

IV Reunión de Geomorfología
Grandal d' Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J., Eds.
1996, Sociedad Española de Geomorfología
O Castro (A Coruña)

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA CALIDAD NATURAL DE LOS ÁRIDOS DERIVADOS DE FORMACIONES SUPERFICIALES DEL PREPIRINEO LERIDANO (PALLARS JUSSÀ)

Linares Santiago, R. y Trilla Arrufat, J.

Unidad de Geodinámica Externa e Hidrogeología. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Barcelona.08193 Bellaterra.

RESUMEN

En este trabajo se profundiza en el conocimiento de las potencialidades y limitaciones de uso (propiedades naturales) que presentan la tipología de formaciones superficiales existentes en el Prepirineo leridano, concretamente en la comarca del Pallars Jussà, de cara a su utilización como áridos naturales.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que tan sólo un 20% del total del área ocupada por los depósitos cuaternarios corresponde a litologías detríticas groseras susceptibles de aprovechamiento como áridos naturales. Entre éstas, y en base a sus buenas prestaciones mecánicas, destacan determinados niveles de abanicos aluviales y los depósitos de derrubios ordenados, asimilables a materiales seleccionados según la normativa vigente.

Palabras clave: Depósitos cuaternarios, áridos, Prepirineo leridano, Pallars Jussà.

ABSTRACT

The different surficial formations present in the Pallars Jussà country at the leridan Prepirineo are analyzed from the point of view of its use as a source area for natural aggregates. The mechanical characteristics of these materials are also analyzed.

Results shows that only 20% of the total surface occupied by quaternary materials are able to act as a source area for natural aggregates of a coarse nature. The most remarkable areas are some levels embedded in several alluvial fans and some grèzes litées. Both can be classified as acceptable by the currently in use rules.

Key-words: quaternary materials, natural aggregates, leridan Prepirineo, Pallars Jussà.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales que suponen las rocas industriales, y más concretamente los áridos naturales, han sido tradicionalmente poco utilizados en las comarcas catalanas de montaña. El carácter deprimido, en términos económicos, de estas regiones ha sido el factor condicionante.

No obstante, a lo largo de los últimos años y motivado principalmente por la continuada mejora de la infraestructura viaria, se ha incrementado de forma notoria la utilización de las formaciones superficiales o depósitos cuaternarios allí existentes como rocas industriales, concretamente como áridos. La comarca catalana del Pallars Jussà, marco geográfico y socio-económico de referencia de nuestro trabajo, es un buen ejemplo.

Con una extensión de 1.290 km², esta región situada en el Pirineo catalán (figura 1) ha experimentado una profunda transformación de su red viaria. Las obras de mejora realizadas desde 1991 afectan a la mayor parte de la misma (desde la red básica o intercomarcal a la local y vecinal): unos 590 km², aproximadamente el 90% de la red inventariada (según datos aportados por PRAT y FEIXA, 1991).

La utilización de los áridos naturales existentes en la zona ha sido especialmente significativa en el caso de la red vecinal, unos 360 km de carreteras que en la mayoría de los casos constituyen el único acceso a un considerable número de pueblos de montaña. Actuaciones caracterizadas por unidades de obra sujetas, frecuentemente, a un nivel de exigencia técnica (control de calidad) calificable como bajo-medio.

De esta forma se han explotado de manera intermitente, y dependiendo principalmente de su proximidad a la obra, los diferentes tipos de depósitos cuaternarios (detrítico groseros) existentes en la comarca.

Es objeto de esta comunicación profundizar en el conocimiento de la calidad natural que presentan estas formaciones superficiales de cara a su utilización como áridos, motivados principalmente por la gran incidencia que manifiesta este aspecto en la estabilidad y durabilidad de la obra realizada.

TIPOLOGÍAS DE DEPÓSITOS CUATERNARIOS

De entre las diferentes tipologías de formaciones superficiales que se reconocen en la región (objeto de estudio geomorfológico por parte de PEÑAMONNÉ; 1983), tan sólo presentan interés los depósitos de génesis fluvio-torrencial y periglaciario. Ambos tipos presentan una componente detrítica susceptible de aprovechamiento como áridos naturales. Los primeros, conos de deyección y terrazas, se localizan en las áreas comparativamente más deprimidas, siguiendo el trazado de los principales cursos fluviales. Los segundos, los derrubios ordenados (*Grèzes litées*) se localizan en aquellas vertientes en las cuales se dieron las condiciones de elaboración necesarias y se han preservado de la actuación de procesos erosivos posteriores.

A continuación insisteremos en las principales características de estas tipologías de depósitos. Lógicamente, nos limitaremos tan sólo a aquellos aspectos de manifiesta incidencia en los objetivos del trabajo.

DEPÓSITOS FLUVIO-TORRENCIALES

Incluimos dentro de esta tipología de materiales dos asociaciones de formaciones superficiales: los abanicos aluviales y los depósitos fluviales. Modelados en formas tipo glacis y/o conos de deyección, y formas tipo terraza, respectivamente, en numerosas ocasiones interdigitadas, ocupan una considerable extensión.

Los niveles más altos de terrazas (T₅-T₄) se muestran de forma dispersa coronando cerros residuales o adosados a relieves morfoestructurales, (Serrat de l'Aspre, Puig Pedrós, cuesta de Llabusta, etc., en la depresión de Tremp-Isona). Su reducido espesor y extensión, sumado al considerable grado de alteración que presentan, los convierte en depósitos de poco interés para su utilización como rocas industriales. De hecho no nos consta la existencia de explotación alguna que se haya realizado sobre estos niveles.

A diferencia de estos niveles, los que ocupan posiciones más próximas a los cauces actuales, los niveles medios (T₃-T₂) y bajos (T₁-T₀), presentan características composicionales y de espesor que los hacen de mayor interés. La mayoría de las explotaciones inventariadas se desarrollan sobre estos niveles.

En cuanto a los depósitos que denominamos como niveles medios (T₃-T₂) destacan los asociados al trazado del río Noguera Pallaresa, debido a la mayor extensión que ocupan. Se muestran especialmente bien desarrollados desde la población de Tremp, a la salida del embalse de Sant Antoni de Talarn, hasta las inmediaciones de la cola del embalse de Terradets. Los cantos que integran el esqueleto de estos depósitos conglomeráticos son de litologías muy variadas y en ellos se encuentran representados rocas de tipo ígneo, metamórfico y sedimentario. Dominan los cantos areniscos del permotriás y metamórficos (pizarras y cuarcitas) y granitoides (granitos y granodioritas) del Paleozoico. En menor representación se identifican cantos areniscos procedentes del substrato garumniense y cantos calcareníticos del llerdiense (calcáreas con alveolinas), si bien su porcentaje se ve incrementado en las terrazas más meridionales del sector estudiado. La matriz es arenosa y alcanza valores del 30 % del total del sedimento, siendo generalmente de la misma composición que el esqueleto.

De todos estos componentes, los más característicos son los cantos de areniscas permotriásicas, que destacan por su color rojizo, y los de granitoides, en mayor o menor grado de alteración dependiendo del contenido en máficos y de si la roca ígnea de la cual provienen tenía una textura más granuda o menos. Con referencia a estos últimos, es de destacar el hecho de que claramente el porcentaje de cantos ígneos aumenta con el tiempo, siendo minoritarios en la terraza antigua y cada vez más frecuentes a medida que descendemos hacia terrazas más modernas.

Las potencias oscilan entre 10-4 m y en numerosas ocasiones se muestran fosilizados por aportes laterales. Habitualmente estos recubrimientos corresponden a conos de deyección de génesis local y dependiendo de sus características composicionales se explotan, conjuntamente al depósito fluvial infrayacente (figura 2).

Si bien localmente se identifican encostramientos que afectan a la parte basal del depósito, por lo común se muestran sueltos, siendo fácilmente ripables mediante equipos convencionales.

En cuanto a los niveles fluviales inferiores (T_1 - T_0), merecen especial atención los que constituyen el lecho actual (T_0). A diferencia de los denominados como T_1 , fundamentalmente pelíticos, la granulometría de los depósitos asociados al nivel T_0 es fundamentalmente conglomerática y areniscosa. Estos últimos constituyen una estrecha franja que se desarrolla irregularmente a ambos lados de los canales principales, y es frecuente encontrar entre sus formas de lecho pequeñas barras de meandro que resaltan ligeramente sobre la superficie topográfica. Sus características sedimentológicas son similares a las descritas anteriormente, variando lógicamente su composición. En este sentido es de destacar la considerable diversidad composicional que muestran, dependiente en último extremo de las litologías que conforman sus cuencas hidrográficas.

Al igual que sucede con los depósitos asociados a terrazas, en el caso de los abanicos aluviales también se identifican varios niveles.

En los cortes estudiados, el nivel más antiguo se presenta constituido por dos tramos detrítico-groseros separados por un nivel de paleosuelos. El inferior, cuya característica más notoria es el fuerte encostramiento que presenta, está constituido por un conglomerado de unos 2 m de espesor medio que se dispone en contacto erosivo neto sobre el substrato garumniense. El nivel conglomerático superior se dispone erosionando o solapando al inferior y es el que arealmente ocupa una extensión mayor. Se trata de un depósito conglomerático, parcialmente cementado, con una selección moderada y una potencia media de unos 3 a 4 m. La procedencia de los materiales, al igual que en el tramo inferior, es local y variable dependiendo de las características del área fuente.

En conjunto, y a pesar de la considerable extensión y potencia que adquieren estos depósitos, su utilización como áridos es marginal, debido sobre todo a la considerable cementación que presentan.

Los abanicos aluviales que se desarrollan por debajo de los anteriormente descritos, calificables como niveles medios, muestran dos zonas principales de afloramiento: una en la Conca Dellà y otra al oeste del río Noguera Pallaresa.

En la primera de ellas, en el sector de Isona, están constituidos por un sedimento conglomerático, prácticamente exento de cementación, que puede llegar a alcanzar potencias de unos 10 m. Sus áreas fuentes son las mismas que las correspondientes a los abanicos anteriores. El depósito se encuentra algo más organizado que los dos anteriores y, aparte de las imbricaciones de sus cantos, son frecuentes las canalizaciones internas, las barras con estratificación cruzada y una cierta granoclasificación decreciente dentro de los estratos planoparalelos. Sus cantos de 20 cm de diámetro máximo son angulosos y la

matriz es arenosa y arcillosa roja, pudiendo alcanzar valores de hasta el 40% del total del depósito.

Estos abanicos se explotan de manera intermitente en diferentes puntos.

Por último, los de génesis más reciente, se desarrollan principalmente en la confluencia de barrancos con los cauces principales, especialmente con el cauce del río Noguera Pallaresa. Presentan un depósito heterométrico constituido por conglomerados, arenas, limos y arcillas, y, dependiendo de las litologías dominantes en sus cuencas de recepción, domina un tipo u otro de granulometría. Frecuentemente el contenido en arcillas es alto, por lo que su explotación requiere costosos procesos de lavado.

DEPÓSITOS DE VERTIENTES

Como hemos manifestado, dentro del conjunto de depósitos de vertientes reconocibles en nuestra región tan sólo las acumulaciones de derrubios ordenados ("Grèzes litées") muestran una cierta potencialidad.

Condicionados por su génesis periglaciaria, tan sólo se desarrollan en determinadas zonas, siendo especialmente abundantes en el frente de la sierra del Montsec.

El depósito, fuertemente encostrado en determinadas zonas, se caracteriza por una gran ordenación granulométrica según niveles. Generalmente la potencia oscila entre 5 y 10 m.

COMPORTAMIENTO MECÁNICO

Siguiendo en gran medida las recomendaciones técnicas propuestas por Vázquez y Toral (1985) para el estudio de la tipología de rocas industriales que nos ocupa, como ensayos básicos de comportamiento se han realizado pruebas de resistencia mecánica-deformabilidad, granulométricas y de limpieza.

La resistencia mecánica se ha valorado principalmente mediante el ensayo conocido como "Los Angeles" (UNE 83.116) y la compactación a partir de los ensayos habituales en este tipo de materiales, pruebas Proctor y CBR, llevadas a cabo según la normativa (NLT 107-108/72 y NLT 111/72, respectivamente). Las pruebas de identificación básica han consistido en la realización de ensayos granulométricos por tamizado (NLT-104/72) y pruebas de Equivalente en Arena (NLT-113/72), complementándose esta última con determinaciones de Límites de Atterberg (NLT-105--106/72) cuando se ha estimado oportuno.

Los resultados obtenidos en muestras seleccionadas pertenecientes a las diferentes tipos de formaciones superficiales descritas han sido los siguientes:

DERRUBIOS ORDENADOS

Como se deduce del conjunto de pruebas efectuadas, se trata de materiales de una buena calidad mecánica para su empleo en obra pública (figura 3a).

Muestran una granulometría bastante heterogénea, aunque algo abierta en los tamaños 5-1,25 mm y 0,32-0,08 mm, y un porcentaje de caras de fractura de un 98%. El contenido en finos, valorado según la prueba del Equivalente en Arena, oscila habitualmente en torno a valores del 22%; tan sólo en las zonas más alteradas se alcanzan valores de un 28%. Composicionalmente muestran una alta homogeneidad, dominando las litologías carbonatadas. Se trata, pues, de materiales tipo GW y A-1-a, según las clasificaciones SUCS y HRB respectivamente.

Las pruebas de resistencia mecánica ponen de manifiesto una buena calidad; los ensayos de "Los Angeles" dan valores entre un 19% y un 24%, y los de friabilidad entre 21%-25%.

El ensayo de compactación Proctor Normal indica que presentan valores de máxima densidad de compactación (S/NLT-107) en torno a valores de 2.080-2.160 gr/cm³, con una humedad óptima del orden del 5,7-7,1%. La resistencia al punzamiento (CBR) es del orden de 37-40, sin que se hayan detectado hinchamientos.

Según la normativa consultada (MOPU, 1988), se trataría de suelos seleccionados, y por sus prestaciones mecánicas se alcanzan características propias de una Explanada E3.

Ofrece unas buenas prestaciones como material de préstamo para el movimiento de tierras en la obra civil. Como se deduce de los ensayos efectuados, se trata de materiales aptos para firmes (subbase-base), especialmente para base.

Para su utilización potencial en procesos industriales son válidos para hormigón y aglomerado.

ABANICOS ALUVIALES

Se han ensayado muestras pertenecientes a los niveles calificados como niveles medios. En general se trata de materiales que muestran granulometrías heterogéneas de cierre casi completo, habiéndose observado una tendencia a la abertura en los tamaños 2-0,63 mm (figura 3b). Esta zahorra presenta los cantos subredondeados. El contenido en finos oscila entre valores del 22-24% a valores del 27-30%, en este último caso correspondiente a los niveles más sucios, los cuales muestran una cierta plasticidad. De cualquier forma estos valores de Equivalente en Arena son algo altos debido probablemente a la falta de arena media-gruesa (2-0,63 mm), como ya hemos indicado.

Los materiales se clasifican en base a los sistemas normalizados de clasificación de suelos, SUCS y HRB, de forma similar a los correspondientes a la tipología anterior; es decir, tipos GW y A-1-a.

La máxima densidad de compactación se obtiene, según el ensayo Proctor Normal, para valores de 2.150 - 2.190 gr/cm³. En este máximo valor de compactación se obtienen valores de resistencia al punzamiento (CBR) de 30-32.

La resistencia mecánica, valorada según las pruebas de Desgaste, muestra una notable dispersión dependiendo de la composición dominante del

depósito. Los mejores desgastes, valores de 21-23%, se obtienen en las muestras correspondientes a los abanicos aluviales próximos al río Abella; constituidos predominantemente por cantos de composición carbonatada (calizas del Cretácico inferior). Los valores más altos, desgastes de un 35-39%, corresponden a litologías dominadas por calizas del Ilerdiense, caso éste de los abanicos existentes al oeste del río Noguera Pallaresa, entre las poblaciones de Tremp y Puigcerçós. Las areniscas de la Formación Areny (abanicos de la zona de Isona-río Conques) dan valores de desgaste de 26%-30%.

En conjunto, y atendiendo al uso como sección vial en la obra civil, dada la heterogeneidad de este hipotético préstamo, aunque se alcancen los valores de resistencia al punzamiento propios de una explanada de tipo E3, se recomienda tomar la calidad E2 como la más representativa en lo que a movimientos de tierras se refiere. Por similares motivos no es recomendable su utilización en las secciones de firme en base.

En cuanto a su uso potencial en procesos industriales, se trata de materiales válidos para hormigones convencionales (del tipo H175) sometidos a esfuerzos compresivos, no siendo válidos para estructuras sometidas a sollicitaciones de flexotracción. Para mezclas bituminosas su utilización es marginal, aunque no se puede descartar su utilización en tratamientos superficiales con riego de emulsión, aplicables en obras de poca entidad tipo pistas.

TERRAZAS

Se han ensayado muestras correspondientes a los niveles fluviales calificados como medios (nivel T3-T2) y subactuales (nivel bajo T0); como se ha visto, los de mayor interés.

Los primeros, la unidad cartográfica comparativamente sobreelevada respecto a la posición del nivel actual de base, se caracteriza por presentar características granulométricas bastante constantes (figura 4a); la matriz es prácticamente inexistente, y se observa una abertura de la curva en los tamaños 32-20 mm y 10-2,5 mm. Los cantos presentan un elevado índice de redondeamiento, siendo dominantes las litologías areniscosas y carbonatadas (Permotrias pirenaico) y en menor proporción pizarras y granitos y rocas de origen local.

Se trata de materiales tipo GP y A-1-a.

En las pruebas de resistencia mecánica se han obtenido valores de desgaste, en muestras constituidas por mezclas naturales, de un 39%, calificable como regular-malo (Vázquez y Toral, 1985). Este resultado es debido a la presencia de cantos de baja resistencia tipo granodioritas principalmente. En un ensayo practicado exclusivamente con esta litología se ha obtenido un desgaste del 56,3%, constantándose la formación de abundante residuo de fracción limo-arcillosa. Sobre una muestra constituida exclusivamente por granito, el desgaste obtenido ha sido excelente: 15,8%.

En conjunto, teniendo en cuenta los husos granulométricos acotados, de cierre bastante deficiente, se hace necesario su machaqueo previo para

cualquier tipo de obra civil. Debido a la alterabilidad que muestran sus cantos granodioríticos, su utilización directa, sin tratamiento previo, en estructuras de pedraplén no es recomendable.

En cuanto a los fluviales asociados al lecho actual (nivel T0), los resultados obtenidos evidencian un comportamiento similar al descrito anteriormente para los fluviales altos (figura 4b). En este caso, y de forma comparativa, destaca la considerable heterogeneidad granulométrica del material.

CONCLUSIONES

Debido a las características geológicas de la región estudiada, el Pallars Jussà, los únicos materiales que se muestran disgregados de manera natural y, por tanto, potencialmente utilizables como áridos naturales, corresponden a depósitos del Cuaternario.

Aproximadamente un 80% de los mismos, unos 120 km² valorados cartográficamente, corresponden a materiales marginales para su empleo como áridos naturales. De entre los factores intrínsecos, propios del material, que condicionan este hecho destacan los siguientes: el reducido espesor, la abundante fracción fina (< 0.008 mm) superior en la mayoría de los casos al 30% y los intensos encostramientos que soportan.

El resto, determinados niveles de génesis fluvio-torrencial y los depósitos de derrubios ordenados, muestran una importante componente detrítica media-gruesa que los hace susceptibles de aprovechamiento.

Los ensayos realizados con estos materiales ponen de manifiesto unas buenas prestaciones mecánicas en el caso de los abanicos aluviales y derrubios ordenados, calificables como suelos seleccionados según la normativa vigente (MOPU, 1999), mientras que en el caso de los depósitos fluviales (terrazas bajas y lecho actual) muestran una considerable variabilidad.

Esta falta de homogeneidad, por otro lado muy frecuente en este tipo de zhorras, se debe principalmente a la heterogeneidad granulométrica del material y a la presencia de cantos de baja resistencia mecánica. Para su uso como áridos se hace necesario un tratamiento previo del material (cribado y machaqueo).

Independientemente del análisis de otros factores condicionantes del grado de explotabilidad final de estos materiales, entendemos que los datos obtenidos permiten una primera valoración de las potencialidades de uso industrial de la tipología de formaciones superficiales existentes en la región de estudio.

REFERENCIAS

- CEDEX (1991).- Normas NLT: I. Ensayos de carreteras.N2. *Publicaciones del MOPU-Centro de Estudios de Carreteras*.Madrid.107 normas.
- CEDEX (1992).- Normas NLT: II. Ensayos de suelos.N3. *Publicaciones del MOPU-Laboratorio de Geotécnia*.Madrid.28 normas.

- MOPU (1988).- Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras (PG-4). *Publicaciones del MOPU-Dirección General de Carreteras*. Madrid.
- PEÑA-MONNÈ, J.L. (1983).- La Conca de Tremp y sierras prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana: Estudio geomorfológico. *Inst. de Est. Ilerd.* 373 p.
- PRAT, J. & FEIXA, L. coord.(1991).- Pla Comarcal de Muntanya. El Pallars Jussà. Vol. 1: Diagnosi. *Generalitat de Catalunya. Direcció General de Planificació i Acció Territorial.* 531 p.
- VAZQUEZ, E. & TORAL, T. (1985).- Canteras y yacimientos de materiales para la construcción. *3^{er} Coloquio sobre Ingeniería Geológica. Libro de Ponencias.* Universitat Politècnica de Barcelona. 58-94.

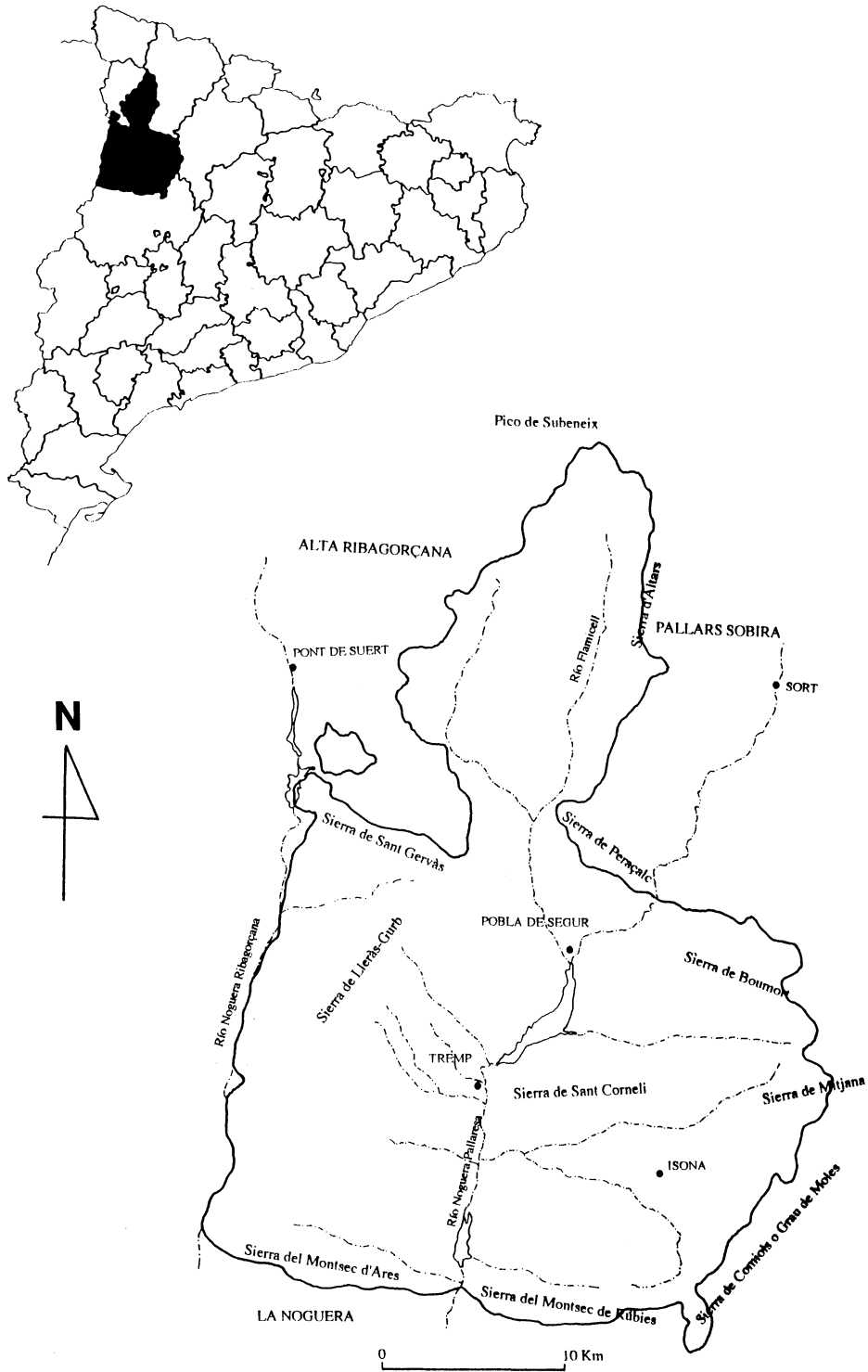
Pies de figura

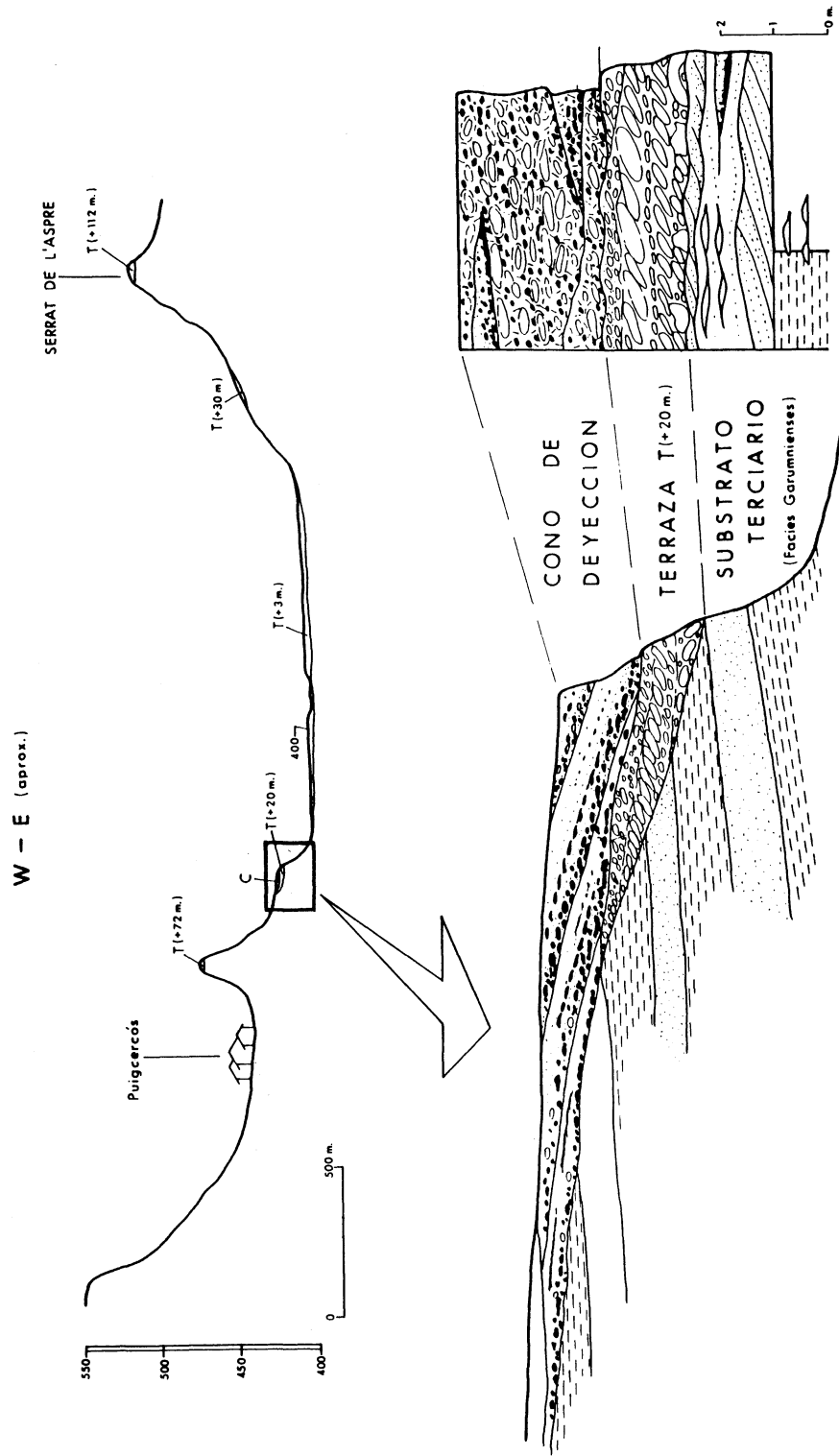
Figura 1.- Situación de la zona de estudio.

Figura 2.- Corte transversal de los niveles fluviales del río Noguera Pallaresa en el km 60.5 de la carretera C-147 (trazado antiguo). Serie y sección del nivel fluvial T3-T2.

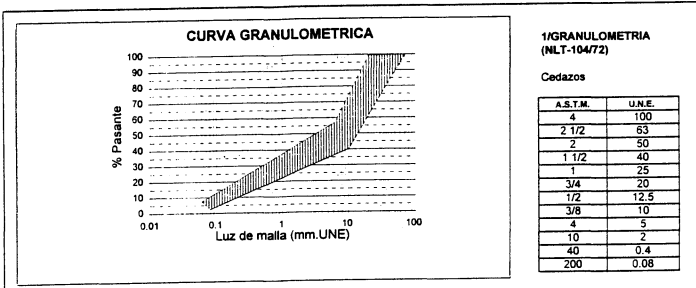
Figura 3.- Calidad natural de los áridos derivados de derrubios ordenados (tipo 1) y de conos de deyección (tipo 2). Resumen de los ensayos practicados.

Figura 4.- Calidad natural de los áridos derivados de depósitos de terrazas: fluviales medios y lechos actuales (tipo 3).

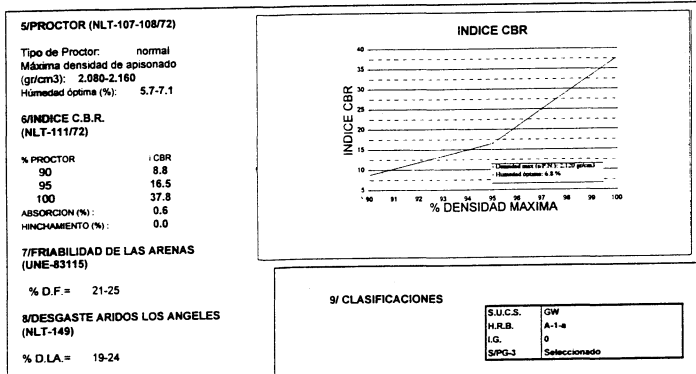




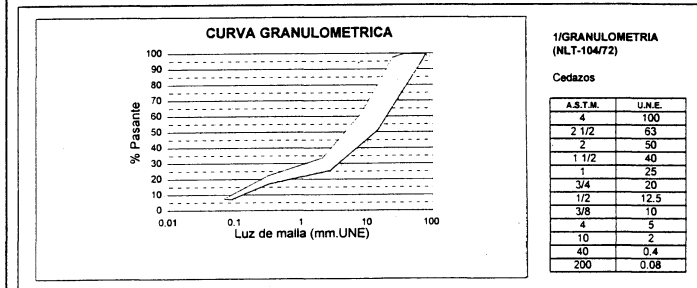
Calidad natural. Aridos naturales Tipo 1



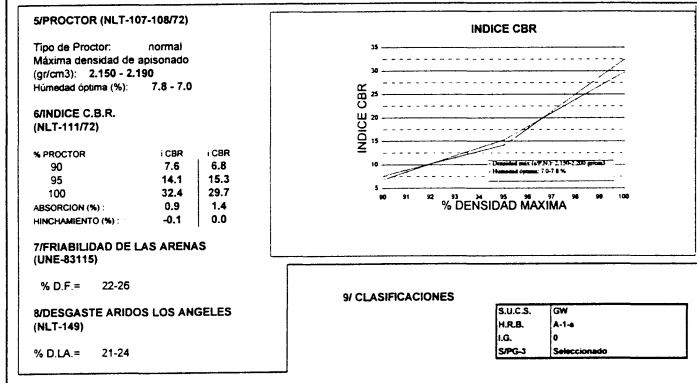
2/LIMITES DE ATTERBERG (NLT-105-106/72) Limite liquido (%): Limite plastico (%): Indice de plasticidad (%):	3/EQUIVALENTE DE ARENA (NLT-113/72) % E.A. : 22.6-27.8	4/CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA (NLT-118/72) % M.O. : 0.06-0.7
---	--	--



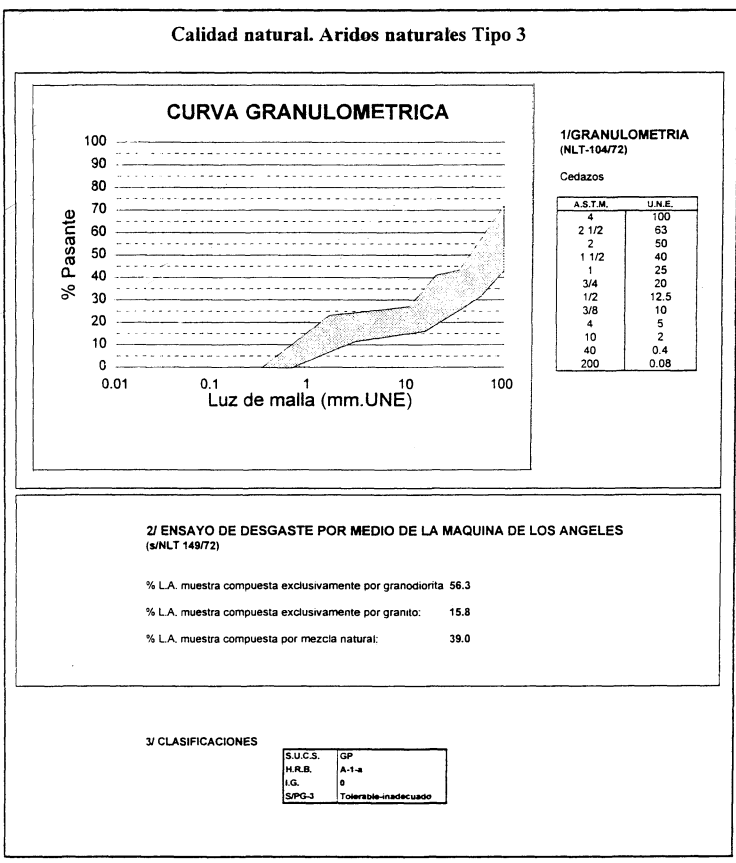
Calidad natural. Aridos naturales Tipo 2



2/LIMITES DE ATTERBERG (NLT-105-106/72) Limite liquido (%): Limite plastico (%): Indice de plasticidad (3/EQUIVALENTE DE ARENA (NLT-113/72) % E.A. : 22.6 - 30.2	4/CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA (NLT-118/72) % M.O. : 0.19 - 0.14
--	--	---



Calidad natural. Aridos naturales Tipo 3



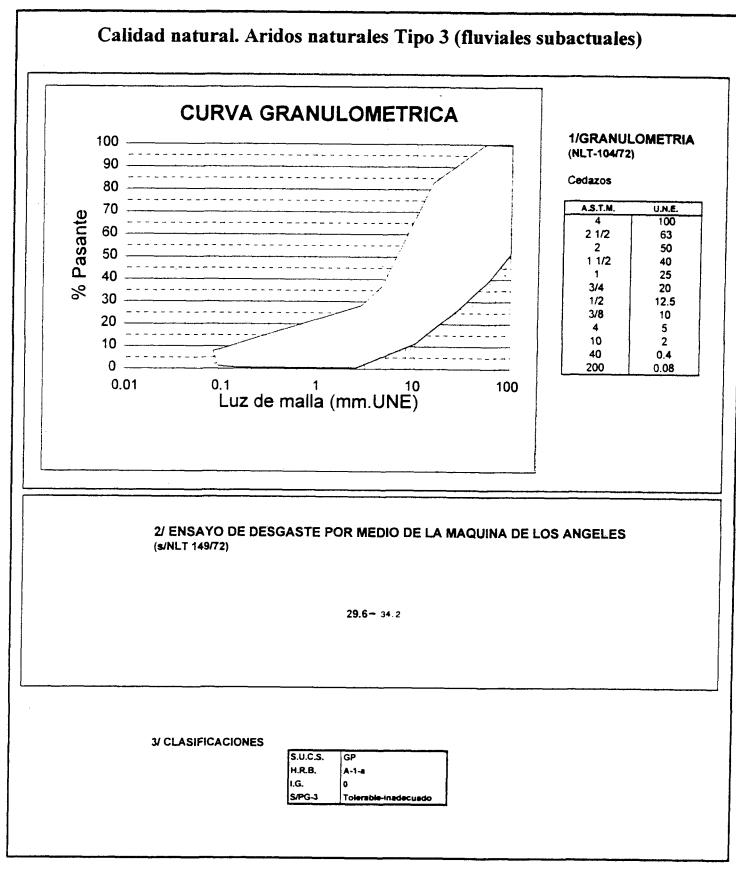
2/ ENSAYO DE DESGASTE POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (s/NLT 149/72)

% L.A. muestra compuesta exclusivamente por granodiorita 56.3
 % L.A. muestra compuesta exclusivamente por granito: 15.8
 % L.A. muestra compuesta por mezcla natural: 39.0

3/ CLASIFICACIONES

S.U.C.S.	GP
H.R.B.	A-1-a
I.G.	0
SPG-3	Tolerable-inadecuado

Calidad natural. Aridos naturales Tipo 3 (fluviales subactuales)



2/ ENSAYO DE DESGASTE POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES (s/NLT 149/72)

29.6 - 34.2

3/ CLASIFICACIONES

S.U.C.S.	GP
H.R.B.	A-1-a
I.G.	0
SPG-3	Tolerable-inadecuado