

# Aportación al estudio de arcillas expansivas asociadas a las facies garumnienses de la Conca de Tremp (Prepirineo de Lleida)

R. Linares, L. Pallí y C. Roqué

Area de Geodinámica. Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad de Girona. Campus de Montilivi. s/n. 17071 Girona. Cageo@fc.udg.es.

## ABSTRACT

*Some clay levels of the garumnian facies, which surface in the southern sector of the Tremp Basin present a principal mineralogy of expansive type. The oedometer essays show that such materials present a very high grade of potencial expansivity. The swelling pressure presents values higher than 390 KN/m<sup>2</sup>. In the majority of the areas wherw this kind of clays surface the hydric erosion phenomena and the mass movements often appear to be very common and intense. The geomorphological role of the expansive clays is discussed as the triggering factor, associated to the development of these denudative processes.*

**Keywords:** *expansive clays, engineering properties, piping, garumnian facies, Tremp Basin.*

## INTRODUCCIÓN

Del conjunto de procesos dinámicos que pueden motivar situaciones de riesgo geológico, probablemente el derivado de las inestabilidades volumétricas de los materiales arcillosos sea el menos evidente. Su carácter no catastrófico y el largo periodo de tiempo que en ocasiones tarda en desarrollarse, incluso decenios, son factores que han contribuido a ello (Salinas. 1988). El título del ya clásico trabajo Arcillas expansivas: el desastre oculto, de Jones & Holtz (1973). sintetiza esta situación.

Las presiones que pueden desarrollar los terrenos expansivos llegan a superar los 10 kg/cm<sup>2</sup> (Avala *et al.* 1985). aunque en general son mucho más reducidas. Los incrementos de volumen alcanzan valores de hasta el 10% y en condiciones experimentales se superan ampliamente. A pesar de que se pueden producir movimientos diferenciales superiores a 10 cm. basta con inestabilidades mucho más moderadas para causar daños substanciales si no se toman las medidas preventivas y/o correctoras oportunas.

En este contexto, los problemas constructivos derivados de la expansividad de los suelos pueden ser importantes y afectan un gran número de países (Gromko. 1974). En el caso, por ejemplo, de determinadas zonas de Jordania, más del 40% de los edificios están fuertemente dañados por el hinchamiento de los suelos expansivos: en los Estados Unidos, y por este motivo, se preven pérdidas económicas para el año 2000 del orden de 1000 millones de dólares (Wiggins *et al* 1978; Jones. 1981). Si bien en España no existen estadísticas detalladas sobre el alcance de los daños por expansividad. después de un análisis de casos aislados y considerando las pérdidas económicas en otros países. no

es aventurado cuantificar los daños en nuestro país en más de 5000 millones de pesetas al año (Salinas. 1988; González de Vallejo. 1988).

En Cataluña tampoco se dispone de ninguna valoración precisa de daños. En el caso, por ejemplo, de la comarca del Vallès Occidental, los antecedentes nos llevan a opinar que las pérdidas ocasionadas por la acción de las arcillas expansivas referidas a daños en edificaciones y en la estabilidad de taludes son del orden de centenares de millones de pesetas (Linares. 1990; Zarroca. 1994).

Es objeto de este trabajo profundizar en el conocimiento de este tipo de proceso dinámico en los sedimentos del tránsito secundario -terciario de la Conca de Tremp.

## ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1. Contexto geomorfológico

La Conca de Tremp es una depresión que se localiza en el sector meridional de la comarca del Pallars Jussà. Esta región del prepirineo leridano se extiende de este a oeste y está drenada por un tramo de unos 12 km de longitud del río Noguera Pallaresa, regulado entre dos embalses: el de Sant Antoni de Talarn (o de Tremp) y el de Cellers (o de Terradets). Este territorio, coincidente en gran medida con la cuenca hidrográfica del embalse de Cellers, presenta cotas, en sus partes más bajas, de poco menos de 400 m de altitud, que contrastan con las que alcanzan las cimas de los relieves que la delimitan, las cuales sobrepasan los 1.500 m (Fig.1).

Condicionado principalmente por los factores orográficos. el régimen climático muestra importantes variaciones. Oscila entre condiciones de semiaridez y moderadamente

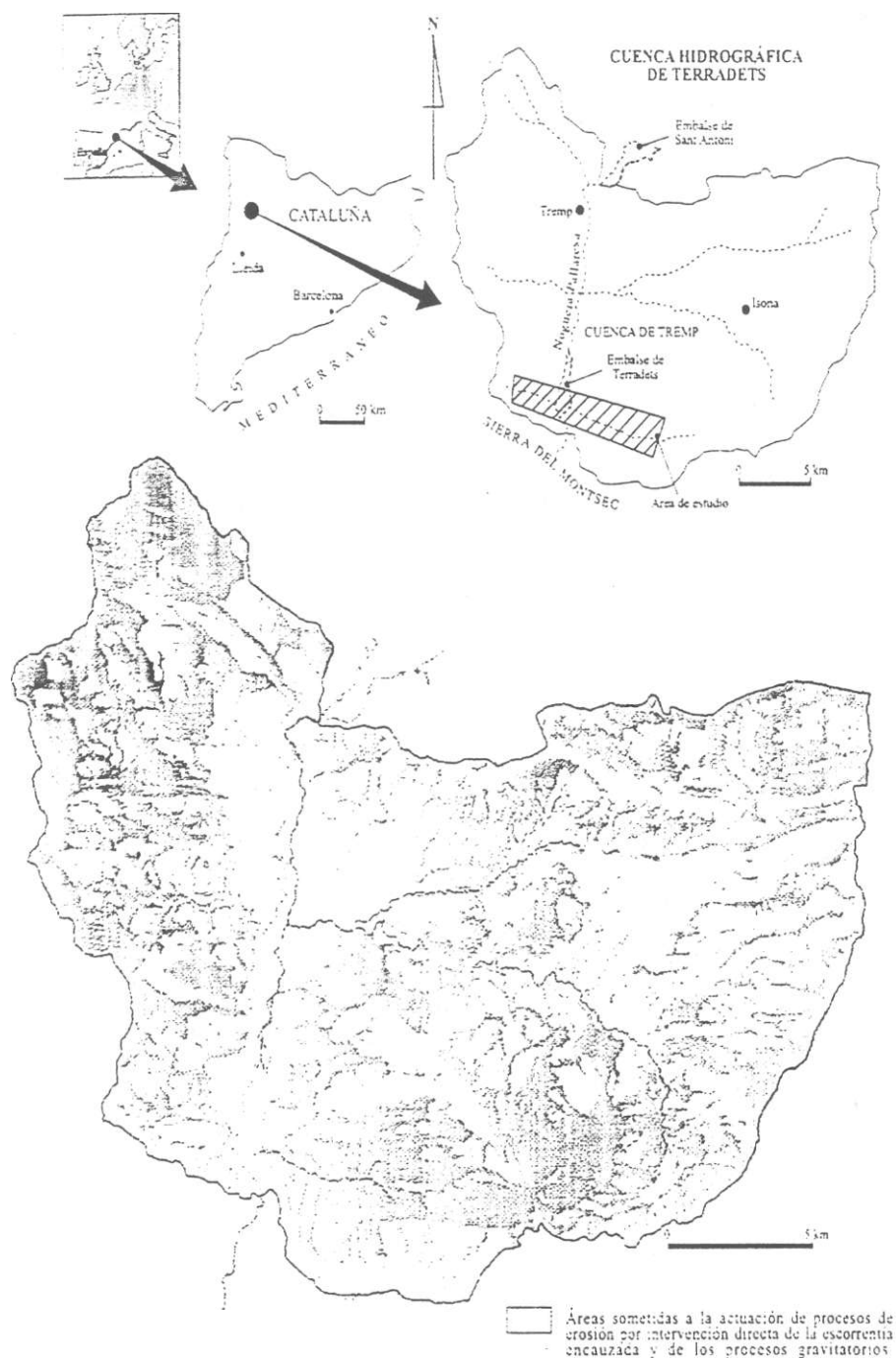


FIGURA 1.- Situación de la zona estudio y contexto morfodinámico.

húmedas. Las precipitaciones son del orden de 600-700 mm anuales, siendo la mayor parte de las mismas en forma de temporales o de aguaceros de alta intensidad pluviométrica (Novoa, 1984). La evapotranspiración alcanza valores comprendidos entre un 50%-70%.

En conjunto, la Conca de Tremp se modela en forma de una extensa depresión erosiva, en la cual, y a excepción de las Sierras de Llimiana y Campanetes, han desaparecido

los materiales eocenos que la recubrían, aflorando los materiales predominantemente arcillosos conocidos clásicamente como facies garumnienses o Formación Tremp (Mey and others, 1968) de edad Maastrichtiense - Thanetiense.

Emplazada dentro de la lámina cabalgante del Montsec, la estructura general del substrato precuatemario corresponde a la de un laxo sinclinal. Los relieves morfoestruc-

turales impuestos por el frente de cabalgamiento de la lámina de Bòixols-Sant Corneli y por el flanco norte de este pliegue, constituyen el límite septentrional de la depresión. Por el sur, el flanco meridional del pliegue que conforma el reverso de la Sierra del Montsec, sirve de límite respecto a la Sierras Exteriores.

En conjunto, las litologías carbonatadas, areniscosas y conglomeráticas soportan las unidades de relieve que delimitan esta depresión. En cambio, los materiales pelíticos afloran en las zonas más llanas y en las vertientes, y son, comparativamente, dominantes en extensión.

Los factores climáticos y geomorfológicos apuntados, unido a la escasa cubierta vegetal existente, favorecen el desarrollo de intensos y generalizados procesos erosivos. Las áreas sometidas a la actuación de modalidades denudativas por intervención directa de la escorrentía encauzada y procesos gravitatorios ocupan un 38% de la cuenca hidrográfica del embalse de Cellers (Linares y Trilla, 1996).

**2.2. Zonas investigadas**

Dentro de este contexto geológico y morfodinámico que acabamos de describir, hemos centrado nuestro trabajo en el sector meridional de la Conca de Tremp. Concretamente, en los surcos subsecuentes que conforman los barrancos de Cellers y de Barcedana, situados en el reverso de la Sierra del Montsec.

En estos barrancos, los materiales predominantemente arcillosos de las facies garumnienses soportan la actuación de intensos procesos erosivos. En sus tramos basales, estos materiales presentan morfologías indicativas de la actuación de fenómenos de hinchamiento del terreno, tales como microrelieves del tipo bujeo, a la vez que están generalizadas las formas derivadas de procesos de sufusión o piping.

En estas zonas, en las cuales coexisten indicios morfológicos de la presencia de arcillas expansivas con fenómenos intensos de erosión hídrica, se ha desarrollado este trabajo.

**METODOLOGÍA**

Al objeto de profundizar en el conocimiento de estas fenomenologías, puestas de manifiesto en el campo por un conjunto de morfologías características, hemos realizado una serie de pruebas, de tipo geotécnico y mineralógico, tendentes a su enjuiciamiento cuantitativo.

Los ensayos geotécnicos han consistido en determinaciones de las propiedades índice y de deformabilidad (pruebas de hinchamiento). Para ello, en general, se han seguido los procedimientos metodológicos recogidos en las normas de ensayo correspondientes (CEDEX 1992). Siguiendo las recomendaciones metodológicas propuestas por Pousada (1984), para valorar la expansividad, se ha optado por la realización de ensayos de hinchamiento libre mediante el equipo de consolidación edométrico. Tras una fase previa de inundación de la muestra bajo una carga con-

finante de 0.1 Kg/cm<sup>2</sup> y en la cual se obtiene el valor máximo de hinchamiento libre, expresado como la relación existente entre el incremento de altura de la muestra respecto a su valor inicial, se procede a aplicar sucesivos escalones de carga hasta conseguir de nuevo el valor inicial de deformación vertical unitaria. De esta forma se obtiene el valor de la presión de hinchamiento.

Las propiedades mineralógicas se han investigado mediante difracción de rayos X (XRD).

Para la obtención de muestras inalteradas de las arcillas se ha seguido el método propuesto por Culshaw and others (1992), ya que el considerable grado de tectonización que presentan la mayoría de los materiales imposibilita la obtención de bloques de muestra de tamaños ensayables.

**RESULTADOS**

Los ensayos granulométricos indican que se trata de materiales con alto contenido de fracción fina (<0.075 mm - tamiz N°200 de la serie ASTM-) del orden de un 80%, correspondiendo al tamaño arcilla (< 2 u ) un 30-50% del total de la muestra. Acorde con estas características los estados de consistencia oscilan entre 38.2%-57.3% para el límite líquido y entre 18.3%-27.2% para el límite plástico: clasificándose como tipos CH y CL según el SUCS (Fig.2).

La humedad natural presenta valores por lo común próximos a un 9%, inferiores al límite líquido, lo que indica un carácter sobreconsolidado para estas arcillas. En la zona más superficial la humedad suele ser mayor a la indicada, debido tanto a la acción de la alteración superficial como a la existencia de procesos activos de inestabilidad de carácter poco profundo.

Dependiendo del grado de tectonización-fisuración de las muestras, los índices de poros varían entre 0.21 y 0.43. Los valores más altos se obtienen para las muestras obtenidas en las zonas más dislocadas internamente.

Mediante difracción de rayos X se obtiene un porcentaje de filosilicatos, en la fracción arcillosa, del orden de un 60%-70%. Se han detectado dos asociaciones de filosilicatos: esmectita ± caolinita e illita, e illita ± caolinita, acompañada en ambos casos por calcita y cuarzo. La mineralogía expansiva es la dominante.

En cuanto a las pruebas de hinchamiento realizadas mediante equipo edométrico convencional, los resultados obtenidos ponen de manifiesto valores considerablemente elevados (Fig.3). La expansividad potencial alcanza valores comprendidos entre 4 kg/cm<sup>2</sup> y unos 12 kg/cm<sup>2</sup>, expresados en términos de presión de hinchamiento. Debemos precisar que las muestras ensayadas presentaban un grado de fisuración considerable, siendo mayor en el caso de aquellas muestras que experimentalmente se caracterizan por desarrollar presiones de hinchamiento más elevadas. Este hecho parece indicar que el hinchamiento real que manifiestan estos materiales dependerá en gran medida del estado tensional del mismo.

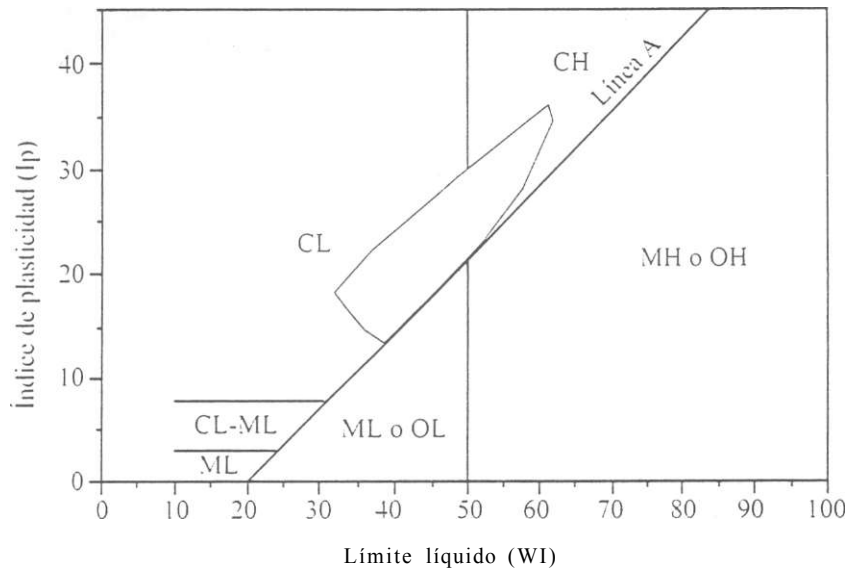


FIGURA 2.- Situación de las arcillas expansivas en el diagrama de plasticidad de Casagrande.

CONSIDERACIONES FINALES

Más allá del fenómeno acotado experimentalmente relativo a la expansividad de arcillas de determinados niveles de las tacies garumnienses y del riesgo potencial que esto supone, especialmente en usos constructivos del territorio, destacamos la relación observada entre desarrollo intenso de procesos de piping y carácter expansivo de los materiales afectados.

En este sentido, los cambios volumétricos del terreno provocados por la expansividad de las arcillas generan un intenso agritamiento de la superficie del suelo. Estas discontinuidades juegan un importante papel geomorfológico ya que constituyen las vías de penetración de agua en el subsuelo y, por ello, inducen el desarrollo de los procesos de erosión subsuperficial por piping.

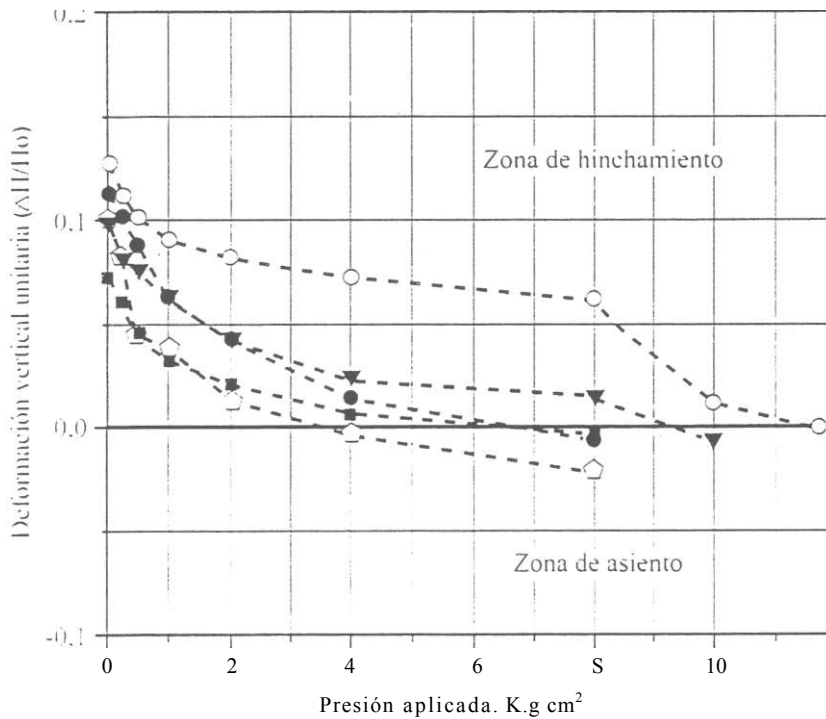


FIGURA 5.- Resultados obtenidos en los ensayos de hinchamiento mediante equipo edométrico.

**AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto CICYT 95-00192-OP

**REFERENCIAS**

- Avala. F.J., Ferrer. M., Oteo. C., Salinas. J.L. (1985): Mapa previsor de riesgos por expansividad de arcillas en España a escala 1:1.000.000. ITGE. 64 p.
- CEDEX (1992): Normas NLT-II. Ensayos en suelos. N3. Publicaciones del MOPU-Laboratorio de Carreteras y Geotecnia "José Luis Escario". Madrid. 365 p.
- Culshaw MG, Northmore K, Hobbs P (1992): Undisturbed pit sampling of tropical red clay soils. Quaternary Engineering Geology. Geological Society Engineering Geology. Special Publication (7): 123-130.
- González de Vallejo. L. (1988): La importancia socioeconómica de los riesgos geológicos en España. Riesgos Geológicos. ITGE: 21-34.
- Gromko. G.J. (1974): Review of expansive soils. Journal of the Geotechnical Engineering Division. June; 667-687.
- Jones. D.E., Holtz. W.G. (1973): Expansive soils -the hidden disaster. Civil Eng., ASCE num. 43 (8): 49-51.
- Linares. R. (1990): Caracterización geotécnica de los terrenos situados en el llano de Terrassa y alrededores. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Barcelona. Trabajo inédito.
- Linares. R., Trilla. J. (1996): Erosion processes in the Tremp-Conca Delia Basin (Prepirinean region. Spain). First European Conference and Trade Exposition on Erosion Control. Abstract Book. Session 6. Measuring and modelling erosion. IECA.
- Mey P.H.W., Nagtegal P.J.C., Roberti K.J., Hartvelt J.J.A. (1968): Lithostratigraphic subdivisions of post-Hercynian deposits in the south-central Pyrenees. Leidse Geol. Mededelingen. 41: 221-228.
- Novoa. M. (1984): Precipitaciones y avenidas extraordinarias en Catalunya. Jornadas de Trabajo sobre Inestabilidades de Laderas en el Pirineo: 1.1.1-1.1.15.
- Pousada. E. (1984): Deformabilidad de las arcillas expansivas bajo succión controlada. Cuadernos de Investigación. C8. CEDEX: 274 p.
- Salinas. J.L. (1988): Riesgos ligados a arcillas expansivas. En: Riesgos Geológicos. ITGE: 295-304.
- Wiggins. J.H., Slossan. J.E., Krohn. J.P. (1978): Natural hazards: Earthquake, landslide, expansive soils. J.H. Wiggins Co. report for National Science Foundation under Grants ERP-75-09998 (Oct.) y AEN-74-23993.
- Zarroca. S. (1994): Expansividad de las arcillas del Vallés Occidental. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Barcelona. Trabajo inédito.