.

Agregados.

Bloques subangulares medios, de paredes rugosas a 100X, parcialmente acomodados.

Hay zonas con agregados granulares reentrantes en transición a agregados de aspecto fecal y a zonas de estructura cavitaria.

Huecos 30% de la lámina

Los macrocanales medios (10%) se sitúan tanto en zonas macizas con porosidad cavitaria, como interagregados. Sus paredes son lisas a 32X. Patrón de orientación moderadamente vertical.

Hay micro y mesogrietas de paredes lisas a 32X.

Mesocavidades en zonas localizadas y muchas veces asociadas a zonas de agregados granulares sueltos y a zonas de aspecto fecal.

#### MICROESTRUCTURA

Moderadamente desarrollada de canales y de bloques subangulares. Hay zonas granulares generalmente con transición a las anteriores.

#### COMPONENTES ORGANICOS

- manchas orgánicas: igual que la lám. 22: 18-30, pero mucho menos abundantes. Se mantienen en todo el perfil.

#### EDAFORRASGOS

1- Quesparita: restos de quemosaicos más raros y peor conservados que en 22: 18-30; lo mismo los cristales aislados de quesparita.

Lám. 22: 74-87

Pedialidad moderada

Agregados.

Bloques subangulares medios, de superficie rugosa a 32X, parcialmente acomodados. En mucha mayor proporción hay agregados granulares, reentrantes, que pueden asociarse a formas fecales y en muchos casos ser descritos como rellenos.

Huecos. 10%

Mesohuecos planares finos o medios interagregados. Macrocanales medios y finos interagregados y en mucha menor proporción intraagregados, paredes rugosas a 100X. El patrón de orientación es moderadamente vertical.

Mesocavidades con las mismas características que en lám. 22: 60-72, pero mucho menos abundantes.

#### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares, y en menor proporción de canales. Las zonas con estructura granular son mucho menos abundantes que en la lám. 22: 60-72.

#### COMPONENTES ORGANICOS

- manchas orgánicas: como en la lámina anterior (22: 60-72), salvo que algunas aparecen agrupadas y con una distribución aparentemente relacionada con las manchas opacas existentes en el interior de fragmentos de lutita.

#### EDAFORRASGOS

- 1- Quesparita: como en la lámina anterior (22: 60-72)
- 2- Intercalaciones (<1%) de material fino (<2µm) cristalítico (calcítico).

Lám. 22: 87-95

Pedialidad fuerte.

Agregados.

Bloques subangulares medios y gruesos parcialmente acomodados.

Huecos.

Mesohuecos planares finos interagregados. Macrocanales finos interagregados de paredes finas a 32X. Mesocavidades medias y finas intraagregados (2% de la sección de los agregados). Su tamaño y abundancia es mayor en las zonas que se describen como de relleno. Hay una gran cámara (14 x 9 mm) asociada a una zona de relleno.

## MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares y en muy pequeña proporción de canales.

Hacia la parte inferior de la lámina los ensanchamientos de los huecos planares interagregados, así como algunas cavidades y canales intraagregados suelen tener lentillas de yeso. En los mayores (varios mm) de estos huecos se puede describir organización en islotes.

## COMPONENTES ORGANICOS

Como en la lámina 22: 60-72. Hay alguna mancha de 500  $\mu\text{m}$ , marrón oscura, con abundantes granos de cuarzo.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgos gypsicos

- rellenos de yeso, < 5%, generalmente formados por lentillas de yeso de entre 40 a 400  $\mu\text{m}$ . Se pueden distinguir:
  - lentillas agrupadas densamente ocupando tramos de grietas entre agregados
  - lentillas en cavidades de uno 400  $\mu\text{m}$ , a menudo con disposición de tendencia radial, formando un relleno total o dejando un hueco central
  - lentillas en huecos de varios milímetros, generalmente en intersección de grietas interagregados las cuales carecen de relleno. Estos huecos suelen tener el relleno completo, suelto, con lentillas de 200 a 300  $\mu\text{m}$ , y en menor proporción de tamaños menores. Estos cristales de yeso van mezclados con agregados subangulares de unos 250  $\mu\text{m}$  cuyo material es idéntico a la masa basal de los agregados circundantes. Todo esto equivale a decir que el relleno de estos huecos tiene organización en islotes.
  - relleno por cristales de yeso cuyo denso empaquetamiento y cristales bien clasificados de pequeño tamaño (< 20  $\mu\text{m}$ ) dificulta la observación. Sólo se han visto unas pocas unidades exclusivamente ocupando tramos de grietas interagregados, lo que parece confirmar no son de origen lítico.
  - escasas lentillas intercalares en el material fino.

Pedialidad moderada

Agregados.

Bloques subangulares medios parcialmente acomodados. Hay zonas con agregados granulares reentrantes en transición a agregados de aspecto fecal y a zonas de estructura cavitaria.

Huecos.

Mesohuecos planares finos interagregados. Macrocanales finos inter e intraagregados, paredes rugosas a 32X. Macrocavidades finas intraagregados; son abundantes asociadas a agregados de aspecto fecal.

#### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares.

Hay un 5% de zonas, más abundantes hacia la parte inferior de la lámina, donde se puede distinguir organización en islotes. Estas zonas están en continuidad con los huecos planares.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgos gypsicos

- rellenos de yeso (10%) semejantes a los de la lámina anterior (22: 87-95), salvo los de cristales pequeños densamente empaquetados, que no aparecen.
- zonas de organización en islotes. Hay regiones centimétricas en la parte basal de la lámina cuyo tamaño y mejor desarrollo que las descritas en la lámina anterior permite describirlas como de organización en islotes.

En estas regiones los islotes de finos son el 20%, las lentillas de yeso el 50% y los huecos el 30%.

El material fino es idéntico al de los agregados circundantes, en agregados menores que las lentillas, a veces con aspecto fecal. Este mismo material fino forma revestimientos limo-arcillosos en las lentillas.



## 2- Celestina

Se ha visto un nido de 2.5 mm formado por cristales euhedrales y subhedrales de menos de 50  $\mu$ m de longitud dispuestos al azar sobre la masa basal.

Lám. 22: 95-107

Pedialidad moderada.

Agregados 80% bloques subangulares medios y finos parcialmente acomodados. En unas pocas zonas hay disposición concéntrica de agregados, asociable a actividad de fauna.

El 20% restante corresponde a organización en islotes con cierta tendencia a canales verticales de 0.5 x 2 mm.

Huecos.

Interagregados: 2% mesohuecos planares de paredes irregulares a 32X.

Intraagregados: 1% cavidades; 1% mesocanales gruesos; 1% microhuecos planares.

Muchas de las cavidades y los ensanchamientos de los microhuecos planares tienen yeso lenticular, y se pasa insensiblemente a las zonas de organización en islotes.

En éstas hay huecos complejos de empaquetamiento de lentillas de yeso y de islotes. Algunas de estas zonas aparecen en el interior de agregados.

### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares y 20% de zonas de organización en islotes con distribución aparentemente asociada a la actividad de fauna.

Estructura cavitaria en zonas localizadas.

## EDAFORRASGOS

1- Rasgos gypsicos son similares a la lámina anterior (22: 95-102), aunque la organización en islotes ocupa mayor superficie que en la anterior y en ellas los revestimientos limoarcillosos no son patentes. Hay algunos residuos vegetales carbonosos en estos edaforrasgos.

### 2- Celestina

Se ha encontrado un solo nido semejante a la lámina anterior (22: 95-102) pero con cristales de hasta 130  $\mu\text{m}$ .

Lám. 22: 109-122

Pedialidad moderada

Agregados.

Bloques subangulares medios y finos parcialmente acomodados. 85%

Organización en islotes 15%, distribuída en canales de tendencia vertical de hasta 0.5x3 cm.

Huecos

Interagregados 2% mesohuecos planares de paredes irregulares a 32X. Fuertemente orientados, horizontales.

Intraagregados 1% mesohuecos planares finos de paredes irregulares a 32X, orientación moderada, horizontal.

## MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares y de fisuras horizontales y un 15% de organización en islotes. Zonas localizadas de estructura cavitaria.

## EDAFORRASGOS

1- Rasgos gypsicos semejantes a la lámina anterior (22: 95-107)

2- Celestina. Dentro de un área de 1  $\text{cm}^2$  se han encontrado tres nidos de pocos cristales cada uno. Los cristales euhedrales de hasta 60  $\mu\text{m}$  se encuentran revistiendo paredes de cavidades o como relleno suelto incompleto de una cavidad alargada de longitud milimétrica.

3- Manchas orgánicas: como en las láminas anteriores.

Lám. 22: 124-136

Pedialidad débil.

Agregados

Bloques subangulares gruesos, acomodados. 85%

Organización en islotes 15%, distribuída igual que en la lámina anterior (22: 109-122) aunque con verticalidad menos acusada.

Huecos. Interagregados 1% mesohuecos planares de paredes irregulares a 32X. 2% mesocanales gruesos y cavidades.

Intraagregados. Macro y meso cavidades. Micro y mesohuecos planares, orientación vertical moderada.

#### MICROESTRUCTURA

De fisuras horizontales y de bloques subangulares y un 15% de organización en islotes.

#### EDAFORRASGOS

Semejantes a la lámina anterior (22: 109-122)

Celestina. Se ha visto una sola agrupación de cristales euhedrales, de 30  $\mu\text{m}$ , con algunos de hasta 120  $\mu\text{m}$ , formando un relleno suelto incompleto en una grieta.

Lám. 22: 137-148

Pedialidad débil

Agregados 10% de bloques subangulares medios y finos. El resto es material no agregado con estructura de canales y de cavidades.

Un 10% corresponde a zonas de organización en islotes distribuídas en formas irregulares de verticalidad casi inexistente.

Huecos. Los bloques subangulares están separados del material circundante por mesohuecos planares de paredes irregulares a 32X.

Hay algunos macrocanales medios. Son más frecuentes las mesocavidades gruesas. Localmente se observan zonas con grietas de tendencia horizontal o inclinada.

La forma de algunas cavidades parece debida a moldes de lentillas de yeso muy deformados.

#### MICROESTRUCTURA

De canales y de cavidades pero con algún bloque subangular. Hay zonas (2%) localizadas de estructura laminar. Un 10% corresponde a organización en islotes.

#### EDAFORRASGOS

- Los rasgos gypsicos son similares a las láminas anteriores (22: 109-122 y 22: 124-136) salvo que las lentillas son mayores, siendo corrientes las de 1.5 mm.
- Celestina. Se han visto unas 6 agrupaciones de cristales en grietas, similares a las de 22: 124-136.

Lám. 22: 152-165

#### Apedial.

Agregados. La agregación es la debida a mesocanales gruesos y cavidades en la masa. Hay zonas con gran abundancia de cavidades, en transición a granulares.

Un 5% son zonas redondeadas de unos 5 mm de diámetro, cuya organización es en islotes. Algunas pueden relacionarse con actividad de fauna.

Huecos. Predominan los mesocanales gruesos y las mesocavidades medias. Hay zonas donde se concentran estas mesocavidades. Los huecos planares son escasos. Algunas cavidades parecen moldes de lentillas.

## MICROESTRUCTURA

De canales y cavidades. Localmente hay zonas donde predomina la estructura cavitaria, frecuentemente con aspecto de agregados fecales coalescentes.

La organización en islotes se presenta en zonas redondeadas de unos 5 mm de diámetro intercaladas en la masa.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgos gypsicos.

Son similares a los descritos hasta ahora, pero respecto a las lámina anteriores (22: 109-122 y 22: 124-136) destaca la menor proporción de zonas con organización en islotes. Los cristales de yeso son de tamaños grandes, como en la lámina 22: 124-136, pero de formas lenticulares imperfectas. Son frecuentes las disposiciones radiales imperfectas en estos cristales.

### 2- Celestina

Se han visto unos 6 nidos agrupados en una región de unos 6 cm<sup>2</sup>. Son semejantes a los de la lámina anterior (22: 124-136), algunos están en huecos como rellenos incompletos y otros en la masa basal.

Lám. 22: 165-178

### Apedial.

Agregados. La agrupación es escasa, debida a algunos macrocanales medios y gruesos. Zonas localizadas de estructura cavitaria.

Huecos. Macrocanales medios y gruesos. Mesocavidades gruesas Mesocavidades finas en rellenos. Hay algún hueco planar que no llega a separar agregados.

## MICROESTRUCTURA

De canales y en menor medida cavitaria.

## EDAFORRASGOS

1- Rasgos gypsicos. El yeso es casi inexistente en los 4 cm superiores de la lámina.

- rellenos densos. La mayor parte del yeso está en lentillas de 40-70  $\mu\text{m}$  muy bien clasificadas formando rellenos densos completos de cavidades y canales. La mayoría de estos rellenos son de yeso casi puro siendo una minoría los que contienen material fino en pequeñas cantidades.
- lentillas intercalares, hay zonas con abundantes lentillas intercalares generalmente con distribución asociada a los rellenos.
- grandes cristales de yeso. Hay algunos cristales de varios mm, lenticulares o en punta de flecha, maclados. Suelen incluir lentillas menores de formas muy perfectas.
- no hay zonas con organización en islotes.

## 2- Celestina

Hay algunos cristales subhedrales en varilla dispersos en agregados de aspecto fecal. También se han visto dos nidos en la masa basal.

Lám. 22: 180-209

Apedial.

Agregados: la agrupación se debe a mesocanales gruesos. La agrupación por cavidades es mucho más escasa que en la lámina anterior (22: 165-178).

Huecos. Mesocanales gruesos. Alguna zona de mesocavidades finas. Huecos planares más raros y menos desarrollados que en la lámina anterior (22: 165-178).

## MICROESTRUCTURA

De canales y en algunas zonas cavitaria.

## COMPONENTES ORGANICOS

Las manchas orgánicas semejantes a las de las otras láminas del perfil, pero aquí aparecen frecuentemente asociadas a las de los fragmentos de lutita.

## EDAFORRASGOS

Rasgos gypsicos como en la lámina anterior (22; 165-178).

Lám. 22: 230-241

### Apedial:

Agregados. La agregación se debe a mesocanales gruesos.

Huecos. Mesocanales gruesos. Zonas de microcavidades finas. Los huecos planares son casi inexistentes.

## MICROESTRUCTURA

De canales. Hay zonas cavitarias.

De algunas zonas con yeso pueden pasar a organización en islotes.

## COMPONENTES ORGANICOS

- manchas orgánicas algo más abundantes que en láminas anteriores.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgos gypsicos

Hay huecos con relleno denso por lentillas como los descritos en las láminas inmediatamente precedentes. Otros huecos tienen el mismo tipo de relleno pero con lentillas mayores de alrededor de 300  $\mu\text{m}$ . Los distintos rellenos por tamaño de sus lentillas no se mezclan ni aun cuando quedan contiguos en el mismo hueco.

Hay lentillas milimétricas macladas e incluyendo lentillas menores. Son más abundantes que en la lámina anterior (22: 180-201).

Escasa zonas con organización en islotes.

2- Celestina. Se encuentran cristales euhedrales de 50  $\mu\text{m}$  en una zona de pocos  $\text{mm}^2$ , tanto en un hueco como en la masa basal y entre lentillas de yeso.

3- Revestimientos en un elemento grueso y cuasirrevestimiento de un hueco continuándose como intercalación y desapareciendo gradualmente. Son limo-arcillosos y muy débilmente birrefringentes.

#### V.3.14. Suelos en la parte distal de fondo de val

##### V.3.14.1. Caracteres generales

La conjunción de factores climáticos y de determinados rasgos litológicos y estructurales han producido en ciertos casos formas del paisaje que hoy resultan metaestables.

Como pedión característico de una de estas formas puede considerarse el representado por la calicata PE 14, en el fondo de una val tributaria de la val de Grail. La cabecera de esta tributaria se sitúa en los estratos de calizas y areniscas a techo del yeso que forman las crestas de Peña Grail y Peña Traición. El relleno tiene componentes detríticos gruesos más abundantes y color más rojizo que el de las vales con origen en el interior de la chesa.

Este relleno está colgado sobre la val principal formando su frente un escarpe vertical de unos 10 m. Tal situación se atribuye a pulsaciones de la erosión remontante de la val de Grail debidas a umbrales de resistencia constituidos por paquetes verticalizados de yeso con calizas y lutitas intercaladas. Hasta su arrasamiento, estos paquetes originan un escalón de varios metros de salto, tal como se observa actualmente a lo largo de la val principal.

El relleno colgado está expuesto a erosión intensísima, tal vez catastrófica, desencadenable por una serie de factores de control: pluviosidad, intensidad de lluvia, cubierta vegetal, cambio de técnicas culturales, abandono de los bancales transversales del fondo, obras no adecuadas, desplome de un escalón de la val principal, etc. El frente de este relleno presenta un corte vertical con niveles oscuros intercalados que denotan el carácter edáfico de su formación en etapas sucesivas.

Situaciones similares a la descrita son frecuentes en las chesas, si bien con escarpes menores y no verticales. Además suele superponerse la acción antrópica de relleno y nivelación recientes con cultivo de cereal, mientras que en la val estudiada se conservan las almendreras.



V.3.14.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Pedión PE 14	Descripción: 23-1-82	Peraltilla (Huesca) Val de Grail
Ap <sub>1</sub>	0-18	Húmedo. Color en húmedo 2.5 YR 4/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares. Friable. Poca materia orgánica, bien incorporada. Actividad biológica muy escasa. Poco compacto. Raíces escasas, muy finas, regularmente distribuidas, sin orientación definida, vivas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano.
Ap <sub>2</sub>	18-30	Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 4.5/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares. Friable. Poca materia orgánica, bien incorporada. Actividad biológica muy escasa. Raíces frecuentes, medias, de tendencia horizontal, regularmente distribuidas, vivas. Poroso, sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano.
Y <sub>1</sub>	30-150	Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 4/3; manchas 10 YR 8/2. En estado de oxidación. Elementos gruesos muy escasos, fragmentos de areniscas y calizas de hasta 2 cm. Estructura primaria fuerte en bloques subangulares de tamaño medio; secundaria moderada ligada a fauna. Friable. Escasa materia orgánica. Fauna activa; galerías rellenas, bolas fecales. Raíces finas y muy finas disminuyendo en profundidad, vivas y muertas, verticales. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Sin grietas. Muy abundantes acumulaciones de yeso vermiforme, regularmente distribuidas. La compacidad aumenta en profundidad. Gypsico.
By <sub>ca</sub>	150-210	Ligeramente húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/6; manchas 7.5 YR 8/3.5. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura fuerte en bloques subangulares de tamaño fino. Friable. Muy compacto. Sin raíces. Sin materia orgánica. Fauna activa: turrículas y galerías rellenas. Poroso. Sin grietas. Fuerte efervescencia al HCl 11%. No cementado. Pocas acumulaciones de yeso vermiforme en canales de raíces y poros; abundantes nódulos calizos cementados y friables. Cálculo-gypsico.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
PE 14/1	Ap1	0-18	7.9	1.6	15.9	5.8	2.01
/2	Ap2	18-30	7.8	1.1	17.9	8.3	-
/3	Y1	30-50	7.9	1.1	19.2	5.0	-
/4	Y1	50-70	7.9	1.3	21.1	4.5	2.05
/5 m	Y1	60-70	8.0	1.2	20.9	4.5	-
/6	Y1	70-90	8.0	1.2	21.9	3.6	2.01
/7	Y1	90-110	8.0	0.9	20.5	8.9	-
/8 m	Y1	100-120	8.0	0.8	22.6	6.6	2.12
/9	Y1	110-130	8.0	0.8	21.3	4.3	1.94
/10	Y1	130-150	8.0	0.6	29.0	3.0	1.50
/11	Byca	150-170	8.0	0.5	31.2	3.7	1.68
/12	Byca	170-190	8.1	0.4	30.0	5.8	-
/13	Byca	190-210	8.1	0.3	28.5	4.2	-
/14 m	Byca	200-220	8.0	0.3	29.5	4.7	-

Pasta saturada										
Ref.	Hs %	CEe dS/m 25°	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na+ meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
14/1	44.0	2.66	35.2	2.6	ip.	ip.	3.0	27.0	ip.	0.0
/2	43.6	2.47	33.0	2.4	ip.	ip.	2.5	27.0	ip.	0.0
/5	47.0	2.39	32.6	2.0	ip.	ip.	2.0	27.0	ip.	0.0
/8	46.0	2.43	27.8	8.5	ip.	ip.	1.5	25.4	ip.	0.0
/14	51.7	2.75	25.3	15.4	ip.	ip.	1.5	33.5	ip.	0.0

### V.3.14.3. Descripción micromorfológica

Lám. 14: 55-64

Pedialidad: moderada

Agregados: 40% bloques subangulares muy finos. Láminas (plates) muy finas, horizontales. Un 40% de la lámina sin agregados.

Huecos: 20%

Interagregados: mesohuecos planares y mesocanales

Intraagregados: mesocavidades y cavidades redondeadas de hasta 450 µm, de paredes rugosas a 32X.

Hay zonas donde predominan las cavidades en transición a agregados fecales y a huecos planares paralelos (láminas).

#### MICROESTRUCTURA

Las zonas sin agregados se estructuran por canales y cámaras teniendo frecuentemente transición difusa a zonas de aspecto fecal o esponjosas.

Otras zonas tiene bloques subangulares y partes con estructura laminar.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

- cuarzo 5% granos tamaño arena fina y muy fina, subangulares y de tamaño arena media redondeados. Raramente son subhedrales.
- mica  $< 1\%$  briznas de hasta  $50 \mu\text{m}$  de longitud.
- calcilita  $< 1\%$  cristales subhedrales o anhedrales tamaño arena fina.

##### Material fino

b-fábrica cristalítica (calcítica)/f porfírica.

#### COMPONENTES ORGANICOS

- Manchas orgánicas opacas, redondeadas, de hasta  $40 \mu\text{m}$ . Otras manchas oscuras algo transparentes más grandes de aspecto impregnante.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgos gypsicos

- rellenos de lentillas de yeso en las cavidades interagregados de mayor tamaño. El yeso de relleno presenta morfologías variadas, generalmente lenticulares y a veces cristales irregulares densamente empaquetados; más escaso es el yeso microcristalino formando masas redondeadas en el relleno. Son frecuentes los rellenos con varios de estos tipos de cristales.

Las lentillas más frecuentes son las  $< 400 \mu\text{m}$ , aunque excepcionalmente alcanzan los  $700 \mu\text{m}$ .

- rellenos densos en cavidades milimétricas intraagregados en general por cristales de yeso irregulares y en algunos caso por lentillas de disposición radial.

2- Quesparita. Hay algunos cristales aislados identificables como quesparita.

3- Revestimientos. Hay un cuasirrevestimiento débilmente birrefringente en una cavidad.

Lám. 14: 100-110

Pedialida fuerte

Agregados: Bloques subangulares medios y finos, acomodados.

Huecos:

Interagregados: huecos planares y algunos canales.

Intraagregados: 2% mesohuecos redondeados y mesocavidades.

#### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares.

#### MASA BASAL

Similar a la lámina anterior (14: 55-64), con algunos (1%) fragmentos redondeados de caliza fosilífera, areniscas y cuarcitas.

#### EDAFORRASGOS

1- Rasgos gypsicos similares a la lámina anterior (14: 55-64) si bien las lentillas son en general menores. Los rellenos de algunas cavidades tienen su parte central constituida por yeso microcristalino formando masas con algo de material fino entre ellas.

No aparecen rellenos con lentillas radiales. Hay algunos canales con relleno suelto de lentillas y de agregados de aspecto fecal muy deformados.

2- Quesparita solamente se ha visto un quemosaico incompleto. No aparecen cristales sueltos de quesparita.

Lám. 14: 200-215

Pedialidad : moderada

Agregados: Hay zonas con bloques subangulares incompletamente desarrollados. Otras zonas son granulares con disposición horizontal que pasan a laminares horizontales o concéntricos.

Huecos:

Interagregados: huecos planares y algunos canales.

Intraagregados: mesocanales y cámaras.

En las zonas granulares los huecos son de empaquetamiento compuesto pasando a planares horizontales o concéntricos en las zonas laminares.

#### MICROESTRUCTURA

Compleja, de bloques subangulares y de canales y cámaras.

#### MASA BASAL

Color general más rojo que en las láminas de horizontes superiores.

#### Material grueso

- cuarzo, 1% anhedral, tamaño arena muy fina, bien clasificado.
- mica, << 1% briznas de mica de hasta 40  $\mu\text{m}$ .

#### Material fino

b-fábrica cristalítica (calcítica). c/f porfirica.

#### COMPONENTES ORGANICOS

Manchas orgánicas: 1% redondeadas, < 40  $\mu\text{m}$ .

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgos gypsicos

Rellenos de lentillas de yeso. Las lentillas son de tamaño modal 600  $\mu\text{m}$  de longitud y a menudo alcanzan 1 mm. Cuando estos rellenos afectan a huecos de varios mm llevan también agregados de material fino menores que las lentillas, por lo que estas zonas pueden describirse como organización en islotes. En algunas de estas zonas parte del material reviste a lentillas.

##### 2- Rasgos texturales

La mayor parte del material fino de la masa basal presenta zonas convolutas de color más rojizo y más densas, arcillosas. Entre ellas hay otras zonas más transparentes, con huecos de 10  $\mu\text{m}$  y con material tamaño limo y arena fina



Fig. V.3.15.1. Emplazamiento del pedión PE-15. Cuando están desnudos, la pendiente hace muy susceptibles a la erosión a los suelos de las chesas sobre materiales finos. La val principal (primer plano) es menos blanca por recibir algunos aportes de fuera de las chesas. Peraltilla, Huesca. 10-10-86.

### V.3.15. Suelos sobre materiales finos laterales a la val

#### V.3.15.1. Caracteres generales

En las chesas se encuentran algunos paquetes de finos en posiciones diferentes a la típica de fondo de val. Estas formas suelen ser muy susceptibles a la erosión, que suele desencadenarse con el laboreo (Fig. V.3.15.1).

La calicata 15 se abrió en la parte media de una vertiente de unos 200 m de longitud, carente de tollo y con fuerte pendiente, que empalma con el fondo de la val mediante un pequeño escalón (Fig. V.3.15.1.). La calicata 20 se abrió en un estribo colgado sobre la val principal. Este replano muestra evidencias de haber sido usado como bancal, con aportación de suelo, y luego abandonado por su escasa superficie e incómodo acceso.

En ambos casos el perfil muestra que los materiales parentales eran finos, si bien en el pedión 15 hay una acción erosiva por arroyada exacerbada por el cultivo. Por el contrario en el pedión 20 una densa cubierta vegetal impide la erosión laminar, siendo el actual limitante de la duración de la forma la incisión si llega a concentrarse la escorrentía superficial.

#### V.3.15.2. Descripción de pediones y análisis de caracterización

Las diferencias en cuanto al espesor y desarrollo del horizonte A entre ambos perfiles corrobora lo expuesto en el párrafo anterior. Como analogía entre ambos perfiles cabe destacar la existencia en ambos, además de los rasgos gypsicos, de un nivel con desarrollo de queras, las cuales no se han detectado en fondos de val de este área de estudio.

Pedión PE 15	Descripción: 16-1-82	Peraltilla (Huesca)
Ap	0-23	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 4/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Friable. Poca materia orgánica no directamente observable. Mediana actividad de fauna. Frecuentes raíces muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuidas, vivas. Poroso. Límite neto, plano.
Y <sub>1</sub>	23-45	Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/3; manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura primaria moderada en bloques subangulares finos; secundaria fuerte, ligada a fauna, gruesa. Friable. Fuerte actividad de fauna. Pocas raíces, muy finas,

- sin orientación definida, regularmente distribuídas, vivas. Poroso. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, muy finas, blandas. Límite neto, plano.
- Y<sub>2</sub> 45-160 Húmedo. Color en húmedo 10 YR 5/4; manchas 10 YR 8/3. Estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Débil estructura primaria en bloques subangulares finos; secundaria fuerte, ligada a fauna, de tamaño mediano. Friable. Muy poca materia orgánica, no directamente observable. Débil actividad de fauna. Muy pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuídas, vivas. Poco poroso. Abundantes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, finas, blandas. Límite gradual, plano.
- Y<sub>3</sub> 160-200 Se distingue del horizonte precedente por: Estructura muy débilmente desarrollada en bloques subangulares finos. Actividad de fauna no aparente. No hay raíces. Poroso. Frecuentes acumulaciones iguales a las del horizonte suprayacente.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
15/1	Ap	0-23	7.7	2.6	34.6	8.5	2.13
/2	Ay	23-45	7.9	1.1	21.2	19.3	2.29
/3	Y2	45-85	8.0	0.6	31.1	21.6	2.23
/4	Y2	85-125	8.0	0.5	24.5	11.9	2.04
/5	Y2	125-160	8.1	0.4	25.6	14.4	2.21
/6	Y2	160-200	8.2	0.4	28.0	16.0	2.50

Pedión PE.20

Descripción: 20-1-82

Peraltilla (Huesca)

- A<sub>1</sub> 0-24 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 4/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares de tamaño medio. Friable. Poca materia orgánica, bien incorporada. Actividad de la fauna: turrículas y galerías rellenas muy abundantes. Frecuentes raíces finas y muy finas, sin orientación definida, vivas. Sin grietas. Porosidad elevada. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Límite neto, plano. Ochrico.
- Y 24-60 Húmedo. Color en húmedo 2.5 Y 5/3; manchas de color 10 YR 8/2. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada



en bloques subangulares finos. Friable. Muy poca materia orgánica, bien incorporada. Actividad de fauna intensa: turrículas y galerías rellenas. Frecuentes raíces finas y muy finas, regularmente distribuidas, verticales, vivas. Poco compacto. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Abundantes acumulaciones de yeso vermiforme. El límite de este horizonte con el siguiente se debe a la disminución de la cantidad de raíces y al frente de humectación. Límite neto, ondulante. Gypico.

Y<sub>2</sub> 60-210. Seco. Color en húmedo 2.5 Y 5/3. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares; estructura secundaria por actividad de fauna. Muy compacto. No hay materia orgánica. Actividad de la fauna: turrículas y galerías rellenas. Muy pocas raíces finas, muertas. Poroso. Fuerte efervescencia al HCl 11%. Gypico.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
20/1	A <sub>1</sub>	0-24	7.8	2.1	13.3	6.9	2.18
/2	Y <sub>1</sub>	24-60	7.9	1.0	13.5	20.5	2.25
/3	Y <sub>2</sub>	60-80	8.1	0.7	13.8	20.6	2.29
/4	Y <sub>2</sub>	110-130	8.1	0.6	17.2	9.8	2.22
/5	Y <sub>2</sub>	140-160	8.1	0.6	16.0	8.0	2.07

### V.3.15.1.3. Descripción micromorfológica

Lám. 15: 8-15

Pedialidad: Moderada

Agregados: Bloques subangulares (<2 mm) y agregados esferoidales (<1 mm)

Huecos: Interagregados: huecos de empaquetamiento compuesto y huecos planares; en menor medida canales y cámaras.

Microestructura: Compleja, granular y de bloques subangulares.

## MASA BASAL

### Material grueso

- Cuarzo, 5%, tamaño arena fina bien clasificada, anhedral.
- Micas, < 1% de hasta 60  $\mu\text{m}$ .
- Calcilimolitas (frecuentemente con inclusiones opacas), areniscas y cuarcitas tamaño arena gruesa y muy gruesa, esferoidal redondeados, algunos muy alterados. La proporción total es 1%.
- Esparita 10%; de hasta 90  $\mu\text{m}$ . Granos subhedrales con formas de transición con quesparita, indistinguibles cuando son de pequeño tamaño.
- Yeso << 1%; clastos porfidoblásticos de hasta 3 mm. Hay yeso en agrupaciones de pocos cristales o en cristales aislados de formas imperfectamente lenticulares a menudo difíciles de distinguir del cuarzo. Se distribuyen al azar sin relación con ningún otro carácter y pueden considerarse detríticos.

### Material fino

b-fábrica cristalítica (calcítica)/f porfírica

### COMPONENTES ORGANICOS

En total son un 5% de la lámina.

- Residuos de órganos. Son los más abundantes, en general raíces en buen estado de conservación o con signos de flobafenización. Algunos muestran excrementos de oribátidos.

### EDAFORRASGOS

- Queras. Además de los cristales sueltos de quesparita, a menudo indistinguibles de la esparita subhedral, aparecen algunos restos de quemosaicos intercalados en el material fino.
- Yeso < 1%, agrupaciones de lentillas de yeso y lentillas sueltas en regiones de aspecto faunal. En muchos casos en transición al yeso considerado detrítico.

- Manchas orgánicas 2%, tamaño modal 40  $\mu\text{m}$ , opacas, densas. Otras manchas son de hasta 400  $\mu\text{m}$  y frecuentemente sólo parcialmente opacas, a menudo con aspecto impregnante.

Lám. 15:24-36

**Pedialidad:** fuerte

**Agregados:** Bloques subangulares milimétricos y centimétricos y agregados esferoidales milimétricos.

**Huecos:** Interagregados: huecos planares y canales  
Intraagregados: canales y cámaras, cavidades, algunas fisuras.

**Microestructura:** Compleja, de bloques subangulares y granular. Algunas zonas milimétricas pueden considerarse de organización en islotes.

#### **MASA BASAL**

##### Material grueso

- Cuarzo, 1%, arena fina y muy fina, anhedral
- Limolitas, < 1%, esferoidal-redondeadas
- Conchas, algún fragmento, de gasterópodo

##### Material fino

b-fábrica cristalítica, calcítica

#### **COMPONENTES ORGANICOS**

- Residuos de raíces, << 1%, bien conservados
- Residuos de órganos flobafenizados << 1%

#### **EDAFORRASGOS**

1- Rasgo de fábrica gypsica.

No está bien desarrollado, pero pueden considerarse como tales algunas zonas milimétricas que suponen un 5% de la lámina.

Las fronteras entre agregados son huecos planares y canales que a veces están ocupados por yeso (lenticular y en menor proporción microcristalino) y que pasan a zonas claramente con organización en islotes. Además, localizadas en ciertas regiones, hay muchas lentillas intercalares en el material fino en continuidad con las demás formas de yeso. Por lo tanto puede decirse que el conjunto de la lámina tiene una organización en islotes incipiente.

Los materiales que constituyen este edaforrasgo son:

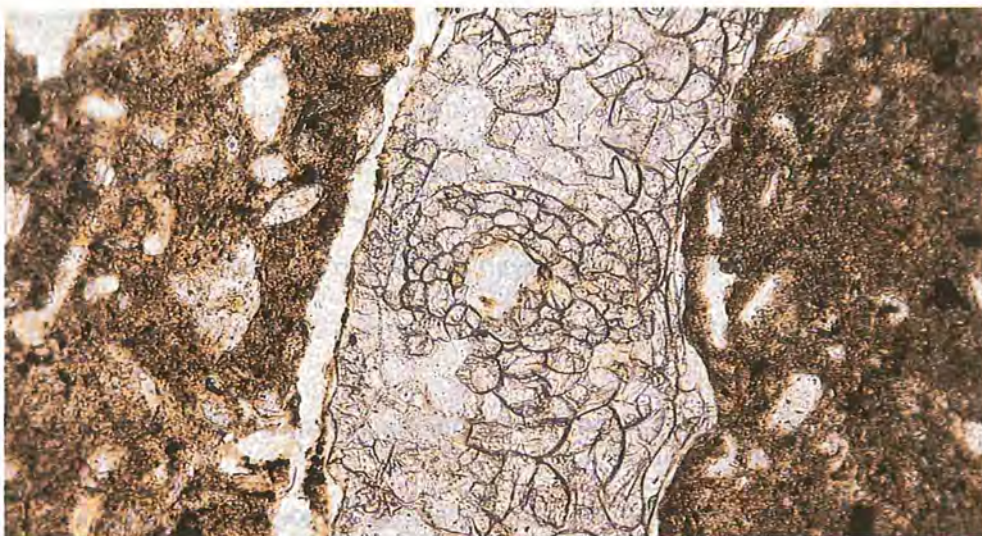
- yeso lenticular, de hasta 300  $\mu\text{m}$ , aunque excepcionalmente alcanza 700  $\mu\text{m}$ .
- yeso microcristalino, en masas redondeadas, a menudo de aspecto nodular compuesto.
- quesparita, son muy raros los cristales sueltos, siempre de menor tamaño que los pertenecientes a mosaicos.
- materiales finos, no se ve material disperso en cristalitas aisladas, pero sí la gradación de agrupaciones. Los limos revisitando lentillas son muy poco frecuentes.

## 2- Rasgos gypsicos en los agregados.

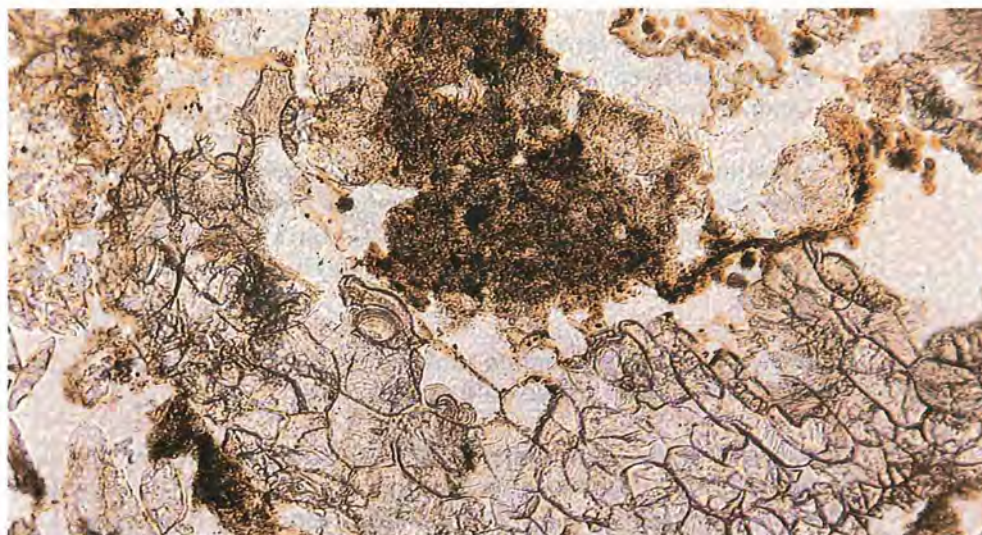
- yeso intercalar, lentillas de hasta 400  $\mu\text{m}$  son abundantes en determinadas zona, y casi siempre en las zonas que llevan queras. También son muy abundantes en las zonas con estructura de fauna.
- revestimientos y rellenos de yeso. Se confunden con el rasgo de fábrica gypsica. Se pueden independizar bien rellenos de lentillas densos, completos, de hasta 600  $\mu\text{m}$ , sin birrefringencias asociadas. Este tipo de rellenos se encuentra también en la quedecal de esta lámina.

## 3- Querás. Un 5% de la lámina corresponde a querás milimétricas, una de ellas centimétrica, observable a simple vista.

Son querás típicas, bien desarrolladas. Su quedecal contiene frecuentemente grandes dominios de birrefringencia al azar y lleva lentillas aisladas o agrupadas, sin birrefringencias asociadas. Sus límites son difusos y no se aprecian quefes. Los quemosaicos están bien desarrollados y la disposición de sus piezas parece pseudomorfosear tejidos (Fig. V.3.15.2. y V.3.15.3.). En quemosaicos en destrucción pueden observarse vainas orgánicas (Figs. V.3.15.4. y V.3.15.5.)



**Fig. V.3.15.2.** La disposición de las piezas de algunos quemosaicos es indicio de su formación sobre un tejido vegetal. Lado mayor 1mm. LPP. Lám. 15: 24-36.



**Fig. V.3.15.3.** Crecimiento en abanico de cristales de quesparita a partir de uno o más puntos de la pared del hueco celular. Lado mayor 1 mm. LPP. Lám. 15: 24-36.



6412 0012

Fig. V.3.15.4. Restos de un quemosoico. Lado mayor 0.85 mm. LPP. Lám. 15: 24-36.



Fig. V.3.15.5. Detalle de la anterior mostrando cristales de quesparita fracturados y vainas orgánicas. Lado mayor 0.34 mm. Nícoles a 45°. Lám. 15: 24-36.

64120014

Hay quesparita en cristales dispersos en la masa basal, siempre menores que los de los quemosaicos y de difícil identificación los más pequeños. Su distribución no es regular en la lámina, siendo más abundantes en las zonas ricas en lentillas intercalares y en los agregados de fauna.

4- Rellenos. Los de yeso se describen como rasgos de fábrica gypsica o como rasgos gypsicos de la masa basal.

Hay rellenos sueltos incompletos por agregados fecales de hasta 3 mm, con abundancia de cuarzo, lentillas de yeso y cristales de quesparita.

Otros rellenos debidos a fauna tienen masa basal de color más claro y más rica en material grueso de aspecto detrítico.

5- Manchas orgánicas

Como en la lámina anterior (15: 8-16).

Lám. 15: 90-100

Pedialidad: moderada

Agregados: bloques subangulares < 1 cm y algunos agregados esferoidales

Huecos: Interagregados: huecos planares y canales. Huecos de empaquetamiento en zona granulares.  
Intraagregados: cavidades, cámaras y fisuras.

Microestructura: De bloques subangulares.

Hay zonas granulares y algunas zonas de transición a organización en islotes.

MASA BASAL

Semejante a la lámina anterior (15: 24-36), pero hay cristales de esparita en menor cantidad y más pequeños, que en esta lámina se consideran componentes gruesos de la masa basal.

COMPONENTES ORGANICOS

Residuos flobafenizados (< < 1%), de tamaño muy pequeño.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgo de fábrica gypsica.

Similar a la lámina anterior (15: 24-36).

### 2- Rasgos gypsicos en los agregados.

Similares a la lámina anterior (15: 24-36), salvo en lo referente a la relación con las queras, ya que éstas son inexistentes en esta lámina.

### 3- Celestina.

Cristales euhedrales o subhedrales de hasta 80  $\mu\text{m}$  en dos cavidades próximas entre sí y en el material fino circundante.

### 4- Manchas orgánicas.

Como en las láminas anteriores (15: 8-16 y 15: 24-36).

Lám. 15: 190-200

### Apedial

**Agregados:** No hay agregados claramente separados

**Huecos:** Un 30% de la lámina corresponde a huecos mayores de 800  $\mu\text{m}$ , sobre todo canales y cámaras milimétricas, algunos con restos de raíces, y en su mayoría ocupados completamente por cristales de yeso generalmente lenticulares. Muchos de estos materiales tienen total continuidad con el resto del material suelo y además el material suelo circundante tiene lentillas aisladas dispersas en él, por lo que la consideración como huecos es arbitraria.

En algunos casos puede describirse organización en islotes, y el conjunto de la lámina tiende a organización en islotes.

Los huecos menores son canales y cámaras menores de 400  $\mu\text{m}$ , y en menor proporción cavidades, en los que no hay yeso. Los huecos, o sus tramos, con forma claramente de canal, suelen ser verticales.

**Microestructura:** De canales.



## MASA BASAL

Semejante a las láminas anteriores (15: 24-36 y 15: 90-100).

## EDAFORRASGOS

La superficie de la lámina ocupada por yeso se estima en un 30%.

### 1- Rasgo de fábrica gypsica.

Similar a la lámina anterior (15: 90-100), si bien no hay yeso microcristalino. Además la distribución de este edaforrasgo es debida a fauna, estando en transición a rellenos de canales.

### 2- Rasgos gypsicos en los islotes de finos.

El yeso intercalar es prácticamente inexistente. Hay rellenos de yeso muy densos, completos, generalmente en cámaras, constituidos por cristales imperfectamente lenticulares, de 30  $\mu$ m.

### 3- Rellenos de yeso.

Se describen como rasgos de fábrica gypsica o como rasgos gypsicos en la masa basal, si bien a veces pueden asociarse a actividad de fauna y sus lentillas presentan disposición arqueada.

### 4- Revestimientos birrefringentes (1%).

Son arcillosos y más frecuentemente arcillo-limosos, en bandas, generalmente asociados a canales de fauna, pero existen también, aunque mucho más finos, en algunas cavidades. El mayor de ellos (10 x 0.3 mm) es visible a ojo desnudo.

En luz plana destacan por su color mucho más rojo. Este mismo material se ha observado en un caso como cuasirrevestimiento de una cavidad con relleno denso de yeso, pasando a intercalación.

## V.3.16 Suelos en llanura aluvial dominada por chesas.

### V.3.16.1. Caracteres generales

Las terrazas a lo largo de La Clamor de Peraltilla muestran un característico color rojizo muy diferenciado del grisáceo de las chesas, poniendo de manifiesto que el material detrítico que las constituye no procede en su totalidad de las chesas.

En la actualidad La Clamor y sus afluentes disecan la llanura aluvial aislando mediante un escarpe vertical retazos planos que ya no reciben aportes fluviales. La calicata PE 11 se sitúa en uno de estos retazos, en la desembocadura de la val de Grail a La Clamor, con un escarpe vertical de 5 a 6 m sobre el nivel actual de estos cauces.

La dinámica general de estas formas es erosiva a partir de las incisiones de los cauces actuales con caída de bloques de varios m<sup>3</sup> en las épocas de lluvias torrenciales. Sin embargo, entre las incisiones, estas formas muestran estabilidad; únicamente se protegen sus bordes favoreciendo la vegetación natural e impidiendo la concentración de la arroyada. Su forma plana hace que se cultiven en cuanto su extensión lo hace rentable. Las soseras (*Atriplex halimus*) en las márgenes denotan ligera salinidad.

La toponimia local designa esta zona como Las Adobas refiriéndose sin duda a antiguos aprovechamientos por la composición arcillo-limosa de los paquetes sedimentarios.

#### V.3.16.2. Descripción del pedión y análisis de caracterización

Pedión PE-11	Descripción 16-1-82	Peraltilla (Huesca)
Rastrojo de cereal; <i>Atriplex halimus</i> en las proximidades.		Las Adobas
A <sub>p</sub>	0-35    Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/6. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura débil en bloques subangulares muy finos. Ligeramente adherente, plástico. Friable. Poca materia orgánica, no directamente observable. Fauna no aparente. Pocas raíces, muy finas, sin orientación definida, regularmente distribuídas, vivas, Poco poroso. Sin acumulaciones. Límite neto, plano. Ochrico.	
B <sub>2</sub>	35-79    Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 4/6. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares de tamaño mediano. Muy friable. Muy poca materia orgánica. Muy pocas raíces, muy finas, verticales, regularmente distribuídas, vivas. Poroso. Sin acumulaciones. Límite abrupto, plano. Cámbico.	
B <sub>y1</sub>	79-130    Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/6; manchas de color 7.5 YR 8/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares. Muy friable. Muy poca materia orgánica. Fauna activa. Muy pocas raíces, muy finas, verticales, regularmente distribuídas, vivas. Poroso. Frecuentes acumulaciones vermiformes de yeso en canales de raíces y poros, tamaño fino, blandas. Límite abrupto, plano. Gypsico.	

- Br 130-135 Húmedo. En estado de oxidación. Elementos gruesos muy abundantes (80%), guijarros, esferoidal subredondeados, calizos. Límite inferior abrupto, plano.
- B<sub>y2</sub> 135-144 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/4. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Estructura moderada en bloques subangulares finos. Muy friable. Muy poca materia orgánica. Fauna medianamente activa. Sin raíces. Poroso. Acumulaciones de yeso como en B<sub>y1</sub>. Límite gradual, plano.
- 2B<sub>y</sub> 144-245 Húmedo. Color en húmedo 7.5 YR 5/3. En estado de oxidación. Sin elementos gruesos. Fuerte estructura en bloques subangulares finos. Muy friable. Poca materia orgánica. Fauna medianamente activa. No hay raíces. Poroso. Acumulaciones de yeso como en el horizonte anterior.

Referencia	Horizonte	Profundidad cm	pH H <sub>2</sub> O 1:2,5	Materia orgánica %	Carbonato cálcico equivalente %	Yeso equivalente %	CE 1:5 dS/m 25°C
11/1	A <sub>p</sub>	0-30	8.0	1.1	22.5	0.3	0.36
/2	B <sub>2</sub>	35-47	8.2	1.0	21.8	0.2	0.58
/3	B <sub>2</sub>	69-79	8.2	0.8	22.1	0.3	0.71
/4	B <sub>y1</sub>	83-95	8.1	0.8	20.4	3.1	2.00
/5	B <sub>y2</sub>	135-144	8.2	0.6	21.8	1.9	1.79
/6	2B <sub>y</sub>	220-235	8.2	0.8	22.9	1.5	1.51

Pasta saturada									
Hs %	CEe dS/m 25°C	Ca <sup>2+</sup> meq/l	Mg <sup>2+</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> meq/l	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SAR
49.6	2.09	12.6	4.1	8.0	ip.	3.00	11.2	7.3	2.8
57.5	3.22	5.0	22.0	19.0	ip.	3.20	26.0	8.0	5.2
57.0	3.95	14.0	16.0	22.3	ip.	1.40	41.0	7.0	5.8
64.8	5.12	25.1	18.1	28.4	ip.	1.50	52.0	9.0	6.1
47.2	6.72	22.0	31.0	47.5	ip.	2.70	70.0	12.0	9.2
47.2	7.10	20.0	34.0	38.5	ip.	2.25	76.0	15.0	7.3

### V.3.16.3. Descripción micromorfológica

Las diferencias entre las 7 láminas correspondientes a este perfil no son muy grandes, y corresponden sobre todo a episodios de tipo deposicional y a diferentes intensidades de los procesos típicamente edáficos. Sobre todo, aun a pesar de las alternancias sedimentarias, la masa basal no presenta diferencias relevantes por lo que sólo se incluye su descripción en la primera lámina.

Lám. 11: 35-47

**Pedialidad:** Fuerte

**Agregados:** Bloques subangulares de tamaño medio, parcialmente acomodados.

**Huecos:** Interagregados: 10%; huecos planares y canales. Los huecos planares más gruesos (hasta 300  $\mu\text{m}$ ) son verticales así como los grandes canales milimétricos con los que se conectan.

Intraagregados 10%; canales milimétricos; cavidades esferoidales o irregulares redondeadas de hasta 700  $\mu\text{m}$ , algunas claramente vesiculares.

Hay zonas cavitarias con cavidades horizontales.

#### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares. Los bloques a su vez tienen zonas cavitarias y zonas esponjosas.

#### MASA BASAL

##### Material grueso

- cuarzo 1%, granos anhedrales tamaño arena fina y muy fina
- cuarcita < 1% tamaño arena media, redondeados
- esparita < 1% cristales subhedrales, tamaño arena fina
- conchas, algún fragmento aislado.

## Material fino

Tiene b-fábrica cristalítica (calcítica) y pueden distinguirse dos variedades por su color:

- amarillento, más transparente, predominan arena fina y el limo.
- marrón, más denso que el anterior, mucho más rico en material tamaño arcilla. Frecuentemente tiene birrefringencias, que en esta lámina son siempre muy débiles.

## COMPONENTES ORGANICOS

- cenizas vegetales <1%.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgos sedimentarios

En la lámina se distinguen a ojo desnudo zonas de pocos cm<sup>2</sup> constituídas por una alternancia de bandas horizontales más o menos onduladas. Al microscopio estas bandas se resuelven en:

- bandas de 200-400  $\mu\text{m}$  de espesor formadas por material de colores más claros, transparentes, limosos con puntos opacos de hasta 10  $\mu\text{m}$ .
- bandas del mismo espesor, más rojizas y densas, arcillosas. La ondulación es frecuentemente más acusada que la de las anteriores; a menudo son convolutas. Su densidad es mayor en la parte superior de cada una de esas bandas donde entran en contacto con la banda clara suprayacente.

Esta disposición en bandas sedimentarias se repite, con distintas presentaciones, en las demás láminas. Debe remarcarse que en la presente lámina las birrefringencias asociadas a la parte densa de las laminaciones rojas son sumamente débiles, prácticamente inexistentes, a diferencia del resto de las láminas donde son mucho más conspicuas.

### 2- Rellenos

Los rasgos sedimentarios se interrumpen a veces por rellenos densos de canales verticales. Estos rellenos suelen ser de material limoso, más transparente que el resto del material suelo.

### 3- Revestimientos e intercalaciones

Son frecuentes los revestimientos y cuasirrevestimientos en cavidades y huecos planares constituidos por material rojizo, denso. A menudo estos revestimientos sólo se detectan por su color y densidad, pero en ocasiones llevan birrefringencias no continuas y medianamente desarrolladas. Estos revestimientos no presentan bandas.

Los revestimientos frecuentemente tienen continuidad en la masa basal, pasando a intercalaciones. Tienen también birrefringencias en algunos tramos.

Lám. 11: 69-82

Pedialidad: Moderada

Agregados: Bloques subangulares de tamaño medio, parcialmente acomodados.

Huecos: Interagregados: huecos planares y canales, en general de menor tamaño que en la lámina anterior (11: 35-47). Su verticalidad también es menos acusada.

A menudo la intersección de los huecos planares es una cavidad de varios mm, recurvada, probablemente relacionada con fauna.

- Intraagregados: 15% Canales milimétricos; cavidades esferoidales o irregulares redondeadas, de hasta 500  $\mu$  m.

#### MICROESTRUCTURA

De bloques subangulares.

#### EDAFORRASGOS

1- Rasgos sedimentarios semejantes a la lámina anterior (11: 35-47), con la birrefringencia más desarrollada.

Pueden distinguirse de visu en los 6 cm superiores de la lámina, interrumpidos por zonas de 0.5 x 2 cm compuestas por limo y arena fina muy rica en cuarzo. Más abajo, sobre un lecho milimétrico típico que cruza con gran horizontalidad toda la lámina, hay otra zona de arena fina de cuarzo con contornos lobulados y disposición general horizontal.

## 2- Revestimientos

En los dos lechos arenosos, pero más visibles en el inferior, hay material rojizo fino formando revestimientos de 60  $\mu\text{m}$  de grosor sobre las cavidades. Estos revestimientos tienen alguna zona débilmente birrefringente.

Hay canales de fauna que atraviesan verticalmente al material fino y al grueso y que tienen revestimientos birrefringentes (3.2 x 6.8).

3- Intercalaciones de material más denso y birrefringente en continuidad con los revestimientos.

## 4- Rellenos de yeso

Aparecen a partir de los 79 cm de profundidad.

Están constituidos por lentillas de tamaño modal 60  $\mu\text{m}$ , que llegan a veces a 160  $\mu\text{m}$ . Forman rellenos densos, generalmente completos, en cavidades de hasta 1.5 mm.

En huecos mayores los rellenos suelen ser incompletos, por el mismo tipo de lentillas.

## Lám. 11: 83-95

Pedialidad: moderada

Agregados: En un 30% de la lámina hay bloques subangulares.

Huecos: Interagregados: huecos planares y canales.  
Intraagregados: canales y cámaras; cavidades esféricas e irregulares redondeadas (algunas vesiculares).

## MICROESTRUCTURA

Parcialmente de bloques subangulares; el resto de canales y cámaras y cavitaria.

## EDAFORRASGOS

### 1- Rasgos sedimentarios

Como en la lámina anterior (11: 69-82). Algunas cavidades de las zonas sedimentarias muestran relación con las ondulaciones de las capas.

## 2- Revestimientos e intercalaciones

Similares a la lámina 11: 35-47. No los hay en los niveles arenosos de cuarzo.

## 3- Rellenos de yeso

Se encuentran en toda la lámina. Se pueden distinguir:

- rellenos semejantes a los de la lámina anterior (11: 69-82), predominantes en cavidades.
- rellenos de lentillas afiladas, algo mayores que las anteriores y con los límites entre sí menos contrastado. Se agrupan frecuentemente con disposiciones radiales y tienen cierta tendencia a ocupar cavidades más grandes que las anteriores.

Hay lentillas dispersas en la masa basal, exclusivamente en las zonas cavitarias.

### Lám. 11: 118-130

Esta lámina presenta una banda horizontal entre los 122 y 128.5 cm de profundidad correspondiente a una zona de cantos, en la cual el 80% corresponde a elementos gruesos de hasta 4 cm, no clasificados, redondeado-esferoidales.

Los cantos son heterogéneos en su composición; hay limolitas, arenitas y micritas, siempre con más de un 50% de sus cristales carbonáticos. Hay también cuarcitas con venas arcillosas y micáceas. Se puede encontrar también alguna caliza fosilífera.

La casi totalidad de los elementos gruesos quedan revestidos por una película de unos 40  $\mu\text{m}$  de espesor constituida por material arcilloso, denso. El conjunto tiene pues estructura grano-pelicular, y en zona localizadas el relleno entre los elementos gruesos pasa a continuo. Se tiene así una distribución c/f quitónica con zonas de distribución porfírica monoespaciada.

Los revestimientos en ningún caso presentan bandas. Sus birrefringencias son débiles, relacionadas con la forma del grano revestido. Tampoco se observa polaridad de los revestimientos debida a la posición del elemento grueso.



En los intersticios entre los cantos tan apenas se observa yeso lenticular, que sin embargo es más abundante en el límite superior e inferior de la banda de piedras.

Se describen a continuación las partes superior e inferior de esta lámina 11: 118-130.

**Pedralidad:** Apedral. Hay pedrialidad fuerte en los rellenos de canales.

**Agregados:** Gránulos en los rellenos.

**Huecos:** De empaquetamiento compuesto en rellenos verticales de canales. Canales y cámaras submilimétricas.

Las zonas con aspecto sedimentario tienen vesículas de hasta 400  $\mu\text{m}$  y cavidades alargadas horizontales de hasta 800  $\mu\text{m}$  de longitud que en algunas zonas pasan a grietas horizontales discontinuas.

#### MICROESTRUCTURA

Se alternan bandas vesiculares y otras con estructura de grietas horizontales. En rellenos verticales hay estructura granular.

#### EDAFORRASGOS

**1- Rasgos sedimentarios**  
El material por encima y por debajo de la banda pedregosa tiene rasgos sedimentarios. Sobre todo el material suprayacente tiene un bandeado continuo visible a ojo desnudo, interrumpido sólo por un canal vertical de 45 x 7 mm cuyo relleno tiene estructura en bloques subangulares y masa basal con abundantes componentes gruesos.

El material sedimentario bajo la banda pedregosa tiene lechos de arena muy fina (cuarzo, esparita y micas), con cavidades horizontales.

#### 2- Revestimientos

Muy desarrollados y con fuerte birrefringencia, en canales de fauna y bordes de rellenos de cámaras tanto en la parte superior de la lámina como en la inferior más arenosa.

Los revestimientos más fuertemente birrefringentes se asocian a actividad de fauna y frecuentemente son verticales. En otros casos los revestimientos están constituidos por material arcilloso, denso, sin birrefringencia, asociados también a canales. Los revestimientos frecuentemente pasan a intercalaciones.

### 3- Rellenos de yeso

Rellenos densos completos o incompletos en cavidades y cámaras por lentillas de 60 a 160  $\mu\text{m}$ . Aparecen tanto sobre como debajo de la banda pedregosa, hasta su límite, pero no en el seno de la banda.

Lám. 11: 133-144

Pedralidad: Moderada

Agregados: Bloques subangulares

Huecos: Interagregados: canales y huecos planares  
Intraagregados: cavidades y vesículas; canales

### MICROESTRUCTURA

Compleja: de bloques subangulares y cavitaria y de canales. En la mitad inferior predomina la estructura de canales verticales.

### EDAFORRASGOS

#### 1- Rasgos sedimentarios

Visibles a ojo desnudo en la mitad superior de la lámina. Resultan similares a los descritos en las láminas anteriores.

En la mitad inferior los rasgos sedimentarios no se distinguen a simple vista. Con el microscopio se aprecia su existencia, pero están muy fragmentadas.

#### 2- Revestimientos

Similares a los de la lámina anterior (11:118-130) pero menos desarrollados y menos abundantes.

#### 3- Rellenos de yeso

Los rellenos completos densos por lentillas bien desarrolladas son menos abundantes que en la lámina anterior (11: 118-130). Abundan

más los rellenos incompletos por lentillas menos nítidas, con cierta disposición radial. En general las lentillas son mayores que en láminas anteriores.

El relleno de muchos canales milimétricos consta de una mezcla de lentillas con materiales detríticos, sobre todo cuarzo y cuarcita tamaño arena gruesa.

Lám. 11: 184-195

**Pedralidad:** Débil

**Agregados:** Bloques subangulares muy finos

**Huecos:** Canales, cavidades y vesículas. Algunos huecos planares no orientados

#### MICROESTRUCTURA

De canales y cavidades. Zonas esponjosas.

#### EDAFORRASGOS

##### 1- Rasgos sedimentarios

No se observa a simple vista disposición sedimentaria, aunque sí manchas subcentimétricas más rojizas que al microscopio muestran en su mayoría laminación con alguna ligera birrefringencia y sin horizontalidad.

##### 2- Revestimientos

Similares a los de láminas anteriores, de material denso y algunos birrefringentes, asociados a canales y a vesículas. Pasan a veces a intercalaciones.

##### 3- Rellenos de yeso

Predominan los rellenos densos incompletos de lentillas de hasta 250  $\mu\text{m}$ , a veces con disposiciones vagamente radiales.

Son frecuentes lentillas de hasta 800  $\mu\text{m}$  aisladas en la masa basal, frecuentemente con distribución asociada a canales. También puede observarse la mayor abundancia de estas lentillas en zonas con masa basal rica en componentes gruesos.

4- Lublinita Se han visto cristales formando fieltro en la pared de una cavidad, sin llegar a dar revestimiento continuo.

Lám. 11: 221-235

**Pedialidad:** Débil

**Agregados:** Hay algunos agregados redondeados de fauna; bloques subangulares

**Huecos:** Canales milimétricos, cavidades y escasas vesículas

#### **MICROESTRUCTURA**

De canales.

#### **EDAFORRASGOS**

##### **1- Rasgos sedimentarios**

Son visibles a ojo desnudo en toda la lámina pese a la interferencia de los abundantes canales milimétricos y al relleno de canales más gruesos. En general las bandas sedimentarias son más ricas en material grueso (arena fina) de colores claros que las láminas anteriores.

##### **2- Revestimientos**

Similares a la lámina anterior (11: 184-195). Además los hay de remarcable continuidad en el borde de grandes cavidades de fauna rellenas que a su vez muestran el mismo tipo de revestimiento en cavidades pertenecientes al relleno.

##### **3- Rellenos de yeso**

Similares a los de la lámina anterior (11: 184-195) aunque algo menos frecuentes.

#### V.4. MINERALOGIA DE ARCILLAS

Los diagramas obtenidos mediante los análisis descritos en el apartado IV.3., básicamente difracción de rayos X y espectroscopía de infrarrojos, se han recogido in extenso en otro trabajo (HERRERO, 1987) desglosados por horizontes para cada unidad morfoedáfica.

En agregados orientados las reflexiones más importantes son las de 1.001nm, 0.503nm y 0.335nm, correspondientes a una mica dioctaédrica. Con menor constancia e intensidad se encuentran las de 1.415nm y 0.472nm, que se atribuyen a esmectita, dado que el tratamiento con etilenglicol hace desaparecer la reflexión a 1.415nm, surgiendo la de 1.710nm. Las reflexiones a 0.705nm y a 0.305nm en agregados orientados se atribuyen a clorita ya que en muestra calcinada a 500°C persiste la reflexión a 1.415nm.

En ninguna de las muestras han aparecido reflexiones a 1.052nm ni a 0.504nm, así como tampoco a 0.641nm, 0.450nm ni a 0.320nm, por lo que se excluye la presencia de palygorskita. Ello está de acuerdo con la observación al M.E.T., que tampoco detectó fibrosos.

En la espectroscopía de infrarrojos destaca la vibración a  $832\text{cm}^{-1}$ , confirmando la presencia de mica. Sólo en los pediones 146 y 147, situados en el borde de las chesas, hay una ligera banda a  $3700\text{cm}^{-1}$  atribuible a caolinita, y una vibración a  $3420\text{cm}^{-1}$  que se explica por las pequeñas cantidades de esmectita detectada por los rayos X.

#### V.5. PARAMETROS HIDRICOS DE LOS SUELOS

##### V.5.1. Retención de humedad

Los valores gravimétricos de la retención de humedad en tierra fina se recogen en el Cuadro V.5.1.

Además en las Figuras V.5.1. y V.5.2. se han dibujado algunas de las curvas características de retención de humedad más representativas de estos suelos.

**CUADRO V.5.1.  
RETENCION DE HUMEDAD EN TIERRA FINA A DISTINTOS POTENCIALES**

Referencia	Profundidad cm	Horizonte	Øm (g/100g) a diferentes $\gamma_m$ (KPa)							Agua retenida entre -33 y -1500 Kpa	
			0	-33	-100	-200	-500	-1000	-1500		
11	1	0-30	A <sub>p</sub>	49.6	25.9	21.7	16.2	13.6	11.3	9.2	16.7
	2	35-47	B <sub>2</sub>	57.5	30.1	25.6	21.9	16.4	16.1	11.1	19.0
	3	69-79	B <sub>2</sub>	57.0	31.4	26.8	22.2	15.4	12.7	11.0	20.4
	4	83-95	B <sub>y1</sub>	64.8	32.0	27.6	21.9	16.7	13.2	11.8	20.2
	5	135-144	B <sub>y2</sub>	47.2	27.4	23.3	17.5	12.6	10.4	8.5	18.9
	6	220-235	2B <sub>y</sub>	47.2	25.1	19.0	15.3	12.1	10.3	9.5	15.6
13	1	0-25	A <sub>p</sub>		25.2					8.1	17.1
	2	25-70	B <sub>2</sub>		29.1					10.3	18.8
	3	70-120	C		20.4					6.3	14.1
14	1	0-18	A <sub>p1</sub>	44.0	21.9	18.4	16.9	12.4	9.6	7.3	14.6
	2	18-30	A <sub>p2</sub>	43.6	20.5	16.0	13.8	10.6	8.2	6.6	13.9
	3	30-50	Y <sub>1</sub>		21.5					7.3	14.2
	4	50-70	Y <sub>1</sub>		24.1					9.0	15.1
	5	60-70	Y <sub>1</sub>	47.0	23.6	19.4	16.2	13.0	10.7	8.7	14.9
	6	70-90	Y <sub>1</sub>		23.9					8.8	15.1
	7	90-110	Y <sub>1</sub>		22.7					8.8	13.9
	8	100-120	Y <sub>1</sub>	46.0	23.9	19.9	17.6	14.0	11.5	9.1	14.8
	9	110-130	Y <sub>1</sub>		23.8					9.3	14.5
	10	130-150	Y <sub>1</sub>		25.9					9.8	16.1
	11	150-170	B <sub>yca</sub>		26.2					9.4	16.8
	12	170-190	B <sub>yca</sub>		24.7					9.4	15.3
	13	190-210	B <sub>yca</sub>		25.0					8.9	16.1
	14	200-220	B <sub>yca</sub>	51.7	25.2	22.1	18.4	14.3	10.1	8.8	16.4
15	1	0-23	A <sub>p</sub>		24.4					9.7	14.7
	2	23-45	A <sub>y</sub>		24.5					8.7	15.8
	3	45-85	Y <sub>2</sub>		24.0					8.1	15.9
	4	85-125	Y <sub>2</sub>		23.9					9.1	14.8
	5	125-160	Y <sub>2</sub>		21.5					7.9	13.6
	6	160-200	Y <sub>2</sub>		21.8					7.0	14.8
18	1.1	0-10	A <sub>1</sub>		13.9					3.7	10.2
	1.2	0-10	A <sub>1</sub>		24.2					6.9	17.3
	2	10-50	A <sub>2c</sub>		17.6					4.7	12.9
20	1	0-24	A <sub>1</sub>		19.8					7.2	12.6
	2	24-60	Y <sub>1</sub>		19.2					7.1	12.1
	3	60-80	Y <sub>2</sub>		18.6					6.7	9.9
	4	110-130	Y <sub>2</sub>		19.1					6.8	12.3
	5	140-160	Y <sub>2</sub>		20.2					7.4	12.8
21	1	0-15	A <sub>1y</sub>		23.3					5.8	17.5
	2	15-30	A <sub>1y</sub>		21.9					4.9	17.0

*el pedión 21 no se describe*

CUADRO V.5.1. (Continuación)

Referencia	Profundidad cm	Horizonte	$\Theta_m$ (g/100g) a diferentes $\mu m$ (KPa)							Agua retenida entre -33 y -1500 Kpa	
			0	-33	-100	-200	-500	-1000	-1500		
22	1	0-30	Ap	45.2	20.1	18.8	16.3	13.8	11.8	10.8	9.3
	2	30-80	By2	52.8	24.2	23.3	20.0	17.0	14.7	12.9	11.3
	3	80-170	Y21	46.0	21.1	20.6	17.3	13.6	11.4	9.9	11.2
	4	170-240	Y22	42.2	20.7	19.4	15.7	11.0	8.5	7.6	13.1
28	2	1-3	O1		29.6					15.9	13.7
	3	3-10	A1		12.0					4.0	8.0
	4	40-50	C		9.3					2.6	6.7
29	1	0-5	O1	70.2	44.0						
	2	5-10	A1	33.6	24.4	21.7	19.2	15.3	12.2	10.7	13.7
	3	10-25	AC	30.7	11.1	8.8	7.1	5.0	4.4	3.7	7.4
	4	25-70	Cy1		10.2	8.5	6.7	4.8	4.2	3.6	6.6
	5	70-100	Cy2		13.6	13.4	9.3	8.3	6.3	5.8	7.8
34	1	0-5	O1		23.6					11.1	12.5
	2	5-14	A1		25.7					10.0	15.7
	3	14-40	AC		15.3					6.0	9.3
134	1	0-1	O1		41.1					-	-
	2	1-3/5	O2		23.7					17.7	6.0
	3	6-24	Ay		9.3					3.3	6.0
	4	34-130	By		15.1					6.9	8.2
135	1	0-2	O1	127.8	41.8	35.1	29.9	29.0	29.8	23.7	18.1
	2	2-18	A1	45.6	23.4	20.6	17.7	16.1	13.4	11.2	12.2
	3	18-44	Kn	42.2	22.8	19.5	17.2	13.8	11.3	9.0	13.8
	4	44-140	By	30.0	14.7	11.7	9.1	6.4	5.2	3.7	11.0
136	0-2/40	A1	38.4	15.5	11.4	7.4	4.7	4.2	3.2	12.3	
137	1	0-15	Ap	39.2	20.1	16.0	11.9	7.7	4.1	2.7	17.4
	3	18-72	By1	40.0	21.2	16.2	12.5	9.4	7.2	5.5	15.7
	4	72-170	By2	40.0	19.7	15.5	13.0	10.9	8.7	6.9	12.8
138	1	0-16	A11	47.4	23.7	21.3	18.0	14.7	11.6	9.0	14.7
	2	20-40	A12	42.4	21.8	19.7	17.0	13.7	10.9	8.8	13.0
	3	60-83	A12	48.0	24.7	22.0	18.1	15.8	13.4	11.2	13.5
	4	83-170	By	41.4	18.4	14.3	9.8	7.4	6.1	4.9	13.5
140	1	0-23	Ap		19.8					6.3	13.5
	2	23-70	By1		20.3					4.9	15.4
	3	90-110	By2		24.1					1.8	22.3
	4	110-140	By2		24.2					1.7	22.5
	5	140-160	By2		22.9					2.2	20.7
	6	120-125	By2		25.7					1.8	23.9
141	1	0-2	O1		53.8					46.3	7.5
	2	2-29	A1		24.6					10.9	13.7
	3	29-80	Bca		21.9					6.7	15.2
	4	80-115	Cy		11.7					2.6	9.1

CUADRO V.5.1. (Continuación)

Referencia	Profundidad cm	Horizonte	θm (g/100g) a diferentes $\psi$ m (KPa)							Agua retenida entre -33 y -1500 Kpa	
			0	-33	-100	-200	-500	-1000	-1500		
142	1	0-25	Ap	41.0	20.8	17.6	15.4	12.3	9.7	7.6	13.2
	2	25-88	By1	45.8	24.5	21.1	18.0	-	12.4	9.5	15.0
	3	88-140	By2	46.9	23.7	21.2	18.8	16.4	14.0	11.3	12.4
143	1	0-2	O1		35.9					25.3	10.6
	2	2-25	A1		23.7					11.8	11.9
	3	25-85	Kn		21.7					8.1	13.6
144	1	0-20	Ap		22.2					7.5	14.7
	2	20-34	Apy		23.1					9.0	14.1
	3	34-110	By1		22.2					8.4	13.8
	4	110-130	By2		23.9					10.7	13.2
	5	130-180	By3		24.4					11.2	13.2
	6	120-125	By2		24.3					12.7	11.6
146	1	0-18	Ap		19.5					7.8	11.7
	2	18-45	AB		19.2					7.2	12.0
	3	45-130	By1		20.0					9.0	11.0
	4	130-160	By2		17.6					7.0	10.6
147	1	0-25	Ap	37.0	19.5	15.9	13.2	10.1	8.2	7.0	12.5
	2	25-98	B2	39.6	19.1	15.7	13.0	10.0	7.9	6.7	12.4
	3	100-120	By	43.2	22.0	18.2	15.6	11.8	9.6	8.2	13.8
	4	140-160	Cyg	51.0	24.5	20.7	17.7	13.7	11.4	10.3	14.2
	5	170-190	Cg	38.4	15.7	14.5	12.1	9.6	7.2	6.2	9.5
	6	210-220	Cg	40.0	16.4	15.1	13.1	10.8	8.4	7.3	9.1
	F	0-20	Ap		18.3					6.6	11.7
151	1	0-20	O1	241.6	-	91.0	90.0	84.8	-	82.6	6.2 <sup>K</sup> <i>no aparece en Fig. V.5.2.</i>
	2	2-27	A1	57.2	28.4	22.9	19.4	17.7	14.3	12.7	15.7
	3	30-45	Cy	50.0	38.4	26.7	13.5	4.5	3.2	2.9	35.5
152	1	0-15	Ap		25.0					10.8	14.2
	2	84-97	By		24.9					10.9	14.0
	3	176-192	Byg		30.8					18.4	12.4
	4	199-209	Aby		28.0					14.8	13.2
	5	272-294	Abyg		28.1					16.2	10.1
	6	339-350	Ab2		29.5					15.4	14.1
	7	350-360	Ab2g		28.6					12.2	16.4
153	1	0-15	A	48.4	14.6	11.8	8.9	8.0	7.6	7.2	7.4
	3	0-15	A	46.8	12.9	11.7	8.6	6.2	5.4	4.8	8.1
		0-17			12.2		5.6	5.6			
	17-33			11.2	10.2	8.3	6.2	6.4	6.3	4.9	

Tanto en el Cuadro V.5.1. como en las Figuras V.5.1. y V.5.2. se consigna el valor de la humedad de saturación al realizar la pasta saturada como humedad a OKPa. La humedad retenida a distintos potenciales se obtiene en muestra molida y tamizada a 2 mm.

151-A

88.8

86.8



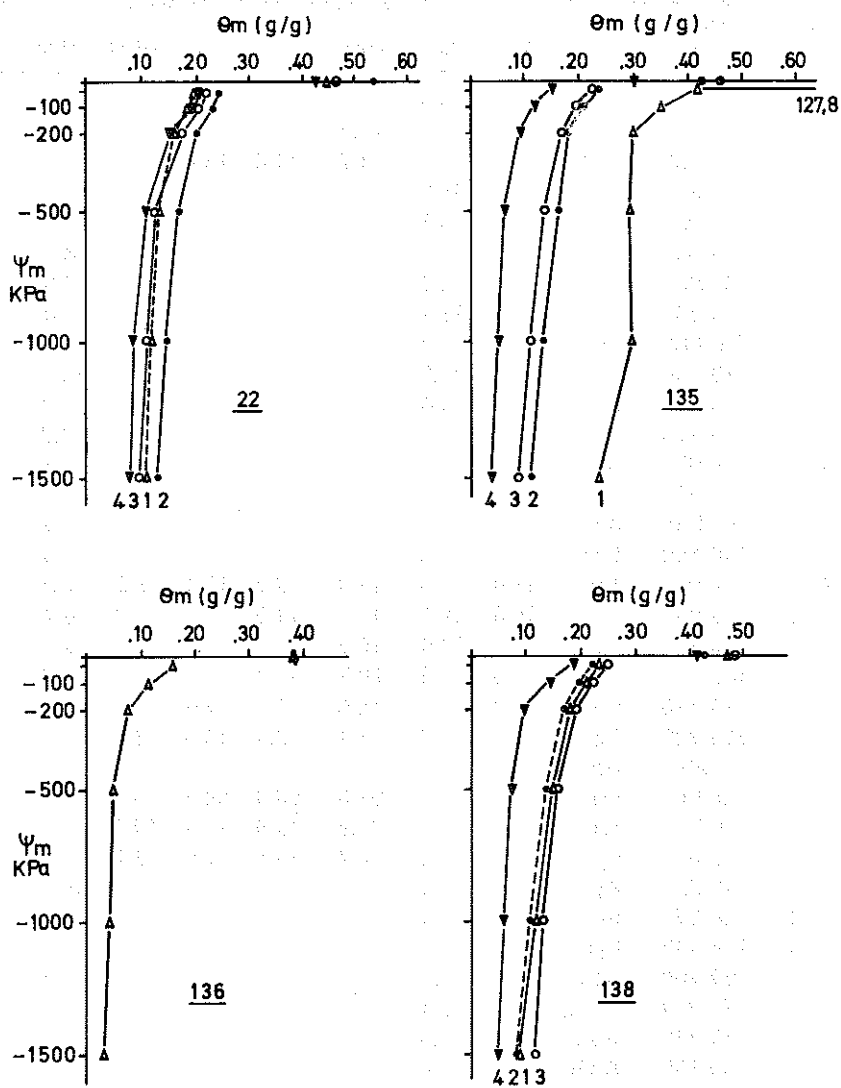


Fig. V.5.1. Curvas características de retención de humedad de los distintos horizontes de los pedones 22 (Peraltila) y 135, 136 y 138 (Iborra).

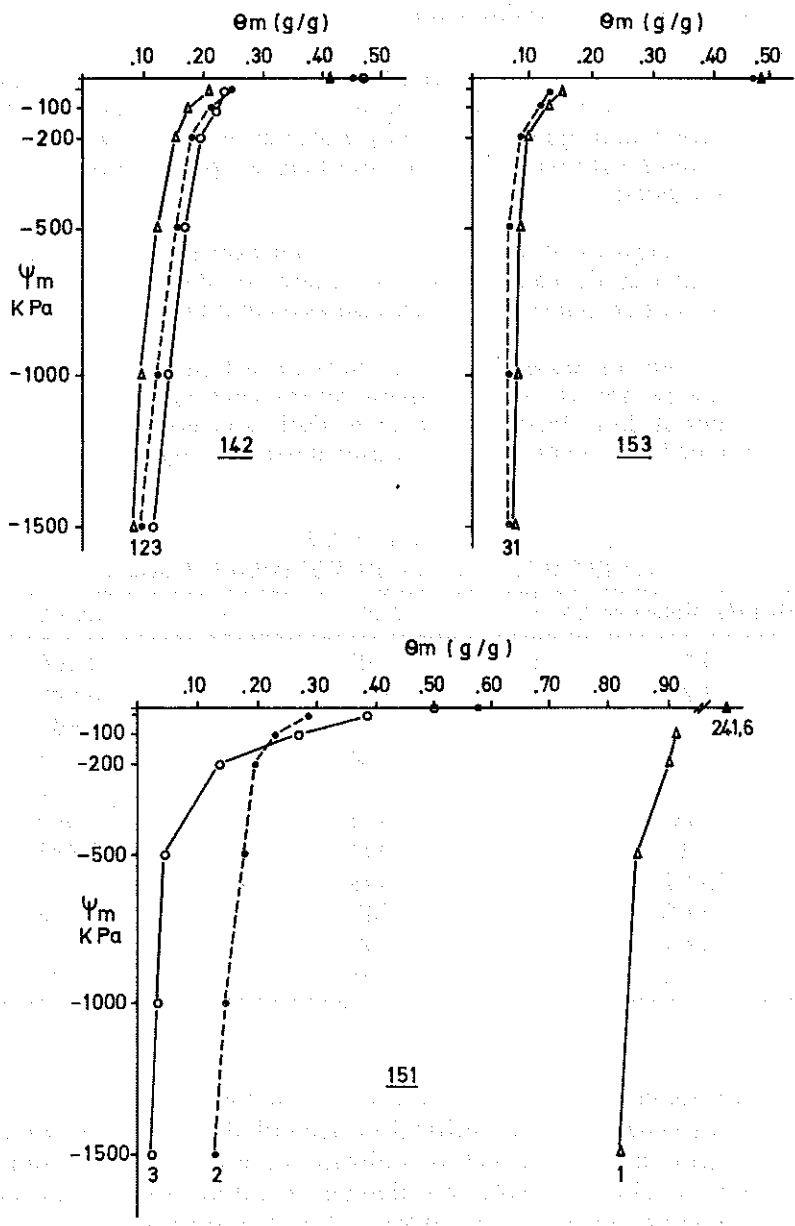


Fig. V.5.2. Curvas características de retención de humedad de los horizontes de los pedones 142, 153 y 151 (Iborra).

## V.5.2. Velocidad de infiltración

Las características de los puntos en que se realizaron medidas de infiltración se han reseñado en el Cuadro IV.6. Todas las medidas se hicieron a lo largo de fechas muy próximas, en el mes de julio de 1984. Los suelos estaban secos en superficie y ligeramente húmedos en profundidad.

En las Figuras V.5.3. a V.5.5. se representan las infiltraciones acumuladas de cada punto estudiado, es decir los mm de agua infiltrados en cada uno de los instantes en que se tomaron medidas.

El estudio de regresión de los datos se refleja en el Cuadro V.5.2., donde se aprecia que el mejor ajuste corresponde a una función potencial de la forma  $Y = a t^b$ , es decir a la ecuación de Kostyakov, aunque las diferencias con un ajuste lineal son muy ligeras.

CUADRO V.5.2.  
VALORES DE  $r^2$  PARA  $i = f(t)$  POTENCIAL Y LINEAL

Puntos de observación	$a t^b$	$a t + b$
P1	0.995	0.998
P2	0.997	0.995
P3	0.998	0.980
P4	0.992	0.987
P5	0.981	0.997
135	0.999	0.999
136	0.999	0.994
137-7	0.996	0.994
137-8	0.983	0.908
142-1	0.998	0.995
142-2	0.997	0.997

En el Cuadro V.5.3. se recogen además de los coeficientes de cada una de las ecuaciones de infiltración acumulada, los coeficientes de la ecuación de la velocidad de infiltración o infiltración instantánea  $i = dl/dT = abt^{b-1}$ ; el valor del tiempo de estabilización ( $t_e$ ), lapso de tiempo necesario para que  $di/dt = -0.1i$ ; la infiltración acumulada para este tiempo ( $I_{t_e}$ ); la velocidad básica ( $i_{t_e}$ ); la infiltración acumulada en la primera hora (160).

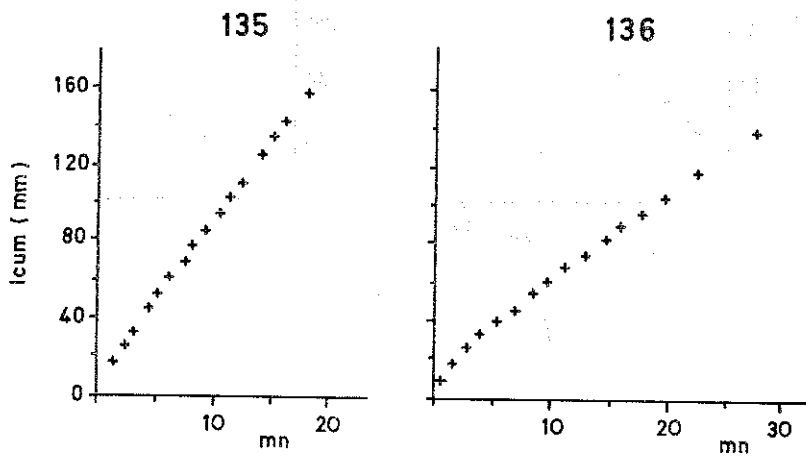


Fig. V.5.3. Infiltración acumulada (método Múntz) en ensayos de campo en los pediones 135 y 136 (lborra) según se indica en el cuadro IV.6.

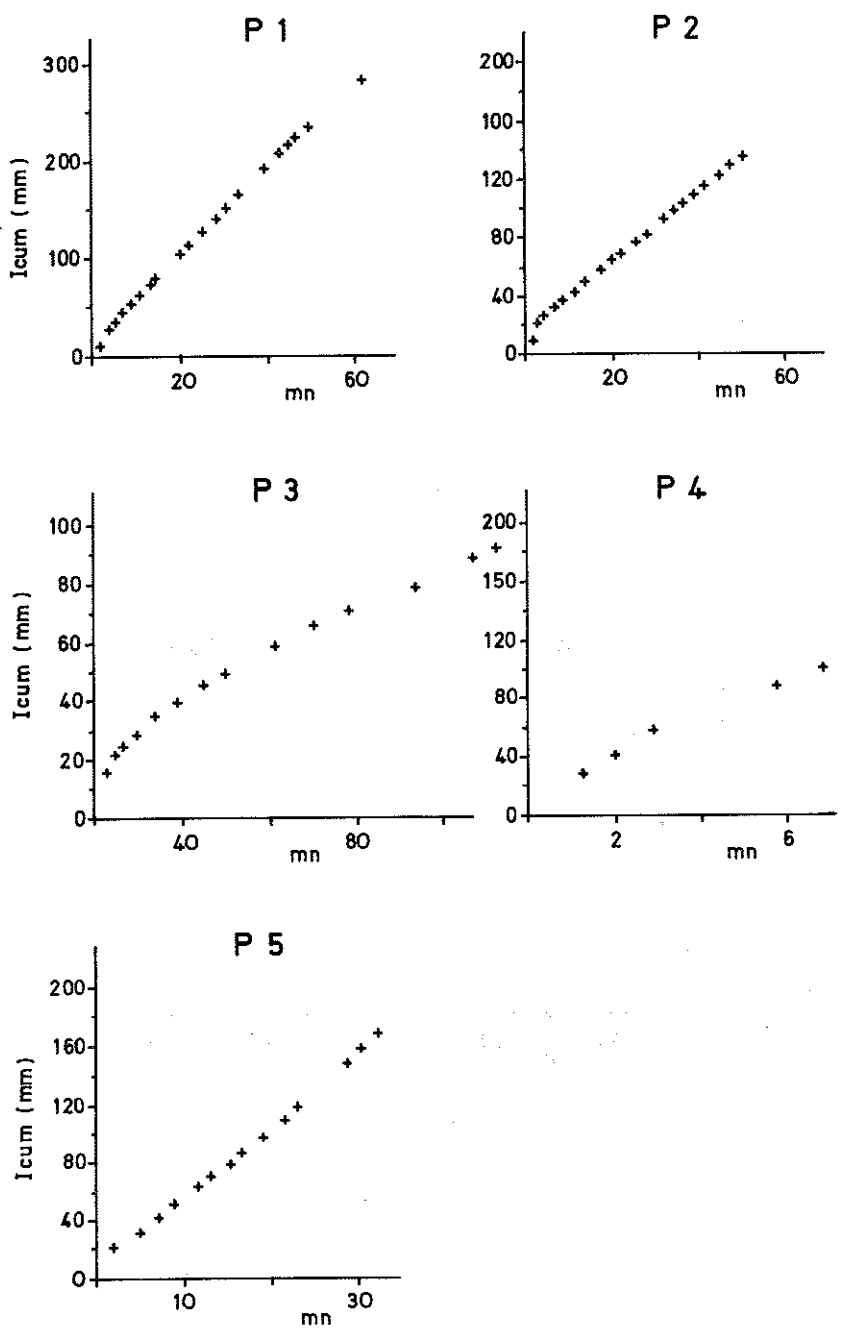


Fig. V.5.4. Infiltracion acumulada (método Múntz) en ensayos de campo de diferentes puntos correspondientes al pedión 151 (Iborra) según se indica en el cuadro IV.6.

153

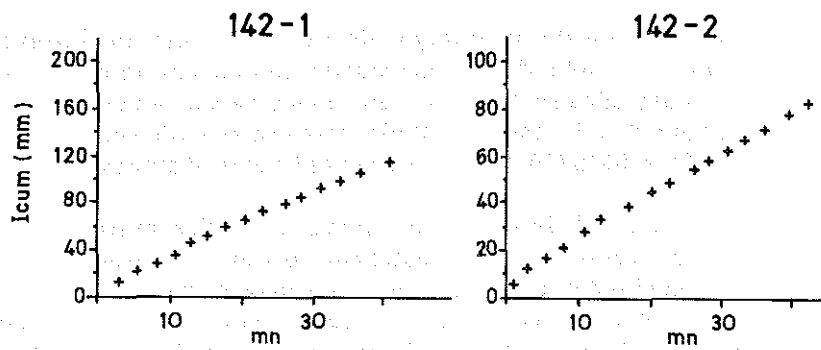
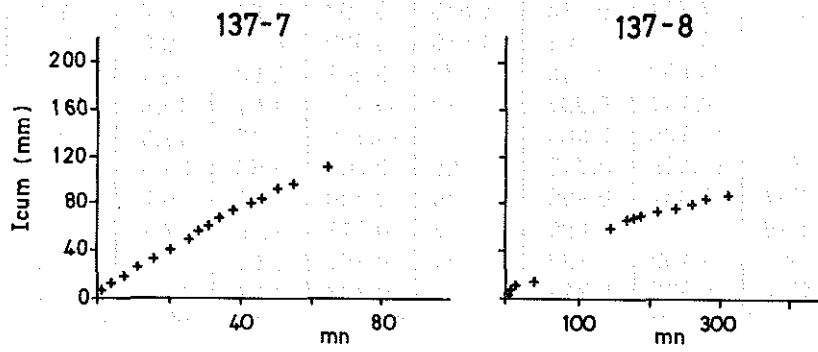


Fig. V.5.5. Infiltración acumulada (Método Múntz) en ensayos de campo de dos puntos de los pediones 137 y 142 (Iborra) situados en un fondo de val, según se indica en el cuadro IV.6.

**CUADRO V.5.3.  
COEFICIENTES DE LAS ECUACIONES DE INFILTRACION Y MAGNITUDES  
DERIVADAS**

	$I = at^b$		$i = abt^{b-1}$		$t_e$ mn	$l_{te}$ mm	$i_{te}$ mm/mn	$l_{60}$ mm
	a	b	ab	b-1				
P1	7.319	0.893	6.536	-0.107	1.07	7.8	6.5	283.4
P2	7.814	0.718	5.610	-0.282	2.82	16.4	4.2	147.8
P3	9.294	0.501	4.656	-0.499	4.99	20.8	2.1	72.3
P4	24.657	0.738	18.174	-0.262	2.62	50.1	14.1	506.1
P5	9.162	0.809	7.412	-0.191	1.91	15.5	6.6	251.5
135	11.906	0.885	10.537	-0.115	1.15	13.5	10.4	446.1
136	11.495	0.740	8.506	-0.260	2.60	23.3	6.6	237.9
137-7	3.842	0.800	3.074	-0.200	2.00	6.7	2.7	101.6
137-8	1.764	0.685	1.208	-0.315	3.15	3.9	0.8	29.1
142-1	5.180	0.838	4.341	-0.162	1.62	7.8	4.0	160.1
142-2	5.385	0.713	3.840	-0.287	2.87	11.4	2.8	99.8

### V.5.3. Conductividad hidráulica

Las medidas realizadas se presentan gráficamente en las Figuras V.5.6. a V.5.8.

Los resultados de los ensayos de campo indican un intervalo relativamente amplio de conductividades hidráulicas, teniendo en cuenta que todos ellos se realizaron en fondos de val, según se indica en el apartado IV.2.11. Estos resultados están de acuerdo con lo indicado por ALPHEN & RIOS (1971) para suelos yesíferos de distintas procedencias.

La variabilidad de la conductividad hidráulica entre las diferentes pruebas junto con la inexistencia de datos previos acerca de las conductividades hidráulicas de estos suelos hacía arriesgado tomar sin más los últimos valores de cada prueba como correspondientes a la K. La incertidumbre se ha paliado calculando una K estabilizada a comparar con las últimas medidas.

Para cada una de las pruebas de campo se ha ajustado una ecuación de la forma  $K = g t^h$ , donde

K es la conductividad hidráulica instantánea expresada en m/día

t es el tiempo expresado en mn

g es un coeficiente relacionado con el origen de coordenadas

h es un exponente relacionado con las características intrínsecas del suelo.

En las Figuras V.5.6. a V.5.8. se representan tales ecuaciones sobre los valores experimentales. En el Cuadro V.5.4. se recogen además de los valores de  $r^2$ , los de  $g$  y de  $h$  para cada prueba. También se presenta un valor calculado ( $K_e$ ) con las ecuaciones, valor de la conductividad hidráulica que se alcanza cuando ésta varía menos de un 10% en 10 mn, es decir al cabo de un tiempo  $t_e$  tal que:

$$K_{te} - K_{te + 10} = K_{te}/10 \quad \text{o sea} \quad 0.9 K_{te} = K_{te + 10}$$

sustituyendo  $K_{te}$  y  $K_{te + 10}$  por sus valores se tiene:

$$t_e = 10 / (0.9^{1/h} - 1)$$

$0.9 g h = g(t_e + 10)h$ , y despejando  $t_e$  se obtiene  $t_e = 10/0.9^{1/h} - 1$

También se recoge en el Cuadro V.5.4. el valor calculado para  $K_e$  es decir  $K_e = g t_e h$ . La última columna presenta la media de las dos últimas medidas de  $K$  efectuadas en campo.

**CUADRO V.5.4.**  
**ECUACIONES DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA**

Pedión	Profundidad en cm		K = gth					Media últimas medidas
	del sondeo	de la medida	ajuste			0.9 $K_{te} = K_{te + 10}$		
			$r^2$	g	h	$t_e$	$K_{te}$	
137	50	20	0.568	2.03	-0.269	20.86	0.90	1.12
	100	71	0.868	2.02	-0.304	24.14	0.80	0.67
	98	75	0.964	5.70	-0.707	62.23	0.31	0.36
	99	70	0.970	3.51	-0.506	43.20	0.52	0.62
138	47	25	0.785	1.65	-0.416	34.69	0.38	0.40
	99	52	0.876	2.97	-0.440	36.96	0.61	0.95
140	47	37	0.522	2.96	-0.220	16.28	1.60	1.34
	99	58	0.802	6.20	-0.633	55.22	0.49	1.27
142	52	41	0.920	2.25	-0.292	23.01	0.90	1.06
	103	50	0.891	6.95	-0.691	60.71	0.41	1.22



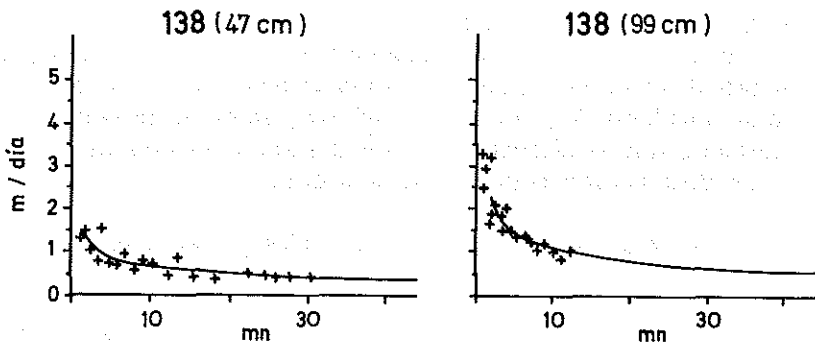


Fig. V.5.6. Medidas de conductividad hidráulica por el método del "augerhole" y ajuste de una ecuación potencial en el pedión 138 (Iborra) a las profundidades indicadas.

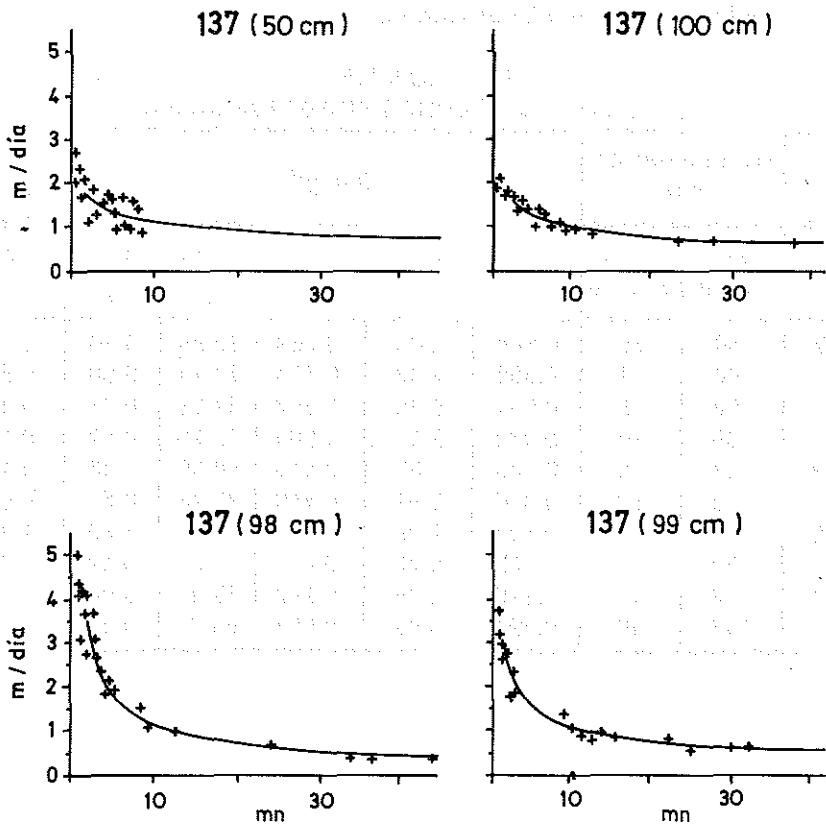


Fig. V.5.7. Medidas de conductividad hidráulica por el método del "augerhole" y ajuste de una ecuación potencial en el pedión 137 (Iborra) a las profundidades indicadas.

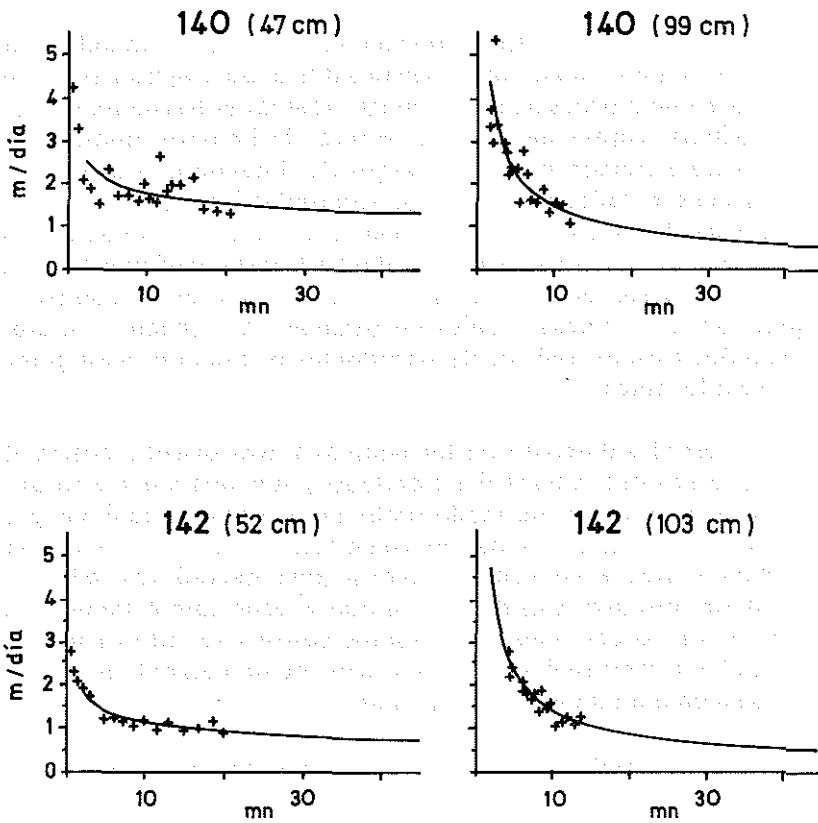


Fig. V.5.8: Medidas de conductividad hidráulica por el método del "augerhole" y ajuste de una ecuación potencial en los pedones 140 y 142 (Iborra) a las profundidades indicadas.

## VI. DISCUSION

### VI.1. FORMAS DEL YESO EN EL SUELO: LA SEPARACION MASA BASAL/EDAFORRASGOS

La existencia de suelos con horizontes formados mayoritaria o exclusivamente por yeso es propia de climas áridos o semiáridos. En general en climas más húmedos la solubilidad del yeso hace que si éste se encuentra en el suelo sea minoritario, formando edaforrasgos. La descripción de estos se resuelve con el sistema del *Handbook*.

La existencia de yeso reputado como edafogénico formando la mayor parte del material suelo constituyó una dificultad al aplicar el sistema del *Handbook* en muchos de los pediones. Además es frecuente detectar en los pediones clastos de yeso de la roca, fácilmente identificables al microscopio cuando presentan rasgos de diagénesis avanzada (ORTI, 1977) Por otro lado, en la práctica, para ciertas formas del yeso del suelo no puede discernirse si son edafogénicas o proceden directamente de cristales presentes en el estrato, dadas las transformaciones del yeso y la anhidrita de las rocas en el curso de la exhumación. Puede suponerse que, con las técnicas usuales de examen microscópico, ni siquiera pequeños cristales relictos de porfidoblastos pueden distinguirse del yeso edafogénico.

Tras el estudio detenido de las láminas y tras discutir acerca de las interpretaciones válidas del *Handbook*, fue posible elaborar unos criterios para aplicar de modo uniforme a todas las láminas y poder situar los diferentes tipos de yeso como edaforrasgos o como masa basal. Dichos criterios se han aplicado en otras áreas geográficas de España con resultados positivos y es de esperar que se vean completados a medida que las investigaciones sobre suelos yesosos se intensifiquen y se extiendan a otras regiones. La utilización de un vocabulario común será en ese momento un apoyo importante.

Los criterios adoptados se exponen en el apartado IV.5.3., y se discuten a continuación.

Los hábitos del yeso que se han encontrado pueden agruparse en tres tipos de formas: a) lenticular, tanto de lentillas simples como compuestas, y formas relacionadas: yeso radial y en empalizada, lentillas imperfectas de gran tamaño, etc. b) anedral y diagénico c) microcristalino, con cristales de 15  $\mu\text{m}$  o menores. Pueden encontrarse formas de transición entre las mencionadas, o de difícil atribución, pero son siempre minoritarias.

#### a) Yeso lenticular

En los suelos estudiados no hay capa freática ni inundación en ninguna época del año, por lo que no se puede pensar en yeso evaporítico actual. El yeso lenticular puede proceder de la roca yesosa, asociado a intercalaciones lutíticas y puede ser tanto sinsedimentario como muy tardío (ORTI, 1977, p. 95), procedente de recristalizaciones postdiagénicas en el curso de la exhumación del núcleo anticlinal.

La mayor parte del yeso lenticular, con caras curvas, tiene secciones de tamaños entre 2 mm y 40  $\mu$ m. Como norma general este yeso se interpreta como edafogénico aun suponiendo que una pequeña parte de él sufrió cristalizaciones y disoluciones sucesivas en un medio no propiamente edáfico aunque parecido a éste -grietas u oquedades de la roca-. Las condiciones de ese medio para los cristales que han durado hasta encontrarlos en el suelo eran similares a las edáficas ya que se mantienen, y diferentes a las de un medio sedimentario o a la diagénesis posterior.

##### a.1) Yeso lenticular minoritario en el suelo

En las láminas de composición mayoritaria no yesosa, la descripción del yeso lenticular como edaforrasgo es clásica. No presenta ningún problema cuando las lentillas aparecen intercalares en una masa basal claramente edáfica o en el interior de otros edaforrasgos, o formando algún edaforrasgo: revestimientos, rellenos, yeso radial o en empalizada, etc.

El yeso radial y en empalizada es el menos frecuente. Se ha visto en general asociado a material micrítico, fragmentos de la calcilimolita desmenuzados y en proceso de desagregación en horizontes de superficie. Las disposiciones radial y en empalizada van asociadas y se consideran como distintas secciones de un apilamiento de cristales tabulares de yeso, variedad de las lentillas. La forma de varilla para estos cristales se ha descartado por no aparecer sus secciones transversales en las láminas. Algunas birrefringencias en su contacto con material quedecal pueden indicar que este yeso es posterior a la quera y, por tanto, edáfico y se describe como edaforrasgo.

El yeso lenticular, y formas similares con las presentaciones que se acaban de indicar, corresponde a horizontes que cumplen para endopedión gypico de Soil Taxonomy System (S.S.S., 1975) cuando satisfacen las condiciones morfométricas exigidas (espesor en cm x % yeso = >150), y que en campo se suelen designar como horizontes de yeso vermiforme.

a.2) Yeso lenticular formando un retículo que engloba islotes de material no yesoso

Hay horizontes en que las lentillas de yeso se presentan agrupadas en una red formada casi exclusivamente por ellas y que engloba islotes hasta centimétricos donde se agrupan los materiales no yesosos, aunque estos islotes pueden contener a su vez edaforrasgos yesosos. El análisis químico revela contenidos de alrededor del 50% en yeso.

La masa de lentillas tiene una fábrica diferente al resto del material suelo, análoga a la fábrica crística de BREWER (1964), y se designa como edaforrasgo de masa gypsica lenticular. Se volverá sobre este edaforrasgo al discutir la descripción de la estructura.

Las propiedades de este horizonte están determinadas por el yeso; en campo tiene tacto áspero, y tras su estudio micromorfológico se denomina horizonte de yeso lenticular.

a.3) Yeso lenticular mayoritario

Cuando en la lámina delgada el yeso es mayoritario en forma lenticular, la mayor parte de las lentillas se disponen al azar, aunque puede haber otros edaforrasgos gypsicos. Se trata de un caso semejante al anterior, con mayor riqueza en yeso y los islotes no yesosos mucho menores o inexistentes, por lo que es más expresivo decir que los materiales no yesosos están dispersos entre las lentillas de yeso. Sus características en campo son semejantes al caso anterior y también se ha denominado horizonte de yeso lenticular.

De acuerdo con BULLOCK *et al.* (1985), caben dos posturas para describir estas láminas. Se puede considerar que el yeso forma un edaforrasgo continuo en la lámina y entonces describirlo como masa basal (op. cit, p. 95) o bien que en esta lámina la masa basal está ausente, tal como se hace (op. cit, p. 124) para los horizontes petrogypsicos.

Junto a esto hay que considerar la dificultad práctica para estimar en estas láminas la cantidad de yeso con el microscopio petrográfico carente de polarización circular.

También se debe subrayar que cuando el material no yesoso se encuentra predominantemente en islotes cuyo tamaño es menor o semejante al de las lentillas de yeso, son estas las causantes de la mayoría de las propiedades del suelo. Por ello en este caso las lentillas se describen como masa basal junto con el yeso de granulometría semejante, excluyendo todo aquél yeso que está formando edaforrasgos

típicos, como masas discretas microgypsicas, rellenos y revestimientos, etc.

Debe advertirse que en los revestimientos y rellenos las lentillas se suelen disponer sin orientación relacionada a las paredes del hueco (V.2.2.9.). Por ello, siendo su composición similar a la de la masa basal tales edaforrasgos sólo pueden distinguirse si corresponden a un hueco bien caracterizado y las lentillas están orientadas respecto a sus paredes. Puede resultar conveniente en estos casos indicar en el epígrafe "edaforrasgos" que el yeso lenticular se describe como masa basal. La solución adoptada está de acuerdo con la designación en campo de estos horizontes.

#### a.4) Yeso lenticular sobre una masa apedral

La masa suele ser calcimolítica y las lentillas aparecen tanto en huecos o grietas como intercalares. Muy frecuentemente son lentillas de 2 ó más mm de longitud, de formas generalmente imperfectas. De acuerdo con los datos de ORTI (1977, p.95) el yeso lenticular puede tanto ser sinsedimentario como haberse originado por precipitación en la roca en un momento indeterminado.

Teniendo en cuenta que la transición de condiciones ambientales edáficas a las de disolución/precipitación en la roca es continua y compleja, y por las mismas razones funcionales que se exponen en el apartado siguiente, este yeso se considera edaforrasgo.

#### b) Yeso anhedral

En este tipo de yeso cabe discutir su origen detrítico o por corrosión a partir de yeso lenticular, o su origen a partir de yeso diagénico. Esta diferenciación es para la mayoría de los casos imposible de hacer de forma práctica, debiéndose acudir a otros criterios para distinguir entre edaforrasgos y material heredado.

#### b.5) Yeso anhedral disperso en la masa basal

Hay casos en que algunas de sus características internas tal como el estudio detallado de las líneas de polvo (dust lines) podría indicar su origen a partir de yeso lenticular; o la microcristalografía de las inclusiones líquidas (SABOURAUD-ROSSET, 1972,1976; MULLER, 1987) podría ilustrar sobre el ambiente químico en que se formaron. Pero sobre todo para los cristales de tamaños menores este estudio es prácticamente inabordable.

Puesto que la cinética de disolución del yeso viene condicionada por la granulometría (KEMPER *et al.*, 1975; KEREN *et al.*, 1980), y esta es similar para los cristales anhedrales de yeso y para los lenticulares, este criterio funcional parece suficiente para considerar todos los monocristales de yeso con alguna dimensión menor de 2 mm como edaforrasgos, sin entrar en la consideración de su origen, incluso cuando su proximidad a la roca madre o su distribución alrededor de clastos de ésta permita inducir su carácter de material heredado.

#### b.6) Yeso en asociaciones oligocristalinas

Estas asociaciones de cristales, a veces vagamente lenticulares, pueden proceder de la roca (crecimientos en las intercalaciones lutíticas o en huecos) o ser edafogénicos, sin criterios prácticos para distinguirlos al microscopio. En muy pocos casos ha sido posible encontrar incluido algún cristal de quesparita u otros materiales que pueden confirmar un origen edáfico.

Se ha establecido, por las mismas consideraciones funcionales y de concordancia con los criterios de campo, el límite de 2 mm por encima del cual se consideran componentes gruesos (masa basal), salvo que sean de sección claramente lenticular.

#### b.7) Yeso conteniendo anhidrita

La presencia de anhidrita en estos suelos es excepcional. Se ha intentado no sobrepasar nunca los 40° C a lo largo del proceso de fabricación de cortes delgados; además la anhidrita siempre ha aparecido en formas euhedrales o subhedrales, a veces con aspecto corroído, en el interior de cristales de yeso y nunca en sus bordes, lo que hace descartar que sea artefacto. Como las condiciones ambientales no permiten la formación de anhidrita (JAUZEIN, 1972; PERTHUISOT, 1978), la conclusión es que el yeso que la contiene procede directamente de la roca o si se ha formado en condiciones edáficas ha sido a partir de anhidrita.

En general la anhidrita se ha encontrado en muestras de la roca de yeso sacaroideo, como inclusiones en los porfidoblastos, según una de las presentaciones clásicas en estas rocas (ORTI, 1977, p.95), o en cantos oquerosos de yeso recolectados en las vertientes.

La presencia de anhidrita en clastos de yeso en una lámina delgada de suelo ha sido excepcional. Siempre se trataba de clastos en superficie o a pocos milímetros de ella, que con toda seguridad procedían de vertientes circumdominantes. Eran clastos de pequeño tamaño (<1cm), con fuerte alteración, normalmente grietas de disolución entre los componentes

cristalinos y ataque de origen biológico, generalmente alveolos ocupados por material verde en luz natural, de aspecto algal y con filamentos asociados. Se puede suponer la naturaleza líquénica de este ataque por la similitud de las estructuras microscópicas observadas en clastos o en afloramientos de yeso sacaroideo revestidos de líquenes.

El fuerte grado de alteración, con superficie de ataque grande (grietas de disolución muy desarrolladas) y la granulometría de estos fragmentos ha llevado a considerarlos, con un criterio funcional, como edaforrasgos.

b.8) Yeso diagénico; yeso fibroso y otras formas de relleno en cavidades, juntas o fracturas de la roca.

Se describen como elementos gruesos siempre que su tamaño permita distinguir caracteres internos de diagénesis avanzada o crecimientos paralelos (yeso fibroso) frecuentes en grietas onduladas del interior de las lutitas y conocidas como "enrejado de yeso". Generalmente (DABRIO & MARTIN, 1981; MANDADO, 1987) se han interpretado como reprecipitaciones ocurridas en el curso de la exhumación, en juntas de estratificación o en grietas asociadas a la descompresión.

Las llamadas selenitas de relleno no han aparecido en ninguna lámina, si bien en campo se ha encontrado alguna en la superficie de parcelas recientemente niveladas en el área de Camarasa (Lérida). Caso de aparecer en lámina delgada, quedarían como elementos gruesos.

c) Yeso microcristalino

Las observaciones de campo llevaron a distinguir una variedad de horizonte yesoso "horizonte de yeso farináceo", que en análisis químico resultó ser el de mayor riqueza en yeso ( 80 a 90% ) y que tras el estudio micromorfológico se asocia a la presencia de yeso microcristalino.

En la literatura consultada acerca de la petrografía del yeso, no se han encontrado referencias a este tipo de yeso. STOOPS, ILAIWI (1981, p.179) se refieren a yeso en pequeños cristales (10-30  $\mu\text{m}$ ) y a una matriz "faint-yellowish" en el horizonte petrogypsico. Estas características microscópicas parecen coincidir con las del yeso microcristalino al que se hace referencia.

Este yeso microcristalino se considera siempre de origen edáfico o, si se prefiere, de meteorización, ya que no se han citado rocas con esta petrografía y en la presente investigación se asocia siempre a condiciones subaéreas actuales.



### c.9) Yeso microcristalino en masas discretas

La descripción de este yeso como edaforrasgo no ofrece problemas cuando aparece asociado a actividad biológica, por ejemplo pruina de líquenes, o en nódulos simples o compuestos, o asociado a raíces y a canales. Estas presentaciones son frecuentes en horizontes gypsicos de lentillas.

Cabría describirlo como relleno de cavidades. Sin embargo, por su presencia en horizontes de yeso microcristalino, cuyo patrón de huecos en cavidades horizontales interrumpe, así como por no aparecer asociado a cavidades, se considera más correcto tratarlo como nódulos.

### c.10) Yeso microcristalino en masa continua

Se denomina así cuando forma la mayor parte del material suelo de un horizonte identificable en campo (horizonte de yeso farináceo). Ello permite describir el yeso microcristalino como masa basal, siguiendo a BULLOCK *et al.* (1985, p.95) para edaforrasgos continuos en la lámina. Dentro del apartado masa basal, este yeso se designa como micromasa gypsica, o se puede decir que el horizonte tiene masa basal microgypsica.

Sobre esta masa microgypsica aparecen otros materiales cuya descripción como edaforrasgos es posible en la mayoría de los casos: revestimientos de finos sobre paredes de huecos de la masa de yeso microcristalino, yeso lenticular incluido en la masa microgypsica, nódulos (generalmente compuestos) de yeso microcristalino más puro rompiendo el patrón de huecos de la masa basal, intercalaciones de limo carbonático, etc. En otros casos los materiales incluidos deben describirse como parte de la masa basal: limo carbonático disperso al azar, fragmentos de lutitas, cristales de esparita, etc.

Para la sistemática de la descripción resulta complicado que el mismo material se sitúe unas veces en edaforrasgos y otras en masa basal, sobre todo para descripciones muy sintéticas o en cuadros; sin embargo no puede hacerse de otro modo, salvo que se adoptase el punto de vista de que la masa basal no existe (BULLOCK *et al.*, 1985, p.124). Un compromiso válido en estos casos puede ser no dejar en blanco ninguno de los dos epígrafes (masa basal y edaforrasgos) remitiendo desde uno de ellos al otro en el cual se describe el material.

Igualmente es convencional el decidir sobre la lámina a partir de qué límite de abundancia de yeso microcristalino éste deja de describirse como edaforrasgo para pasar a ser considerado masa basal, sobre todo si en la misma lámina hay zonas con nódulos microcristalinos y otras zonas cuya masa es microgypsica continua o si hay partes con una y partes con

otra, o mezcla. En estos casos debe predominar el criterio de campo, es decir, en las láminas pertenecientes a horizontes designados en campo como de yeso farináceo o el yeso microcristalino forma la masa basal, y se describe como tal.

## **VI.2. FORMAS DE LOS CARBONATOS EN EL SUELO: LA SEPARACION MASA BASAL/EDAFORRASGOS**

### **VI.2.1. Clastos de rocas carbonáticas**

La casi verticalidad de los estratos en el núcleo anticlinal y su deformación halocinética hacen que en distancias cortas pueda haber clastos de petrologías variadas, procedentes de los estratos aflorantes.

En el caso de clastos de rocas carbonáticas, su descripción como masa basal no ofrece problemas cuando sus características internas (fábrica petrográfica, fósiles o sus fantasmas, etc) o su forma permiten reconocerlas como calizas o como calcilutitas.

El punto conflictivo aparece por la abundancia en la zona estudiada de calcilutitas sin fósiles y sin microfábrica sedimentaria definida. Uno de los casos posibles es que este material forme la mayor parte de la lámina, correspondiendo en general a horizontes designados en campo como C y no como R debido a que la lutita presentaba signos de alteración, a veces muy cuarteada, con penetración de raíces y poca consistencia. Aunque el tamaño de la lámina no permite apreciar el grado de agrietamiento del material, sí que suele presentar edaforrasgos tales como yeso lenticular, querás, canales y cámaras, etc, por lo que se puede considerar a la lutita como masa basal de un horizonte edáfico.

Cuando la lámina delgada presenta dominios, generalmente no mayores de unos pocos mm, con su b-fábrica poco contrastada con la del material circundante del que destacan sólo por su composición casi exclusivamente limosa o limo-arcillosa, con poca cantidad de cuarzos tamaño arena, su consideración como edaforrasgos texturales se ha descartado. La razón es la forma esferoidal-redondeada que suelen presentar, poco frecuente en este tipo de edaforrasgos (BULLOCK *et al.*, 1985, p.115) y más propia de clastos detríticos de la limolita. Por ello se describen como masa basal y todavía cabe discutir si se consideran pertenecientes a la micromasa o al material grueso. En el caso de material desagregado se pasa insensiblemente a la forma siguiente: "micrita incorporada a la masa basal del suelo".

El criterio para describir estos materiales como elementos gruesos o como micrita incorporada a la micromasa debería coincidir con el de campo. Es decir, si su estado de desagregación o de alteración no les permite un comportamiento diferenciado del resto del material, debe comprobarse que en campo no se distinguieron como material grueso, y en tal caso han de describirse con la micromasa. En campo la designación como material grueso es a menudo genética, en base al color, o a su disposición en el perfil; incluso se describen elementos gruesos muy alterados incluidos en un suelo más consistente.

Dos consideraciones suplementarias refuerzan la tendencia a tratar estos materiales como parte de la micromasa. La primera es que normalmente los pedones se describen con el perfil relativamente seco, mientras que en período húmedo el comportamiento mecánico de los materiales lutíticos es probablemente más parecido al del resto del suelo, y entonces quizá no se describirían en campo como elementos gruesos. La segunda es que la limolita tiene unas características de labilidad tales que, incluso en condiciones ambientales relativamente alejadas de las edáficas, permite el crecimiento de yeso lenticular sin b-fábrica u otro tipo de organización especial en el contacto con las lentillas.

#### **VI.2.2. Micrita incorporada al material suelo**

Los materiales geológicos aflorantes en la Depresión del Ebro son carbonatados. De este modo, los suelos estudiados en el presente trabajo tienen más de un 30% de carbonato cálcico, salvo aquellos con elevados contenidos de yeso. En lámina delgada, excepto en los horizontes mayoritariamente yesosos o en ciertos edaforrasgos con parte decalcificada (queras), la b-fábrica es cristalítica. Esta característica afecta a todo el suelo y los carbonatos micríticos responsables deben considerarse como masa basal, tanto si se supone son edáficos como si se trata de un rasgo heredado de las lutitas o de los demás materiales parentales carbonáticos.

Una evaluación general de las láminas estudiadas muestra que los materiales esparíticos, salvo la quesparita, son escasos en estos suelos, y las acumulaciones nodulares existentes son micrita. Además la esparita presente muestra casi siempre formas de corrosión, por lo que con un sentido general cabe hablar de una tendencia a la formación de micrita en estos suelos.

### VI.2.3. Limo carbonático

Esta denominación se emplea para la calcita en cristalitas tamaño limo fino que se visualizan aislados o en pequeños grupos cuando se encuentran en un material transparente o cuando forman revestimientos.

Cuando se encuentran como líneas de polvo (dust lines) o aislados en el interior de lentillas de yeso, se consideran como un carácter interno del cristal. Suelen dibujar parcialmente formas lenticulares en el interior de la lentilla que pueden denotar, cuando la forma del cristal no es lenticular, un proceso reciente de desgaste de la lentilla, bien por rodadura, bien por disolución. No parece probado en la literatura que la existencia de líneas de polvo indique una detención en el crecimiento de la lentilla. En otras ocasiones se han visto revestimientos de limo carbonático en la superficie de la lentilla que cuando alcanzan continuidad pueden considerarse como edaforrasgos (revestimientos).

En costras de arroyada el limo carbonático con cantidades variables de arcilla forma edaforrasgos texturales al presentarse como revestimientos de superficie y de huecos en continuidad con intercalaciones.

Cuando el limo carbonático se presenta en el edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular, lo hace repartido al azar, por lo que se describe como parte de dicho edaforrasgo.

El limo carbonático resalta también en los horizontes de yeso microcristalino. Cuando forma revestimientos en los huecos de esta micromasa gypsica se describe como edaforrasgo, lo mismo que cuando forma intercalaciones entrelazadas discontinuas en el seno de tal masa. Sin embargo el limo carbonático disperso al azar deberá considerarse parte de la micromasa gypsica, en la que se individualizan a veces nódulos de yeso microcristalino casi carentes de limo carbonático y que interrumpen el patrón de huecos de la micromasa.

Desde el punto de vista descriptivo los criterios expuestos son coherentes, y desde el punto de vista de la génesis hay que tener en cuenta la abundancia de formas intermedias que llevan a interpretar todas estas presentaciones como distintos tipos de distribución del mismo material.

Otra presentación del limo carbonático es asociado a determinados líquenes, bien en su parte externa formando la pruina, bien en el fieltro hifal de su parte interna. El microscopio óptico no permite

discernir si se trata de una simple acumulación de material en desagregación procedente de los fragmentos calcilimolíticos o del limo carbonático presente en el yeso que forman el sustrato o bien es una producción del propio líquen asociada a la parte fúngica, tal como indican ciertos autores para micorrizas (CALLOT *et al.*, 1985). En cualquiera de los dos casos este material se forma en el suelo por lo que se describe como edaforrasgo.

#### VI.2.4. Nódulos micríticos

Los horizontes cálcicos encontrados en estos suelos se distinguieron por la existencia de nódulos fácilmente visibles en campo; sólo en alguno de ellos había un inicio de cementación general en la masa. El aspecto microscópico de este material es menos translúcido en LPP y más gris en LPX, correspondiendo a un material más micrítico que el resto.

En general su descripción micromorfológica como nódulos en el epígrafe edaforrasgos no plantea problemas. En el caso de los nódulos impregnantes podría pensarse en describirlos como masa basal, pero su relación con los demás tipos los sitúan claramente como una variedad de nódulos.

Por contra, cuando se han visto al microscopio manchas submilimétricas de límite difuso y poco contrastadas, cuyas características ópticas recuerdan a las de los nódulos, se han considerado masa basal ya que siempre eran escasas y no correspondían con una apreciación en campo de ningún inicio de cementación. No debe descartarse que puedan aparecer horizontes cálcicos con este tipo de acumulación que deberá entonces describirse como masa basal, al igual que cuando la cementación es continua (lám. 143: 92-108), al formar un rasgo continuo en la lámina y el horizonte, afectando a las propiedades de éste.

En algún caso se han encontrado, en láminas de horizontes superficiales, elementos gruesos de características internas coincidentes con las descritas para los nódulos. Su forma es redondeada subesferoidal, y están mezclados con otros materiales de aspecto detrítico, sin rasgos que denoten relación directa con el material suelo circundante. Considerando que se trata de material no in situ, sino aportado desde otros pedones, se han descrito en el epígrafe masa basal, como material grueso.

### **VI.2.5. Esparita hedral**

En los granos euhedrales con clivaje romboédrico, las formas de corrosión y la presencia de granos de este tipo incluidos en el yeso sacaroideo (apartado V.2.3.2.) indican que proceden de rocas (yesos, calizas, hiladas esparíticas en otros materiales) y rápidamente se disuelven en el suelo. Tal apreciación viene apoyada por la disposición siempre al azar de estos materiales en la lámina delgada y porque sólo se encuentran en horizontes superficiales o de aportación reciente disminuyendo su presencia en profundidad hasta desaparecer. En esta perspectiva se describen como material grueso en el epígrafe masa basal.

Hay granos subhedrales de caracteres internos similares a los anteriores cuyo pequeño tamaño no suele permitir una identificación suficientemente precisa. Su distribución en los perfiles es semejante a los anteriores, de los que se consideran formas detríticas o de disolución. Debe indicarse que para los tamaños menores no hay modo práctico de distinguirlos de los restos de granos de quesparita.

### **VI.2.6. Esparita nodular**

La escasez y las características internas de este componente no permiten asegurar su naturaleza esparítica. Se puede suponer relación genética con la esparita hedral por las características petrográficas y por aparecer siempre en horizontes que contienen a ésta. Su escasez y su distribución no relacionada inducen a descartar se trate de un edaforrasgo actual, aunque teniendo en cuenta su distribución en los perfiles cabe sugerir un origen biológico.

Según lo expuesto, se considera que la esparita nodular es heredada, y se describe como material grueso de la masa basal.

### **VI.2.7. Pseudomorfos**

En primer lugar hay que referirse a los cristales de tamaños no superiores a 30  $\mu\text{m}$ , birrefringentes, generalmente euhedrales, que se encuentran únicamente en huecos celulares de tejidos bien conservados. Sólo aparecen en horizontes 0, y excepcionalmente algunos cm por debajo de ellos, siempre en restos de órganos vegetales. En algunos de los cristales más grandes se han podido a veces ver maclas. Tienen las características de la whewelita (FREY-WYSSLING, 1981), y se describen como edaforrasgos.

Otro caso de pseudomorfosis es el de la calcita pseudomorfoseando al yeso lenticular. Se trata en general de cristales límpidos de calcita, de color uniforme, que en el caso de las lentillas más grandes pueden llevar inclusiones de micas. En algunos casos la pseudomorfosis sólo puede sospecharse, pues la forma lenticular no es del todo clara. Se ha optado por un criterio restrictivo señalando calcita pseudomorfa sólo en los casos patentes de lentillas con caras curvas. Su descripción como edaforrasgo no ofrece problema.

#### VI.2.8. Quesparita

El tamaño, la forma y las características internas de los granos de esparita permiten en muchos casos su identificación como quesparita, aun no habiendo en la lámina queras completas ni restos de quemosaicos. Cuando las líneas curvas convergentes son visibles en LPP, la identificación es clara aun cuando el tamaño del grano sea menor del habitual y presente aspecto de disolución que suele ir acompañado, como es típico en la calcita, de colores variados en LPX, diferentes de los habituales en estos cristales. Cuando dichas líneas no son aparentes y sobre todo si además los tamaños del grano son pequeños, resulta una gradación de características hacia esparita anhedral, de la cual se considera que la fuente principal es la quesparita.

Así pues las queras constituyen el origen del material que se discute en el presente apartado. Sin embargo su descripción no puede hacerse siempre bajo el mismo epígrafe si se quiere mantener el enfoque de los conceptos masa basal/edaforrasgos utilizado hasta ahora.

Cuando en el mismo horizonte hay queras completas o sus fragmentos con cierta organización y a la vez se encuentran cristales sueltos de quesparita o sus restos, todo este material se describe como edaforrasgos, considerando que se esté formando in situ y simplemente procede de la desorganización de las queras en este mismo momento. Los cristales menos reconocibles como esparita representarían fases más avanzadas de un proceso edáfico de incorporación de estos cristales a la masa basal. Hay láminas en que cristales de quesparita en su mayoría bien conservados junto con queras en diversos grados de desorganización, forman la mayor parte del material suelo. Estaríamos ante un horizonte formado en su totalidad por edaforrasgos, y este material, de acuerdo con la pauta adoptada ya discutida para el yeso, se describe como masa basal.

En horizontes superficiales se da a veces la circunstancia de que hay cristales de quesparita alterados, dispersos al azar en el material suelo

y minoritarios en él, sin que en el mismo horizonte se encuentren queras organizadas o sus restos. Se considera que la quesparita es heredada y se describe como masa basal.

En la descripción de rocas se utiliza el epígrafe edaforrasgos para designar a los restos de queratas encontradas a veces.

#### **VI.2.9. Lublinita**

El material parental en el que se ha desarrollado el suelo donde se ha encontrado la lublinita (pedión 138) ha sufrido un transporte ocupando actualmente este suelo una posición relativamente estable al ser el fondo de una val no labrada. La delicada fábrica de los revestimientos y rellenos de lublinita indica su formación in situ, es decir, se trata de un edaforrasgo de acuerdo además con los criterios de diferentes autores (BAL, BUURSINK, 1976; SENGAL, STOOPS, 1972; BULLOCK *et al.*, 1985).

### **VI.3. LA CELESTINA Y SU CONSIDERACION COMO EDAFORRASGO**

Los resultados expresados en el apartado V.2.2.5. parecen indicar que la dinámica de disolución de la celestina en estos suelos es poco pronunciada, en consonancia con su baja solubilidad. El no detectarse al microscopio en horizontes A ni en la mayoría de los B puede ser debido tanto a su disolución en fases avanzadas de la edafogénesis como a su fragmentación y dispersión en el medio edáfico, lo que por su poca abundancia la haría pasar inadvertida junto al yeso o al cuarzo del suelo.

La celestina ha aparecido en uno solo de los horizontes cálcicos estudiados (Fig. VI.1.) y mucho más dispersa que cuando aparece asociada a las calcilimolitas de la base de los perfiles. Se interpreta que no se forma en estos horizontes, sino que el proceso de calcificación fue avanzando a horizontes subyacentes donde se encontraba la celestina.

En conjunto no puede afirmarse con seguridad que se trate de unos cristales típicamente de edafogénesis, pero tampoco es un material sinsedimentario, por no presentarse los cristales asociados a rasgos sedimentarios (Figs. V.3.2.5. y V.3.2.6.) Es difícil indicar con los conocimientos actuales en qué momento se ha formado este material, al igual que ocurre, tal como se ha discutido más arriba, con buena parte del yeso de estas rocas.

De todos modos no es probable que los nidos de celestina procedan de etapas diagénicas avanzadas ni de fases tempranas del inicio de la exhumación, ya que aunque se hubiera formado la celestina en nidos,



éstos hubieran sido desorganizados y sus cristales dispersados, pues en este intervalo la lutita ha sido repetidamente perturbada en su estructura, tanto por los factores tectónicos regionales como por cambios volumétricos en el paso anhidrita-yeso. Este paso parece reciente, por la persistencia de cristales de anhidrita incluso en superficie (Fig. V.3.1.4.). Igualmente los fenómenos de precipitación-disolución del yeso han perturbado la lutita. Además los nidos se asocian muy frecuentemente a huecos de la lutita actuales y que por las mismas razones no pueden ser muy antiguos. Incluso cuando se encuentran en horizontes fuertemente edafizados, por ejemplo en la lámina 135: 61-70 (apartado V.3.3.), con gran cantidad de queras y con estructura en islotes, los cristales de celestina se presentan en nidos aunque una parte pueda empezar a dispersarse en la masa, en cuyo caso los cristales, más difíciles de observar, son más pequeños y subhedrales (lám. 135: 119-129). La distribución de la celestina descrita en el horizonte cálcico del pedión 143 puede indicar un proceso de desorganización de los nidos, con dispersión de los cristales en el suelo.

Con los datos de la micromorfología cabe suponer que la celestina se ha formado muy recientemente en un material calcilimolítico que con un término edafológico se designaría como horizonte C. Pueden imaginarse toda suerte de gradaciones, pero con un criterio general, se ha decidido describir toda la celestina encontrada, siempre muy minoritaria en las láminas, como edaforrasgo.

Este enfoque aparentemente concuerda con los criterios de BARZANJI (1973) y de BARZANJI, STOOPS (1974), pero estos autores encontraron la celestina asociada a zonas decalcificadas, asociación que no aparece en la presente investigación. Además BARZANJI (1973, p.163-164) asocia este proceso de producción de celestina en las zonas decalcificadas con la liberación de Mg que produce palygorskita, la cual no se ha encontrado en estos suelos.

Desde el punto de vista geoquímico, el paso de anhidrita a yeso puede explicar la aparición de celestina, por el mayor contenido de Sr en la red de aquélla (MANDADO, 1987). Teniendo en cuenta la presentación de la celestina en los suelos, discutida más arriba, este origen requeriría una transformación actual o subactual de cantidades apreciables de anhidrita. Ello no concuerda con la mínima presencia de la anhidrita en los suelos estudiados.

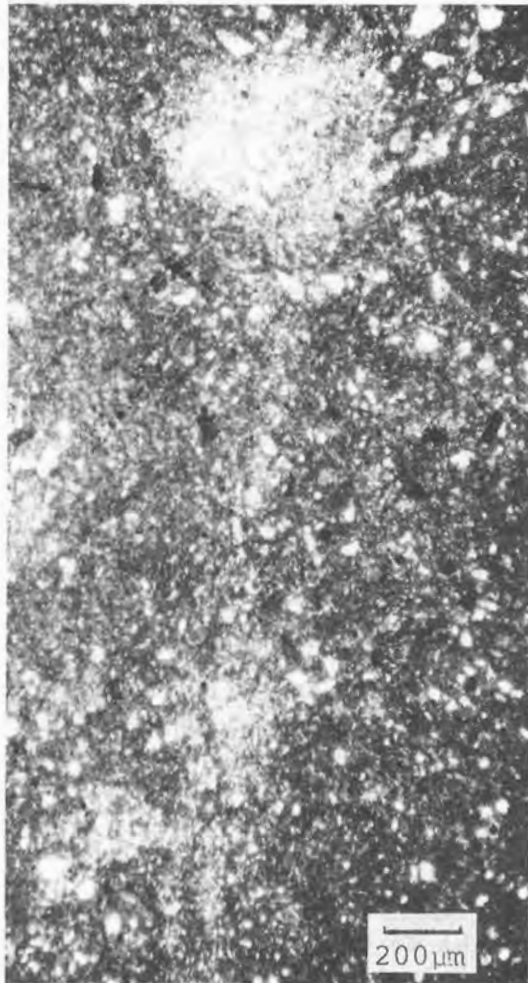


Fig. VI.1. Nido de celestina en un horizonte cálcico; otros cristales de celestina se pueden apreciar distribuidos en el horizonte a lo largo de una línea vertical. Nícoles a 25°. Lám. 143: 92-100. Iborra, Lérida.

#### VI. 4. LA ORGANIZACION EN ISLOTES

El término organización en islotes (apartado V.2.1.) se ha acuñado con un sentido puramente descriptivo, evitando así designar a las masas de material fino como agregados y al yeso lenticular entre ellos como relleno de huecos, lo que estaría en contradicción con la estructura de estos suelos en campo. Se trata de horizontes masivos, y no se puede afirmar que la partes yesosas correspondan a zonas de debilidad.

Se interpreta que esta estructura resulta del crecimiento desplazante de yeso lenticular en un material poroso. Un crecimiento continuado de este yeso lleva a islotes más y más pequeños llegando a destruirlos. Así el material carbonático y silíceo-silicático queda disperso en una masa gypsica la cual desde el punto de vista descriptivo se convierte en masa basal del horizonte.

Cabe pensar que en el límite se llegaría a una masa basal gypsica de gran pureza cuyo material no yesoso habría desaparecido no sólo por crecimiento de cristales de yeso, sino por translocación de materiales tamaño limo y arcilla, cuya movilidad queda demostrada por la presencia de revestimientos de estos materiales en la masa gypsica.

Debe tenerse en cuenta que este proceso actúa sobre materiales que o bien pertenecen a horizontes superiores muy trabajados por la actividad biológica, o bien son materiales procedentes de la calcilimolita. Pero sobre estos materiales calcilimolíticos además de la meteorización química superficial actúan otros factores edáficos. Uno de ellos es el desarrollo de querás. De ellas la quesparita se incorpora al suelo por la destrucción mecánica relacionada con la inestabilidad del conjunto del material suelo por precipitación/disolución de yeso y colapso de huecos, facilitándose la disolución de la quesparita a partir del momento en que las condiciones de su formación (apartado VI.5.2.3.) desaparecen. En la quedecal la lutita está decalcificada y por ende debilitada su cohesión, como lo demuestran la frecuente presencia de lentillas de yeso en este material y la orientación de las arcillas en relación con los túneles de la quedecal. De este modo se facilita la translocación de finos en la masa gypsica.

Puede afirmarse que la organización en islotes representa en estos suelos un estadio de la evolución de ese horizonte hacia un enriquecimiento en yeso, de los que se describen con una masa basal gypsica. El que se llegue o no a un gran desarrollo de un horizonte gypico dependerá del grado de estabilidad que pueda alcanzar el yeso en el suelo en cuestión.

## VI.5. PROCESOS EDAFOGENICOS

Las descripciones de pediones del apartado V.3. muestran que las morfologías de los suelos sobre materiales yesosos son muy diferentes a las de cualquiera otros desarrollados sobre materiales no yesosos, incluso en condiciones ecológicas similares.

Los procesos formadores responsables de tales morfologías, son interdependientes y su consideración por separado se justifica por necesidades de orden expositivo. En la presente investigación muchos se han caracterizado suficientemente o son comparables a los de otros suelos más conocidos. Sin embargo, algunos de los procesos puestos de manifiesto mediante micromorfología, mantienen su mecanismo íntimo o su agente causal no determinados. Pueden citarse el proceso de formación del yeso microcristalino o el de las querás, ya que requieren rebasar la metodología utilizada debiéndose intentar su síntesis experimental para obtener evidencias acerca de los procesos.

### VI.5.1. Procesos de gypsificación

#### *VI.5.1.1. Comportamiento del yeso del material parental*

La dificultad de distinguir tanto en campo como en las láminas delgadas qué crisales de yeso proceden del material parental y cuáles se han formado en el suelo, se refleja en el apartado VI.1. Allí se intenta mantener un enfoque descriptivo que lleve a criterios objetivos y duraderos. Sin embargo la referencia genética, que no se reproducirá en este apartado, es la decisiva, pese a que las frecuentes morfologías intergradadas no permiten colocar fronteras.

Todo ello resulta de que el proceso de disolución precipitación del yeso no es exclusivo de los suelos, ocurre ya en las rocas a profundidades diversas al ser fácilmente meteorizable. Los iones sulfato pueden proceder de yeso, anhidrita u otros minerales, pero su precipitación en condiciones subaéreas produce una convergencia de formas dando yeso lenticular cuya acreción puede continuar en condiciones propiamente edáficas así como ser redisuelto.

Los yesos de visu considerados sacaroideos presentan al microscopio caracteres tales como porfidoblastos, indentación de cristales, c.e.n.u., etc y son claramente discernibles como heredados.

Las características litológicas y petrográficas del yeso sacaroideo (microtexturas, masas de finos incluídas, juntas de estratificación, diaclasas, raíces y otros materiales orgénicos, etc) que permiten o no el

paso del agua condicionan su tiempo de contacto con el yeso y desencadenan la aparición de formas oquerosas observables en campo. Cuando el yeso sacaroideo se disuelve en superficie se produce un lenar (Fig. V.3.1.2.), el agua circula rápidamente y es posible que no llegue a saturarse en sulfato hasta un recorrido relativamente prolongado.

Cuando el material parental es una lutita que contiene yeso (apartados V.3.2. y V.3.12.), éste es lenticular, pero al no haber caracteres internos o disposiciones específicas de las lentillas no es posible distinguir entre lentillas edáficas y heredadas. El estudio de inclusiones sólidas o líquidas (SABOURAUD-ROSSET, 1972, 1976) o las técnicas isotópicas (FONTES et al., 1967; SOFER, 1978; VIEILLEFON, 1980) podrían dar alguna información al respecto.

Las observaciones micromorfológicas indican que dentro de un amplio intervalo de condiciones subaéreas, tanto edáficas como en grietas u otros huecos de la roca más o menos superficiales, hay procesos de disolución y reprecipitación de sulfato cálcico en los que pueden estar involucrados todos los tipos de yeso. En las condiciones de la zona de estudio las formas porfidoblásticas y c.e.n.u. (ORTI, 1977) que se han identificado se consideran exclusivas de la roca yesosa.

#### *VI.5.1.2. Formación de yeso lenticular*

Las formas del yeso propiamente edáfico identificadas como tales en este trabajo son la lenticular y la microcristalina (microlenticular).

La forma lenticular puede considerarse ubicua en la zona de estudio y es la más citada en la literatura edafológica. Como ya se ha indicado, esta forma no parece exclusiva de condiciones edáficas. Además, los antecedentes bibliográficos y la prospección propia fuera de la zona de estudio asocian este tipo de yeso a una amplia gama de condiciones, entre las que cabe citar la existencia de freáticos y salinidad, totalmente diferentes de las condiciones de los suelos del presente trabajo. Es razonable aceptar que son varios los procesos capaces de originar yeso lenticular.

El yeso sacaroideo sufre disolución, tanto estrictamente superficial (lenares milimétricos o centimétricos) como dando formas oquerosas a escala macroscópica o en el paisaje (karstificación) y a escala microscópica (apartado V.3.1.1.) con control microtextural. Se comprueba así el papel del yeso sacaroideo como una de las fuentes de iones sulfato y calcio en la solución de suelo y en las aguas de percolación profunda y de arroyada superficial. La observación

microscópica ha puesto de manifiesto que la superficie de los yesos sacaroideos en contacto con el material suelo actúa a veces como sede de cristalización de lentillas de yeso (apartado V.3.1.2.) que aparecen al microscopio en directa continuidad con la masa porfidoblística. Puede afirmarse que este proceso no es exclusivo del suelo, actuando también en profundidad, pero es en todo caso uno de los procesos de edafización del yeso.

#### VI.5.1.2.1. Revestimientos y rellenos

La precipitación del sulfato cálcico en el seno de horizontes limosos o limo-arcillosos de b-fábrica cristalítica (calcítica) dando formas lenticulares es un proceso muy común en estos suelos.

Tal precipitación se explica a partir de la existencia de huecos, según muestran las láminas delgadas. Yeso lenticular, descrito como edaforrasgo, se encuentra en canales -en campo yeso vermiforme- o en cavidades -en campo yeso asociado a poros- formando ya sea revestimiento de huecos, ya rellenos de varios tipos: sueltos discontinuos, sueltos continuos, densos incompletos o densos completos. El yeso vermiforme parece similar al descrito por diversos autores con otras denominaciones, "venas" (GRANDE, 1967); "gypsum-veined" (FATHI *et al.*, 1972); "pseudomicelium" (STOOPS, ILAIWI, 1981), etc.

Puede suponerse una circulación preferencial de agua saturada en iones sulfato y calcio cuyo suministro está garantizado en casi todas las posiciones geomorfológicas de las chesas y sus zonas dominadas. Pero hay que suponer también que son necesarias determinadas condiciones relacionadas con la solubilidad del yeso puesto que a menudo la acumulación de yeso lenticular en rellenos y revestimientos da horizontes bien caracterizados pero cuya estructura y masa basal no ofrecen discontinuidad con los horizontes superiores carentes de yeso.

En perfiles como el 138 o el 201 en posiciones de acumulación, el contraste entre los epipediones carentes de yeso y la existencia de edaforrasgos yesosos en los endopediones se interpreta como debida al lavado de horizontes superficiales. Los perfiles 11, 147 y 149, ya fuera de las chesas, tienen morfologías análogas de lavado y precipitación del yeso en huecos y pueden interpretarse por el mismo proceso, siendo en el perfil 149 los rasgos yesosos inexistentes a causa de su potente sustrato de gravas y proximidad al cauce actual.

Los suelos localizados en posiciones poco erosionables y que presentan horizonte cálcico (pediones 135, 141, 143, 161, 162) muestran bien la diferenciación de horizontes no yesosos.

En perfiles de fondo de val afectados por rellenos artificiales y nivelaciones (pediones 22, 137, 140, 142, 144) la microscopía confirma la presencia de yeso lenticular en huecos además de con otras morfologías, pero no hay epipediones no yesosos o son muy poco potentes. La morfología de los edaforrasgos de yeso lenticular es muy uniforme desde la superficie del pedión. Como las condiciones son parecidas a las de otros fondos de val sin aportes artificiales, debe suponerse la existencia del mismo proceso sin que haya podido tener lugar todavía a la diferenciación de horizontes. Podría discutirse si la infiltración es mayor en los fondos de val con vegetación permanente que en los cultivados, en los que se forma costra y a menudo se interceptan las escorrentías superficiales de las vertientes mediante cunetas, redundando todo ello en una menor velocidad de los procesos y por consiguiente en una menos acentuada diferenciación de horizontes.

Lo esencial del proceso de formación de lentillas en huecos puede extrapolarse a los suelos desarrollados sobre materiales lutíticos en las chesas. Estos materiales afloran en vertientes y las lentillas abundan en todos los horizontes. En algunos casos puede afirmarse que se trata de lentillas de origen edáfico asociadas a huecos del suelo pero en otros resulta imposible establecer si proceden de la lutita o son de neoformación. Esta limitación es muy insatisfactoria ya en campo, sobre todo por la dificultad de establecer los horizontes genéticos.

Estos perfiles (29, 134, 135) tienen en superficie un horizonte 0 con escaso contenido de yeso. Inmediatamente debajo hay horizontes de composición mayoritariamente yesosa donde se suele describir organización en islotes. Los canales o las cavidades, si las hay, son totalmente minoritarias y el origen de las lentillas que forman el edaforrasgo de fábrica gypsica no puede llegar a establecerse. No obstante, esta organización se considera resultado de un proceso claramente edáfico, con mezcla de las lentillas de este origen con otras que pueden proceder del material lutítico. Tal consideración se justifica porque entre las lentillas aparecen con frecuencia otros edaforrasgos como la quesparita y porque parte de los islotes de finos son de material quedecal o mixtos, incluso conservando los quehuecos; la formación de las lentillas debe suponerse posterior a dichos edaforrasgos, ya que son fragmentados por ellas.

En profundidad se pasa paulatinamente a un material con características de lutita, a veces con alguna quera, pero siempre con lentillas en sus huecos o intercaladas en el material fino.

#### VI.5.1.2.2. Yeso intercalar

Discutido el origen de lentillas por cristalización en huecos (cavidades, canales, huecos de empaquetamiento, grietas, etc) cabe plantear si el proceso de crecimiento tiene lugar también en el seno de la masa basal teniendo en cuenta la frecuencia de las lentillas de yeso intercalares.

Son raras las birrefringencias en la masa basal relacionadas a lentillas. Cabría esperar tales birrefringencias por la presión de crecimiento del yeso y la consiguiente orientación de arcillas. Cuando existe, es una birrefringencia muy tenue y generalmente dudosa. Esta observación es válida incluso para la mayor parte de las lentillas situadas en el material quedecal, cuya carencia de cemento carbonático facilita la orientación de partículas tal como se comprueba por las birrefringencias que a menudo se asocian a los quehuecos.

Esta carencia de birrefringencia asociada fue citada ya por BREWER (1972) sin emitir ninguna hipótesis salvo la posibilidad de que se trate de una capa sedimentaria. Los resultados experimentales de HALITIM (1985) pueden explicar esta carencia de birrefringencias por la no adhesión del yeso a la masa arcillosa e incluso la existencia de un espacio libre entre ambas. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en laboratorio por DELMAS *et al.* (1985) con material arcilloso procedente de un suelo ácido.





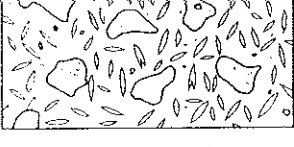
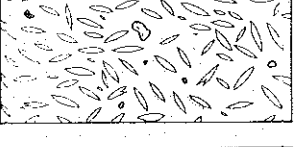
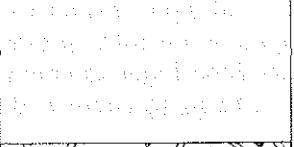

Las láminas delgadas estudiadas muestran corrientemente yeso lenticular en horizontes cuyo carácter edáfico es claro. Aun cuando el material fino en contacto con las lentillas se llegase a orientar, las birrefringencias pueden destruirse mediante un proceso muy extendido y continuo debido a una cierta inestabilidad del material fino en determinadas condiciones y a la mezcla de éste.

Dentro de algunas láminas hay diferencias en la abundancia de lentillas intercalares entre determinadas regiones, pese a ser homogéneas el resto de sus características. Ello sugiere un proceso de "mezcla" del material suelo que en estos casos afectó en un momento dado a sólo determinadas partes del material (biopedioturbación, ciclos de humectación-desección, circulación preferente de agua, etc).

Puede suponerse un proceso más generalizado de mezcla del material fino, con una continua reorganización que impide la aparición en él de birrefringencias asociadas a las lentillas. Responsable de este proceso sería el crecimiento (y disolución en su caso) de lentillas de yeso con presión de cristalización considerable (CORRENS, 1968) y



CUADRO VI.I  
 ESQUEMA DEL PROCESO DE GYPSIFICACION POR YESO LENTICULAR EN SUELOS DE LAS CHESAS

Estadios del proceso	Inexistente	En huecos	Gypso-turbación	Gypsificación generalizada
Organización microscópica	Cualquiera	Pedial: bloques subangulares frecuentes.	-----	En islotes-----
				
				
Presentación del yeso en lámina fina	Su ausencia en las chesas sugiere lavado yeso	Edaforragos gypsicos en sistema de huecos preexistente	Edaforrago gypsico lenticular continuo en la lámina	El edaforrago gypsico es predominante. Los islotes de finos están dispersos en él
Denominación en campo:	Yeso lenticular Yeso vermiforme			Horizonte de yeso áspero, pulverulento.
Circulación preferente de agua	Por grietas y canales			Por huecos de empaquetamiento de lentillas de yeso

también el hecho de que la masa basal se desorganiza con facilidad. En este sentido puede argumentarse la gran rareza con que aparecen huecos lenticulares por disolución, que deben colapsar tan pronto la lentilla desaparece.

La existencia de material fino carbonático revistiendo lentillas de yeso sugiere una cierta durabilidad de éstas, que habrían actuado como granos a lo largo de sucesivas reorganizaciones del material suelo. Las lentillas crecen, o desaparecen, actúan como soporte de la redistribución de finos, etc y en el transcurso de estos procesos se desorganizan, si es que llegaron a desarrollarse, los rasgos de birrefringencia asociados.

La relativa durabilidad apuntada para las lentillas viene también apoyada en las formas completas que se encuentran en las deyecciones de mesofauna en superficie o en multitud de canales con disposición arqueada (bow-shaped) de las lentillas, así como en las costras de arroyada donde las lentillas no presentan formas de fractura ni de rodadura.

#### VI.5.1.2.3. Rasgo de fábrica gypsica lenticular y organización en islotes

La organización en islotes sugiere el crecimiento de lentillas en grietas u otros huecos. El avance del proceso llevaría a islotes más y más pequeños así como a más finos a redistribuir y componentes gruesos empaquetados con las lentillas. Cuando los islotes tienen en su mayoría tamaño igual o menor a las lentillas, el comportamiento del horizonte queda determinado por éstas; se ha llegado a un edaforrasgo continuo de fábrica gypsica lenticular (horizonte gypsico lenticular).

El proceso está gobernado por el crecimiento de las lentillas y debe suponerse que éste es más intenso donde haya circulación preferente de agua, es decir, en la masa lenticular mejor que en los islotes de finos, debido al predominio en ella de los huecos de empaquetamiento al azar con tamaños adecuados para el flujo no saturado (BOUMA, KOOISTRA, 1987). Ello está de acuerdo con la frecuente pobreza de yeso lenticular en los islotes. Además, si el aporte de agua no varía, su circulación se hace menos preferencial al avanzar el proceso, con lo que el crecimiento de lentillas tendrá lugar en casi toda la masa del suelo resultando que los islotes, ya entonces muy pequeños, se mantendrán casi indefinidamente. Esto explicaría que en ningún caso se hayan encontrado horizontes de yeso lenticular totalmente carentes de islotes.

El gobierno del yeso lenticular en estos horizontes se apoya no sólo en las observaciones macro y micromorfológicas, sino también por el M.E.B., donde se constató la trabazón entre lentillas independientes por escotaduras en sus aristas (Fig. V.3.5.38.).

#### VI.5.1.3. Formación del yeso microcristalino

La escasez de referencias a yeso microcristalino en la bibliografía edafológica ha aconsejado prudencia antes de proponer su origen, intentando, además de caracterizarlo, desvelar las líneas generales del proceso responsable de su formación.

KUBIENA (1952) describe la yerma de costra yesosa con caracteres macroscópicos parcialmente coincidentes con las observaciones realizadas en el presente trabajo, pero no aporta datos micromorfológicos. La lectura de las versiones americanas de algunos trabajos soviéticos (AKHVLEDANI, 1962, 1965; TOCHELNIKOV, 1962; KURMANGALIEV, 1966), en su mayoría sobre suelos gazha, sugiere la presencia de yeso microcristalino pese a no haber referencias a él, ni datos micromorfológicos. Otros trabajos de la misma procedencia dedican alguna palabra aislada al yeso microcristalino; así, PARFENOVA, YARILOVA (1965) hablan de "cristales de pocas micras" en horizontes superiores, TURSINA *et al.* (1980) identifican yeso "finamente cristalizado" en poros de la costra superficial; TURSINA, YAMNOVA (1986) y PANKOVA, YAMNOVA (1987) también se refieren a yeso "de pocas micras" pero en ambiente salino.

En Afganistán, PIAS (1972, 1976), sin presentar datos micromorfológicos, habla de "encostramiento laminar con fina cristalización del yeso"; WATSON (1983) se refiere a "yeso criptocristalino" y en ALLEN (1985) hay una referencia a "masa microcristalina". En el trabajo de KULKE (1970) localizado en Argelia, se habla de yeso microcristalino en la parte superior de lo que denomina costras yesosas y relaciona con capa freática. No se describe con detalle este material, pero sus tamaños parecen ser muy superiores a los de los cristales de yeso microcristalino aquí identificado.

Además de no permitir la identificación del material, la brevedad de estas referencias hace suponer que, en general, no aluden a horizontes, sino a rasgos minoritarios en el suelo. La definición del término inglés "gypsite" (BATES & JACKSON, 1987) recuerda vagamente al yeso microcristalino, si bien la referencia que hacen al origen por eflorescencia obliga a descartar el término.

La acotación de tamaños de cristal y la microfotografía aportadas por TUCKER (1978) para la costra yesosa superficial (gypcrete) de Irak se asemeja parcialmente al yeso microcristalino aquí descrito. El yeso microcristalino tal como se describe en el presente trabajo sólo ha podido relacionarse claramente con lo que STOOPS, ILAIWI (1981) describen como matriz con color "faint yellow" y asignan a horizonte petrogypsico. Sin embargo los horizontes de yeso microcristalino aquí encontrados se han designado en campo simplemente como horizontes de yeso farináceo en atención a su tacto cuando están ligeramente húmedos. El motivo es, en primer lugar, que les falta la condición de no desmoronarse en agua impuesta en la definición del Petrogypsico de Soil Taxonomy System. En segundo lugar ha jugado la escasez a nivel mundial de descripciones de horizontes petrogypsicos para establecer el necesario contraste.

Incluso, en una primera etapa, se cuestionó el origen edáfico barajando otras posibilidades, como pertenencia a estratos sedimentarios, deposición actual, etc. A través de las observaciones de campo se llegó a afirmar la condición edáfica del proceso formador.

El yeso farináceo se observó inicialmente como un horizonte muy llamativo en uno de los perfiles del área de Iborra; tras su caracterización micromorfológica se pudieron identificar edaforrasgos de yeso microcristalino en otros suelos de la misma área y a continuación se detectó como horizonte en varios pediones. La prospección del área de Alcampell y de Peraltilla (Huesca) confirmó su entidad como horizonte específico. Ulteriores prospecciones fuera de la zona de estudio muestran la existencia de este material en miles de has del centro del Valle del Ebro. BOIXADERA (1986, comunicación personal) encuentra horizontes de yeso farináceo en el Urgell cuya micromorfología ha estudiado POCH (1989). PORTA (1986) además localiza este material formando edaforrasgos (reellenos de residuos de órganos vegetales) en suelos del centro de España, a la vez que mediante experimentos de laboratorio asocia su formación a la precipitación de yeso en presencia de materia orgánica. En todo caso queda por esclarecer la formación de horizontes de gran espesor.

En el centro del Valle del Ebro, TORRAS, RIBA (1968) se ocuparon, con metodología sedimentológica, de materiales aparentemente similares al yeso microcristalino. No hacen referencia a distinción con el yeso lenticular y proponen un origen edáfico de los materiales que estudian, asociándolos a los suelos "yerma" de KUBIENA (1952) quien había acuñado poco antes tal denominación en esta misma zona de Aragón (RODRIGUEZ MUÑOZ, 1983, comunicación personal). Para Torras y Riba el origen de este material es la disolución diferencial de

yeso sacaroideo y posterior transporte, sin decidirse por ninguno de los posibles agentes de éste. En la zona del presente trabajo se ha descartado el transporte, al menos inmediato, por el viento, ya que la forma de las partículas es siempre lenticular, según lo confirma el MEB, que además no refleja estrías u otros detalles morfológicos relacionables con transporte eólico; otrosí se ha encontrado yeso microcristalino bajo un banco de yeso sacaroideo, en condiciones subaéreas.

El planteamiento de STOOPS, ILAIWI (1981) para Siria es similar; se trata de un horizonte edáfico de acumulación, pero queda por explicitar el modo de transporte del yeso capaz de dar horizontes potentes y continuos. En el presente trabajo no parece evidenciar la relación indicada por estos autores con el yeso pulverulento por ellos definido.

Pese a no haber encontrado en la zona de estudio rellenos de residuos vegetales por yeso microcristalino, su hallazgo en otros emplazamientos (PORTA, 1986) demuestra que, al menos en ciertas condiciones, el proceso es edáfico. Por otra parte, en el presente trabajo se ha constatado la frecuente asociación entre el yeso microcristalino y un tipo de filamentos, supuestas hifas, cuyo diámetro de 4  $\mu\text{m}$  no permite grandes precisiones (Fig. V.3.1.10.). Además, la pruina de los líquenes muestra características microscópicas semejantes al yeso microcristalino y en algunos casos cuando se excava este material adquiere en un año cubierta continua de líquen. Estas observaciones apuntan una relación líquenes/yeso microcristalino aun cuando no pueda afirmarse sea general ni si es de causa o de efecto, sobre todo porque tales hifas parece que no existen en emplazamientos más áridos del centro del valle del Ebro o donde este material se presenta como edaforrasgos más incipientes.

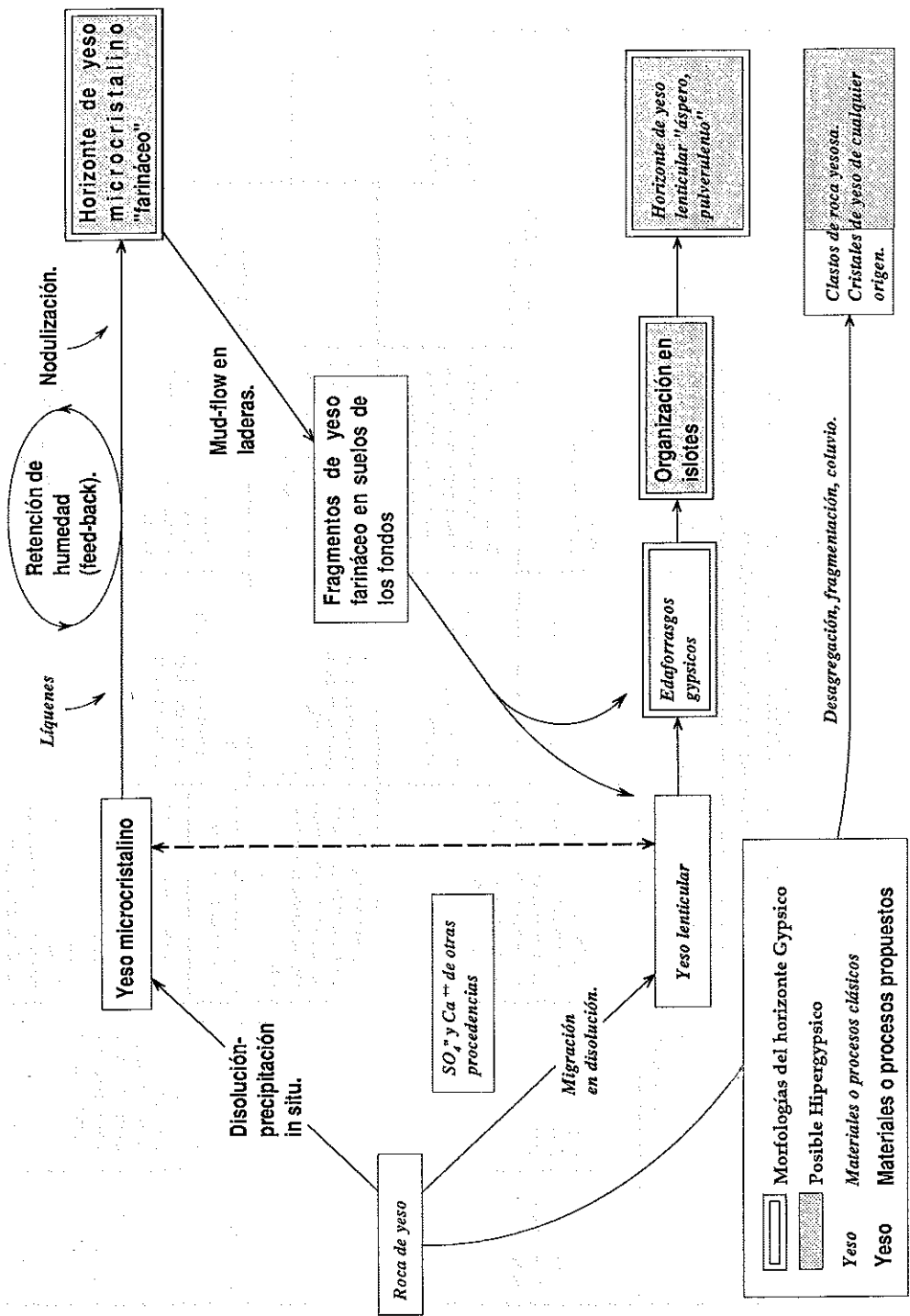
Por otra parte debe advertirse que sobre una masa basal o un nódulo formados por materiales de transparencia menor que el yeso, difícilmente serían visibles filamentos como los descritos en caso de haberlos.

En horizontes formados casi exclusivamente por yeso microcristalino (pediones 151, 202), además de otros rasgos edáficos, la micromorfología pone de manifiesto la presencia de nódulos de yeso microcristalino más puro. Ello indica la continuación del proceso de enriquecimiento en yeso originando nódulos más amarillos en luz natural y uniformemente isótropos por su pureza y el pequeño tamaño de sus crisales. La cantidad de revestimientos de limo carbonático no parece suficiente como para explicar totalmente mediante translocación sólida el proceso de enriquecimiento en yeso,

CUADRO VI.2.  
FORMAS CARACTERÍSTICAS DE YESO EDÁFICO EN LAS CHESAS

Denominación	Material	Presentación típica en lámina delgada			Denominación de la fábrica de la mina o del edaforrasgo	Denominación de campo del horizonte		
		Formas discretas	Formas continuas					
	Criterios prácticos de identificación al M. Polarizante		Denominación	Características				
Yeso lenticular (= en lentillas)	Secciones lenticulares discernibles	Edaforrasgos: relieves, revestimientos, cristales intercalares. A menudo se distinguen en campo como "yeso vermiforme"	Edaforrasgo de fábrica gypsica lenticular	Situación entre los islotes de finos (organización en islotes)	cristalítica (gypsica de lentillas)	de yeso pulverulento (áspero al tacto)		
			Horizonte gypsico (o "hipergypsico") de lentillas	Distribución porfirica de los islotes sobre edaforrasgo gypsico, o incluso islotes de tamaño igual o menor a las lentillas				
Yeso microcristalino	Cristales de tamaños no discernibles. LPX: masas en extinción. LPP: tonos amarillentos más acusados al diafragma y para cristales menores.	1: Masas de aspecto nodular, a menudo coalescentes. A veces vagamente asociables a huecos. 2: Asociado a líquenes 3: Masas mm ó cm en epipediones de fondo de val, arrastrados por mud-flow. 4. Horizontes sobre roca de yeso sacaroideo. No aparecen rellenos de residuos de órganos.	Edaforrasgo de fábrica gypsica microcristalina	En mezcla con otros componentes: yeso lenticular, quesparita, residuos orgánicos, etc.	Cristalítica (microgypsica)	de yeso farináceo (fino al tacto)		
			Horizonte gypsico (o "hipergypsico") microcristalino	Disminuye la proporción de otros componentes. Patrón de huecos horizontal.				

Cuadro VI.3. Relación entre los materiales y procesos clásicos de suelos yesíferos y los propuestos para suelos yesosos.



por lo que se debe suponer la intervención simultánea de la disolución de limo carbonático.

Con la concepción de horizontes diagnóstico de Soil Taxonomy (S.S.S., 1975) resulta inevitable establecer un paralelismo con los procesos clásicos en edafología que producen el horizonte cálcico y petrocálcico a partir de materiales carbonáticos. La adopción de criterios de diagnóstico deberá tener en cuenta los datos micromorfológicos para establecer el grado de intensidad exigible a este proceso mediante determinadas características morfométricas.

Desde el punto de vista genético se considera que el yeso microcristalino se produce por disolución de rocas con alto contenido de sulfato cálcico y precipitación inmediata de yeso microcristalino. Esta masa así formada sufre continuas disoluciones y precipitaciones que la homogeneizan al mismo tiempo que se eliminan los materiales carbonáticos o silicáticos mediante disoluciones y translocación sólida. El resultado es una masa de yeso microcristalino de gran pureza.

La producción de yeso microcristalino parece relacionada con la cinética de disolución de dicho mineral (apartado IV.7.) (PAPADOPOULOS, 1985), y con el contacto prolongado de la solución saturada en iones sulfato y calcio con la roca yeso, además de con otras condiciones a precisar experimentalmente (temperatura,  $pCO_2$ , alternativas de desecación, etc). El yeso microcristalino tiene una capacidad de retención de humedad mayor que los horizontes de yeso lenticular (Cuadro V.5.1. y Fig. V.5.2.); ello sugiere un proceso feed-back productor de horizontes gruesos de yeso microcristalino (yeso farináceo). La asociación de masas microscópicas de yeso microcristalino a restos de raíces o a filamentos biológicos, así como la pruina yesosa de los líquenes guardaría relación- causa o efecto- con dicha mayor capacidad de retención de humedad.

La observación en laderas de Iborra de coladas de barro (mud-flows) de este material explica su existencia en pediones de fondos de val, incluido en una masa basal carbonática y sin roca yesosa subyacente. En estas posiciones el yeso microcristalino será disuelto con cierta facilidad dadas las elevadas tasas de infiltración de estos suelos y reorganizado para dar edaforrasgos de yeso lenticular, que son los predominantes en endopediones de fondo de val.

El Cuadro VI.2. resume las formas más características del yeso edáfico encontradas en las chesas. El Cuadro VI.3. ofrece un esquema de relaciones entre procesos y materiales en suelos de las chesas. Junto a los procesos y materiales clásicos en suelos se recogen los aquí



- propuestos para las chesas, indicando a la vez las correspondencias con horizontes diagnósticos.

#### **VI.5.2. Procesos de los carbonatos**

- Los datos macro, micromorfológicos y químicos del apartado V.3. muestran que tanto en los suelos como en las rocas de la zona, la caliza y el yeso son los componentes más abundantes, predominando localmente el uno o el otro.

Uno de los rasgos micromorfológicos de movilización de carbonatos es la presencia de lublinita, que en los suelos de las chesas sólo aparece esporádicamente como "filtros" en paredes de huecos. No tiene repercusiones sobre el paisaje ni en este caso sobre la morfología de los perfiles, aunque si fuese más abundante es de suponer que formaría pseudomicelios visibles a ojo desnudo. Se considera una forma temprana de la movilización de carbonatos, con precipitación y redisolución rápidas y cuya aparición o no en la lámina vendrá condicionada por el estado hídrico del pedión días antes del muestreo. Esta interpretación sería concordante con la de HALITIM (1985) para lo que él denomina "calcita en bastoncillos", cuya formación asocia, entre otras condiciones, a elevada porosidad de suelo y a cambios térmicos o hídricos. Según BAL, BUURSINK (1976) la lublinita indica la inexistencia de capa freática y SEHGAL, STOOPS (1972) reseñan que aparece siempre por encima del nivel superior de la capa freática. Todo ello está de acuerdo con su presencia en las chesas en suelos sobre paquetes limosos de varios metros de potencia en los fondos de val sin capa freática.

- En algunos horizontes hay cristales euhedrales de esparita intercalados en la masa basal, siempre en bajos porcentajes y con abundantes formas de corrosión a través de los planos de clivaje romboédrico. Se interpreta como material heredado de rocas carbonáticas y cuya tendencia general es a la disolución.

##### **VI.5.2.1. Micritización con formación de horizontes cálcicos**

En gran parte de la España caliza se ha producido movilización de carbonato cálcico en amplias superficies, a menudo lo bastante intensa como para hacer notar sus efectos en el paisaje. El proceso de redistribución edáfica de carbonato cálcico también se ha detectado en las chesas donde hay horizontes cálcicos nodulares y en algún caso la compacidad del horizonte y la intensa micritización marcan una fase más avanzada del proceso, si bien no se han encontrado petrocálcicos. En éstas acumulaciones la lámina delgada muestra que

el carbonato cálcico es micrítico, con alguna recristalización esparítica en los nódulos más evolucionados. Estas características mineralógicas son las clásicas en este tipo de horizontes.

La polémica acerca de la génesis de horizontes cálcicos y petrocálcicos ha involucrado a especialistas de diversas procedencias (VOGT (ed.), 1975, 1981; GOUDIE, 1983) y no es el objetivo de la presente investigación. Salvo en los casos de alteración de roca caliza con disolución y reprecipitación in situ de los carbonatos (RABENHORST, WILDING, 1986), el mecanismo más aceptado para explicar la formación de horizontes cálcicos es el ya clásico de precipitación de micrita a partir de carbonatos solubilizados (GILE *et al.*, 1964, 1966). Este mecanismo es el que mejor explica las características de los horizontes cálcicos de la zona de estudio. La no aparición en ella de petrocálcicos se debería a la evolución rápida del relieve de las chesas por la solubilidad del yeso, roca que no ha proporcionado un soporte lo bastante permanente para el desarrollo de petrocálcicos. Cabe suponer que los cálcicos existentes se han formado en un proceso rápido. Se pueden aportar como referencia, pese a las diferencias de material y de suelos, las conclusiones de MERMUT, DASOG (1986) sobre datos isotópicos, que asignan antigüedades entre 4.000 y 26.000 años para nódulos de tamaños y morfologías similares a los aquí estudiados o incluso, pese a su hipótesis "per ascensum", las edades aún menores calculadas mediante consideraciones químicas por ZELICHENKO, SOKOLENKO (1982) para petrocálcicos.

En esta perspectiva la designación "relativamente estables" para las posiciones geomorfológicas con desarrollo de cálcicos debe entenderse en el contexto de la evolución del paisaje de las chesas que, según se expone en III.2.4., es holocena. Precisamente la datación absoluta del paisaje sería posible por el estudio isotópico de los nódulos de estos horizontes cálcicos (KU *et al.*, 1979; MAGARITZ *et al.*, 1981) y también se podría obtener la evidencia de su origen edáfico por la relación  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  (RABENHORST *et al.*, 1984).

Los conceptos vertidos en el apartado II respecto al alcance de los métodos de simulación en laboratorio son válidos en el caso de la calcita. Su disolución-precipitación estudiada teórica o experimentalmente (NANCOLLAS, REDDY, 1971; SJOBERG, 1975; CALLOT *et al.*, 1978, 1980; AMRHEIN *et al.*, 1985) proporciona aproximaciones al estudio de los suelos fundadas en el equilibrio carbonato-bicarbonato. Con un enfoque naturalista es inevitable tener en cuenta la conexión de este equilibrio no sólo con el metabolismo de los vegetales, sino también con la edafofauna productora de carbonato cálcico, tanto esquelético como de excreción (lombrices).

Factor decisivo en la micritización es la formación de calcita por *microorganismos* (cianofáceas, hongos, bacterias...) en su mayoría asociados a raíces, de acuerdo con los estudios de diversos autores en emplazamientos próximos a las chesas (JULIA, CALVET, 1983; FREYTET, MOISSENET, 1983; FREYTET, 1984). No se conocen trabajos similares sobre materiales yesosos, salvo el de LATTMAN, LAUFFENBURGER (1974) con intervención microbiana pero en condiciones no extrapolables a las chesas. En algunas de las láminas delgadas estudiadas se han podido observar microorganismos con aspecto de esporas arracimadas, a veces mostrando gemación en el interior de nódulos micríticos (Fig. V.3.3.4.). La distinción micromorfológica entre nódulos impregnantes, integrados y separados refleja la antigüedad del nódulo. Los nódulos separados corresponderían a una fase senil coincidiendo con la visualización de microorganismos (esporas, filamentos) en sus huecos. Esta interpretación está de acuerdo con la hipótesis de formación in situ adoptada por HALITIM (1985), apoyada en la comparación de cuarzo, arcilla y calcita de los nódulos respecto al fondo matricial, así como con los trabajos de SEHGAL, STOOPS (1972) y de MERMUT, SAINTARNAUD (1981a, 1981b) acerca del significado de los tipos de bordes de los nódulos micríticos.

En láminas delgadas de suelos en Irak, BARZANJI (1973) y BARZANJI, STOOPS (1974) observaron una relación entre decalcificación y la presencia de celestina, interpretándola como producida por una transformación de calcita en yeso, idea también presente en BULLOCK *et al.* (1985). Tal interpretación no puede aplicarse a estos suelos, ya que no presentan asociación entre la celestina y las zonas decalcificadas observables de las queras.

#### VI.5.2.2. *Translocación de limo carbonático*

La investigación micromorfológica ha puesto de manifiesto la *translocación de limo carbonático*. No son raros los revestimientos limo-arcillosos o limosos de partículas carbonáticas sobre lentillas de yeso de los rellenos o del rasgo de fábrica gypsica lenticular, así como sobre paredes de huecos de la masa basal gypsica microcristalina (Fig. V.3.4.5.).

El proceso de translocación puede tener mayor importancia de la que indicaría una cuantificación de los revestimientos. En efecto, éstos serían de difícil visualización en huecos de la masa basal cristalítica calcítica, con la que apenas tienen contraste, mientras que el yeso, donde destacan bien, no ofrece un soporte demasiado permanente, impidiendo grandes desarrollos a los revestimientos.

La elevada superficie específica del limo carbonático respecto a la del yeso sugiere una relación con los mecanismos de precipitación-disolución.

### VI.5.2.3. *Discriminación carbonático-silicática por queras*

Las queras, se han caracterizado microscópicamente con detalle en el apartado V.2.2.7. Su agente productor no se ha elucidado, aunque se puede afirmar la intervención de un proceso biológico vinculado a raíces.

Las queras se consideran edaforrasgos de decalcificación-calcificación que producen dos tipos de materiales. Uno de ellos, la quesparita, de neoformación, mientras que el otro, la quedecal, es el material hospedante del edaforrasgo sometido a depleción de carbonatos y con un patrón de huecos y b-fábrica especiales. Además tienen una parte orgánica y anecdóticas segregaciones de hierro.

Con perspectiva funcional a escala pedión y paisaje, el proceso se designa de modo sintético como "discriminación carbonático-silicática". En los apartados siguientes se discuten los diferentes detalles morfológicos y su interpretación.

#### VI.5.2.3.1. Antecedentes bibliográficos en la observación de edaforrasgos similares a las queras

Referencias a rasgos similares a las queras se encuentran en KUBIENA (1938), citado por BREWER (1976).

Este último, retomando las descripciones e interpretaciones de Kubiena, define un rasgo edáfico que denomina "crystal tubes", incluyéndolo dentro del grupo "crystallaria". La definición de "crystal tubes" (BREWER, 1976, p. 287), fuertemente genética, indica la existencia de un hueco central que interpreta por crecimiento desde las paredes y a continuación vincula con los "soluans"; no se indican tamaños y se ilustra con la fotografía de un ejemplar de mano. Tanto la presencia del hueco central como su interpretación, incorporadas ambas a la definición, hacen que la denominación "crystal tubes" no se considere aplicable a las queras tal como se han observado en la presente investigación. En la obra de Brewer tampoco hay referencias a pseudomorfosis de tejidos ni a resto orgánico asociado a los cristales, ni tampoco a zona decarbonatada.

SEHGAL, STOOPS (1972) se refieren a "crystal chambers" que no consideran descriptibles como "crystallaria"; aunque no presenten

parte decalcificada, su tamaño y aspecto recuerdan al quemosaico de las queras. Posteriormente, BARZANJI (1973) y BARZANJI, STOOPS (1974) citan la existencia de cámaras con cristales de calcita rodeadas por zona decalcificada. La descripción y microfotografías que presentan coinciden bastante bien con lo observado en las queras. Sin embargo, no hay referencia a residuo de tejido y pseudomorfosis por calcita, ni a quehuecos o similares en la zona decalcificada. En sentido inverso, cabe reseñar que en el presente trabajo la celestina no aparece asociada a las zonas decalcificadas, así como tampoco se ha encontrado palygorskita, a diferencia de lo indicado en su caso por BARZANJI, STOOPS (1974).

Las queras presentan también semejanza con los rasgos descritos por BAL (1975) en horizontes C de suelos sobre loess. Este autor utiliza la nomenclatura e interpretación de Brewer, si bien señala pseudomorfosis de tejidos radiculares. No se hace ninguna referencia a la asociación de este material con zonas decalcificadas.

Más recientemente JAILLARD (1983, 1984, 1987) refiere el hallazgo de "arenas citomorfas" sobre margas calcáreas y en clima mediterráneo. El mecanismo que propugna es la producción de macrocristales de esparita en el interior de células del córtex y endodermo de raíces de gramíneas. La pseudomorfosis de tejidos es incontestable, conservándose un cilindro central sin esparita. La detallada descripción de Jaillard permite asimilar sus "arenas citomorfas" con los cristales de quesparita, pese a ciertas diferencias de detalle. La denominación "estructuras rizomorfas" (JAILLARD, 1983) no se ha adoptado en el presente trabajo por no resultar acorde con los fundamentos del método descriptivo micromorfológico y por su contenido genético. En efecto, además de que el mecanismo de formación no es tan patente en las queras, un nombre de este origen queda sujeto a cambios ante posibles nuevas interpretaciones. Por otro lado, la denominación queras incluye también la quedecal asociada al quemosaico. La parte decalcificada es descrita por JAILLARD (1984) y JAILLARD, CALLOT (1987) como una corona decalcificada de 50 a 200  $\mu\text{m}$ . En las queras del presente trabajo frecuentemente esta dimensión es de varios mm y además asimétrica respecto al canal central así como, casi siempre, con abundantes quehuecos.

En los siguientes apartados se discute la interpretación de los detalles morfológicos de las queras para proponer un mecanismo formador.

#### VI.5.2.3.2. Quemosaicos

Tanto las observaciones al microscopio polarizante como al M.E.B. dejan fuera de toda duda la separación de los cristales entre sí, pese a su perfecto encastramiento. También se puede afirmar la existencia de vainas orgánicas revistiendo individualmente a cristales; en muchos casos no se aprecian fácilmente o no aparecen, pero puede suponerse que se habrán degradado.

La pseudomorfosis de tejido radicular es la explicación más convincente, resultando evidente en algunas imágenes (Figs. V.3.15.2. y V.3.15.3.), pese a las reservas que pueden hacerse hasta tanto no se tenga un modelo de tejido adecuado. En efecto, el tamaño de los cristales de quesparita ( $90\ \mu\text{m}$  o mayores) no parece demasiado conforme con los tamaños corrientes de células radiculares. Además, no se han visualizado restos del cilindro central o estela citados por BAL (1975) y JAILLARD (1983, 1984) y, en general, los cristales de quesparita del mosaico son de tamaños y formas monótonos que no permiten diferenciar tejidos radiculares.

Estas objeciones se obvian parcialmente si se supone que la pseudomorfosis ha sido un proceso iniciado en el tejido, tal vez continuado post-mortem, teniendo en cuenta la ambigüedad de este momento para tejidos radiculares, pero que ha sido en lo fundamental un proceso con cierta entropía, realizado a partir de la micrita de la masa basal, como lo indican los quehucos. Este proceso supondría una deformación de las células correlativa a la pérdida de funcionalidad, vascular u otra, de los tejidos, probablemente con intervención microbiana. Esta "homogeneización de formas celulares" o "tanatodesdiferenciación tisular" conduce a formas próximas a las de células no diferenciadas que teóricamente es la de empaquetamiento de poliedros, o poliedros de Kelvin (DE ROBERTIS *et al.*, 1978).

En el estado actual de conocimientos no son precisables las vías metabólicas formadoras de quesparita. Sin embargo, según datos de EHRLICH (1981), se conocen numerosos microorganismos de diferentes grupos capaces de formar carbonatos bajo diversas condiciones de  $p\text{CO}_2$ , frecuentemente acoplados a la existencia de materia orgánica y en relación con la presencia de elementos minoritarios y sulfatos.

#### VI.5.2.3.3. Los caracteres internos de la quesparita

Desde los inicios del presente trabajo, el microscopio polarizante puso de manifiesto finas líneas, a menudo curvas, radiales (Fig. V.3.1.25.) y a veces con vértice en el borde del grano. Este es uno de los caracteres

internos que identifica a los granos de quesparita cuando se encuentran sueltos, siendo asociable a las formas visibles al MEB (Figs. V.3.5.35. y V.3.5.36.) y en luz convergente (Fig.V.3.12.16.). Tales formas pueden ser debidas indistintamente a crecimiento o corrosión. Los crecimientos cristalinos promovidos por biopolímeros (WILLIAMS, 1984) son frecuentes en los seres vivos y pueden asociarse a estas características.

El inicio del cristal en un punto periférico, es decir, junto a la vaina orgánica ha podido comprobarse al visualizar con microscopio polarizante formas de crecimiento a partir del borde, que no llegan a ocupar totalmente la luz del alveolo (Fig. V.3.15.3). Dentro de un mismo hueco celular el crecimiento es normalmente a partir de un punto y excepcionalmente a partir de dos puntos (Fig. V.3.15.3.). Este último dato explica los huecos de paredes curvas observados al MEB en el interior de algún cristal de quesparita (Fig.V.3.5.31.).

El mecanismo que se propone para la producción de cristales difiere en ciertos detalles del propuesto por JAILLARD (1983, 1987). En efecto, los "fruncidos" encontrados por este autor en la parte exterior de los granos de "arena citomorfa" raramente se observan en los granos de quesparita, que en su mayoría tienen superficie lisa. Es decir, en las queras el "hundimiento" de la estructura flexible envolvente no se ha producido sistemáticamente, lo cual equivale a que si tal estructura existe, y las formas observadas de desgarro de las vainas (Figs. V.3.12.14.; V.3.15.4. y V.3.15.5.) lo confirman, el crecimiento del cristal ha continuado hasta ocupar totalmente el alveolo, sin permitir arrugarse a la vaina. El encastramiento notable de todos los cristales confirma también esta apreciación.

Por lo demás, la entrada de  $\text{CO}_3^{2-}$  o  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{Ca}^{2+}$  con cristalización en la vacuola central propuesto por JAILLARD (1983) parece adecuado. Debe añadirse que el citoplasma queda confinado no sólo en la parte periférica de la luz celular, sino también en los pelos radicales que no quedan ocupados por quesparita y cuya intervención en el proceso es importante, tal como se discute en el apartado siguiente.

#### VI.5.2.3.4. La quedecal

Aparece de modo muy constante en las queras, mostrando la relación entre la decalcificación de esta parte y la producción de quesparita.

La quedecal casi siempre se dispone asimétricamente, sólo a un lado del quemosaico. Esta disposición relacionada no puede asociarse a ninguna característica (composición de la masa basal, huecos, orien-

tación, etc.), por lo que a la espera de determinar si las queras se asocian a algún o algunos taxones vegetales, debe suponerse se trata de una característica anatómica de la disposición de pelos radicales.

La decalcificación es la manifestación de unas especiales condiciones químicas en una región netamente delimitada del material suelo. Estas condiciones han debido ser creadas activamente, pues se superponen a los diferentes componentes, tanto masa basal fina y elementos gruesos carbonáticos como a los nódulos micríticos o a la lutita, lo que confirma un proceso activo, fisiológico, y no una simple circulación preferencial de determinado fluido. El neto confin de la quedecal con el material calcítico (Fig. V.3.12.12.) a veces viene subrayado por una tenue línea de secreción de hierro (Fig. V.3.3.6.).

Hay que considerar también la disposición de los quehuecos, muy ordenados, paralelos entre sí, perpendiculares al límite de la decalcificación y terminando todos a una distancia uniforme de dicho límite (Fig. V.3.12.13.). Este límite marcaría la inflexión de las condiciones microquímicas creadas por la raíz, que ya no solubilizan la micrita del material suelo.

Debe discutirse también la asignación de los quehuecos a pelos radiculares. La continuidad de los quehuecos con el canal central de la quera, confirmada al microscopio polarizante (Fig.V.3.12.16.) y al MEB (Figs. V.3.5.25.; V.3.5.29. y V.3.5.35.) no permite descartar se trata de micorrizas u otros filamentos fúngicos o de otras filiaciones asociados a la raíz. Los diámetros de los quehuecos están más próximos a los corrientemente citados para pelos radiculares que a los de hifas (DE LEENHEER, WAEGEMANS, 1970; WARKENTIN, 1980; TIPPKOTTER, 1983). Además, el paralelismo de los quehuecos y la regularidad de sus diámetros y longitudes suponen un patrón inexistente en filamentos de criptógamas, siempre más largos, desordenados y tortuosos (BAL, 1973; FOSTER *et al.*, 1983). Por otra parte, tanto al microscopio polarizante como al MEB los quehuecos aparecen vacíos, sin restos orgánicos como correspondería a la delicada membrana citoplásmica, desnuda, de un pelo radicular, mientras que las estructuras fúngicas tienen membranas más duraderas.

Otro aspecto a discutir en la quedecal es si la birrefringencia estrial o reticular que muestra se debe a una simple visualización de la parte silicática del material hospedante al eliminar el cemento carbonático, o si hay una reorganización de las arcilas e incluso una neoformación.

BARZANJI (1972) y BARZANJI, STOOPS (1983) indican en suelos de Irak un aumento del contenido de palygorskita en horizontes



decalcificados que explican por neoformación y la asocian a la especial b-fábrica de las zonas decalcificadas. Los análisis mineralógicos muestran la inexistencia de fibrosos en las muestras estudiadas, aunque tal ausencia se asocia más a la pobreza de Mg en estos suelos.

Lo más verosímil es asignar el patrón de birrefringencia de la quedecal a la visualización de la orientación de arcillas, preexistente en el material calcítico de partida, a la que se superpone una reordenación de las arcillas una vez desprovistas del cemento carbonático. La reordenación será tanto mayor cuanto más agrupados y ordenados se dispongan los quehucos. (Fig.V.3.12.13.). La interpretación es similar a la que hacen JAILLARD, CALLOT (1987) para las birrefringencias tangenciales a la raíz, que no aparecen en los suelos aquí estudiados.

La evaluación de la importancia relativa de la reordenación del material arcilloso por los quehucos exigiría eliminar el efecto óptico "lattisepic" debido a la perpendicularidad de los nicoles. También sería necesario, trabajando sobre láminas no cubiertas, eliminar artificialmente el cemento carbonático en la masa basal micrítica contigua a la quedecal para establecer comparación entre los dominios de birrefringencia que pudieran aparecer en el material micrítico y los existentes en la quedecal. Esta comparación entre pequeños campos microscópicos vecinos podrían cuantificarse mediante la técnica fotométrica expuesta por MAGALDI (1987).

#### VI.5.2.3.5. El yeso respecto a las queras

Las observaciones muestran el carácter generalmente órtico de la quedecal respecto a los componentes del suelo. Sin embargo esta afirmación debe matizarse para el yeso.

No se encuentra yeso en los quemosaicos, salvo en formas totalmente desorganizadas cuyos restos pueden aparecer mezclados con yeso lenticular. Tampoco hay nunca yeso microcristalino, aunque este carácter no parece relevante teniendo en cuenta que estos suelos no tienen rellenos o revestimientos de yeso microcristalino asociados a residuos orgánicos. El yeso lenticular muy raramente aparece en el canal central de la quera, ni siquiera en horizontes ricos en yeso lenticular, lo que puede indicar un desarrollo más tardío y rápido de la quera respecto a las lentillas de yeso.

En cuanto a la quedecal, la sensación general es que hay pocas lentillas de yeso sobre la masa decalcificada. Pero sólo medidas automatizadas permitirían cuantificar la orticidad de la distribución de lentillas frente a la quedecal para los diversos horizontes. Tal

cuantificación permitiría adelantar alguna hipótesis sobre si la decalcificación afecta sólo a la micrita o actúa también sobre el yeso.

#### VI.5.2.3.6. Interpretación fisiológica

Las referencias a rasgos similares a las queras por parte de varios autores en emplazamientos muy alejados (apartado VI.5.2.3.1.) permite suponer que se trata de un mecanismo fisiológico de más de una especie biológica en diversas condiciones, dentro de la línea de producción de fitolitos.

La producción de este tipo de esparita se ha interpretado (CALLOT *et al.*, 1982; JAILLARD, 1983, 1984; CALLOT *et al.* 1985) como un recurso de vegetales sobre sustratos ricos en micrita para convertir ésta en una forma menos reactiva. Esta interpretación no parece aplicable con carácter general, pues de ser así la transformación habría de ser muy frecuente y las referencias en la literatura micromorfológica numerosas. Más bien parece un funcionamiento particular de determinado taxón vegetal ante ciertas condiciones de suelo (pH, pCO<sub>2</sub>, predox, etc) o ante condiciones fisiológicas concretas (carencia o toxicidad de algún elemento, stress hídrico o térmico, etc), siendo difícil de determinar el agente o agentes y más aún teniendo en cuenta el quimismo de las chesas, más complejo que el de suelos con carbonato cálcico y carentes de yeso. Además, en los perfiles donde hay queras, éstas suelen aparecer a partir de una determinada profundidad, por lo que para atribuirles a un taxón determinado - gramíneas en el caso de JAILLARD (1983)- han de tenerse en cuenta circunstancias ambientales suplementarias.

La presente investigación no autoriza a atribuir la formación de quera a un determinado vegetal. Sugiere sin embargo la posibilidad de inducir la formación de queras en parcelas experimentales o en macetas y mediante observaciones microscópicas, detectar el vegetal asociado abriendo el camino a ulteriores experimentos sobre un material vivo determinado. Debe recordarse que existen formas de producción de esparita, algunas clásicas en geología y con numerosos representantes fósiles (FREYTET, PLAZIAT, 1982), cuyo significado no parece desvelado. El mecanismo fisiológico propuesto por JAILLARD (1987) como productor de "estructuras rizomorfas" a partir de cultivos de colza *in vitro*, parece compatible con un medio yesoso. Sin embargo las analogías morfológicas con los microcodium no resultan adecuadas para el caso de las queras (FREYTET, 1986, comunicación personal).

#### VI.5.2.3.7. Repercusiones de las queras a escala pedión y paisaje

El proceso de discriminación carbonático-silicática debido a las queras tiene sus repercusiones a escala macroscópica.

En primer lugar puede señalarse que en los horizontes con queras éstas representan canales preferenciales de circulación de fluidos más duraderos que si se tratase de simples raíces. Por otra parte, la destrucción de las queras tanto por los seres vivos como por crecimiento de lentillas o por fenómenos de retracción, incorpora los materiales al suelo en forma de arena gruesa (quesparita) y arcilla (quedecal), lo que modificará la granulometría inicial de ese suelo.

En segundo lugar cabía imaginar la existencia de horizontes específicos formados por queras o sus residuos. Esta sospecha se confirmó con el hallazgo de horizontes constituidos mayoritariamente por quemosaicos y quesparita suelta empaquetada al azar (perfil 153, apartado V.3.1.2.). Estos horizontes alcanzan espesores solamente decimétricos y en escasos puntos se aproximan a 1m, ya que su granulometría arenosa y la cantidad de yeso lenticular que suelen contener hace que sean muy sueltos, ofreciendo poca resistencia a la arroyada, a la vez que sus desfavorables características hídricas no facilitan la implantación de una vegetación que pudiera retenerlos. Otro factor limitante es la solubilidad de la esparita, que condiciona la duración de estos cristales. En general en los perfiles con quesparita incorporada a la masa basal por desorganización de queras, aquélla no alcanza grandes porcentajes.

Finalmente cabe considerar la quedecal, el otro componente mayoritario de las queras. La desaparición del cemento carbonático facilitará la desagregación de este material. Los finos resultantes serán translocados en el perfil o arrastrados en suspensión. No se encuentran horizontes reconocibles constituidos mayoritariamente por este material y, sin embargo, puede afirmarse que en su mayor parte se encuentra en la masa fina de los suelos de fondo de val o en los suelos de formas aluviales externas a las chesas.

#### **VI.5.3. Neoformación de celestina**

La presencia de la celestina en suelos es rara y sólo ha sido descrita en Irak por BARZANJI (1973), BARZANJI, STOOPS (1974) y ALA'A (1982). En Argelia KULKE (1974) encuentra una concentración de Sr en el yeso de "costras" e "incrustaciones de raíces" superior a la existente en el "yeso puro" y la justifica por evaporación a partir de una capa freática saturada en Sr. No estudia microscópicamente el mineral del Sr y, en

cualquier caso, el funcionamiento "per ascensum" no tiene lugar en los suelos aquí estudiados.

En las chesas la presencia de celestina no repercute en la macromorfología de los pediones, ya que sólo se encuentra en cantidades muy pequeñas, si bien se ha visto en láminas de pediones correspondientes a casi todas las posiciones del paisaje. Aunque estas pequeñas cantidades de celestina no modifican las características de los suelos, debe tenerse en cuenta que la presencia de estroncio, frecuentemente acompañado de otros elementos minoritarios, como selenio, telurio y bario, puede condicionar la distribución de algunas especies vegetales (ROBB, PIERPOINT, 1983) o incidir sobre los cultivos.

La celestina de los suelos de las chesas se considera neoformada, teniendo en cuenta su presentación en cristales euhedrales bien clasificados y dispuestos en nidos. Estos nidos aparecen cavidades y otros huecos o en la masa basal. Las únicas variaciones a esta presentación son los cristales corroídos, con parte de los pertenecientes a un nido incluidos en lentilla de yeso, y la distribución no exclusivamente en nidos sino también a lo largo de grietas verticales y en la masa basal contigua a ellas que se observa en el horizonte cálcico con inicios de cementación del perfil 143. También hay nidos de celestina en huecos de la calcilimolita subyacente designada en campo como horizonte C.

Asumiendo el origen edáfico de la celestina, faltan datos para precisar la procedencia del estroncio. La transformación de la calcita en yeso con secreción del estroncio isomorfo en aquélla fue el mecanismo propuesto por BARZANJI, STOOPS (1974), basándose en las ideas de VLASOV (1964). Como señala PORTA (1986) esta interpretación queda en entredicho, si no se hace intervenir al aragonito. Aunque mediante tinción este mineral no ha aparecido en los suelos del presente trabajo, su presencia parece posible según NAHON *et al.* (1980). La precipitación selectiva del Sr asociada a las zonas descalcificadas (BARZANJI, STOOPS, 1974) no se cumple para estos suelos, donde la distribución de los nidos de celestina es al azar, sin relación con la quedecal.

El origen por paso de anhidrita a yeso se acepta en las rocas (MANDADO, 1987), pero no parece aplicable a estos suelos sobre un relieve en rápida evolución y sin tan apenas anhidrita.

Independientemente del origen del estroncio, si se supone una turbación de los suelos de las chesas debido al yeso (apartado VI.5.1.) y a los seres vivos, resulta difícil comprender la preservación de los nidos

de celestina. El problema es análogo al referido por STOOPS, ZAVALETA (1978), pese a las diferencias de mineralogía y de suelos.

La baja solubilidad del  $\text{SrSO}_4$  permite suponer que precipita ya a bajas concentraciones, pero cabría esperar la desorganización de los nidos y encontrar cristales de celestina repartidos en la masa basal. Los procesos de disolución-precipitación rápidos no parecen probables, y además las formas de la celestina corroída son excepcionales. Podría ocurrir que pese a las insistentes observaciones al microscopio polarizante existan pequeños cristales de celestina o de estroncionita, cuya gran hialinidad impediría distinguirlos en la micromasa con cemento carbonático. Aunque sobre algunas muestras se ha podido hacer diagrama de EDAX que no ha mostrado la existencia de estroncio en la masa basal, una comprobación general requeriría determinar el estroncio total en los horizontes y comparar con la cuantificación óptica de la celestina en las láminas correspondientes.

#### **VI.5.4. Procesos del material silicático**

##### **VI.5.4.1. Mineralogía de arcillas**

Todos los pediones en que se ha estudiado la mineralogía de arcillas han mostrado, de forma repetitiva, tres minerales predominantes, arcillas micáceas (mica dioctaédrica), clorita y pequeñas cantidades de esmectita.

La mica presenta reflexiones de alta intensidad a 0.503 nm en comparación con la reflexión a 1.001 nm, lo que permite afirmar que es una mica dioctaédrica. Al tratarse de efectos muy agudos en la mayoría de los casos, corresponden a mica poco alterada.

En todas las muestras que se han calcinado para identificar la clorita o la vermiculita, el resultado ha sido la presencia de clorita. Como este mineral es muy lébil se puede afirmar que son suelos muy jóvenes, que han sufrido procesos de meteorización de baja intensidad. Este hecho está de acuerdo con los bajos valores que el índice de energía climática  $I = P \times T$  propuesto por Bryssine toma para los observatorios estudiados en el apartado III.4. Dichos valores se sitúan entre 7255 y 5570, indicando una baja actividad del clima de la zona en la alteración de rocas y minerales.

La presencia de pequeñas cantidades de esmectita en algunos perfiles es insuficiente para dar lugar a la aparición de caracteres vérticos en los perfiles. Dadas las condiciones físico-químicas del medio, sobre

todo la riqueza en bases expresada por los pH 8.5, se puede afirmar que se trata de montmorillonitas.

La mineralogía identificada y las condiciones de meteorización que han prevalecido durante la formación de estos suelos permite suponer que se tratará de minerales heredados o ligeramente transformados a partir del material originario.

Tanto los datos de la difracción de rayos X como los del M.E.T. descartan la existencia de palygorskita.

#### *VI.5.4.2. Comportamiento del material silicático de las chesas*

Las observaciones micromorfológicas indican que distintos materiales finos pueden ser translocados en el pedión sin granoclasificación. También se ha comprobado en campo que estos materiales se movilizan en superficie, ya sea en suspensión ya en masa. Todos los movimientos de finos carbonáticos o sulfáticos están muy interrelacionados con los fenómenos de disolución-precipitación, salvo los movimientos en masa o los arrastres de agregados. Por el contrario, los materiales silíceo-silicáticos son químicamente estables a la escala espacio-temporal aquí contemplada. Los datos de difracción de rayos X (apartado IV.3.) así lo muestran y la presencia de cloritas (apartado V.4.) indica que los minerales de arcilla apenas han evolucionado en el suelo, confirmando al mismo tiempo lo reciente del modelado de las chesas.

El cuarzo es poco abundante en el conjunto de los suelos de las chesas tanto por los diagramas de rayos X como por las observaciones micromorfológicas y en la mayoría de las rocas aflorantes. Casi todo el material silicático de éstas se presenta en una de las dos formas siguientes: 1) calcilutitas, cuya fábrica sedimentaria puede estar alterada por la halocinesis general y por los cristales de yeso. Estos estratos pueden ser bancos o simples pasadas centimétricas; 2) bancos yesosos nodulares, donde el crecimiento postsedimentario de los nódulos ha relegado la calcilutita a un retículo tridimensional de pocos mm de espesor que delimita tales nódulos. En ambos casos pequeñas porciones de materiales finos pueden estar incluidos en el yeso.

Los materiales silicáticos u otros incluidos en el yeso (por ej. "dust lines") quedarán libres cuando éste se disuelva. Los de las calcilutitas también quedan sueltos fácilmente, como lo indica la poca coherencia de estas rocas en campo y el que tan apenas se encuentren clastos de margas en los pediones desarrollados sobre tal roca.

En la facilidad de desagregación de los finos, tanto en rocas como en suelos, el yeso juega un papel decisivo. Por un lado están las variaciones de volumen y el colapso de cavidades debidas a disolución-cristalización y por otro deben tenerse en cuenta la separación existente entre el cristal de yeso y el material arcilloso circundante, puesta de manifiesto experimentalmente por HALITIM (1985). La acción floclante de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  procedentes de la disolución del yeso no debe confundirse con los efectos mecánicos desintegradores de agregados por crecimiento de los cristales de yeso, tal como señalan EL-AMIR *et al.* (1985). Ello está de acuerdo con la compactación superficial por lluvia causante del característico "sellado" de los suelos yesosos desnudos al secarse.

Los efectos de los aniones en los suelos y la permanente saturación en ión sulfato han sido poco estudiados, por lo que la información es escasa. Una acción específica de este anión sobre las arcillas ha sido sugerida por DELMAS *et al.* (1985) y no debe ser descartada para las chesas, pese a que estos autores trabajan en condiciones ácidas.

La configuración de la interfase entre el yeso y la arcilla no basta para explicar el comportamiento de estos suelos, en general con consistencia mayor de la que cabría esperar de las relaciones expuestas yeso-arcilla. Debe matizarse que a medida que el edaforrasgo de yeso lenticular va haciéndose más continuo, predominan las relaciones directas entre las lentillas de yeso, a menudo trabadas entre sí por escotaduras (Fig. V.3.5.38.). Así se puede explicar la relativa estabilidad de estos suelos, sobre todo los de fondo de val, en la que incide también la elevada tasa de infiltración asociable a la porosidad inherente al empaquetamiento de yeso lenticular.

Puede decirse que grosso modo los cristales del yeso y los carbonatos juegan papeles antagónicos en sus efectos mecánicos sobre la arcilla, respectivamente desintegrador y cementador. Las queras, al discriminar el material carbonático frente al silicático privan a éste de su cemento, coadyuvando a su dispersabilidad sin participación del yeso.

Haciendo intervenir simultáneamente a los factores expuestos puede concebirse en las chesas una transferencia entre las diversas formas del-paisaje, no sólo de los materiales solubles, sino también de los silicáticos. El comportamiento de éstos será diferente según la unidad morfoedáfica en que se encuentren, al predominar la cementación (presencia de micrita) o la desintegración (crecimiento de cristales de yeso en masa silicática, presencia de queras) o la trabazón por yeso (edaforrasgo de yeso lenticular), con todas las situaciones reales intermedias. Esta concepción encaja bien con la sensibilidad de los

paisajes sobre yesos señalada en el apartado III.2.4. ante variaciones climáticas o de utilización del suelo, incluso dentro de una escala histórica.

#### VI.5.5. Acción biótica

Algunos de los procesos edafogénicos discutidos en apartados anteriores cuentan con una participación biótica poco aparente. El presente apartado aborda la discusión de las observaciones de campo y micromorfológicas acerca de procesos edáficos protagonizados por seres vivos. El estudio de su mecanismo íntimo entra a menudo en el dominio de la fisiología vegetal o animal y su elucidación (GOODIN, MOZAFAR, 1970; AUSTENFELD, LEDER, 1978; ROBERT, BERTHELIN, 1986; LAPEYRIE, 1988) necesitaría el concurso de los métodos de esas ciencias.

Los líquenes de los yesos forman comunidades muy definidas y, según se indica en el apartado III.5., han sido estudiadas en España por diversos autores.

En las chesas la mayoría de los líquenes ocupan, como es característico de estos organismos, nichos ecológicos con condiciones severas tanto térmicas como de sequía y escasez de nutrientes. Pueden considerarse pioneros en la colonización de estas rocas, marcando una etapa que a veces se estabiliza. Ocurre así en las partes más pendientes de las colinas modeladas en yeso sacároideo, sobre todo en exposición sur, donde no llega a desarrollarse un suelo. Los líquenes crustáceos se implantan también sobre materiales yesosos sueltos, previamente a las fanerógamas, y sobre paquetes de yeso farináceo.

La micromorfología ha mostrado el directo contacto del líquen con los cristales de yeso constituyentes de la roca. Las hifas forman haces de longitud centimétrica que penetran por las grietas de disolución entre los cristales. La asociación descrita en el apartado V.3.1.5. del líquen con masas de yeso microcristalino tanto en forma de pruina como en la proximidad de las hifas se ha observado en muchas láminas delgadas de líquenes de diversos emplazamientos. Lo mismo ocurre con el limo carbonático asociado a las hifas.

La asignación a los líquenes gypsófilos de la síntesis de componentes concretos del suelo requeriría la observación expresa de un número mucho mayor de ejemplares, así como la puesta en juego de otros métodos de experimentación y observación (ASCASO *et al.*, 1982). Teniendo en cuenta la presencia de estroncio en el sustrato, esta línea de investigación puede ser fecunda. Así lo sugiere no sólo la clásica



actividad concentradora de metales pesados que determinó la utilización de los líquenes como indicadores de contaminación, sino la producción por diversos líquenes saxícolas de oxalato de manganeso (WILSON, JONES, 1984) y más corrientemente de oxalato cálcico (SYERS *et al.*, 1967; GRAUSTEIN *et al.*, 1977; URBANUS *et al.*, 1978; KNUTSON *et al.*, 1980; LAWREY, 1980). Hay que tener en cuenta el isomorfismo señalado por FREY-WYSSLING (1981) entre la weddelita y el oxalato de estroncio tetragonal, así como los datos cristalográficos (STERLING, 1964, 1965) acerca de estos compuestos. Debe recordarse además que en otros sustratos se ha detectado una actividad concentradora de Sr por parte de hongos (SEEGER, 1982) y algún alga (SIEVERS, SCHMITZ, 1982).

En condiciones naturales la vegetación de las chesadas recubrimientos continuos, salvo en las solanas con cierta pendiente (apartado III.5). Con cubierta vegetal densa (Fig. VI.2.) la arroyada se minimiza y predominan los procesos de erosión que actúan de modo uniforme sobre la superficie, incluso a lo largo de las vertientes.

El enraizamiento se inicia en grietas de disolución y en materiales con mayores contenidos de finos; esto conduce a un cierto control de la vegetación por la estratificación (Fig. VI.2.). La circulación vertical de agua y consiguiente disolución quedan facilitadas por las raíces, por lo que a ellas se asocian frecuentemente huecos detectables al golpear con el martillo la superficie del suelo.

Las solanas y zonas deforestadas con yeso sacaroideo aflorante tienen pendientes fuertes y difícilmente sobrepasan la etapa de colonización muscinal.

Los fondos de val suelen estar cultivados, en la actualidad con cereal. Sus elevadas tasas de infiltración (apartado V.5.2.) y conductividad hidráulica (apartado V.5.3.) explican su estabilidad para pendientes longitudinales moderadas. En estas condiciones la erosión más aparente se limita a la incisión del tollo (Fig. III.6.) que actúa como colector en las épocas de lluvia.

Sin embargo, estos fondos sufren procesos erosivos superficiales por arroyada concentrada (Fig. VI.3.), a partir de una cierta pendiente longitudinal. Aunque la torrencialidad de la lluvia y determinadas prácticas de laboreo inician dichos procesos, se observa que éstos vienen condicionados por la existencia o no de cubierta vegetal en las vertientes a lo largo de la val. Cuando tal cubierta no existe, ni siquiera las cunetas laterales (Fig. VI.3.) logran impedir el proceso.



Fig. VI.2. Vegetación natural en Las Baldorrias (Barbastro, Huesca). La arroyada queda minimizada predominando la disolución



Fig. VI.3. Fondo de val en Iborra (Lérida) labrado según la máxima pendiente. Las cunetas laterales no bastan para impedir la concentración de la arroyada. Los materiales finos de las vertientes sufren movimientos en coladas de barro y además se utilizan para el relleno y obras contra la erosión.

Es decir, en las chesas es patente que la vegetación incide no sólo en la génesis y funcionamiento de los suelos donde se implanta, sino en otros cuyo régimen de circulación de agua condiciona.

La acción de la mesofauna se manifiesta tanto de visu como al microscopio, y se concentra en la superficie y en los epipediones, de acuerdo con las descripciones del apartado V.3. Se trata generalmente de rasgos de paso, sobre todo canales, y de excrementos. La micromorfología de éstos ha sido muy poco estudiada (BULLOCK *et al.*, 1985), y no permite determinar las especies productoras de estos edaforrasgos.

La intensidad de la acción de la fauna puede quedar minusvalorada si al estudiar las imágenes microscópicas no se tiene en cuenta la mezcla general de componentes producida por el proceso de gypsificación.

En este sentido, la acción estructurante estudiada en otros suelos o en laboratorio (BACHELIER, 1978; BAL, 1973, 1982; JEANSON, 1968, 1971, 1975) tendrá sus efectos más duraderos sobre la agregación interparticular.

La edafofauna encuentra su medio natural en los epipediones, y sobre todo en los horizontes orgánicos. Esta característica se acentúa en las chesas, donde la fauna es muy escasa o nula en los endopediones con masa basal microgypsica o gypsica lenticular (apartado V.3.). Uno de los condicionantes es el comportamiento hidrico de estos horizontes, con fuerte contraste con los horizontes orgánicos (apartado V.5.1.).

Las observaciones de campo y los análisis químicos (apartado V.3.) indican elevados contenidos de materia orgánica en determinados epipediones.

En los horizontes A, la materia orgánica presenta un excelente grado de incorporación, como corresponde a la presencia de iones  $Ca^{2+}$ . Frente al agua estos horizontes tienen características diferentes a los desarrollados sobre materiales calizos, destacando su retención de agua (apartado V.5.1.) y su adhesividad. Pese a carecer de referencias bibliográficas, debe contemplarse la influencia del ión sulfato en la composición y evolución de la materia orgánica.

Los horizontes O y A tienen capacidades de retención de humedad mucho mayores que las de los endopediones, que en su mayoría son muy reducidas (apartado V.5.1.). Su eliminación por deforestación o directamente por nivelación exagera la erosión.

Las propiedades mecánicas del yeso y sus materiales asociados en las chesas han permitido tradicionalmente roturaciones con cantidades de suelo mínimas. Los buenos resultados obtenidos en posiciones geomorfológicas favorables (pedión 202, apartado V.3.8.) han llevado a actuaciones en laderas, que se nivelan con maquinaria pesada. En estos casos, incluso con pendientes moderadas, se han producido graves erosiones en pocos años.

## **VI.6. LA CLASIFICACION DE LOS PEDIONES**

### **VI.6.1. Horizontes diagnóstico**

El epipedión ha sido óchrico en todos los suelos prospectados; se han identificado los endopediones cámbico, cálcico y gypsico.

La definición del endopedión gypsico como horizonte de enriquecimiento secundario en yeso se adapta con muchas dificultades a estos suelos desarrollados sobre materiales ricos en yeso. Los materiales parentales de los suelos de las chesas tienen frecuentemente más del 80% de yeso cuando se trata de la roca de yeso sacaroideo. Los contenidos son también elevados en calcilitas yesíferas o en depósitos de fondo de val, que contienen clastos de yeso y otras formas de yeso cuya exacta procedencia es difícil de establecer.

A menudo en estos suelos no se puede apreciar en campo si el horizonte cumple la condición de tener un 5% más de yeso que el material subyacente. Ello implica varias determinaciones de yeso en laboratorio para decidir si se designa como gypsico. Dicha condición tiene poco sentido cuando el material subyacente es yeso roca, pero si se mantiene este criterio de Soil Taxonomy (S.S.S., 1975, 1987, 1990) podría complementarse con el diagnóstico del enriquecimiento en yeso mediante lámina delgada. Se trataría de distinguir entre el yeso heredado y el considerado como edaforrasgo por haber sufrido redistribución en el perfil.

Los rellenos y revestimientos de canales pueden ser reconocibles en lámina delgada y corresponden a redistribución de yeso. Cabría el dar un criterio morfométrico cuantificando este rasgo. La dificultad se presenta sobre todo en suelos de composición heterogénea, con altos contenidos en yeso. Así ocurre en los de fondo de val cuando son muy jóvenes y los procesos formadores no han llegado a diferenciar bien los horizontes.

Otro criterio que puede aplicarse es la existencia en la lámina del edaforrasgo de yeso lenticular, exigiéndole una determinada

proporción. Este edaforrasgo no siempre es fácilmente identificable en campo, sobre todo en los suelos de fondo de val y en la transición a lutitas yesíferas.

Los criterios indicados dimanar de las observaciones de campo y microscópicas. No se considera prudente proponer criterios cuantitativos, que para ser sólidos exigirían haber estudiado y observado al microscopio un número mayor horizontes gypicos desarrollados sobre chesas con una amplia distribución mundial.

De los materiales estudiados, el horizonte de yeso microcristalino es el de mayor contenido en yeso según los datos químicos y microscópicos. Los horizontes de este tipo en ningún caso han cumplido los requisitos de cementación para petrogypico. Aplicando el criterio de enriquecimiento secundario en yeso, la designación de estos horizontes como gypicos no parece posible en todos los casos.

En suelos donde el yeso microcristalino haya llegado por gravedad (mud-flow) o proceda de la meteorización in situ de roca de yeso, resulta cuestionable el designarlo como gypico si se presenta como una masa sin rasgos de movilización de yeso (revestimientos, rellenos, etc). Debe puntualizarse que en horizontes de yeso microcristalino se detectan ocasionalmente otros procesos, como redistribución de limo carbonático, pero sin llegar a dar niveles con notorio enriquecimiento (pedión 151).

Algunos problemas acerca del horizonte gypico se obviarán si se acepta en Soil Taxonomy la propuesta de creación de un nuevo horizonte diagnóstico hipergypico (ESWARAN *et al.*, 1981; ICOMID, 1989). La propuesta requiere para tal horizonte un contenido de yeso del 60% o superior y un espesor de al menos 15 cm. Además exige ausencia de cementación o que haya fracturas explorables por raíces con separación menor de 10 cm.

La propuesta resulta muy práctica, habida cuenta de la limitada información disponible acerca de morfología y génesis de horizontes yesosos a nivel mundial. Esta solución contabiliza el yeso de redistribución junto con el heredado, y no mejora la precisión de la definición de horizonte gypico en el aspecto genético. Sin embargo no es una solución arbitraria, antes bien traduce la similitud morfológica y funcional que, en el actual estado de conocimientos, se da en muchos suelos entre el yeso de ambos orígenes. Parece prematuro introducir, en las definiciones de los horizontes diagnóstico yesíferos, la distinción entre horizontes de yeso lenticular y de yeso microcristalino. Esta distinción es patente en el valle del Ebro

y, si se confirma en otros ámbitos esclareciendo la génesis, deberán precisarse las definiciones de dichos horizontes.

#### VI.6.2. Soil Taxonomy System

La introducción del gypxico en Soil Taxonomy como horizonte diagnóstico supuso el reconocimiento de la importancia del proceso de acumulación edáfica del yeso. Aún así, la ubicación taxonómica de los suelos yesosos viene siendo errática, tal como se ha discutido en otro lugar (HERRERO & PORTA, 1990). Además, por los motivos expuestos en apartados anteriores, la definición de gypxico se inspiró en los procesos de enriquecimiento tal como se dan en suelos templado-húmedos. El concepto de hipergypxico supera ese punto de vista al no requerir una génesis determinada del yeso ni tampoco un mayor contenido respecto al material subyacente. Sin embargo, en la propuesta de ICOMID (1989, p.3) hay referencia a acumulación de yeso cuando se habla del nuevo suborden Gypsids e incluso (p. 43) del gran grupo Hypergypsids.

Los suelos aquí estudiados tienen, con las cautelas expresadas en el apartado III.4.2., régimen de humedad xérico. La propuesta de ICOMID (1989) no se refiere a suelos con ese régimen, aunque sí indica la presencia del horizonte hipergypxico en algunos Inceptisoles, sin precisar otras repercusiones taxonómicas.

Los suelos estudiados se clasifican (Cuadro VI.4.) según Soil Taxonomy (S.S.S., 1990). Lo más destacable en cuanto a suelos con horizonte gypxico es la abolición del anterior criterio (S.S.S., 1975) de conductividad eléctrica en el extracto de saturación, que los clasificaba como Aridisoles al margen de su régimen de humedad. Aplicando los criterios citados (S.S.S., 1990), como ninguno de los suelos estudiados tienen epipedión móllico, se clasificarán como Gypsic Xerochrepts siempre que presenten horizonte gypxico.

Con la penúltima revisión de Soil Taxonomy (S.S.S., 1987) todos los suelos sin gypxico aquí estudiados se adscribirían al grupo de los Torriorthents debido a que superan el umbral de 2 dS/m a 25° C en el extracto de saturación. La adscripción por conductividad eléctrica al grupo de los Torriorthents parecía poco satisfactoria. El límite 2 dS/m a 25° C refleja un condicionante fisiológico para las plantas debido a la perjudicial concentración de sales. Sin embargo, la presencia de yeso sin sales más solubles permite superar esa conductividad eléctrica sin que tal condicionante sea el primordial.

Ello llevó a considerar (HERRERO, 1987) que o bien habría que tomar como límite de conductividad eléctrica un valor superior al de la solución saturada en yeso o si no debería establecerse un subgrupo Torriorthents Yésicos (Yesic Torriorthents) para los suelos cuya conductividad eléctrica es debida a yeso, sin presencia de otras sales más solubles. La segunda solución no alteraría la clasificación de los muchos pediones que en todo el mundo han sido así designados por salinidad, además de reflejar mejor las características genéticas y de uso.

Una previsión de este tipo no se hizo posiblemente por la escasez de afloramientos de yeso en USA y porque en los países templado-húmedos el yeso no forma parte mayoritaria de los suelos. En las condiciones climáticas de las chesas la meteorización de las rocas yesosas no implica necesariamente la rápida emigración del yeso y además los procesos edáficos de redistribución tienen escalas temporales comparables a la duración de los suelos, con lo que en ellos siempre hay yeso en alguno o en todos sus horizontes.

La última revisión de Soil Taxonomy (S.S.S., 1990) ha abolido también el criterio de conductividad eléctrica para Torriorthent, con lo cual estos Entisoles yesosos se clasifican como Typic Xerorthent. Su composición yesosa puede reflejarse en la familia mineralógica.

El contenido de yeso en los suelos de las chesas es variable, pero en general es alto, especialmente en los horizontes superficiales. Este hecho puede deberse a la meteorización in situ de las rocas yesosas, a la migración de yeso desde las rocas subyacentes o a la deposición de yeso procedente de las aguas subterráneas. En cualquier caso, la presencia de yeso en los suelos de las chesas es un hecho que debe tenerse en cuenta a la hora de clasificarlos y de estudiarlos.

En las chesas, el yeso es un componente importante de la composición mineralógica de los suelos. Su presencia puede deberse a la meteorización in situ de las rocas yesosas, a la migración de yeso desde las rocas subyacentes o a la deposición de yeso procedente de las aguas subterráneas. En cualquier caso, la presencia de yeso en los suelos de las chesas es un hecho que debe tenerse en cuenta a la hora de clasificarlos y de estudiarlos.

**CUADRO VI. 4  
CLASIFICACION DE PEDIONES**

Orden	Suborden	Grupo	S.S.S., 1990		Subgrupo	Pediones representativos
			Torriorthent	Typic Xerorthent		
Entisol	Orthent	Torriorthent	Typic Xerorthent	Typic Xerorthent		PE-18, PE-19, PE-21, PE-28, PE-29, PE-34 IB-134, IB-136
Inceptisol	Ochrept	Xerochrept	Gypsic Xerochrept	Gypsic Xerochrept		CA-164. AL-201, AL-202, AL-204
						Calcic Gypsic Xerochrept
						IB-135, IB-141, IB-143, CA-161
						Fluventic Gypsic Xerochrept
						PE-11, PE-14, PE-15, PE-20, PE-22, IB-137, IB-138, IB-140, IB-142, IB-144, IB-146, IB-147



## VII. CONCLUSIONES

1. Hay una activa edafogénesis en los parajes donde aflora el yeso. La escorrentía y las corrientes de barro, junto con la disolución, actúan como agente movilizador y redistribuidor del yeso. En consecuencia existen estrechas relaciones entre las características de los suelos yesosos y su posición en el paisaje, lo que puede utilizarse en cartografía de suelos
2. La micromorfología es una técnica especialmente eficaz para estudiar las formas del yeso en el suelo y las relaciones entre ellas. Los conceptos de esqueleto y plasma (BREWER, 1964, 1976) deben ser abandonados.

El sistema de BULLOCK *et al.* (1985) resulta adecuado, con ciertas adaptaciones. Dentro de dicho sistema se proponen nuevos términos micromorfológicos referentes a:

a) La organización

"organización en islotes"

- b) La masa basal, en muchos casos está constituida total o parcialmente en láminas u horizontes enteros por edaforrasgos. Conceptualmente puede decirse que no hay masa basal, o bien describir todo este material como masa basal, que es la solución adoptada aquí, introduciendo:

"masa basal gypsica microcristalina" (= microgypsica)

"masa basal gypsica lenticular" (= gypsica de lentillas)

- c) La fábrica, por extensión de la definición de b-fábrica cristalítica del Handbook, este término podría aplicarse a la masa basal gypsica microcristalina y a la lenticular; para evitar confusión se introduce:

fábrica cristalítica            "(gypsica microcristalina)"

   "(gypsica lenticular)"

d) Los edaforrasgos

- "quera" y sus derivados para distintas partes de este edaforrasgo complejo: "quemosaico", "quesparita", "quedecal", "quehuecos".
- "edaforrasgo de masa gypsica lenticular", que se sitúa entre los islotes de finos en la organización en islotes.

3. La micromorfología ha permitido identificar y estudiar nuevas características referentes a organización edáfica, masa basal, fábrica y edaforrasgos, para

los que se proponen las denominaciones correspondientes. También ha permitido observar celestina neoformada.

4. Se pone de manifiesto el proceso de gypsificación, cuyo estudio indica que en estos suelos la mayor parte del yeso es de cristalización secundaria.

Se identifican en campo: a) horizontes de yeso farináceo, correspondientes a yeso microcristalino (microlenticular) en lámina; b) horizontes de yeso pulverulento, áspero que corresponden a yeso lenticular en lámina.

5. La investigación micromorfológica ha puesto de manifiesto procesos de decalcificación/calcificación por queras, con repercusiones edafogénicas en muchos de los pediones. Se identifica en campo un horizonte superficial de consistencia suelta, que al microscopio corresponde a quesparita con cantidades variables de yeso lenticular.

6. Además de la translocación de yeso y carbonato cálcico disueltos, en estos suelos hay translocaciones de materiales limo-arcillosos, fundamentalmente carbonáticos. Este movimiento tiene lugar sin granoclasificación y produce revestimientos isótropos limo-arcillosos.

7. Todos los resultados son concordantes, en particular los de la mineralogía de arcillas, en el sentido de que los suelos estudiados son jóvenes. El grado de gypsificación del perfil puede utilizarse como un criterio para datación relativa de suelos dentro de la misma unidad de paisaje.

8. La clasificación actual de los suelos yesosos no es satisfactoria, por lo que se hacen varias propuestas.

La macromorfología de los suelos desarrollados sobre materiales yesosos presenta una gran diversidad, que no recogen los sistemas taxonómicos actuales. Se requiere introducir criterios micromorfológicos en la definición del endopedián gypico, concretamente la presencia de edaforrasgos gypicos.

Los Entisoles yesosos quedan clasificados (S.S.S., 1990) como Typic Xerorthent. En la denominación de estos suelos debería aparecer su carácter yesoso, debido a sus implicaciones genéticas y de uso. Actualmente puede reflejarse a nivel de familia, pero la probable aceptación del horizonte hipergypico llevará a estos suelos a otro Orden.

Se mantiene el adjetivo gypico para rasgos asociables o generadores del horizonte gypico, independientemente de que el horizonte en cuestión posea o no la morfometría actualmente exigida a tal horizonte diagnóstico.

## AGRADECIMIENTOS

Estas páginas han sido posibles gracias a varias personas e instituciones.

En primer lugar debo citar al Prof. J. Porta, cuya amplia visión de la Edafología y experiencia en suelos yesosos pude aprovechar a lo largo de la dirección de mi tesis. Además facilitó el acceso al laboratorio de suelos de la E.T.S.I.A. de Lérida y la colaboración de su personal, en especial los Ings. Carmen Herrero y J. Boixadera.

El Gobierno de Francia concedió una beca de un año en el Institut National Agronomique Paris-Grignon, donde pude iniciarme en micromorfología de suelos con el Prof. N. Fédoroff. El discutir los problemas y contrastarlos con su vasta información, así como el disponer de los borradores del Handbook, ha sido decisivo para este trabajo. Además, mediante las técnicas de P. Guilloré, dispuse de las láminas delgadas y microfotografías de gran campo.

El estudio de las arcillas comenzó con el Dr. M. Robert, en el I.N.R.A. de Versailles, donde se obtuvieron parte de los difractogramas. Los demás análisis mineralógicos se hicieron en la U.E.I. de Mineralogía de Arcillas del CSIC (Madrid), discutiendo los resultados con la Dra. Covadonga Rodríguez Pascual.

Las observaciones al MEB fueron viables merced a la amabilidad y pericia de doña Montserrat Marsal. El positivado de microfotografías corrió a cargo de M.A. Monesma.

A la Dra. Josefina Benayas debo las primeras orientaciones en micromorfología. Con el Prof. G. Stoops se discutió acerca de las láminas, cotejándolas con su propio material.

Con los Dres. R. Juliá, J. Mandado y J. Tena se han mantenido fecundos intercambios de opiniones. Gracias también al Ing. N. Teixidor por su colaboración en aspectos analíticos. La parte botánica se debe al interés del Dr. S. Castroviejo y al Ing. J. Pedrol.

## BIBLIOGRAFIA

- ABTAHI, A. 1979. Contribution to the knowledge of the soils of the Shiraz area (Iran). Thesis. Ghent.
- ADAMS, A.E., Mc KENZIE W.S., GUILFORD C. 1984. Atlas of sedimentary rocks under the microscope. Longman.
- AKHVLEDIANI, G.K. 1962. Classification of gypsum-bearing soils in Trans-Caucasus. *Soviet Soil Science*, 5:532-534.
- AKHVLEDIANI, G.K. 1965. Genesis of humus-sulphate soils in Georgia. *Soviet Soil Science*, 6:664-671.
- AL-RAWI, Gh. J. 1967. Soils of the Lower Mesopotamian Flood-plain. Ph. D. Thesis, Ghent.
- ALA'A, AL-MUKTAR. 1982. Morphological characteristics of gypsiferous soils on Dour Project and Hasswa Desert (Iraq). Thesis. Master in Soil Science. State University of Ghent.
- ALBAREDA, J.M. 1940. El suelo. *Mem. R. Acad. Cienc. Exact., Fis. y Nat. Madrid*. 485 p.
- ALBAREDA, J.M., HERNANDO, V., BILBAO G. 1962. Suelos yesosos: I Determinación del yeso 224-251; II Estudio y regeneración: 252-345. *Actas I Reunión Instituto de Edafología CSIC. Acta Salamanticensia*.
- ALBERTO, F.; GUTIERREZ ELORZA, M.; IBAÑEZ, M.J.; MACHIN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVI, A.; RODRIGUEZ, J. 1984. El Cuaternario de la depresión del Ebro en Aragón. *Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes*. 217 pp. Universidad de Zaragoza.
- ALBERTO, F.; M. GUTIERREZ-ELORZA; M.J. IBAÑEZ; J. MACHIN; A. MELENDEZ; J.L. PEÑA; A. POCOVI, J. RODRIGUEZ. 1983. El piedemonte pliocuaternario en el sector central pirenaico (Huesca y Lérida). *Geographica*, abril-junio; 109-126. Zaragoza.
- ALLEN, B.L. 1985. Micromorphology of Aridisols. Douglas, Thompson (Eds.). "Soil Micromorphology and soil classification". *SSSA Special Publ. No.15*:197-216.
- ALLMAN, M., LAWRENCE, D.F. 1972. *Geological laboratory techniques*. Blandford Press, London, 335 p.

ALMELA, A., RIOS, J.M. 1949. Mapa Geológico de España 1:50.000 y Explicación de la Hoja 329 (PONS). IGME. 31 pp. Madrid.

ALMELA, A., RIOS, J.M. 1951. Estudio geológico de la zona subpirenaica aragonesa y de sus sierras marginales. 1er. Congr. Int. del Pirineo. Zaragoza.

ALPHEN Van, J.G., de los RIOS ROMERO, F. 1971. Gypsiferous soils. Notes on their characteristics and management. I.L.R.I. Wageningen, The Netherlands.

ALTAIE, F.H. 1981. Soils of Iraq and their geographic distribution. Proc. 3rd Internat. Soil Classification Workshop. ACSAD, Damascus: 94-99.

AMOROS, J.L., GALVAN, J., ALONSO, P. 1961. La cinética de reacciones endotérmicas en minerales. I: Deshidratación del yeso. Bol. R. Soc. Esp. H. Nat. (g) 59(1):13-23.

AMRHEIN, C., JURINAK, J.J., MOORE, W.M. 1985. Kinetics of calcite dissolution as affected by carbon dioxide partial pressure. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1393-1398.

ASCASO, C., GALVAN, J., RODRIGUEZ-PASCUAL C. 1982. The weathering of calcareous rocks by lichens. Pedobiología, 24:219-229.

AUSTENFELD, F.A., LEDER, U. 1978. The influence of alkaline earths on the oxalate content of *Salicornia europaea*. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie (W. Germany), 88(5):403-412.

BACHELIER, G. 1978. La faune des sols. Son écologie et son action. ORSTOM, Paris. 391 p.

BAL, L. 1973. Micromorphological analysis of soils. Lower levels in the organization of organic soil materials. Soil Survey Inst., Wageningen, 174 p.

BAL, L. 1975. Carbonate in soil: A theoretical consideration on, and proposal for its fabric analysis. 1- Crystic, calcic and fibrous plasmic fabric. Neth. J. Agric. Sci. 23:18-35.

BAL, L. 1975. Carbonate in soil: A theoretical consideration on, and proposal for its fabric analysis: 2- Crystal tubes, intercalary crystals, K fabric. Neth. J. Agric. Sci. 23:163-176.

BAL, L. 1982. Zoological ripening of soils. Pudoc, Wageningen, 365 p.

BAL, L., BUURSINK, J. 1976 An inceptisol formed in calcareous loess on the "Dást-i-EsanTop" plain in North Afghanistan. Fabric, mineral and trace elements analysis. *Neth. J. Agric. Sci.*, 24:17-42.

BAÑOS, Cl., STOOPS, G. 1978. Micromorphological contribution to the characterization of soils developed on triassic sediments from southern Spain. *Micromorfología de Suelos, Proc. of the 5th International Working Meeting on Soil Micromorphology*. Granada. Spain.

BARZANJI, A.F. 1973. Gipsbodems in Irak. Thesis. Ghent.

BARZANJI, A.F., STOOPS, G. 1974. Fabric and mineralogy of gypsum accumulations in some soils of Iraq. *Proc. 10th Inter. Congr. Soil Science. Moscow*, VII:271-277.

BATES, R.L., JACKSON, J.A. (Eds.) 1987. *Glossary of Geology*. American Geological Institute. Alexandria, Virginia. 788 p.

BELLOT, F. 1952. Propuestas de Nuevo Orden para el círculo de vegetación mediterráneo: *Gypsophiletalia* Ord. Nov. Prov., incluíble en la clase *Ononido-Rosmarinetea* Br.-Bf. *Trab. Jard. Bot. Univ. Santiago*, 5: 3-14.

BENNET, A.C., ADAMS, F. 1972. Solubility and solubility product of gypsum in soil solution and another aqueous solutions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36:288-291.

BEUTELSPACHER, H., MARCEL, H.N. van der 1968. *Atlas of electron microscopy of clay minerals and their mixtures*. Elsevier, 333 p.

BOLOS, O. de. 1960. La transición entre la depresión del Ebro y los Pirineos en el aspecto geobotánico. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*, 18: 199-254.

BONNEAU, X. 1981. Etude expérimentale de la dynamique des sels simples au cours de la pédogénèse. Le cas du gypse. *Mémoire DAA. Labo. des Sols CNRA*.

BOUMA, J., KOOISTRA, M.J. 1987). Soil morphology and soil water movement. Fédoroff, N., Bresson, L.M. & Courty, M.A. (Eds.) *Soil Micromorphology AFES*, Plaisir, France:507-511.

BOYE, M., NESSON, C. 1969. Un problème de méthode: Les particularités granulométriques d'un sédiment de sebkha environs de Ouargla (Sahara Algérien). *Revue de Géomorph. Dynamique*, 19 (1): 17-27.

BRAUN-BLANQUET, J., BOLOS, O. de. 1957. Les groupements végétaux du bassin moyen de l'Ebre et leur dynamisme. *Anales Est. Exp. Aula Dei*, 5(1-4): 1-266.

BREWER, R. 1972. The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, 8:81-94.

BREWER, R. 1976. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. Reprint of the edition published by Wiley, N.Y., 1964. Krieger, N.Y.

BRINDLEY, G.W., BROWN, G. (Eds.). 1980. *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Miner. Society Mono. No. 5, London.

BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G., TURSINA, T. 1985. *Handbook for the description of thin sections of soils*. *Waine Res. Publ. Wolverhampton*, U.K

BUREAU, P., ROEDERER, P. 1961. Contribution à l'étude des sols gypseux du Sud Tunisien. Croûtes et encroûtements gypseux de la partie sud du Golfe de Gabès. *Bull. Assoc. Fran. Etude Sol*, 8:150-176. Section spéc. d'études de Pédologie et d'Hydrologie, E-S 33, 1960.

BURILLO, F.; GUTIERREZ ELORZA, M.; PEÑA MONNÉ, J.L. 1985. Las acumulaciones holocenas y su datación arqueológica en Mediana de Aragón (Zaragoza). I Coloquio sobre procesos actuales en Geomorfología. *Cuad. Invest. Geográfica*, XI: 193-207.

C.B.D.S.A. 1983. *SINEDARES, Manual para la descripción codificada de suelos en el campo*. Minist. Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 137 pp.

CALLOT, G., CHAMAYOU, H., DELMAS, B. 1980. Mise en évidence expérimentale des phénomènes de dissolution et de réprécipitation simultanée de la calcite. Conséquences pédogénétiques. *Science du Sol*, 1:5-16.

CALLOT, G., CHAMAYOU, H., DUPUIS, M. 1978. Variations du pH de la solution de matériaux calcaires en relation avec la dynamique de l'eau. *Eléments d'analyse d'un système carbonaté*. *Ann. Agron.*, 29(1): 37-57.

CALLOT, G., CHAMAYOU, H., SALSAC, L. 1982. *Les interactions sol-racine*. I.N.R.A., Paris, 325 pp.

CALLOT, D., MOUSAIN, D., PLASSARD, C. 1985. Concentrations de carbonate de calcium sur des parois des hyphes mycéliens. *Agronomie*, 5(2): 143-150.

CALVET, J., GALLART, F. 1979. Dos irregularidades en el drenaje de un sector de la Depresión Central Catalana (Depresión del Ebro). Influencia de los factores tectónico, litológico y climático en su génesis y conservación. Actas II Reunión Nacional del Cuaternario. CSIC. Madrid: 109-121.

CALVO PALACIOS, J.L. 1979. Algunas características del subsuelo zaragozano en relación con el crecimiento de la ciudad. Actas II Reunión Nac. del Cuaternario. CSIC. Madrid: 97-106.

CARTER, B.J., INSKEEP, W.P. 1988. Accumulation of pedogenic gypsum in Western Oklahoma. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1107-1113

CASTAÑER, R.M. 1983. Forma y estructura del léxico del riego en Aragón, Navarra y Rioja. Inst. Fernando el Católico, Zaragoza, 173 p.

CHATELIN, Y. 1979. Une épistémologie des sciences du sol. Mém. ORSTOM, Paris: 151 p.

CODY, R.D. 1979. Lenticular gypsum: occurrences in nature and experimental determinations of effects of soluble green plant material on its formation. J. Sed. Petrol., 49: 1015-1028.

CORRENS, C.W. 1968. Einführung in die Mineralogie. Springer, Berlin, 458 pp.

CRESPO, A., BARRENO, E. 1975. Ensayo florístico y ecológico de los yesos del Centro de España (Fulgensietalia desertori). An. Inst. Bot. A.J. Cavanilles, 33: 189-205.

CRUSAFONT, M., PONS, J.M. 1969. Nuevos datos sobre el Aquitaniense del N. de la provincia de Huesca. Acta Geol. Hisp. 4(5): 124-125. Barcelona.

CRUSAFONT, M., RIBA, O., VILLENA, J. 1966. Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados aquitanienses en Santa Cilia (río Formiga, Huesca) y sus consecuencias geológicas. Not. y Com. IGME, 83: 7-14.

DABRIO, C.J., MARTIN, J.M. 1981. Yesos diagenéticos en la Depresión de Granada. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.) 79: 215-223.

DAN, J., GERSON, R., KOYUMDJISKY, H., YAALON, D.H. 1981. Aridic soils of Israel. A.R.O., The Volcani Center, Israel, 353 p.

DE CONINCK, F. 1987. Book review: Handbook for soil thin section description. Geoderma, 39: 267-268.



- DE LEENHEER, L., WAEGEMAANS, G. 1970. La science du sol. Mereaux, Bruxelles, 208 pp.
- DE ROBERTIS, E.D.P., SAEZ, F.A., DE ROBERTIS, M.F. 1978. Biología celular, 7a ed. El Ateneo, Buenos Aires, 528 pp.
- DEKKICHE, B. 1976. Sur quelques sols à accumulation de gypse dans le Hodna. Ann. INA (El Harrach), VI(1): 139-148.
- DELAGE, A., LAGATU, H. 1905. Sur les résultats obtenus pour l'observation des terres arables en plaques minces. C.R. Ac. Agriculture t. 140.
- DELMAS, A.B. 1979. Etude expérimentale du phénomène de dissolution des sels et des silicates: approche cinétique. Thèse, Paris VI, 256 pp.
- DELMAS, A.B., BINI, C., BERRIER, J. 1985. The effect of gypsum on the poral system geometry in two clay soils. Miner. Petrogr. Acta, 29A: 499-509.
- DURAND, J.H. 1949. Analyse mécanique des terres gypseuses d' Algérie. C.R. Ac. Agric. France: 671-672.
- DURAND, J.H. 1963. Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie.: formation et age. Bull. de la Soc. Géologique de France, 7(5): 959-968
- DURAND, J.H. 1967. La croûte gypseuse du Souf (Algérie). Agron. Trop. 22: 1221-1226.
- EARDLEY, A.J. 1962. Gypsum dunes and evaporite history of the Great Salt Lake Desert. Utah Geol. Min. Surv. Spec. Study 2, 27.
- EHRlich, H.L. 1981. Geomicrobiology. Dekker, New York, 393 pp.
- EL-AMIR, S.; HARTMANN, R., VERPLANCKE, H., 1985. Influence of soil surface structure on infiltration and subsequent evaporation in egyptian soils under simulated laboratory conditions. In Callebaut, Gabriels & De Boodt (Eds). "Assessment of soil surface sealing and crusting". Flanders Res. Centre for soil Erosion and Conservation, Ghent:218-228.
- EL FEKIH, M., POUGET, M. 1966. Les sols des oasis anciennes du Sud Tunisien. Conf. Sols Méditerranéens. Madrid:35-42.
- ELIAS, F., RUIZ, L. 1977. Agroclimatología de España. I.N.I.A. Madrid.

ESWARAN, H., SHOBA, S.A. 1983. Scanning electron microscopy in soil research. Bullock, P. & al. (eds.). Soil Micromorphology 19-51. A.B.A. Publishers, Berkhamsted, U.K.

ESWARAN, H., ILAIWI, M., OSMAN, A. 1981. Mineralogy and micromorphology of Aridisols. Proc. 3rd Internat. Soil Classification Workshop. ACSAD, Damascus: 153-170.

FARACO C., 1975. Estudio del colapso de la estructura de los limos yesíferos. Revista de Obras Públicas 3127: 776-790.

FARMER, V.C. (Ed.). 1974. The infrared spectra of minerals. Mineralogical Society, London, 225 p.

FATHI, A., KANDIL, M.F., EL-NAHAL, M.A., ABD EL-AAL, R.M. 1972. Gypsum precipitates in soils south of Manzala Lake, Egypt. Egyptian Journal of Soil Science, 12:189-199.

FERNANDEZ RIOFRIO, B. 1925. Una excursión botánica a Balaguer (Lérida). Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. 25:282-287.

FITZ-PATRICK, E.A., 1989. The use of the term birefringence in soil micromorphology. Soil Science 147: 357-360.

FONT QUER, P. 1954. La vegetación. TERAN 1954 "Geografía de España y Portugal, II". Madrid.

FONT QUER, P. 1962. Diccionario de Botánica. Ed. Labor. Barcelona.

FONTES, J.C., FRITZ, P., GAUTHIER, J., KULBICKI, G. 1967. Minéraux argileux, éléments-traces et composition isotopique O/O et 13C/12C) dans les formations gypsifères de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène de Corneilles-en-Parisis. Bull. Centre Rech. Pau., S.N.P.A. 1, 2:315-366.

FORTIN, L. 1963. Etude tectonique des chaînes subpyrénéennes de la région de Camarasa, S. Lorenzo de Mongay (prov. Lérida). Diplôme d'Etudes Supérieures Univ. Bordeaux, 27 p.

FOSTER, R.C., ROVIRA, A.D., COCK, T.W. 1983. Ultrastructure of the Root-Soil interface. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, 157 p.

FRENKEL, H., GERSTL, Z., VAN DE VEEN, J.R. 1986. Determination of gypsum and cation exchange capacity in arid soils by a resin method. Geoderma, 39:67-77.

FREY-WYSSLING, A. 1981. Crystallography of the two hydrates of crystalline calcium oxalate in plants. *Amer. J. Bot.* 68(1):130-141.

FREYTET, P. 1984. Les sédiments lacustres carbonatés et leurs transformations par émerision et pédogénèse. Importance de leur identification pour les reconstitutions paléogéographiques. *Bull. Centres Rech. Explor. Prod. Elf. Aquitaine* 8, 1:223-247.

FREYTET, P., MOISSENET, E. 1983. Présence de restes algaires identifiables dans des croûtes calcaires plio-quatérnaires du Nord-Est de l'Espagne. *C.R. Acad. Sc. Paris*. 296, Série II: 1563-1566.

FREYTET, P., PLAZIAT, J.C. 1982. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis - Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France. *Contr. Sediment.*, 12, Schweizebart, Stuttgart, 217 p.

FRUTOS MEJIAS, M.L. 1968. Consideraciones sobre la geomorfología de los yesos en el Valle Medio del Ebro. *Miscelánea a J.M. Lacarra*, p.259-265. *Fac. de Letras, Zaragoza*.

GARD, J.A. 1971. The electron-optical investigation of clays. *Mineralogical Soc. London*.

GARRIDO, A. 1972. Precisiones sobre la "mise en place" del manto de Gavarnie en el borde norte del Valle del Ebro (Región de Barbastro, Huesca). *Acta Geol. Hisp.* VII, 2:50-52. *Barcelona*.

GARRIDO, A., RIOS, L.M. 1972. Síntesis geológica del Secundario y Terciario entre los ros Cinca y Segre, prov. de Huesca y Lérida. *Bol. Geológico y Minero*, 83(1):1-47.

GENSAC, P. 1968. La végétation des entonniers du gypse: cas de la Haute Tarentaise. *Bull. Soc. Bot. Fr.* 115:91-99.

GENSAC, P. 1969. Les sols sur gypse en Moyenne Tarentaise. *Bull. A.F.E.S.*, 3:57-67.

GERASIMOV, I.P., GLAZORSKAYA, M.A. 1960. *Fundamentals of Soil Science and Soil Geography*. Transl. from Russ. by the I.P.S.T. Jerusalem.

GILE, L.H., PETERSON, F.F., GROSSMAN, R.B. 1964 The K horizon: a master soil horizon of carbonate accumulation. *Soil Sci.* 99(2):74-82.

GILE, L.H., PETERSON, F.F., GROSSMAN, R.R. 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. *Soil Sci.* 101(5):347-360.

GIRAUDET, J.P. 1962. Etude géologique de la région de Os de Balaguer (prov. de Huesca et Lérida, Espagne). Thèse. Fac. Sc. Bordeaux.

GLAS, T.K., KLUTE, A., McWHORTER, D.B. 1979. Dissolution and transport of Gypsum in soils. I. Theory:265-267; II. Experimental:268-273. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43(2):265-273.

GOMEZ GONZALEZ, A. 1978. Gypsum range conditions and interactions of *Bouteloua chisei* in the desert grassland from San Luis Potosí. Proc. of the first Rangeland Congress. Denver, Colorado, U.S.A., August 14-18, 1978 (Hyder, D.N., Editor), p. 307-309.

GONZALEZ GARCIA, F., PEIRO, A. 1958. Constitución y propiedades de las arcillas sedimentarias de Lebrija. An. Edaf. Fisiol. Veg. 17: 603-667.

GOODIN, J.R., MOZAFAR, A. 1970. Quantitative histochemistry of oxalate in vesiculated hairs of *Atriplex halimus*. Histochemie, 21:366-368.

GOUDIE, A.S. 1983. Calcrete. GOUDIE, PYE (Eds.), Chemical Sediments and Geomorphology, p. 93-132. Academic Press.

GRANDE LOPEZ, R. 1967. Morfología y génesis de suelos yesíferos de Matehuala, S.L.P. Geología y Metalurgia, 3:5-66.

GRAUSTEIN, W.C., CROMACK, K, SOLLINS, P. 1977. Calcium oxalate occurrence in soils and effect on nutrient and geochemical cycles. Science, 198(4323):1252-1254.

GRIM, R.E., 1968. Clay Mineralogy. Mc Graw-Hill, New York. 596 p.

GRIM, R.C., BRAY, R.H., BRADLEY, W.F. 1937 The mica in argillaceous sediments. Amer. Min., 22:813-819.

GUILLORE, P. 1985. Méthode de fabrication mécanique et en série des lames minces, 3ème éd. I.N.A. Paris-Grignon, 22 p.

GUTHRIE, R.L. 1982. Distribution of Great Groups of Aridisols in the United States. YAALON (Ed.): Aridic Soil and Geomorphic Processes, Catena Suppl.: 31-36.

GUTIERREZ, M., BENITO, G., SANCHO, C., 1989. El Karst de la Depresión del Ebro. En: J.J. Durán y J. López-Martínez (eds.), El Karst en España. SEG Madrid: 201-209.

GUYOT, J., DELMAS, A.B., JACQUIN, M. 1984. Amélioration de la structure des sols non salés par le gypse. Fonctionnement hydrique et comportement des sols. AFES, Paris: 359-376.

HALITIM, A. 1985. Contribution à l'étude des sols des zones arides. Hautes plaines steppiques de l'Algérie. Thèse Université de Rennes, 384 p.

HALITIM, A., ROBERT, M., BERRIER, J. 1983. Etude expérimentale de l'interaction de la calcite et du gypse avec la montmorillonite: conséquences sur le rôle de ces deux minéraux dans le comportement de matériaux argileux et l'amendement des sols. C.R. Acad. Sc. Paris, 296 série 2: 1459-1461.

HARRIS, S.A. 1960. Saline soils in the Kirkuk Plain, Northern Iraq. J. Soil. Science, 11:114-130.

HERNANDEZ-PACHECO, F. 1929. Mem. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 15:379-382.

HERNANDO, V., SANCHEZ CONDE, M.P., GARCIA CONTRERAS, J. 1962. Influencia del yeso y de los iones  $Ca^{++}$  y  $SO_4^-$  independiente en el desarrollo y asimilación de los elementos por el maíz. An. Edaf. y Agrob., XXI, 7-12:453-463.

HERNANDO, V., SANCHEZ CONDE, M.P., GARCIA CONTRERAS, J. 1963. Influencia de los niveles de yeso y de humedad en la fertilidad de un suelo yesoso. An. Edaf. y Agrob. XXII, 7-8:323-337.

HERNANDO, V., SANCHEZ CONDE, M.P., CONTRERAS, J.G. 1965. Estudio de la nutrición mineral del maíz en suelos yesosos. "Zolfo in agricultura" Palermo, 398-411.

HERRERO, J. 1987. Suelos sobre los yesos paleógenos Barbastro-Balaguer-Torá. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

HERRERO, J., PORTA, J. 1987. Gypsiferous soils in the North East Spain. FEDOROFF, N., BRESSON, L.M., COURTY, M.A. (Eds.) "Soil Micromorphology" AFES, Plaisir, France:187-192.

HERRERO J., PORTA J., 1990. Aridisols of Spain. USDA-SCS, en prensa.  
*Proceed. 6th. Internat. Soil Correlation Meeting. JM Kimble (Ed.). 1991.*

HESSE, P.R. 1976. Particle size distribution in gypsic soils. Plant and Soil, 44:241-247.

HOLDRIDGE, J. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. Science, 105:367-368.

- HOLLIDAY, D.W. 1970. The petrology of secondary gypsum in rocks, a review. *J. Sed. Petrol.*, 40:734-744.
- HORTA, J.C. DE. 1980. Calcrete, gypcrete and soil classification in Algeria. *Engineering Geology*, 15.
- HUGUET DEL VILLAR, E. 1925. Avance geobotánico sobre la pretendida estepa central de España. *Ibérica* 23:344-350.
- HUGUET DEL VILLAR, E. 1929. *Geobotánica*. Labor, Barcelona, 339 p.
- HUGUET DEL VILLAR, E. 1950. *Geo-edafología*. Edición e introducción de J. Martí Henneberg Publ. Univ. Barcelona, 1983: 306 p.
- IBAÑEZ, M.J., MENSUA, S. 1975. "Los valles asimétricos de la orilla derecha del Ebro". *Actas II Reunión Nac. Grupo de Trabajo del Cuaternario*. 113-122. Jacà.
- IBAÑEZ, M.J., MENSUA, S. 1976. Contribución al estudio de vertientes en condiciones semiáridas. Tipos de vertientes sobre yesos en el Valle del Ebro. *Bol. R. Soc. Geográfica*, t.CXII:381-394. Madrid.
- ICOMID, 1989. *Aridisols, version 6.0*. International Committee on Aridisols.
- ISAYEV, V.A. 1983. Micromorphological features of gypsiferous soils of Uzbekistan. *Abstracts of 2nd All-Union Conference on Soil Micromorphology*: 114.
- IWANOFF, L.L. 1906. Ein wasserhaltiges calcium carbonate ausen umgebungen von Nowo Alexandria (gouv. Lublim). *Ann. Geol. Mineral, Rusoie*, 8:23-25.
- JAILLARD, B. 1983. Mise en évidence de la calcitisation des cellules corticales des racines de graminées en milieu carbonaté. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 297, série II:293-297.
- JAILLARD, B. 1984. Mise en évidence de la néogénèse des sables calcaires sous l'influence des racines: incidence sur la granulométrie du sol. *Agronomie*, 4(1):91-100.
- JAILLARD, B. 1987. Les structures rhizomorphes calcaires: modèle de réorganisation des minéraux du sol par les racines. INRA, Montpellier, 221 pp.
- JAILLARD, B., CALLOT, G. 1987. Action des racines sur la ségrégation minéralogique des constituants du sol. *Fedoroff, N., Bresson, L.M., Courty, M.A. (Eds.). "Soil Micromorphology" AFES, Plaisir, France*:371-375.

- JAUZEIN, A. 1972. Les données sur le système CaSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O et leurs implications géologiques. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, (2) vol. XVI, fasc.2:151-160.
- JAYNES, D.C. 1977. Effects of gypsiferous soils on the distribution of creosotebush (*Larrea tridentata*). M.S. Thesis, Texas Tech. University, Lubbock.
- JEANSON, C. 1968. Essai de pédozoologie expérimentale: Morphologie d'un sol artificiel structuré par les lombricides. *Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. Série A*, XLVI(3):215-357.
- JEANSON, C. 1971. Nouvelles données microscopiques sur la contribution de la faune à l'élaboration de la structure du sol. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 272:422-424.
- JEANSON, C. 1975. Présence de soufre dans des agrégats construits par des forficules. Microstructure et composition élémentaire. *Plant and Soil*, 43:219-228.
- JESSUP, R.W. 1960. The stony tableland soils of the South-eastern portion of the Australian arid zone and their evolutionary history. *J. Soil Sci.*, 11:188-196.
- JOB, J.O. 1981. Some problems in analysis of soils in arid areas. *Proc. 3rd Internat. Soil Classification Workshop, ACSAD, Damascus*: 219-237.
- JONGERIUS, A., RUTHERFORD, G.K. (Eds). 1979. *Glossary of soil micromorphology*. Pudoc., Wageningen, 138 p.
- JULIA, R., CALVET, F. 1983. Descripción e interpretación de las texturas y microtexturas de caliches recientes del Camp de Tarragona y Penedés (Cataluña). *Libro jubilar J.M. Ríos, T. 1*: 61-96.
- KEMPER, W.D., OLSEN, J., DE MOOY, C.J. 1975. Dissolution rate of gypsum in flowing water. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:458-463.
- KEREN, P., KAUSCHANSKY, P. 1981. Coating of calcium carbonate on gypsum particle surfaces. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:1242-1244.
- KEREN, R., SHAINBERG, I. 1981. Effect of dissolution rate on the efficiency of industrial and mined gypsum in improving infiltration of a sodic soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:103-107.
- KEREN, R., KREIT, J.F., SHAINBERG, I. 1980. Influence of size of gypsum particles on the conductivity of soils. *Soil Sci.* 130(3):113-117.

KESSLER, J., OOSTERBAAN, R.J. 1978. Determinación de la conductividad hidráulica de los suelos. Principios y aplicaciones del drenaje, III:275-320. ILRI, Wageningen.

KNUTSON, D.M., HUTCHINS, A.S., CROMACK, K. 1980. The association of calcium oxalate-utilizing streptomyces with conifer ectomycorrhizea. *Antonie van Leeuwenhoek J. Microbiol. Serol.* 46(6):611-619.

KOSTIAKOV, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. *Trans. Com. Int. Soc. Soil Sci.*, 6th. Moscow A, 17-21.

KOVALENKO, T.A. 1972. Determination of gypsum in soils. *Soviet Soil. Sci.* 3:373-376.

KROUSE, H.R. 1974. Sulphur isotope abundance studies of the environment. *Canadian Sulphur Symposium*. Calgary.

KU, T.L., BULL, W.B., FREMAN, S.T., KNAUSS, K.G. 1979. Th230 - U234 dating of pedogenic carbonates in gravelly desert soils of Vidal Valley. South eastern California. *Bull. Geol. Soc. Am.* 90:1063-1073.

KUBIENA, W.L. 1938. *Micropedology*. Collegiate Press, Ames, Iowa.

KUBIENA, W.L. 1952. *Claves sistemáticas de suelos*. CSIC, Madrid.

KULKE, H. 1974. Zur Geologie und Mineralogie der Kalk-und Gipskrusten Algeriens. *Geol. Rundschau* 63,3:970-998.

KURMANGALIYEV, A.B. 1966. Gypsiferous sierozems on the piedmont plains of the south-western slopes of North Kara-Tau. *Soviet Soil Sci.*, 9:1011-1018.

LAPEYRIE, F. 1988. Oxalate synthesis from soil bicarbonate by the mycorrhizal fungus *Paxillus involutus*. *Plant and Soil*, 110:3-8.

LARRAGAN, A., BATALLER, J.R., MASACHS, V. 1950. Mapa geológico de España 1:50.000 y Explicación de la Hoja 361 (Guisona). I.G.M.E., Madrid, 56 p.

LATTMAN, L.H., LAUFFENBURGER, S.K. 1974. Proposed role of gypsum in the formation of caliche. *Z. für Geomorphologie N.F. Supp.* 20:140-149.

LAWREY, J.D. 1980. Calcium accumulation by lichens and transfer to lichen herbivores. *Mycologia*, 72:586-594.



LE HOUEROU, H.N. 1960. Contribution à l'étude des sols du Sud Tunisien. Ann. Agron. 11(3):241-308.

LISO PUENTE, M, ASCASO LIRIA, A. 1969 Introducción al estudio de la evapotranspiración y clasificación climática de la cuenca del Ebro. An. Est. Exp. Aula Dei 10(1-2). Zaragoza.

LLAMAS MADURGA, M.R. 1958. Los yesos de la cuenca del Ebro y su repercusión en los canales de regadío. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat., 56:447-475.

LLAMAS MADURGA, M.R. 1962. Estudio geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales. Serv. Geológico de Obras Públicas.

LLIMONA, X. 1974. Las comunidades de líquenes de los yesos de España. Secret. Publicaciones. Interc. Científico y Extens. Univ. Barcelona.

LUZIO, W. 1982. Taxonomía de suelos. Versión abreviada en español de Soil Taxonomy. Agency for Internat. Development.

MACAU, F., RIBA, O. 1965. Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España. I Col. Intern. Obras Públicas en terrenos yesíferos. Serv. Geol. O.P. Madrid, 28 p.

MACKEE, E.D., MOIOLA, R.J. 1975. Geometry and growth of the White Sands Dune Field, New Mexico. J. of Research, U.S. Geological Survey 3:59-66

MAGALDI, D. 1987. Degree of soil plasma orientation in relation to age in some hydromorphic soils of Tuscany (Italy). Fédoroff, N., Bresson, L.M., Courty, M.A. (Eds.). "Soil Micromorphology" AFES, Plaisir, France:605-609.

MAGARITZ, M., KAUFMAN, A., YAALON, D.H. 1981. Calcium carbonate nodules in soils: 18O/16O and 13C/12C ratios and 14C contents. Geoderma, 25:157-172.

MANDADO, J., 1987. Litofacies yesíferas del Sector Aragonés de la Cuenca Terciaria del Ebro. Petrogénesis y Geoquímica. Tesis Doct. Univ. Zaragoza, 443 p. + lám.

MANDADO, J, RODRIGUEZ-VIDAL, J., TENA, J.M. 1984. La disolución de rocas evaporíticas: un importante factor geomorfológico en el Valle del Ebro. I Coloquio sobre procesos actuales en geomorfología. Jaca:139-148.

MARTINEZ PEÑA, M.B. 1981. Estudio geológico y estructural de la zona de conexión entre las Sierras Marginales Aragonesas y Catalanas (Prepirineo, Huesca). Tesis de Licenciatura. Fac. Ciencias. Zaragoza. 120 p.

MERMUT, A.R., SAINT-ARNAUD, R.J. 1981. A micromorphological study of calcareous soil horizons in Sakatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 61:243-260.

MERMUT, A.R., DASOG, G.S. 1986. Nature and micromorphology of carbonate glaeboles in some Vertisols of India. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50:382-391.

MERMUT, A.R., SAINT-ARNAUD, R.J. 1981. A study of microcrystalline pedogenic carbonates using sub-microscopic technique. *Can. J. Soil Sci.* 61:261-272.

MÜLLER, E. 1987. Puesta al descubierto de inclusiones de soluciones y de gases en cristales de sal gema. *Revista de Jena* 1/87:38-39.

NAHON, D., DUCLOUX, J., BUTEL, P., AUGAS, C, PAQUET, H. 1980. Néofonnation de l'aragonite, première étape d'une suite minéralogique évolutive dans les encroûtements calcaires. *C.R. Acad. Sci., Paris, t.291, Série D*:725-727.

NAKAYAMA, F.S. 1969. Theoretical consideration of the calcium-sulphate-bicarbonate-carbonate interrelation in solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:668-672.

NANCOLLAS, G.H., REDDY, M.M. 1971. The crystallization of calcium carbonate. II, Calcite growth mechanism. *J. Colloid. Interf. Sci.* 37:824-830.

NAVAS IZQUIERDO, A.M. 1983. Las litofacies yesíferas de la cuenca del Ebro. Tesis de Master. I.A.M.Z.

NAVAS IZQUIERDO, A.M. 1988. La participación de los yesos en la salinización de las aguas superficiales de la cuenca del Ebro. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza, 466 pp.

NETTLETON, W.D.; NELSON, R.E.; BRASHER, B.R., DERR, P.S. 1982. Gypsiferous soils in the Western United States. In KRAL (Ed.), *Acid Sulfate Weathering SSSA Spec. Publ. n 10*:147-160.

OGNIBEN, L. 1957. Secondary gypsum of the Sulphur Series, Sicily, and so-called integration. *J. Sedimentary Petrology*, 27:64-79.

ORTI CABO, F. 1977. Aproximación al estudio petrográfico de las microestructuras de las rocas de yeso secundario y a su origen. *Inst. de Inv. Geológicas; Diput. Prov.; Univ. Barna*, 32:87-152.

PANKOVA, Y.I., YAMNOVA, I.A. 1987. Forms of gypsic neoformations as a controlling factor affecting the meliorative properties of gypsiferous soils. *Soviet Soil Sci.* 19(6):94-102.

PAPADOPOULOS, I. 1985. Soil salinity as affected by high-sulphate water. *Soil Sci.* 140(5):376-381.

PARDO, G., VILLENA, J. 1979. Aportación a la geología de la región de Barbastro. *Acta Geol. Hispica*, 14:289-292.

PARFENOVA, E.I., YARILOVA, E.A. 1965. Characteristic features of certain USSR soils in thin sections. G. STOOPS, H. ESWARAN (Eds.) 1986. "Soil Micromorphology":271-283., Van Nostrand.

PEDROL, J. 1985. Aproximación al conocimiento de la flora del anticlinal yesífero Balaguer-Barbastro. *Trab. Investig. ETSIA Lleida*. Inédito.

PEÑA MONNE, J.L. 1983. La conca de Tremp y Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana. Estudio geomorfológico. Instituto de Estudios Ilerdenses, 373 p. Lérida.

PERTHUISOT, J.P. 1978. La sebkha de Doukhane (Qatar) et la transformation gypse-anhydrite + eau. *Bull. Soc. Géol. France* XIX-5:1145-1150.

PIAS, J. 1972. Sols d'Afghanistan. Pédogénèses anciennes et actuelles. *Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique*, (2)14:433-441.

PIAS, J. 1976. Formations superficielles et sols d'Afghanistan. ORSTOM-CNRS, Paris, 315 p.

PLET-LAJOUX, C. 1969. Introduction à l'étude expérimentale de la formation des encroûtements. Application au cas des encroûtements gypseux. Thèse 3me cycle, Paris, 74 p.

POCH R.M., 1989. Relation between micromorphological and physical characteristics of some gypsiferous soils of the Urgell irrigated area (N.E. Spain). M.Sc. Thesis. Univ. Ghent. 130 p.

POCOVI, J.A. 1976. Consideraciones sobre la tectónica de edad Oligoceno superior en las Sierras Marginales Prepirenaicas. *Acta Geol. Hisp.* 11(5):120-123.

PORTA, J. 1975. Redistribuciones iónicas en suelos salinos: Influencia sobre la vegetación halófila y las posibilidades de recuperación de los suelos con horizonte gypsic y otros suelos halomorfos de las márgenes del río Gigüela. Tesis. Madrid, 261 pp.

PORTA, J. 1986. Edafogénesis en suelos yesíferos en medio semiárido. Documento fotocopiado. Lérida, 136 p.

PORTA, J., HERRERO, J. 1988. Micromorfología de suelos con yeso. *An. de Edaf. y Agrob.*, 47: 179-197.

PORTA J., HERRERO J., 1990. Micromorphology and genesis of soils enriched with gypsum. En: L.A. Douglas (ed.), *Soil Micromorphology. Developments in Soil Sci.*, 19: 321-339. Elsevier.

PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M., RODRIGUEZ, R. 1986. Técnicas y experimentos en edafología. *Collegi Of. Eng. Agron. Catal.*, Barcelona, 282 p.

PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M., ROQUERO, C. 1977. Morfometría y clasificación de algunos gypsiorthids en España. *Anales INIA*, 5:85-111.

POUGET, M. 1965. Mesures d'humidité sur les échantillons de sols gypseux. *Cahiers ORSTOM-Pédologie*, III(2):139-148.

POUGET, M. 1968. Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le Sud Tunisien. *Cah. ORSTROM sr. Pédologie*, VI, 3-4:309-365.

POUGET, M. 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. ORSTOM, Paris.

QUIRANTES J., 1971. Apuntes morfológicos sobre la parte central de la Depresión del Ebro. *Geographica XIII*: 209-227.

QUIRANTES, J. 1978. Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros. *Institución Fdo. el Católico. Zaragoza*.

RABENHORST, M.C., WILDING, L.P. 1986. Pedogenesis on the Edwards Plateau, Texas: III New model for the formation of petrocalcic horizons. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:693-699.

RABENHORST, M.C., WILDING, L.P., WEST, L.T. 1984. Identification of pedogenic carbonates using stable carbon isotopes and microfabric analyses. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:125-132.

REILLE, J.L. 1967a. Sur l'importance des charophytes dans l'étude des formations continentales tertiaires du versant méridional des Pyrénées. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t.265, sér.D:778-780.

- REILLE, J.L. 1967b. Subdivisions stratigraphiques et phases de plissement dans le Paléogène continental sud-pyrénéen (Rég. de Barbastro, prov. de Huesca). C.R. Ac. Sc. Paris, t.265, série D:852-854.
- RIBA, O, RAMIREZ, J., MALDONADO, A. 1975. Mapa geológico de España 1:50.000. Hoja 329 (PONS) y Memoria explicativa. 47 p. IGME Madrid.
- RICHARDS, L.A. (Ed.). 1974. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa, Mexico. Trad. española del USDA Handbook No. 60, 1954, 1969.
- RIVAS GODAY, S., 1947. La aridez e higr continentalidad en las provincias de España y su relación con las comunidades vegetales climáticas (climax). Anales Jard. Bot. Madrid, 7:501-510.
- ROBB, D.A., PIERPOINT, W.S. (Eds.). 1983. Metals and micronutrients: Uptake and utilization by plants. Academic Press, New York, 341 p.
- ROBBINS, C.W., WAGENET, R.J., JURINAK, J.J. 1980. A combined salt-transport-chemical equilibrium model for calcareous and gypsiferous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:1191-1194.
- ROBERT, M. 1975. Principes de détermination qualitative des minéraux argileux l'aide des rayons X. Ann. Agron., 26:363-399.
- ROBERT, M., BERTHELIN, J. 1986. Role of Biological and Biochemical Factors in Soil Mineral Weathering. SSSA Spec. Pub. n 17:453-495.
- ROBERT, M, TESSIER, D. 1974, Méthode de préparation des argiles des sols pour des études minéralogiques. Ann. Agron., 25:859-882.
- RODRIGUEZ VIDAL, J. 1986. Geomorfología de las Sierras exteriores oscenses y su piedemonte. Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca. 172 p.
- ROZANOV B.R. 1982. Methodological bases of modern soil science and its future development. Cah. ORSTOM, sr. Pdol. XIX(1):79-90.
- SABOURAUD-ROSSET, C. 1972. Microscopie des inclusions liquides du gypse et salinité des milieux générateurs. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique (2), v.XIV fasc. 2:133-144.
- SABOURAUD-ROSSET, C. 1976. Inclusions solides et liquides dans le gypse. Presses de l'Ecole Normale Supérieure.

SANCHO MARCEN, C. 1984. Geomorfología de la región Albalate de Cinca-Candasnos (prov. de Huesca). Tesis de Licenciatura. Univ. de Zaragoza. 160 p.

SAYEGH, A.H. 1978. Factors affecting gypsum and CEC determinations in gypsiferous soils. *Soil Sci.* 125(5):294-300.

SEEGER, R. 1982. Strontium vorkommen in Pilzen. *Z. für Lebensmittel-Untersuchung v. Forschung* 174(5):381-389.

SEHGAL, J.L., STOOPS, G. 1972. Pedogenic calcite accumulation in arid and semiarid regions of the Indo-Gangetic alluvial plain of Erstwhile Punjab (India). Their morphology and origin. *Geoderma*, 8:59-72.

SEHGAL, J.L., STOOPS, G. 1976. Comparative morphological and micromorphological studies on the salt-affected and associated cultivated soils of the alluvial plains of North-West India. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 24(3):439-442.

SIEVERS, A., SCHMITZ, M. 1982. Röntgen-Mikroanalyse von Barium, Schwefel und Strontium in Statolithen-Kompartimenten von Chara-Rhizoiden. *Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd.* 95:353-360.

SJOBERG, E.L. 1975. A fundamental equation for calcite dissolution kinetics. *Geochim. et Cosmochim Acta*, 40:441-447.

SMITH, R., ROBERTSON, V.S. 1962. Soil and irrigation classification of shallow soils overlying gypsum bed, northern Iraq. *Soil Sci.*, 13(1):106-115.

SOFER, Z. 1980. Isotopic composition of hydration water in gypsum. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42:1141-1149.

SOIL SURVEY STAFF 1975. *Soil Taxonomy*. U.S. Dep. Agric. Soil Conserv. Serv. Agric. Handb. 436. U.S. Gov. Print Off. 754 p.

SOIL SURVEY STAFF, 1987. *Keys to Soil Taxonomy* (third printing). SMSS Technical Monograph nº 6. Ithaca, New York.

SOIL SURVEY STAFF, 1990. *Keys to Soil Taxonomy*, fourth edition. SMSS technical monograph nº 19. Blacksburg, Virginia

SOLE SABARIS, L. 1953. Terrazas deformadas cuaternarias de la cuenca del Ebro. *Mem. R. Acad. Ciencias y Artes de Barcelona*, 3a, 31(7):239-259.

SORIANO, A., CALVO, J.M., 1987. Características, datación y evolución de los valles de fondo plano de las inmediaciones de Zaragoza. *Cuaternario y Geomorfología* 1:283-293.

SORIANO, A., GUTIERREZ ELORZA, M. 1983. Notas geomorfológicas de la región Muel-Fuendetodos (prov. Zaragoza). Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.) 81(1-2):99-110.

STEPHAN, S. 1972. Profilstudien an tunesischen Bden. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 21:83-100.

STERLING, C. 1964. Crystal structure of weddellite. Science, 146:518.

STERLING, C. 1965. Crystal structure of tetragonal strontium oxalate. Nature, 20:588-589.

STOOPS, G., ILIAWI, M. 1981. Gypsum in arid soils, morphology and genesis. Proc. 3rd Internat. Soil Classification Workshop. ACSAD, Damascus:175-185.

STOOPS, G., ZAVALETA, A. 1978. Micromorphological evidence of barite neoformation in soils. Geoderma, 20:63-70.

STOOPS, G., ESWARAN, H., ABTAHI, A. 1978. S.E.M. of authigenic sulphate minerals in soils. Delgado (Ed.). Micromorfología de Suelos. Granada.

SYERS, J.K., BIRNIE, A.C., MITCHELL, B.D. 1967. The calcium-oxalate content of some lichens growing on limestone. Lichenologist, 3:409-414.

SZABOLCS, I. 1981. Salt accumulation in soils Proc. Third Internat. Soil Classification Workshop: 186-198. ACSAD, Damascus.

TARAZONA, M.T., BARRENO, E., CRESPO, A., DIAZ-LLANOS, J. 1980. Estudios estadístico de la vegetación líquénica de los yesos del centro de España. An. INIA/Ser. Recursos Naturales, 4: 139-155.

TAVERNIER, R., OSMAN, A., ILAIWI, M. 1981. Soil Taxonomy and the soil map of Syria and Lebanon. Proc. 3rd Internat. Soil Classification Workshop. ACSAD, Damascus: 81-93.

TIPPKOTTER, R. 1983. Morphology, spatial management and origin of macropores in some Hapludalfs, W. Germany. Geoderma, 29:355-371.

TOLCHEL'NIKOV, Y.S. 1962. Calcium sulphate and carbonate neoformations in sandy desert soils. Soviet Soil Sci., 643-650.

TORRAS, A., RIBA, O. 1968. Contribución al estudio de los limos yesíferos del Centro de la Depresión del Ebro. Breviora Geológica Astúrica. Año XI, 1-4 (125-137) 1967 1968).

TRICHET, J. 1963. Une forme d'accumulation de gypse par voie éolienne dans le Sud Tunisien. Bull. Soc. Géol. de France, (7)V:617-621.

TRICHET, J. 1967. Etude de faciès d'une dune gypseuse (Sud Oran, Algérie). Bull. Soc. Géol. de France, (7)IX:865-875.

TUCKER, M.E. 1978. Gypsum crusts (gypcrete) and patterned ground from northern Irak. Z. für Geomorphologie, NF, 22:89-100.

TURABEKOV, B.T., LIM, V.D., YAMNOVA, I.A. 1983. Some micromorphological peculiarities of gypsum bearing soils in the Dzhizak steppe and the possibility of their development. Abstracts of 2nd All-Union Conference on Soil Micromorphology: 115.

TURNER, B.L., POWELL, A.M. 1979. Deserts, Gypsum and Endemism. In GOODIN, J.R., NORTHINGTON, D.K., Arid Land and Plant Resources, Proc. Internat. Arid Lands Conference on Plant Resources. Texas Techn. University: 96-116.

TURSINA, T.V., YAMNOVA, I.A. 1986. Identification of soil minerals in soils. Soviet Soil Sci. 18(4):97-108.

TURSINA, T.V., YAMNOVA, I.A., SHOBA, S.A. 1980. Combined stage-by-stage morphological, mineralogical and chemical study of the composition and organization of saline soils. Soviet Soil Sci. 12(1):81-94.

TZAREVSKIY, V.V., SOKOLOVA, T.A., SELETZKIY, G.I. 1983. Organization, composition and genesis of gypsum accumulations in soils of solonetz complexes. Abstracts 2nd All-Union Conference on Soil Micromorphology. Tartu: 123.

URBANUS, J.F.L.M., VAN DEN ENDE, H., KOCH, B. 1978. Calcium oxalate crystals in the wall of *Mucor mucedo*. Mycologia, 70(4):829-842.

VIEILLEFON, J. 1977. Recherches sur l'analyse granulométrique des sols gypseux. E.S. 146-DRES-Tunis.

VIEILLEFON, J. 1979. Contribution à l'amélioration de l'étude analytique des sols gypseux. Cahiers ORSTOM, Pédologie 17(3):195-223.

VIEILLEFON, J. 1980. Approche de l'intensité de la dynamique actuelle des accumulations gypseuses dans les sols au moyen du dosage de la teneur en tritium de l'eau de constitution du gypse. DRES-ORSTOM, ES 181. Tunisie.

VIEILLEFON, J., ZANTE, P. 1981. Etude du régime hydrique et de la salure en périmètre irrigué sur sol gypseux salé. E-S 190 DRES. Tunisie. 101 p.

VLASOV, K.A. 1964. Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types of their deposits v. 1. I.P.S.T., Jerusalem, 688 p.

VOGT, T. (Ed.) 1975. Colloque Type de croûtes calcaires et leur répartition régionale. Université L. Pasteur, Strasbourg, 154 p.

VOGT, T. (Ed.) 1981. Croûtes calcaires. Micromorphologie et géomorphologie. Rech. Géographiques Strasbourg, n.12, 90 p.



- WARKENTIN, B.P. 1980. Clay soil structure related to soil management. Oregon Agricultural Station, Publication n. 5613.
- WATSON, A. 1979. Gypsum crusts in deserts. *J. of Arid Environments*, 2:3-20.
- WATSON, A. 1980. Vegetation polygons in the central Namib Desert near Gobabeb. *Madoqua*, 11(4):315-325.
- WATSON, A. 1983. Gypsum crusts. GOUDIE, PYE (Eds.). *Chemical sediments and geomorphology*:93-132. Academic Press.
- WIGLEY, T.M.L. 1973. Chemical evolution of the system calcite-gypsum-water. *Can. J. Earth Sci.*, 10:306-315.
- WIGLEY, T.M.L., DRAKE, J.J., QUINLAN, J.F., FORD, D.C. 1973. Geomorphology and geochemistry of a gypsum karst near Canal Flats, British Columbia. *Can. J. of Earth Sciences*, 10:113-129.
- WILD, H. 1974. The natural vegetation of gypsum bearing soils in South Central Africa. *Kirkia*, 9(2):279-292.
- WILSON, M.J., JONES, D. 1984. The occurrence and significance of manganese oxalate in *Pertusaria corallina* (Lichens). *Pedobiologia* 26:373-379.
- WILLIAMS, R.J.P. 1984. An introduction to biominerals and the role of organic molecules in their formation. *Phil. Trans. R. Soc. Land.* B304:411-424.
- YAMNOVA, L.A., TURABEKOV, B.T., LIM, V.D. 1983. Micromorphology and distribution of gypsum neof ormations in the profile of serozem-meadow soils. Abstracts of 2nd All-Union Conference on Soil Micromorphology: 122.
- ZELICHENKO, Y.N., SOKOLENKO, S.A. 1982. Calculation of the rate of development of new carbonate formations in soils. *Soviet Soil Sci.*, 14(1):111-117.
- ZUIDAM, R.A. 1975. Geomorphology and archaeology: evidence of interrelation at historical sites in the Zaragoza region, Spain. *Z. Geomorpholog., N.F.* 19:319-328.
- ZUIDAM, R. van 1976. Periglacial-like features in the Zaragoza region, Spain. *Z. Geomorph. N.F.*, 20,2:227-234.
- ZUIDAM, R. van. 1976) Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. *I.T.C.*, Enschede.
- ZUIDAM, R. van. 1977. A geomorphological survey of the Zaragoza region, Spain. *I.T.C. Journal*, 1977-4:595-623.

## INDICE DE DESCRIPCIONES DE SUELOS

Cada perfil se ha denominado con un número de referencia asignado en campo. Las fig. IV.2 a IV.6. muestran su situación geográfica. A continuación se relacionan los números de referencia, indicando las páginas donde empieza la descripción de campo, que va seguida de los cuadros de análisis y de las descripciones micromorfológicas.

Nº de referencia del pedión	pág.
11 .....	343
14 .....	326
15 .....	332
20 .....	333
28 .....	282
29 .....	280
34 .....	273
134 .....	126
135 .....	148
136 .....	120
137 .....	194
138 .....	192
140 .....	196
141 .....	150
142 .....	198
143 .....	152
144 .....	199
146 .....	240
147 .....	237
149 .....	241
151 .....	174
152 .....	244
153 .....	92
161 .....	246
162 .....	248
163 .....	251
164 .....	252
166 .....	254
201 .....	265
202 .....	257
204 .....	268
<i>ii</i>	310

PUBLICACIONES DEL



INSTITUTO NACIONAL  
DE INVESTIGACION Y  
TECNOLOGIA AGRARIA  
Y ALIMENTARIA

### **Situación relativa de calicatas en Iborra y Torá, provincia de Lérida**

<b>Calicata</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>
IB134	367212.34	4627080.986
IB135	367183.09	4627174.584
IB136	367203.56	4627240.395
IB137	367274.08	4627208.222
IB138	367364.85	4627266.788
IB140	367231.06	4627358.402
IB141	367295.17	4627141.610
IB142	367370.53	4627020.966
IB143	367633.23	4626979.518
IB144	367684.03	4626992.218
IB145	367376.13	4626784.105
IB146	366790.80	4628154.271
IB151	367408.70	4627208.920
IB153	367671.26	4626942.539
IB154	367092.79	4626891.416
TR147	367091.84	4629672.114
TR149	367266.27	4629615.895
TR152	366547.94	4629440.093