

# Caracterización geotécnica de suelos desarrollados sobre diferentes formaciones geológicas en el ámbito de Castilla y León

*Geotechnical characterization of soils groups with different geologic affinities in Castilla y León region (Spain)*

S. Monterrubio (\*), M. Yenes (\*), B. Fernández Macarro (\*), M. A. Caramazana (\*), C. Fernández Calvo (\*\*) y F. J. Payán de Tejada (\*\*)

(\*) Dpto. de Geología. Fac. de Ciencias. Universidad de Salamanca. 37008 Salamanca.

(\*\*) Servicio de Tecnología y Control de Calidad. Consejería de Fomento. Junta de Castilla y León. 47008 Valladolid.

## ABSTRACT

*This paper deals with geotechnic characteristics of groups of soils developed from different lithologies in Castilla y León region (Spain). Data come from a data base previously generated from 22 geotechnic studies of roads. The analyzed groups of soils are: alluvial sediments from little streams which erode granitoids, gneisses and migmatites; alluvial sediments from medium-large rivers (sediments not conditioned by underlying rocks); eluvial soils coming from the weathering of granitoids, gneisses and migmatites; detrital sediments from Tierra de Campos facies; alluvial sediments from little streams in Tierra de Campos facies; eolic sands from Tierra de Pinares facies and miocene marls of Duero basin. The analyses reveal good quality of eluvial soils coming from granitoids, gneisses and migmatites as frame material for road explanades and terraplains, a relatively low plasticity of the detrital sediments of Tierra de Campos facies and a correlation between density and C.B.R. index within different soils groups. The latter fact allows to obtain indicative C.B.R. index values for future road projects.*

**Key words:** Castilla y León region, Duero basin, Geotechnics, Roads

*Geogaceta, 20 (6) (1996), 1338-1341  
ISSN:0213683X*

## Introducción

La Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León viene realizando, a través de su Servicio de Tecnología y Control de Calidad, estudios geológico-geotécnicos de tramos de carreteras incluidos en el Plan Regional, cuya estructuración está descrita en Payán de Tejada y Fernández Calvo (1996). Con los datos contenidos en dichos estudios se ha generado una base de datos informatizada en la que, además de los resultados de ensayos geotécnicos de todas las muestras y mezclas de suelos analizadas, se incluye una serie de campos que permiten una caracterización geológica de las citadas muestras y mezclas (Monterrubio *et al.*, 1994). La descripción detallada de esta base de datos se hace en otra comunicación de este congreso (Monterrubio *et al.*, 1996).

Accediendo selectivamente a esta base de datos general, se han generado nuevas bases con muestras y mezclas de suelos con determinadas características

geológicas comunes. En cada una de estas nuevas bases se ha realizado un tratamiento estadístico de los distintos ensayos. El objetivo propuesto con este estudio ha sido establecer las pautas de comportamiento de los grupos de suelos establecidos, que permita extrapolarlas a suelos con condicionantes geológicos similares. Se trata, en definitiva, de poder establecer las características geotécnicas de dichos grupos, sus intervalos y frecuencias de variación, y sus posibilidades de uso en las distintas unidades de las obras de carreteras.

## Análisis estadístico

Para un estudio detallado (véase la descripción de la base de datos en Monterrubio *et al.*, 1996), se seleccionaron muestras y mezclas de los siguientes grupos de suelos:

- Pequeños aluviales desarrollados sobre granitos, neises y migmatitas. El acceso a la base de datos general se hizo

con las claves GEOLOGÍA1 = ALUVIAL1 y GEOLOGÍA2 = GRANITO o NEIS o MIGMATITA. Se obtuvieron un total de 27 muestras y 9 mezclas.

- Suelos desarrollados sobre granitos, neises y migmatitas. El acceso a la base de datos general se hizo con GEOLOGÍA1 = ELUVIAL y GEOLOGÍA2 = GRANITO o NEIS o MIGMATITA. Se obtuvieron un total de 29 muestras y 13 mezclas.

- Grandes aluviales. El acceso a la base de datos general se hizo con las claves GEOLOGÍA1 = ALUVIAL2. Se obtuvieron un total de 267 muestras y 78 mezclas.

- Detríticos de la facies *Tierra de Campos*. El acceso a la base de datos general se hizo con GEOLOGÍA1 = DETRÍTICO y GEOLOGÍA5 = CAMPOS. Se obtuvieron un total de 79 muestras y 31 mezclas.

- Pequeños aluviales desarrollados sobre materiales de la facies *Tierra de Campos*. El acceso a la base de datos ge-

neral se hizo con GEOLOGÍA1 = ALUVIAL1 y GEOLOGÍA5 = CAMPOS. Se obtuvieron un total de 14 muestras y 4 mezclas.

En cada grupo de suelos se realizó un tratamiento estadístico de cada uno de los ensayos ejecutados a muestras y mezclas. La tabla I resume los resultados obtenidos en este análisis. A modo de ejemplo, en las figuras 1 y 2 se han representado los índices de plasticidad y los índices C.B.R. en función de la densidad de cada uno de los grupos de suelos.

**Resultados del estudio comparativo**

Del análisis comparativo de los distintos parámetros geotécnicos se destacan los aspectos siguientes:

- Los materiales arenosos de *Tierra de Pinares* y los eluviales desarrollados sobre granitos, neises y migmatitas son los menos plásticos mientras que las margas del Mioceno son las que muestran mayor plasticidad (Fig. 1). Llama la atención la relativa baja plasticidad de los detríticos de *Tierra de Campos*, si tenemos en cuenta que estos materiales han sido descritos como relativamente peligrosos desde el punto de vista de la expansividad (Ayala *et al.*, 1986). La plasticidad es reflejo del porcentaje y tipo de minerales arcillosos presentes en un suelo, lo que hace que se utilice como indicador del riesgo de expansividad. Suelos con límite líquido superior a 40 e índice de plasticidad superior a 25 indican potenciales de hinchamiento altos (Rodríguez Ortiz, 1975). En base a estos criterios, en la Cuenca del Duero los materiales que pueden presentar mayores problemas de expansividad corresponden a las margas del Mioceno, hecho que ya fue constatado por Jiménez Bautista *et al.* (1992), que encuentran valores de hinchamiento marginales, e incluso críticos, en muestras de la *Facies Cuestas*. También se han puesto de manifiesto potenciales expansivos altos a muy altos en margas paleógenas de la *Facies Entrala* en el borde Oeste de la cuenca (González *et al.*, 1994).

- Las mayores densidades Proctor (Tabla I) se alcanzan en los aluviales no influenciados por el sustrato, mientras que las menores corresponden a las margas miocenas. Los materiales de *Tierra de Pinares* tienen densidades relativamente bajas debido, probablemente, a la uniformidad del tamaño de las partículas

GRUPO	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	EQUIVALENTE DE ARENA	HUMEDAD NATURAL	% PASA TAMIZ 0,080mm.
Aluvial sobre granito, neis y migmatita	Varía entre 15 y 40 Valor máx. 25-30 (26,9 %) NP 23,1 % (6 muestras) N° muestras 27	Varía entre 10 y 40 Valor máx. NP (37,1 %) NP 23,9 % (7 muestras) N° muestras 27	Varía entre 0 y 20 Valor máx. 5-10 (33,3 %) NP 23,9 % (7 muestras) N° muestras 27	Varía entre 0 y 85 Valor máx. 20-30 (24 %) N° muestras 25	Varía entre 0 y 35 Valor máx. 5-10 (33,3 %) N° muestras 27	Varía entre 0 y 90 Valor máx. 10-30 (29,6 %) N° muestras 27
Eluvial sobre granito, neis y migmatita	Varía entre 20 y 55 Valor máx. NP (57,1 %) NP 57,1 % (16 muestras) N° muestras 28	Varía entre 15 y 40 Valor máx. NP (34,5 %) NP 23,9 % (7 muestras) N° muestras 28	Varía entre 0 y 20 Valor máx. NP (37,1 %) NP 57,1 % (16 muestras) N° muestras 28	Varía entre 5 y 90 Valor máx. 20-35 (26,9 %) N° muestras 26	Varía entre 0 y 20 Valor máx. 5-10 (39,3 %) N° muestras 28	Varía entre 0 y 90 Valor máx. 10-20 (53,6 %) N° muestras 28
Grandes aluviales	Varía entre 10 y 90 Valor máx. 20-25 (21 %) NP 33,3 % (89 muestras) N° muestras 267	Varía entre 10 y 65 Valor máx. NP (34,5 %) NP 34,5 % (92 muestras) N° muestras 267	Varía entre 0 y 50 Valor máx. NP (33,7 %) NP 33,7 % (89 muestras) N° muestras 264	Varía entre 0 y 95 Valor máx. 15-20 (16,2 %) N° muestras 260	Varía entre 0 y 70 Valor máx. 5-10 (27,6 %) N° muestras 246	Varía entre 0 y 100 Valor máx. 0-10 (36,7 %) N° muestras 267
Tierra de Campos	Varía entre 15 y 90 Valor máx. 20-30 (20 %) NP 14,1 % (12 muestras) N° muestras 79	Varía entre 10 y 35 Valor máx. NP (38,8 %) NP 14,1 % (12 muestras) N° muestras 79	Varía entre 0 y 60 Valor máx. 10-15 (32,9 %) NP 14,1 % (12 muestras) N° muestras 79	Varía entre 0 y 40 Valor máx. 0-5 (41,6 %) N° muestras 77	Varía entre 0 y 45 Valor máx. 5-10 (34,1 %) N° muestras 79	Varía entre 0 y 100 Valor máx. 60-70 (17,6 %) N° muestras 79
Aluviales sobre Tierra de Campos	Varía entre 20 y 45 Valor máx. 20-25 (35,7 %) NP 21,4 % (3 muestras) N° muestras 14	Varía entre 10 y 25 Valor máx. NP (30 %) NP 21,4 % (3 muestras) N° muestras 14	Varía entre 5 y 20 Valor máx. 5-10 (35,7 %) NP 21,4 % (3 muestras) N° muestras 14	Varía entre 0 y 55 Valor máx. 0-5 (44,4 %) N° muestras 9	Varía entre 0 y 30 Valor máx. 15-20 (42,9 %) N° muestras 14	Varía entre 0 y 100 Valor máx. 80-90 (28,6 %) N° muestras 14
Tierra de Pinares	NP 100 % (22 muestras) N° muestras 22	NP 100 % (22 muestras) N° muestras 22	NP 100 % (22 muestras) N° muestras 22	Varía entre 10 y 100 Valor máx. 80-90 (31,8 %) N° muestras 22	Varía entre 0 y 30 Valor máx. 10-20 (27,3 %) N° muestras 22	Varía entre 0 y 30 Valor máx. 80-90 (90,9 %) N° muestras 22
Margas del Mioceno	Varía entre 20 y 100 Valor máx. 55-60 (18,6 %) NP ninguna N° muestras 43	Varía entre 10 y 55 Valor máx. 20-25 (25,9 %) NP ninguna N° muestras 43	Varía entre 0 y 75 Valor máx. 10-35 (18,6 %) NP ninguna N° muestras 43	Varía entre 0 y 25 Valor máx. 0-5 (47,4 %) N° muestras 38	Varía entre 0 y 60 Valor máx. 5-10 (25,6 %) N° muestras 43	Varía entre 10 y 100 Valor máx. 90-100 (18,6 %) N° muestras 43

GRUPO	ÍNDICE DE AZUL DE METILENO	DENSIDAD PROCTOR NOR.	DENSIDAD PROCTOR MOD.	DENSIDAD PROCTOR NOR. /ÍNDICE CBR	DENSIDAD PROCTOR MOD. /ÍNDICE CBR
Aluvial sobre granito, neis y migmatita	Valores 1,1 y 0,6 N° ensayos 2	Varía 1,6 y 2,1 Valor máx. 1,9-2,0 (44,4 %) N° ensayos 9	Varía 1,8 y 2,2 Valor máx. 2,0-2,1 (55,6 %) N° ensayos 9	Varía 0,2 y 24,5 Mayoritario > 5 N° ensayos 9	Varía 0,6 y 53,1 Mayoritario > 10 N° ensayos 9
Eluvial sobre granito, neis y migmatita	Varía 0 y 4 Valor máx. 0,5-1,0 (36,4 %) N° ensayos 6	Varía 1,6 y 2,1 Valor máx. 1,8-1,9 (46,2 %) N° ensayos 13	Varía 1,8 y 2,2 Valor máx. 1,9-2,0 (38,5 %) N° ensayos 13	Varía 0,6 y 35,8 Mayoritario > 5 N° ensayos 13	Varía 1,3 y 83,8 Mayoritario > 10 N° ensayos 13
Grandes aluviales	Varía 0 y 7 Valor máx. 0,0-0,5 (33,8 %) N° ensayos 68	Varía 0,9 y 2,3 Valor máx. 2,1-2,2 (24 %) N° ensayos 75	Varía 1,1 y 2,3 Valor máx. 2,2-2,3 (29,9 %) N° ensayos 77	Varía 0,5 y 126,0 Mayoritario > 10 N° ensayos 76	Varía 0,4 y 230,3 Mayoritario > 20 N° ensayos 77
Tierra de Campos	Varía 0 y 4,5 Valor máx. 1,0-1,5 (38,7 %) N° ensayos 31	Varía 1,4 y 2,1 Valor máx. 1,8-1,9 (41,9 %) N° ensayos 31	Varía 1,8 y 2,3 Valor máx. 2,0-2,1 (45,2 %) N° ensayos 31	Varía 0,5 y 40,0 Mayoritario > 1 N° ensayos 31	Varía 1,0 y 78,0 Mayoritario > 5 N° ensayos 31
Aluviales sobre Tierra de Campos	Varía 0,0 y 2,5 Valor máx. 1,0-1,5 (50 %) N° ensayos 4	Varía 1,6 y 2,1 Valor máx. 1,8-1,9 (50 %) N° ensayos 4	Varía 1,7 y 2,1 Valor máx. 1,8-1,9 (50 %) N° ensayos 4	Varía 1,9 y 21,1 Mayoritario > 2 N° ensayos 4	Varía 1,9 y 58,0 Mayoritario > 2 N° ensayos 4
Tierra de Pinares	Sin ensayo	Varía 1,6 y 1,9 Valor máx. 1,7-1,8 (60 %) N° ensayos 5	Varía 1,6 y 2,0 Valor máx. 1,7-2,0 (40 %) N° ensayos 5	Varía 1,9 y 18,1 Mayoritario > 2 N° ensayos 5	Varía 5,4 y 30,9 Mayoritario > 5 N° ensayos 5
Margas del Mioceno	Varía 0 y 4 Valor máx. 0,0-2,5 (33,3 %) N° ensayos 4	Varía 1,3 y 1,9 Valor máx. 1,4-1,5 (40 %) N° ensayos 10	Varía 1,4 y 2,1 Valor máx. 1,6-1,7 (40 %) N° ensayos 10	Varía 0,6 y 11,0 Mayoritario < 10 N° ensayos 10	Varía 0,9 y 45,0 Mayoritario < 10 N° ensayos 10

Tabla I.- Resumen de los resultados de los ensayos geotécnicos.

Table I.- Summary results of geotechnical test.

GRUPO	Nº DE MEZCLAS	MEZCLAS INADECUADAS	Mezclas correspondientes a un suelo TOLERABLE	Mezclas correspondientes a un suelo ADECUADO	Mezclas correspondientes a un suelo SELECCIONADO
Aluvial sobre granito, neis y migmatita	9	1 (11,1 %)	2 (22,2 %)	5 (55,6 %)	1 (11,1 %)
Eluvial sobre granito, neis y migmatita	13	1 (7,7 %)	2 (15,4 %)	6 (46,1 %)	4 (30,8 %)
Grandes aluviales	78	10 (12,8 %)	19 (24,4 %)	32 (41,0 %)	17 (21,8 %)
Tierra de Campos	31	4 (12,8 %)	23 (74,2 %)	2 (6,5 %)	2 (6,5 %)
Aluviales sobre Tierra de Campos	4	1 (25,0 %)	1 (25,0 %)	1 (25,0 %)	1 (25,0 %)
Tierra de Pinares	5	0	2 (40,0 %)	3 (60,0 %)	0
Margas del Mioceno	10	8 (80,0 %)	2 (20,0 %)	0	0

Tabla II.- Inclusión de los materiales estudiados en suelos tolerables, adecuados y seleccionados, según el PG-3/1975.

Table II.- Group of soils classification in tolerable, adequate and selected in accordance with PG-3/1975.

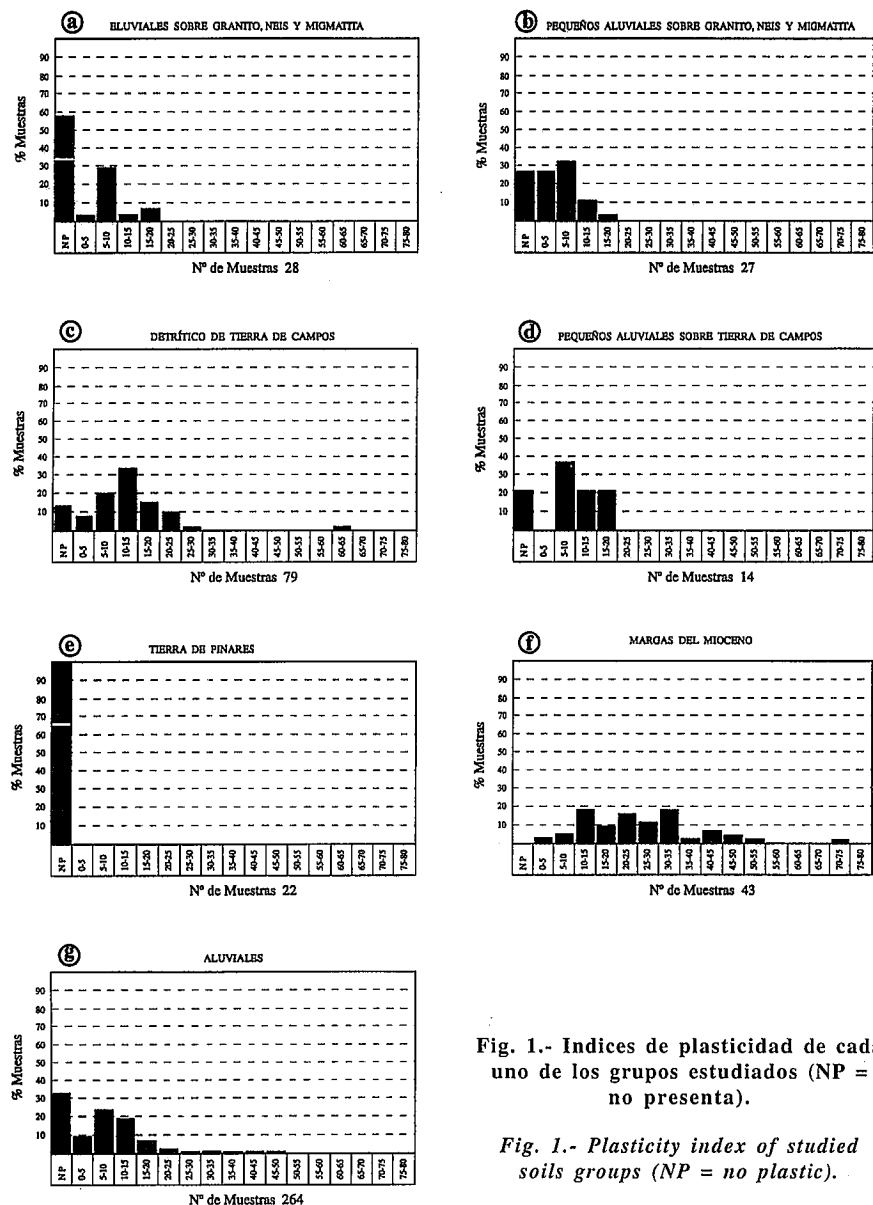


Fig. 1.- Índices de plasticidad de cada uno de los grupos estudiados (NP = no presenta).

Fig. 1.- Plasticity index of studied soils groups (NP = no plastic).

que caracteriza a los depósitos de origen eólico.

- Los mayores índices C.B.R. corresponden a los aluviales no influenciados por el substrato (sobre todo aquellos en los que predominan las gravas) y a eluviales sobre granito, neis y migmatita. Los menores C.B.R. corresponden a las margas. En general, dentro de los distintos grupos (Fig. 2), se observa una apreciable correlación entre el C.B.R. y la densidad, que es más acusada cuando se consideran intervalos granulométricos y de plasticidad. Esta característica puede ser utilizada para obtener valores indicativos preliminares en futuros proyectos de

carreteras.

- Por último, se ha realizado un estudio de las mezclas, para conocer su inclusión dentro de la clasificación propuesta en el artículo 330 del PG-3 (M.O.P.U., 1975), en suelos tolerables, adecuados y seleccionados. Los resultados se recogen en la tabla II. Los datos obtenidos indican que los materiales más adecuados para la construcción de terraplenes y explanadas son los eluviales desarrollados sobre granitos, neises y migmatitas y los aluviales no influenciados por el substrato. Las margas son, por el contrario, los materiales que presentan peores características, con elevados porcentajes de mezclas inadecuadas (80%).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el convenio de colaboración entre la Consejería de Fomento de la Junta de Castilla y León y la Universidad de Salamanca (Departamento de Geología, Sección Departamental de la Escuela Universitaria Politécnica de Zamora): *Caracterización geotécnica y base de datos de los suelos de Castilla y León.*

Referencias

Ayala, F.J.; Oteo, C.; Ferrer, M. y Salinas, J.L. (1986). *Mapa predictor de riesgos por expansividad de arcillas en España a escala 1:1.000.000.* ITGE. Madrid.

González, M.O.; Blanco, J.A.; Monterrubio, S.; Yenes, M. y Martínez, C.J. (1994). *Bol. Geol. Min.* Vol. 105-5: 484-496.

Jiménez Bautista, A.; Corrochano, A.; Fernández Calvo, C.; Payán de Tejada, F.J.; Armenteros, I y Blanco, J.A. (1992). *III Congreso Geológico de España.* Salamanca. Actas tomo 2: 347-350.

M.O.P.U. (1975). *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes.* PG-3.

Monterrubio, S.; Yenes, M.; Fernández Macarro, B.; Blanco, J.A.; Caramazana, M.A.; Payán de Tejada, F. J. y Fernández Calvo (1994). *Caracterización geotécnica y base de datos de los suelos de Castilla-León.* Junta de Castilla y León. Consejería de Fomento. Secretaría General. Valladolid.

Monterrubio Pérez, S.; Yenes, M.; Fernández Macarro, B.; Caramazana, M. A.; Fernández Calvo C. y Payán de Tejada, F. J. (1996). *IV Congreso Geológico de España.* Alcalá de Henares.

Payán de Tejada, F.J. y Fernández Calvo, C. (1996). *Recomendaciones para la realización de estudios geológicos-geotécnicos precios de itinerarios de la Red Regional de Carreteras.* Junta de Castilla y León. Consejería de Fomento. Secretaría General. Valladolid.

Rodríguez Ortiz, J. M. (1975). *Bol. Inf. Lab. Transporte y Mecánica del Suelo*, 108: 3-30.

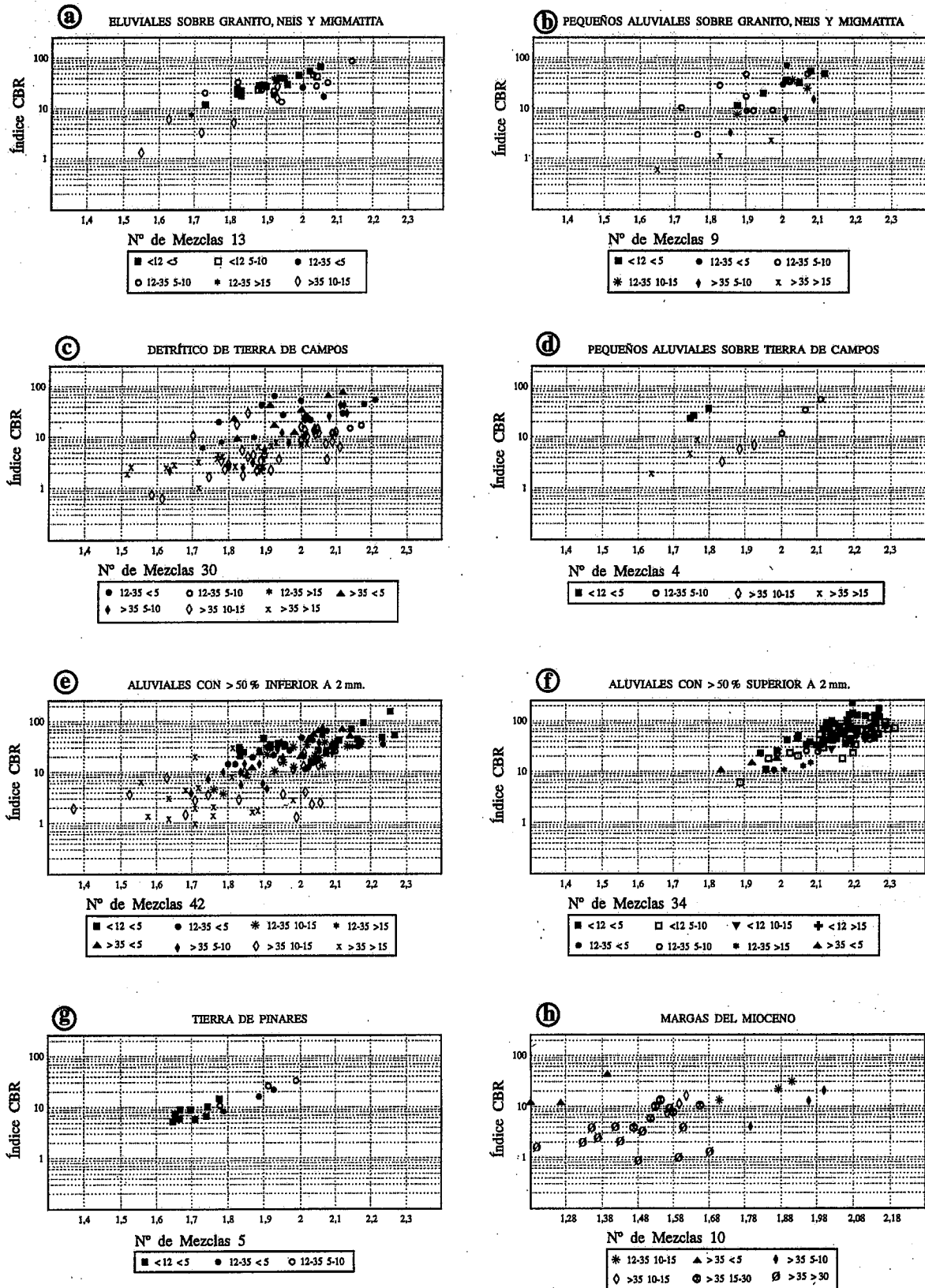


Fig. 2.- Índices C.B.R. en función de la densidad de cada uno de los grupos estudiados. El primer número de las leyendas indica el porcentaje de finos y el segundo el Índice de Plasticidad (I.P.).

Fig. 2.- CBR index - density diagrams of studied soils groups. First interval of the leyend indicates percentage of fine particles and second indicates plasticity index.