



**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID.
FACULTAD DE FARMACIA.
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGÍA**

**DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA
CUENCA DEL DUERO.**

**ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y ESTIMACIÓN
DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**

Memoria presentada por:

D. Miguel Angel Casermeiro Martínez

para optar al grado de DOCTOR en FARMACIA

Madrid, 1995

**DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA
CUENCA DEL DUERO.**

**ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y ESTIMACIÓN
DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL**

Trabajo realizado bajo la dirección de:
Dr. D. Juan Hernando Costa
Dra. D^a. Maria Isabel Hernando Massanet.



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGIA
Ciudad Universitaria
28040 Madrid

**D^a JUANA GONZÁLEZ PARRA, CATEDRÁTICA Y DIRECTORA DEL
DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGIA DE LA FACULTAD DE FARMACIA DE
LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,**

CERTIFICA Que D. MIGUEL ANGEL CASERMEIRO MARTÍNEZ ha realizado en el Departamento de Edafología de la Facultad de Farmacia, de la Universidad Complutense de Madrid bajo la dirección del Dr. D. Juan Hernando Costa y de la Dra. D^a Maria Isabel Hernando Massanet, el presente trabajo para optar al grado de DOCTOR EN FARMACIA que tiene como título "DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL DUERO. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL".

Y para que conste, expido el siguiente certificado en Madrid a 21 de Noviembre de 1995

Fdo. Dra. D^a Juana González Parra

Natura facit quod melius est.
(D. Thom., II Phys., lect 11 n° 9.)

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han intervenido en la realización de ésta tesis doctoral. Pido disculpas por adelantado, por los olvidos o por no mencionar de forma adecuada a todas las personas.

Mis directores de tesis Dr. Hernándo Costa y Dra. Hernando Massanet fueron constante estímulo, apoyo y dedicación y son coautores de esta tesis.

Agradezco a la Dra. Juana González Parra directora del Departamento de Edafología de la U.C.M., haberme integrado en el Departamento que dirige, agradecimiento que hago extensivo a todos los miembros del departamento, docentes, no docentes y compañeros de laboratorio. Después de cierta experiencia en el ámbito universitario es justo reconocer que el ambiente del Departamento es privilegiado. Mención especial merece la Dra. María Luisa Palomar García-Villamil del CSIC, por sus consejos sobre análisis químicos en la etapa inicial de la tesis.

El profesor Leo Eppink aceptó la supervisión de mi trabajo en la estancia en el Departamento de Irrigación y Conservación de Suelos de Wageningen, además realizó abundantes sugerencias en la realización de los trabajos e interpretación de datos sobre estabilidad estructural. El Dr. Leo Stroosnijder me facilitó cordialmente la estancia en el Departamento que dirige Fred de Klerk, Wim Spaan, Dirk Meiderstsma, Rob van Genderen, Ben van de Weerd y el resto del personal hicieron mi vida muy agradable cuando estuve en los *Paises Bajos*.

El Dr. Hernando Costa del Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias Geológicas de la U.C.M., me facilitó la realización de láminas delgadas del material original de los suelos.

Mis compañeros botánicos merecen especial mención, la Dra. Carmen Bartolomé Esteban de la Universidad de Alcalá de Henares me acompañó a numerosas excursiones y comprobó la taxonomía de las especies. Agradezco al Dr. José Antonio Molina, así como al resto del Departamento de Botánica de la Facultad de Farmacia de la U.C.M., sus críticas, estímulos y paciencia. Por último, me gustaría remarcar la ayuda de Luis Gonzaga García Montero, de la Universidad de Alcalá de Henares, por sus enraizadas discusiones sobre el comportamiento de las comunidades vegetales, así como su apoyo en momentos especialmente difíciles.

El profesor Ángel Ramos de la Universidad Politécnica me inició en los difíciles estudios sobre el paisaje, la estancia en el Departamento de Proyectos y Planificación Rural fué muy provechosa gracias a las enseñanzas de todos ellos.

Ignacio Pantojo Titos, de la Universidad de Córdoba, me permitió conocer datos inéditos de validación del simulador de lluvia, así como los planos del simulador.

Carmen Bravo Llatas del Centro de Proceso de Datos de la U.C.M. participó activamente en el desarrollo de los análisis estadísticos desarrollados en los capítulos 6 y 7, muchas veces con dedicación superior a la exigible.

Luis Miguel Barral, Manuel Redondo y Sonia Lozano participaron aportando sugerencias y corrigieron el capítulo 2.

El apoyo de mis amigos en ciertos momentos y su esfuerzo en tareas tan ingratas como la corrección de texto, revisión sistemática de tablas y realización de material gráfico fue decisivo para la etapa de edición de la Tesis. Gracias a todos: Ana Castiñeyra, Manuel Mayo, Julián Zamora, Ana Vázquez, Jesús Giraldo, Iñigo Sobrini, Federico Navarro, Juan José Rodríguez, Elena Pro, Carlos Cué y Alvaro Castell.

Por último, remarcar el apoyo de mi familia a quienes dedico este trabajo.



Este trabajo se ha realizado gracias a:

- Una beca de Formación de Personal de Investigación, subprograma de formación de profesorado AP91/54000189 otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia.
- Una beca de estancias cortas en el extranjero concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia, realizada en el Departamento de Irrigación y Conservación de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria de Wageningen, Holanda.
- El proyecto de investigación precompetitivo de la Universidad Complutense. PR/180/91-3383. *Dinámica suelo-planta en zonas erosionadas de la Cuenca del Duero.*
- Recursos propios del Departamento de Edafología, Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid.

ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS UTILIZADOS.

Se expone la lista de los acrónimos utilizados. En general se han usado unidades en el Sistema Internacional; en estos casos junto con las ocasiones en las cuales el significado de las siglas está explicado en el texto, estas, se han omitido de este listado. Algunas de estas siglas han sido creadas artificialmente para poder utilizar los programas de cálculo estadístico.

- %: Porcentaje en tanto por ciento.
- μ S: Micro Siemens
- <0.3: Tamaño de agregado < de 0.3 mm.
- >4.8-4.8-2.8: Tamaño de agregado comprendido entre 4.8 y 2.8 mm.
- >4.8: Tamaño de agregado > de 4.8 mm.
- 1.0: Tamaño de agregado entre 1.0-0.3 mm.
- 2-1: Tamaño de agregado entre 2.0-1.0 mm
- 2.8: Tamaño de agregado entre 2.8-2.0 mm.
- bb*b= cc*c: Posición relativa del centroide de las clases obtenidas en los análisis multivariantes. * valor de cada una de las clases entre 1 y 5.
- C/N: relación carbono nitrógeno.
- CE: Comunidad Europea
- CLAY: Porcentaje en arcilla.
- COAR: Porcentaje en arena gruesa.
- CSIC: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- D: Déficit hídrico.
- E: Este.
- EC: Conductividad eléctrica.
- EQ/A: Relación entre el carbonato cálcico equivalente y el extraíble por oxálato amónico.
- ESCO: Escorrentía.
- ETP: Evapotranspiración de Thornwaite
- ETR: Evapotranspiración real.
- FAO: Agencia de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FINE: Porcentaje en arena fina
- la: Índice de aridez.
- IBOY: Índice de Boyoucus.
- Ic: Índice de continentalidad
- Im_j: Índice de mediterraneidad en Junio, Julio y Agosto.
- INE: Instituto Nacional de Estadística
- INM: Instituto Nacional de Meteorología.
- ISRIC: Centro Internacional de Información de Suelos.
- I_{tc}: Índice de termicidad compensado
- MO: Materia orgánica
- N: Norte
- O: Oeste
- P: Precipitación.
- PAV: Periodo de actividad vegetativa

- PEDRE: Porcentaje de pedregosidad superficial.
PEND: Pendiente
PH = pH: potencial de Hidrógeno.
PNUMA: Fondo de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PROB: Valor de probabilidad.
R: Reserva hídrica.
S: Superávit hídrico.
S: Sur.
SEDI: Sedimento.
T': Temperatura media de las máximas absolutas.
t': Temperatura media de las mínimas absolutas.
T: En sentido general temperatura.
T: Temperatura media de las máximas.
t: Temperatura media de las mínimas.
tm: Temperatura media mensual.
U C M: Universidad Complutense de Madrid.
UTM: Coordenadas por el sistema Universal Trasverse Mercator.
V: Variación de la reserva.
VEGE: Cobertura de la vegetación en porcentaje
WWF: Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Bibliografía	3
2. MEDIO FÍSICO	7
2.1. Ámbito de estudio.	7
Figura 2.1.1. Mapa de localización del área de estudio a escala provincial	7
Figura 2.1.2. Mapa de localización de puntos de muestreo	8
2.2 Geología.	8
2.2.1. Litología	8
2.2.2. Geología histórica	9
2.2.3. Grandes unidades de relieve	9
Figura 2.2.3.1. Mapa de pendientes	9
2.2.4 Red hidrográfica	10
Figura 2.2.4.1. Mapa de cuencas hidrográficas.	10
2.3. Estudios el paisaje	10
Figura 2.3.1. Cuesta de los páramos.	13
Figura 2.3.2. Páramos	14
Figura 2.3.2 Valle cerrado en artesa. Cuesta de los páramos.	14
2.4. Marco social.	15
2.4.1. Demografía.	15
Tabla 2.4.1.1. Evolución demográfica 1846-1991.	15
Figura 2.4.1.1. Gráfico de evolución demográfica 1846-1991.	16
2.4.2. Sistema económico. Sector agrario.	16
Tabla 2.4.2.1 número de explotaciones y superficie cultivada. Censo agrario 1972.	17
Tabla 2.4.2.2 Número de explotaciones, superficie labrada y tamaño medio de parcela en Soria (1979-1989)	17
Gráfica 2.4.2.1 Número de explotaciones $\times 10^3$ y Superficie en ha en la provincia de Soria 1979-1989.	18
2.5 Bibliografía	18
3. CLIMATOLOGÍA Y BIOCLIMATOLOGÍA	21
3.1 Introducción y objetivos del estudio.	21
3.2 Material y métodos	22
Tabla 3.2.1 Características de las estaciones meteorológicas	22
3.3 Resultados	23
Tabla 3.3.1. Datos termométricos, Liceras	23
Tabla 3.3.2. Balance hídrico, Liceras	24
Tabla 3.3.3. Datos termométricos, Linares del arroyo	25

Tabla 3.3.4. Balance hidrico, Linares del Arroyo	26
Tabla 3.3.5. Datos termométricos, S. Esteban	27
Tabla 3.3.6. Balance hidrico, S. Esteban.	28
Tabla 3.3.7. Precipitación máxima en 24 horas.	29
Tabla 3.3.8. Días de lluvia.	29
Tabla 3.3.9. Días de tormenta.	29
Gráfica 3.3.1. Climodiagramas (1, 2, 3) y Balances hidricos (4, 5,6), correspondientes a Linares del Arroyo (1 y 4), Liceras (2 y5) y S. Esteban de Gormaz (3y 6)	30
Tabla 3.3.10. Índices bioclimáticos.	31
3.4. Discusión.	31
3.5. Conclusiones.	33
3.6. Bibliografía.	33
4. UNIDADES DE SUELO	35
4.1. Introducción	35
4.2. Objetivos	36
4.3. Material y métodos	36
4.3.1. Criterios de selección de muestras	36
Tabla 4.3.1. Localización de los perfiles en las cuencas	36
Tabla 4.3.2. Información general de los perfiles.	37
Tabla 4.3.3. Información general de los perfiles.	38
4.3.2. Métodos.	39
4.4. Resultados y discusión. Características de los principales suelos estudiados.	39
4.4.1. Leptosoles	39
Figura 4.4.1.1. Leptosol eútrico. Perfil 7.	40
Figura 4.4.1.2. Leptosol mólico. Perfil 16.	41
Figura 4.4.1.3. Leptosol réndico. Perfil 23	42
Tabla 4.4.1.1. Características morfológicas de los Leptosoles.	43
Tabla 4.4.1.2. Características morfológicas de los Leptosoles	44
Tabla 4.4.1.3. Características morfológicas de los Leptosoles.	45
Tabla 4.4.1.4. Datos texturales de Leptosoles.	46
Tabla 4.4.1.5. Datos texturales de Leptosoles.	47
Tabla 4.4.1.6. Datos texturales de Leptosoles.	48
Tabla 4.4.1.7. Datos analíticos de Leptosoles.	49
Tabla 4.4.1.8. Datos analíticos de Leptosoles.	50
Tabla 4.4.1.9. Datos analíticos de Leptosoles.	51
Tabla 4.4.1.10. Datos analíticos de Leptosoles	52
Tabla 4.4.1.11. Minerales de arcilla en Leptosoles.	53
Tabla 4.4.1.12. Minerales de arcilla en Leptosoles	54
4.4.2. Regosoles	55
4.4.2.1. Regosol calcárico. Perfil 6.	56
Tabla 4.4.2.1. Características morfológicas de Regosoles.	57
Tabla 4.4.2.2. Datos texturales de Regosoles	58
Tabla 4.4.2.3. Datos analíticos de Regosoles.	59

Tabla 4 4 2 4. Datos analíticos de Regosoles.	60
Tabla 4 4 2 5. Minerales de arcilla de Regosoles.	61
4 4 3. Arenosoles	62
Figura 4 4 3 1 Arenosol calcárico. Perfil 27.	62
Tabla 4 4 3 1. Características morfológicas de Arenosoles.	63
Tabla 4 4 3 2. Datos texturales de Arenosoles.	64
Tabla 4 4 3 3. Datos analíticos de Arenosoles	65
Tabla 4 4 3 4. Minerales de arcilla de Arenosoles.	66
4 4 4 A. Luvisoles	67
4 4 4 B. Fluvisoles	67
4 4 4 C. Cambisoles	67
Figura. 4 4 4 A. Luvisoles crómico. Perfil 5.	68
Figura 4 4 4 B. Fluvisoles calcáricos. Perfil 21.	69
Tabla 4 4 4 1. Características morfológicas de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles	70
Tabla 4 4 4 2. Datos texturales de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles	71
Tabla 4 4 4 3. Datos analíticos de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles	72
Tabla 4 4 4 4. Minerales de arcilla de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles	73
4 5 Conclusiones	74
4 6 Bibliografía	75
5. COBERTURA VEGETAL Y PROCESOS DE EROSIÓN.	77
5 1 Introducción	77
5 2 Objetivos.	78
5 3. Material y métodos.	78
5 4 Resultados	79
5 4 1. Listado de especies	79
5 4 2. Inventario de vegetación.	81
5 4 3. Datos de cobertura vegetal	82
Tabla. 5 4 3 1. Cobertura total por tansecto.	82
Tabla. 5 4 3 2. Cobertura total por biotipo.	83
5 5. Discusión.	84
5 5 1. Características generales	84
5 5 2. Cobertura vegetal	85
5 6. Conclusiones	86
5 7 Bibliografía	86
6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.	89
6 1 Introducción y antecedentes.	89
6 2 Objetivos	90
6 3 Material y métodos.	91
6 3 1. Determinación del tamaño de los agregados mediante	

tamización en seco.	92
6.3.1.1. Procedimiento	92
Figura 6.3.1.1 Tamizadora automática.	92
Figura 6.3.1.2. Separación de agregados	93
6.3.2. Determinación de la estabilidad de agregados mediante tamización en húmedo.	93
6.3.2.1. Procedimiento.	94
Figura 6.3.2.1. Tamizadora Yooder- Perlkamp.	94
6.3.3. Medida de la estabilidad estructural de los agregados mediante la prueba de goteo.	95
6.3.3.1. Criterios de selección de muestra	95
6.3.3.2. Procedimiento.	95
6.3.3.3. Calibrado del método	96
Tabla 6.3.3.3.1. Cálculo del peso medio de la gota de lluvia	96
Figura 6.3.3.3.1. Forma de la gota de agua	96
6.4 Resultados por tamización	97
6.4.1 Datos de tamización en seco.	98
6.4.2. Estadística básica de tabla 6.4.1	98
6.4.3. Datos de tamización en húmedo	99
6.4.4. Estadística básica de la tabla 6.4.3	99
6.4.5 Curvas acumulativas en peso de los tamizados en seco y húmedo	100
Gráfica 6.4.5.1 Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Leptosoles	100
Gráfica 6.4.5.2. Distribución de agregados en pesos tamizado seco y húmedo en Leptosoles.	101
Gráfica 6.4.5.3. Distribución de agregados en pesos , tamizado seco y húmedo en Regosoles.	102
Gráfica 6.4.5.4. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Cambisoles y Fluvisoles	102
Gráfica 6.4.5.5 Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Arenosoles	103
Gráfica 6.4.5.6 Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Luvisoles y Regosoles.	103
6.5 Resultados de las pruebas de estabilidad por goteo	104
Tabla 6.5.1. Datos promedio de la prueba de goteo	104
6.6. Discusión.	104
6.6.1 Tamización en seco	104
Tabla 6.6.1.1 Contribución de las variables activas a la formación de los factores	105
Gráfica 6.6.1.1.a. Distribución de los suelos frente a los factores.	107
Gráfica 6.6.1.1.b. Distribución de los suelos frente a los factores (agrupados en clases)	108
Gráfica 6.6.1.2. Dendrógrama en cinco clases.	109
Tabla 6.6.1.2 Caracterización de las clases (cluster) en función de los tamaños de agregado.	110

Tabla 6.6.1.3 Relaciones de cada uno de los cluster con las propiedades de los suelos.	111
6.6.2. Tamización en húmedo.	112
Gráfica 6.6.2.1. Distribución de los suelos en los ejes 1 y 2	113
Gráfica 6.6.2.2 Distribución de los suelos en los ejes 1 y 2 y agrupación en clusters.	114
Tabla 6.6.2.2 Caracterización de cada cluster.	116
Tabla 6.6.2.3 Correlaciones entre las clases de suelo y las propiedades del suelo.	117
6.6.3. Curvas acumulativas.	118
Tabla 6.6.1. Superficie de las curvas de distribución entre seco y húmedo.	118
6.6.4. Estabilidad estructural mediante la prueba de goteo.	119
Tabla 6.6.4.1. Matriz de correlaciones.	119
Figura 6.6.4.1. Planos de fractura del agregado.	120
6.7. Conclusiones	121
6.7.1. Estabilidad estructural de los distintos suelos.	121
6.8. Bibliografía	122
7. SIMULACIÓN DE LLUVIA	125
7.1. Introducción	125
7.2. Objetivos	127
7.3. Material y métodos	127
7.3.1. Material	127
Figura 7.3.1.1. Simulador de lluvia.	127
Figura 7.3.1.2 Perspectiva isométrica del simulador.	128
Figura 7.3.1.3. Simulador de lluvia. Detalles.	129
7.3.2. Procedimiento.	130
7.3.3. Criterios de selección de muestra.	130
7.4. Resultados	131
Tabla 7.4.1. Características de los puntos de muestreo y valores de escorrentía total, tasa de infiltración y pérdida de suelo	131
Tabla 7.4.2 Valor de escorrentía cada 30 segundos y total en Leptosoles	132
Gráfica 7.4.1 Escorrentía en Leptosoles	132
Tabla 7.4.3 Valor de escorrentía cada 30 segundos y total en Regosoles	133
Gráfica 7.4.2 Escorrentía en Regosoles.	133
Tabla 7.4.4 Valor de escorrentía cada 30 segundos y total en Arenosoles, Cambisoles y Fluvisoles	133
Gráfica 7.4.3 Escorrentía en Arenosoles, Cambisoles y Fluvisoles	134
Tabla 7.4.5. Valores de pérdida de suelo $k \text{ ha}^{-1}$. (Intensidad 6 mm min^{-1} , duración 3 min)	134
7.5. Discusión	134
7.5.1. Estimación de la erosión hídrica	134

INDICE

7.5.2. Propiedades de los suelos relacionadas con los procesos de erosión,	135
Tabla 7.5.2.1. Composición de los factores y correlaciones con las variables ilustrativas.	137
Gráfica 7.5.2.1. Proyección sobre los ejes 1 y 2.	138
Gráfica 7.5.2.2. Proyección sobre los ejes 1 y 3.	139
Gráfica 7.5.2.3. Dendrógrama de los clusters.	140
Gráfica 7.5.2.4.a. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 2.	141
Gráfica 7.5.2.4.b. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 2.	142
Gráfica 7.5.2.5.a. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 3.	143
Gráfica 7.5.2.5.b. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 3.	144
Tabla 7.5.2.2. Caracterización de las clases por tamaño de agregado.	145
Tabla 7.5.2.3. Relaciones entre las clases y el resto de las variables	146
7.6. Conclusiones	148
7.7. Bibliografía.	148
8. CONCLUSIONES	149
9. BIBLIOGRAFÍA.	151
10. ANEJOS.	I
10.1. Anejo 1. Datos de cobertura vegetal	II
10.2. Anejo 2. Datos de estabilidad estructural, prueba de goteo.	XVIII

INTRODUCCIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN

Son habituales las referencias a los problemas de erosión en los medios de comunicación especializados y sociales. El interés por este tema, está relacionado con el aumento de la preocupación por los problemas de degradación del medio ambiente que surgen a partir de la *Conferencia de Berna* (1913).

La erosión, desertificación y degradación de suelos ha estado presente en las líneas de actuación internacionales. Así, la constitución de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en 1948, impulsa a la comunidad internacional a celebrar una conferencia cuyo resultado es conocido como la *Declaración de Estocolmo* (1972), la cual contempla en sus principios 2 y 3 la conservación de suelos. Posteriormente, y debido a los gravísimos problemas de desertificación y de hambre producidos en Etiopía, se celebró la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre la desertificación* (CNUD 1977) que establece una serie de políticas para intentar luchar contra la misma. En 1980 aparece el documento de trabajo realizado por PNUMA, UICN Y WWF que desarrolla la Declaración de Estocolmo, este documento denominado *Estrategia Mundial para la Conservación* incluye, entre sus objetivos la conservación de suelos en sus puntos 2 y 5; y como prioridad para la acción internacional en el punto 16. Posteriormente, en Nairobi (1982), ante la creciente preocupación por el estado del medio ambiente mundial, se revitaliza la Declaración de Estocolmo y se promulga la *Declaración de Nairobi* que incluye, en el segundo punto de la misma los problemas de desertificación.

España firma la declaración de Estocolmo en 1980 y desarrolla a partir de entonces, una política de investigación sobre evaluación y protección frente a la erosión. Este plan nacional se articula en torno al proyecto LUCDEME 1982, (Lucha contra la desertificación en el Mediterráneo) (CARRERAS, 1990) y se centra geográficamente en el sudeste de la Península Ibérica.

En la actualidad, los procesos de erosión en España son elevados, muchas veces debido a factores antrópicos, inadecuadas técnicas agrícolas o forestales, abandono de tierras, obras públicas poco respetuosas con el medio que las acoge, etc, lo que permite hablar de erosión acelerada. En España se pueden considerar zonas especialmente sensibles: la región biogeográfica murciano-almeriense, así como las cuencas hidrográficas de los grandes ríos españoles. Hay que resaltar que los ríos con desembocadura atlántica no se contemplan en el proyecto LUCDEME. El área objeto de estudio de esta memoria se sitúa en el Sur Oeste de Soria, en la Cuenca del Duero.

1.2. ANTECEDENTES

Los problemas de erosión edáfica se empiezan a estudiar paralelamente al desarrollo de la Edafología. Los primeros antecedentes se remontan a BENNET (1926), que intenta relacionar algunas propiedades físicas del suelo con la erosión. Contemporáneos suyos son: MIDDELTON (1930), que establece índices de erosión dependientes de distintas propiedades como la textura, densidad aparente, coloides etc., SLATER (1931) introduce el concepto de permeabilidad en los problemas erosivos, LUTZ (1934) estudia la importancia de los agregados y la estabilidad estructural, BOYUCOS (1935) profundiza en el comportamiento de suelos con distintas texturas y establece un índice de resistencia a la erosión. VILENSKY (1935-1945), presenta distintos índices de erodibilidad, que fueron posteriormente empleados por SOBOLEV (1948) y BURYKIN (1962). YODER (1936) establece relaciones entre erodibilidad y propiedades químicas de los mismos. VOZNESENSKY (1940) en la Unión Soviética, trabaja de forma paralela a MIDDELTON (op.cit.).

Los primeros trabajos sobre la lluvia como agente causal de la erosión hídrica fueron realizados por ELLINSON (1945). El establecimiento de la U.S.L.E. (Universal Soil Loss Equation) WICHSMIEIER (1958), basado en los trabajos de ZINGG (1940), SMITH (1941) y MUSGRAVE (1947), marca toda una época de investigadores que han utilizado, y aún utilizan, esta ecuación como herramienta predictiva.

ROSE (1960) y EPSTEIN (1967) estudian la relación que se establece entre la partícula de suelo y la gota de lluvia, y el comportamiento de suelos con distintas propiedades químicas. BRYAN (1971) considera la fracción arcilla como determinante de los problemas erosivos, YOUNG (1977) y SINGER (1982) continúan esta línea de investigación y establecen índices de agregación dependientes de la arcilla. HUDSON (1982) indica que también deben estudiarse la acción química del agua y aspectos ecológicos y antrópicos.

Hay que destacar los estudios que relacionan suelos y vegetación y que consideran a esta última como elemento clave en la protección del suelo frente a los procesos erosivos. La relación entre erosión y clima, incluyendo modelos de pérdida de suelo en relación con parámetros climáticos, es estudiada por LANGBEIN (1958), FOURNIER (1960) y DENDY (1984) entre otros. La simulación en laboratorio de los efectos de la vegetación en parámetros hidráulicos de flujo es estudiada por DE PLOEY (1982), MORGAN (1986) y BRANDT (1985).

También se emplean modelos matemáticos, en el estudio de la erosión de los suelos, que utilizan un elevado número de variables, como los de KNISEL (1980), KIRBY (1983) y WILLIAMS (1990).

Se han realizado, además, múltiples aproximaciones cartográficas de zonas erosionadas que establecen criterios de clasificación en campo: clasificación en zonas homogéneas y de regueros (USDA, 1951), de cuencas hidrográficas (FOURNIER, op.cit.), clasificación en función de la evaluación de suelos (STORIE, 1970) y la metodología provisional para la evaluación y la representación cartográfica de la desertización FAO-PNUMA (1984).

No se han encontrado antecedentes de estudios de erosión en la zona elegida, sin embargo, existen estudios parciales de diversas materias que han sido

de utilidad para la realización de esta memoria, como; Geografía física (GARCÍA 1968 y BACHILLER, 1990) o vegetación (ALVAREZ, 1992) Estudios posteriores han sido iniciados por el presente grupo de investigación a partir de 1990.

1.3.- OBJETIVOS.

Son múltiples los objetivos que se pretenden alcanzar en esta memoria de investigación. Como hipótesis de partida, se considera que los suelos genéticamente más evolucionados son los que mejor se comportan frente a la erosión. En base a ello, se diseñan una serie de experimentos que pretende demostrar la hipótesis de partida.

Objetivos principales

1. Identificar cuencas hidrográficas, representativas de la parte inicial del tramo medio de la Cuenca del Duero (Soria), donde se pongan de manifiesto los problemas de erosión hídrica.
2. Establecer unidades de paisaje que permitan clasificar el territorio en zonas homogéneas.
3. Definir unidades de suelos en el área de estudio.
4. Estudio de la vegetación y su relación con la protección frente a la erosión.
5. Relacionar las propiedades edáficas directamente ligadas a la formación de agregados del suelo y cuantificar la estabilidad estructural de los mismos.
6. Estimar la erosión hídrica de los suelos, realizando pruebas con un simulador de lluvia en condiciones naturales. Estos experimentos tienen como objetivo relacionar la erosión real con las propiedades de los suelos y establecer un rango de ordenación de las unidades de los mismos en función de su resistencia a la erosión.

1.4. BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarez, J. 1992. *Los sabinars albares de la provincia de Guadalajara: estudio ecológico, florístico y fitosociológico y biología comparada de poblaciones de *Juniperus thurifera* L.* Universidad de Alcalá de Henares. Tesis Doctoral.
- Bachiller, J.M. y Sancho de Francisco, M.C. Asociación de amigos del Museo Numantino (ed). 1990 *Introducción al Estudio del Espacio Geográfico Soriano*. 1ed. AREVACON, Soria.

- Bennet, H. 1926 citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Boyocous, C.J. 1935. The clay ratio as criterion of susceptibility of soil erosion. *J. Am. Soc. Agron.* 27: 738-741.
- Brandt, J. 1985. Throughfall intensity beneath oak and mixed tropical woodlands. London. Bedford College. Citado en Thornes, J.B. 1985. The Ecology of Erosion. *Geogra.* 222-235.
- Bryan, R.B. 1982. The efficiency of agregation indices in comparison of some English and Canadian soils. *J. Soil Sci.* 22: 166-178.
- Burykin, A.N. 1962. Water erosion in the mountain conditions of humid and dry subtropics. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Carreras, J.A. 1990. El proyecto LUCDEME, lucha contra la desertificación en el mediterráneo. *Ecología.* 1: 199-211.
- De-Ploey, J. 1982. A stemflow equation for grasses and similar vegetation. *Catena.* 9: 139-152.
- Dendy, F.E. y Bolton, G.C. 1976. Sediment yield-runoff-drainage area relationships in the United States. *J. Soil and Water Cons.* 32: 264-266.
- Ellinson, W.D. 1945. Some effects of raindrops and surface-flows on soil erosion and infiltration. *Trans. Am. Geophys. U.* 26: 415-429.
- Epstein, E. y Grant, W.J. 1967. Soil losses and crust formation as related to some physical properties. *Proc. Soil Sci. Am.* 71: 547-550.
- FAO-PNUMA. 1984. *Metodología provisional para la evaluación y representación cartográfica de la desertización*. FAO,
- Fournier, F. PVF (ed.). 1960. *Climat et erosion. La relation entre l'erosion du sol par l'eau et les précipitations atmospheriques*. 1ed. PVF, Paris.
- García, L.V. 1968. *La ribera de Duero en Soria y las vegas de Osma en Burgo de Osma*. Universidad de Valladolid-CSIC,
- Hudson, N. 1982. *Conservación del suelo*. Reverté, Barcelona.
- Kirby, M.G. y Morgan, R.P.C. 1983. *Erosión de suelos*. Limusa, Ciudad de Mejjico
- Knisel, W.G. 1980. A field scale model for chemical runoff and erosion from agricultural management system. *USDA Cons. Res. Rept.* 26
- Langbein, W.B. y Schumm, S. 1958. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. *Trans. Am. Geophys. U.* 39: 1076-1084.
- Lutz, J.F. 1934. The physico-chemical properties of soils affecting soil erosion. *Missouri Ag. Exp. St. Research.* 212
- Middelton, H.E. 1930. Propertiers of soils, which influence in soil erosion. *USDA. Tech. Bull.* 178
- Morgan, R.P.C. 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman, Londres.
- Musgrave, G.W. 1947. Quantitative evaluation of factors in water erosion. A first approximation. *J. Soil and Water Cons.* 2: 133-138
- Rose, C.W. 1960. Soil detachment caused by rainfall. *Soil Sci.* 98: 28-35.
- Singer, J.M., Janitzky, P. y Blackard, J. 1982. The influence of exchangeable sodium percentage on soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 117-121.
- Slater, C.S. y Biers, H.G. 1931. A laboratory study of field percolation rates of soils. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Smith, D.D. 1941. Interpretation of soil conservation data for field use. *Agr. Eng.* 22: 173-175

- Sobolev, S.S. 1948. Development of erosion processes on the European Territory of the USSR and their control. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Storie, R.E. 1970. *Manual de levantamiento de suelos*. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana, Ciudad de Méjico.
- USDA soil survey staff. 1951. *Soil survey manual*. 18ed. United States Department of Agriculture, Washington.
- Vilendsky, D.G. 1935. Contribution to the method of investigating the soil stability in the study of the soil erosion. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Voznesensky, S. y Artsruny, A.B. 1940. Laboratory method for the determination of the resistance of soils to erosion. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Wichsmeier, W.H., Smith, D.D. y Uhland, R.E. 1958. Evaluation of de factors in the Soil-Loss equation. *Agr. Eng.* 39: 458-462.
- Williams, J.R. 1990. *Assessing the impact of erosion on soil productivity using the EPIC model. Soil erosion on agricultural land*. Wiley and Sons,
- Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of he physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28: 337-351.
- Young, R.A. y Mutcher, C.K. 1977. Erodibility of some Minnesota soils. *J. Soil and Water Cons.* 32: 180-182.
- Zingg, A.W. 1940. Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off. *Agr. Eng.* 21: 59-65.

MEDIO FÍSICO

DESCRIPTORES: Península Ibérica, Cuenca del Duero, unidades de paisaje, abandono de tierras.

KEY WORDS: Iberian Peninsula, Duero basin, landscape units, abandoned land.

RESUMEN.

En este capítulo se localiza y describe el ámbito de estudio. La zona objeto de estudio se enclava en la provincia de Soria, en la cubeta terciaria del Duero formado por materiales geológicos sedimentarios, predominantemente carbonatados. Se ha realizado una cartografía de paisaje teniendo en cuenta variables como el relieve, la vegetación y las cuencas visuales, diferenciándose un total de cinco unidades de paisaje. Además se encuadra socioeconómicamente la zona de estudio, en relación con los problemas de erosión, teniendo en cuenta criterios demográficos y agrícolas.

ABSTRACT:

Case study is localized in the north plateau of the Iberian Peninsula, specifically in Soria province in the tertiary basin of the Duero river. Its lithology consists of sedimentary rocks, mainly carbonatic materials. A landscape map has been realized based on landforms, vegetation units and visual areas; five landscape units are the results of the previous step. Also demographic and crop data are used in order to describe the socioeconomic system related to soil erosion.

2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

El área de estudio abarca tres cuencas tributarias del río Duero: Arroyo de la Nava, Arroyo Valdemazo y río Pedro (figura 2.1.1, figura 2.1.2).

Estas tres cuencas pertenecen a la Meseta Norte, Provincia de Soria, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Dicha comunidad, presenta la mayor dimensión superficial de España, (aproximadamente una quinta parte del territorio nacional). En esta amplia zona, se puede decir que el Duero representa el nexo de unión en toda la comunidad creando una red hidrográfica que avana la meseta en el eje Este-Oeste (MANERO, 1987).

Los términos municipales que se incluyen en este estudio son Castillejo de Robledo, Montejo de Tiernes, San Esteban de Gormaz, Liceras, Fuentecambrón, Langa de Duero y Miño de San Esteban.

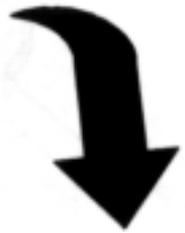
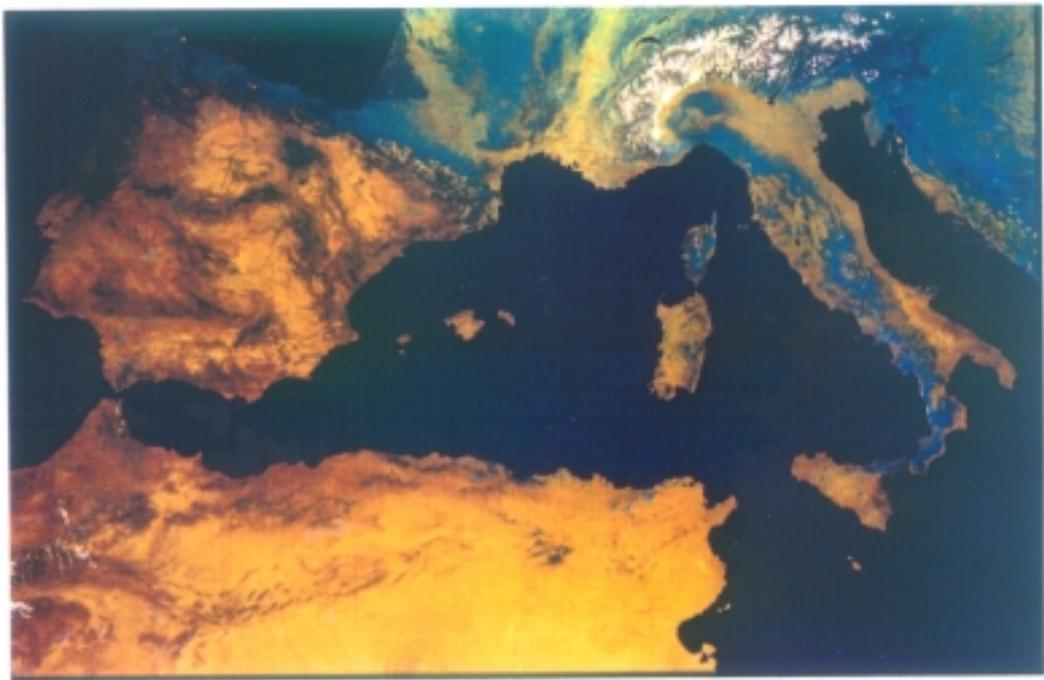
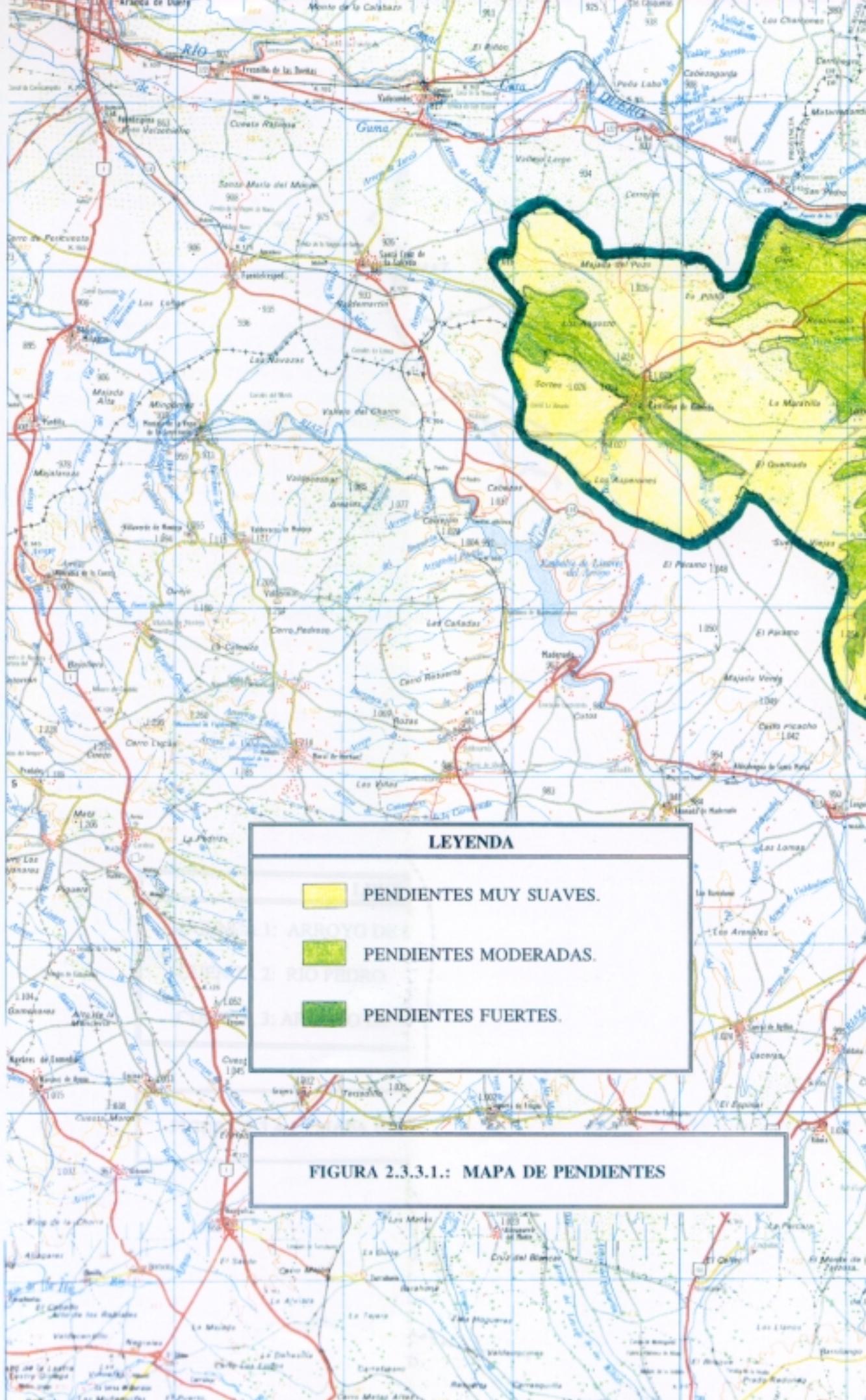


Figura 2.1.1. Localización regional del área de estudio.



LEYENDA

-  PENDIENTES MUY SUAVES.
-  PENDIENTES MODERADAS.
-  PENDIENTES FUERTES.

FIGURA 2.3.3.1.: MAPA DE PENDIENTES

2.2. GEOLOGIA

Se describen los materiales geológicos que componen las cuencas de estudio, así como la historia geológica y la fisiografía.

2.2.1. Litología.

Los materiales pertenecen al Mioceno continental de la cubeta terciaria y a las formaciones mesozoicas de la estribación septentrional de la rama castellana de la Ibérica, (IGME, 1986):

Triásico: El *Buntsandstein* está representado por sedimentos clásticos abigarrados conglomerados, areniscas y arcillas pizarrosas. El *Muschelkalk*, muy variable en la zona tanto en potencia como petrográficamente, está representado por calizas y areniscas. El *Keuper* está formado por margas irisadas, arcillas y yesos.

Jurásico se limita a afloramientos del Lias: *Retiense* (calizas y dolomias) y *Hetageniense*, (carniolas, que forman las líneas de montañas escarpadas y altas mesetas pedregosas y áridas; margas y calizas en lajas grises azuladas en terrenos suavemente ondulados).

Cretácico. Se diferencian: *Albense*: arenas cuarcíticas sueltas de finas a gruesas con cantos muy frecuentes de cuarcitas y capas intermedias de arcillas abigarradas de color claro. *Cenomanense* (calizas margosas y margas gris oscura y amarillentas) y *Turonense-Senonense* (margas y calizas que forman elevadas montañas rocosas y amplias parameras, donde se encajonan los ríos formando cortados).

El Mioceno es el período geológico mejor representado en la zona de estudio, mostrando pequeñas diferencias de facies según el área:

Facies Covarrubias (conglomerados calcáreo-silíceos, con cantos redondeados de distintos tamaños, de matriz arcillosa o arenosa, que se apoya transgresivamente sobre las brechas calcáreas del Paleógeno o del Cretácico Superior). *Vindoboniense*, comprende varias facies formadas por conglomerados, arcillas y areniscas en distinta proporción. *Pontiense y tránsito al Vindoboniense Superior* (margas claras y calizas de los páramos) *Facies Vindoboniense Superior-Pontiense inferior* localizada en el interior del área de estudio, constituye una zona de tránsito entre la facies yesífera y la Vindoboniense Superior *Facies margo-yesíferas*: alcanza gran extensión en la zona central de la Cuenca del Duero y constituye la cuesta de los páramos. Está constituida litológicamente por niveles de margas blancas, margas con yeso, calizas margosas y algún nivel de arcilla. Se localiza en la parte occidental de la zona de estudio en contacto con la *Facies Vindoboniense Superior-Pontiense inferior* *Pontiense-Calizas de los páramos*: formada por un banco de calizas de espesor variable (1-30 m), de pasta fina, color blanco o gris muy claro, compactas, margosas y a veces terrosas. Pueden ser pisolíticas, en general son cavernosas y aparecen geodas de calcita. Además, en la superficie de los páramos abundan las arcillas rojas de descalcificación.

Cuaternario: formado por los depósitos aluviales del Duero en el límite septentrional



LEYENDA



LIMITE DEL AREA DE ESTUDIO.



PUNTOS DE MUESTREO.

FIGURA 2.1.2.: MAPA DE LOCALIZACION Y PUNTOS DE MUESTREO

medio del río Valdemazo. Dentro de ellas se encuentran diferentes tipos de
 bajada del páramo al fondo de valle, de las que se han identificado
 con mayor frecuencia, en los fondos de valle plano de tipo

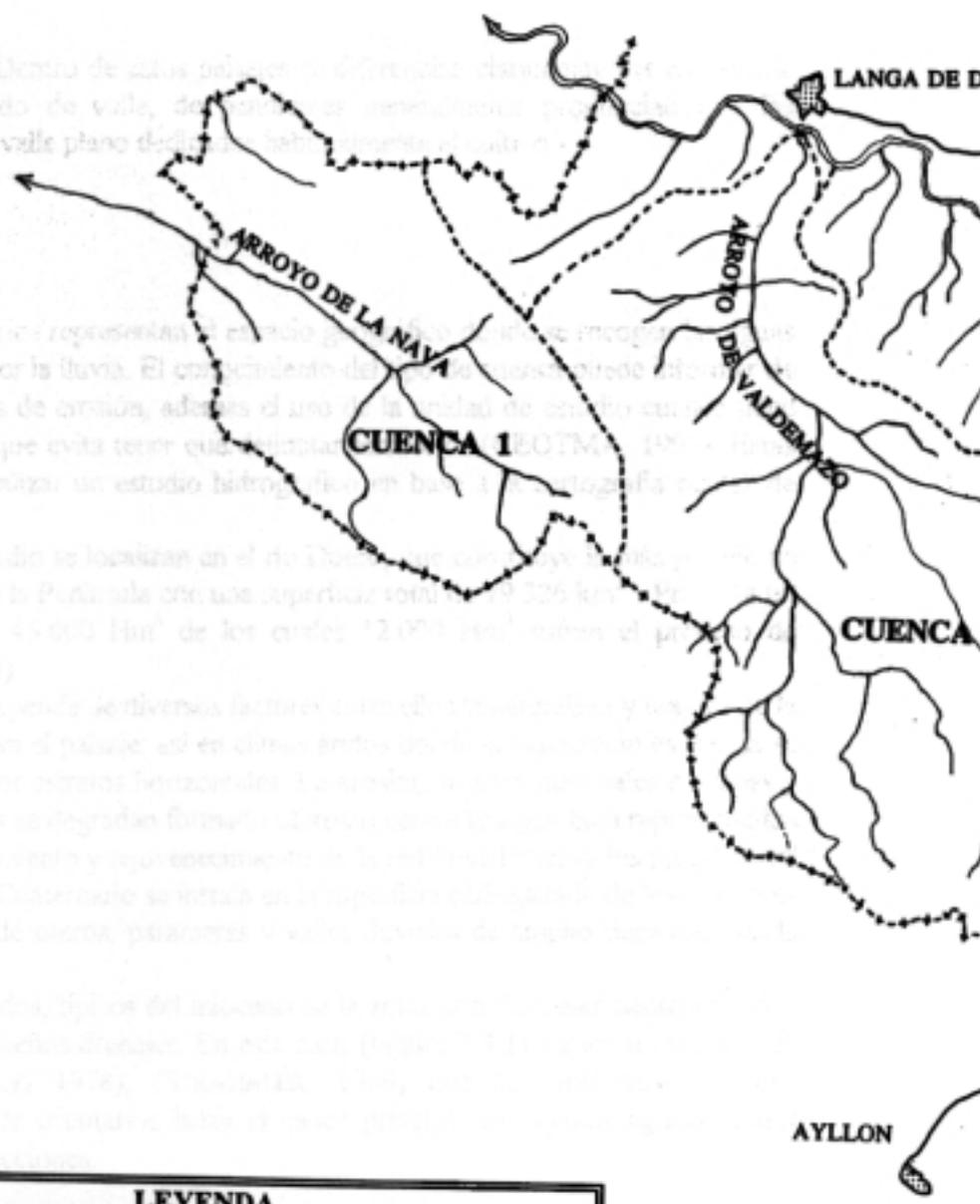
2.2.4.- Red hidrográfica.

Las cuencas de los ríos representan el espacio geográfico donde se produce
 de escorrentía producidas por la lluvia. El conocimiento de la red hidrográfica
 la actividad de los procesos de erosión, además de una serie de ventajas que
 ventajas frente a otras que evita tener que recurrir a métodos de estudio
 ventajas han aconsejado realizar un estudio hidrográfico en base a la morfología
 España.

Las cuencas de estudio se localizan en el departamento de Boyacá, en
 las cuencas hidrográficas de la Patateña con una superficie total de 126 km²
 total de lluvias al año de 4500 mm de los cuales 2000 mm caen en el período
 de invierno (JARA, 1994).

El tipo de cuenca depende de diversas factores como el relieve, la geología y la
 clima que condicionan el paisaje, así en climas áridos donde la erosión
 forman reservas definidas por estratos horizontales. En climas húmedos
 se forman las mesetas, éstas se degradan formando valles y ríos que drenan
 en el territorio. El relieve, el clima y la geología condicionan el tipo de
 Páramos, de hecho, el Gobierno se enfrenta a una gran problemática de
 formando una morfología de sierra, páramos y valles de tipo de tipo de tipo
 Cuenca del Duero.

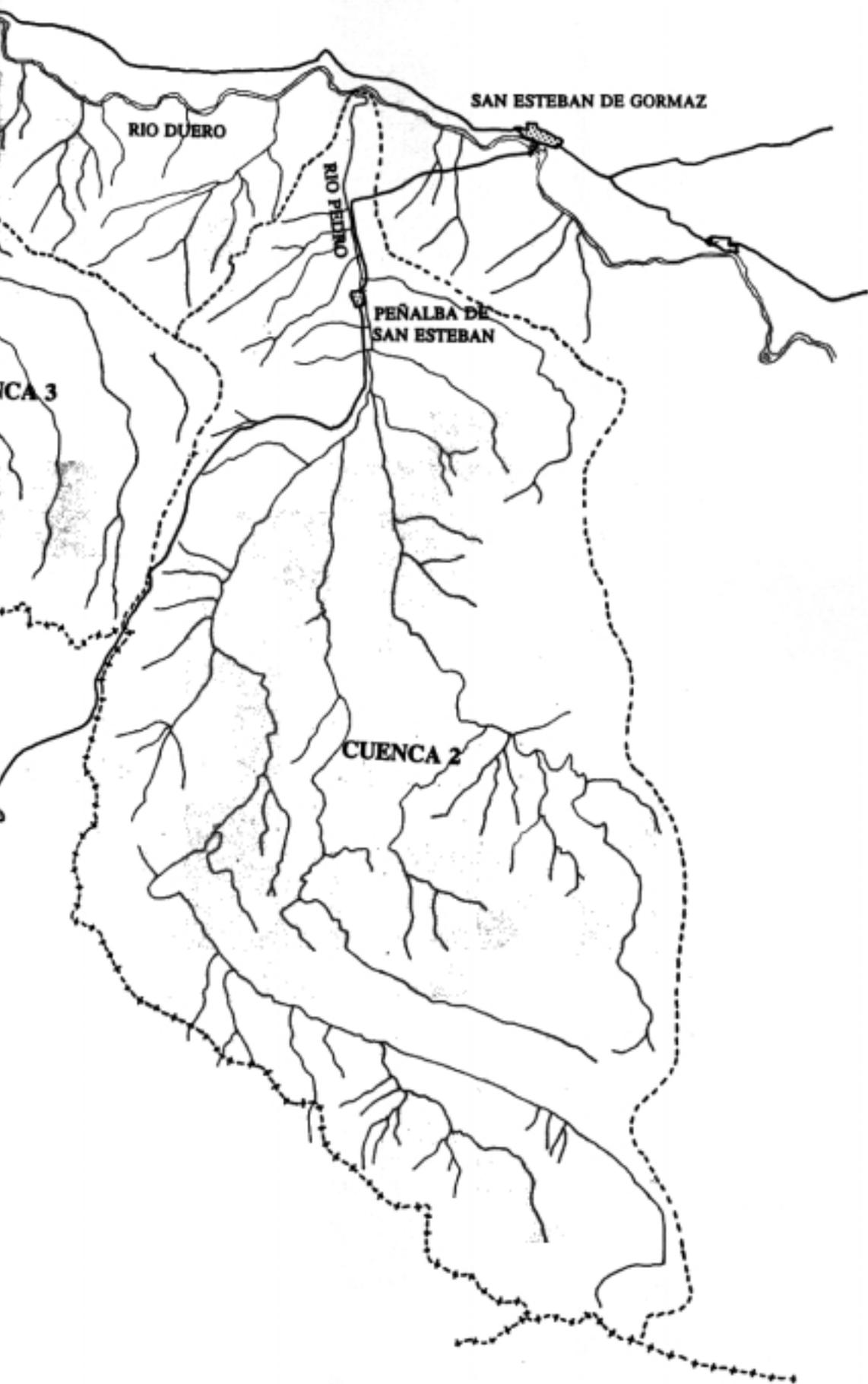
Los materiales que forman el relieve de la zona son de tipo de tipo de tipo
 por una intensa red de pequeños drenajes. En este caso, el tipo de tipo de tipo
 Cuenca de tipo
 ramificación al momento de analizar el tipo de tipo de tipo de tipo de tipo de tipo
 tomar gran cantidad de agua.



LEYENDA
CUENCA 1: ARROYO DE LA NAVA.
CUENCA 2: RIO PEDRO.
CUENCA 3: ARROYO DE VALDEMAZO.

FIGURA 2.3.4.1.: MAPA DE CUENCAS HIDROGRAFICAS.

DE DUERO



RIO DUERO

SAN ESTEBAN DE GORMAZ

RIO PELIBO

PEÑALBA DE
SAN ESTEBAN

CA 3

CUENCA 2

medio del *rio Valdemazo*. Dentro de estos paisajes se diferencian claramente *las cuestras* de bajada del páramo al fondo de valle, de pendientes generalmente pronunciadas, y las *campiñas*, en los fondos de valle plano dedicados habitualmente al cultivo

2.2.4.- Red hidrográfica.

Las cuencas de los rios representan el espacio geográfico donde se recogen las aguas de escorrentía producidas por la lluvia. El conocimiento del tipo de cuenca puede informar de la actividad de los procesos de erosión, además el uso de la unidad de estudio cuenca tiene ventajas frente a otras ya que evita tener que delimitar territorios (CEOTMA, 1993). Estas ventajas han aconsejado realizar un estudio hidrografico en base a la cartografía militar de España.

Las cuencas de estudio se localizan en el rio Duero, que constituye la más grande de las cuencas hidrográficas de la Península con una superficie total de 79.326 km². Presenta un total de lluvias al año de 45.000 Hm³ de los cuales 12.000 Hm³ sufren el proceso de escorrentía (ARRIBAS, 1984).

El tipo de cuenca depende de diversos factores entre ellos la naturaleza y textura de la roca y clima que condicionan el paisaje; así en climas áridos donde la vegetación es escasa se forman relieves definidos por estratos horizontales. La erosión arrastra materiales en capas y se forman las *mesetas*, éstas se degradan formando oteros o cerros testigos bien representados en el territorio. El encajonamiento y rejuvenecimiento de la red fluvial excava los páramos del Postplioceno, de hecho, el Cuaternario se instala en la superficie carbonatada de los páramos, formando una morfología de oteros, parameras y valles fluviales de amplio desarrollo en la Cuenca del Duero.

Los materiales blandos, típicos del mioceno de la zona, son frecuentemente surcados por una intensa red de pequeños drenajes. En este caso (Figura 2.4.1) siguen un modelo de *Cuencas dendríticas* (WAY, 1978), (STRAHALER, 1989) que se caracteriza por una ramificación arborescente de tributarios hacia el cauce principal en ángulos agudos y por tomar gran cantidad de direcciones

2.3.- ESTUDIO DEL PAISAJE.

*¡Colmas plateadas
grises alcores, cárdenas roquedas
por donde traza el Duero
su curva de ballesta
en torno a Soria, oscuros encinares,
ariscos pedregales, calvas sierras
caminos blancos y álamos de río...*

(Campos de Soria, Machado 1940)

visuales son amplias y se extienden a las unidades adyacentes. La vegetación dominante está formada por: cultivos de secano, bosques islas de encinas, huertas y choperas en los cauces fluviales.

3.- CUESTA DEL PÁRAMO.

Cuestas constituidas por materiales del Mioceno, con pendiente moderada que se acentúa en su parte superior (en contacto con el páramo), mientras que se suaviza en su parte inferior (en contacto con otras unidades, bien de llano o de valle), que presentan fenómenos erosivos activos (barrancos, cárcavas, regueros...). La vegetación es escasa, con abundancia de matorral y de estructuras forestales cuando se suaviza la pendiente y/o los fenómenos erosivos se encuentran impedidos. La cuenca visual se circunscribe a la propia unidad y a las unidades de cota inferior. (Figura 2.3.1)

4.- PÁRAMO.

Zonas tabulares o subtabulares llanas, con alturas comprendidas entre 1.000-1.150 m, de calizas pontienses. La cuenca visual es amplia dentro de la propia unidad donde la vegetación no limita las proyecciones visuales (cultivos y matorral); y muy limitada a otras unidades, salvo que el observador se sitúe en el borde del páramo. La vegetación es muy variada, destacando sabinars y encinares que se alternan con zonas cultivos.

5.- VALLE CERRADO EN ARTESA.

Valles excavados en el páramo, en forma de artesa, angostos en su parte inicial y relativamente profundos, formados por materiales del Mioceno similares a los de las cuestas. Presentan vegetación de choperas, huertas y regadíos en las tierras feraces de los fondos de los valles, y matorral, pastizales o bosques en las laderas. La visibilidad es muy reducida, ya que quedan aisladas del resto de las unidades; en el interior es escasa salvo en la dirección principal que marca el cauce fluvial.

Todas estas unidades sirven para realizar el siguiente mapa temático (Figura 2.3.1. mapa 3, cartografía del paisaje).

Figura 2.3.1. Cuesta de los páramos.



1. Zonas llanas de elevada altitud, parameras.
2. Paramos con otros dispersos.
3. Áreas con ondulaciones suaves, pendientes moderadas y contornos redondeados.
4. Relieves abruptos, pendientes fuertes.
5. Cuestas con presencia de fenómenos de erosión.
6. Cuestas de pendientes suaves.
7. Valle cerrado en artesa.
8. Valle abierto en artesa.

B) Tipo de vegetación. Para estudiar el tipo de vegetación se tuvo como partida los mapas de cultivos y aprovechamientos (ICONA, 1982). Posteriormente se realizó una comprobación de la forma y tamaño de cada una de las manchas de vegetación presentes con fotografía aérea. Ulterior trabajo de campo sirvió para comprobar los tipos de vegetación presentes. Se llegaron a diferenciar 25 tipos de vegetación (GARCIA, 1992). Estas unidades se presentan en el capítulo 5.4.2.

C) Cuencas visuales, entendiendo éstas como el territorio geográfico que un observador es capaz de visualizar. Se diferenciaron dos tipos de cuencas visuales, las intrínsecas a la unidad de paisaje en la cual se valora la superficie del territorio que se observa en el interior de la unidad y cuencas visuales externas; en la cual se considera la accesibilidad visual desde cada una de las unidades de paisaje a las adyacentes. La accesibilidad visual se valoró en una escala semicuantitativa ordinal de tres valores: Cuenca visual alta, media y baja. Se diferenciaron un total de 8 tipos de cuenca visual:

1. Cuenca visual interna alta y externa alta.
2. Cuenca visual interna alta y externa media.
3. Cuenca visual interna alta y externa baja.
4. Cuenca visual interna media y externa media.
5. Cuenca visual interna media y externa baja.
6. Cuenca visual interna baja y externa alta.
7. Cuenca visual interna media y externa alta.
8. Cuenca visual interna baja y externa baja.

En la zona objeto de estudio, a pesar de ser una zona con elevada homogeneidad, dominada por paisajes con amplias cuencas visuales, pocas diferencias altitudinales y una tendencia mosaicista en el paisaje vegetal, se pueden definir las siguientes unidades de paisaje (CASERMEIRO, 1992):

1.- RÍO DUERO.

Río, zona de ribera y primera terraza fluvial, situados en terrenos del Holoceno (Aluvial). Unidad predominantemente llana, con cuencas visuales grandes dentro y fuera de la propia unidad. La vegetación característica son choperas, restos de bosque de galería y cultivos, huertas y regadíos.

2.- LLANURAS.

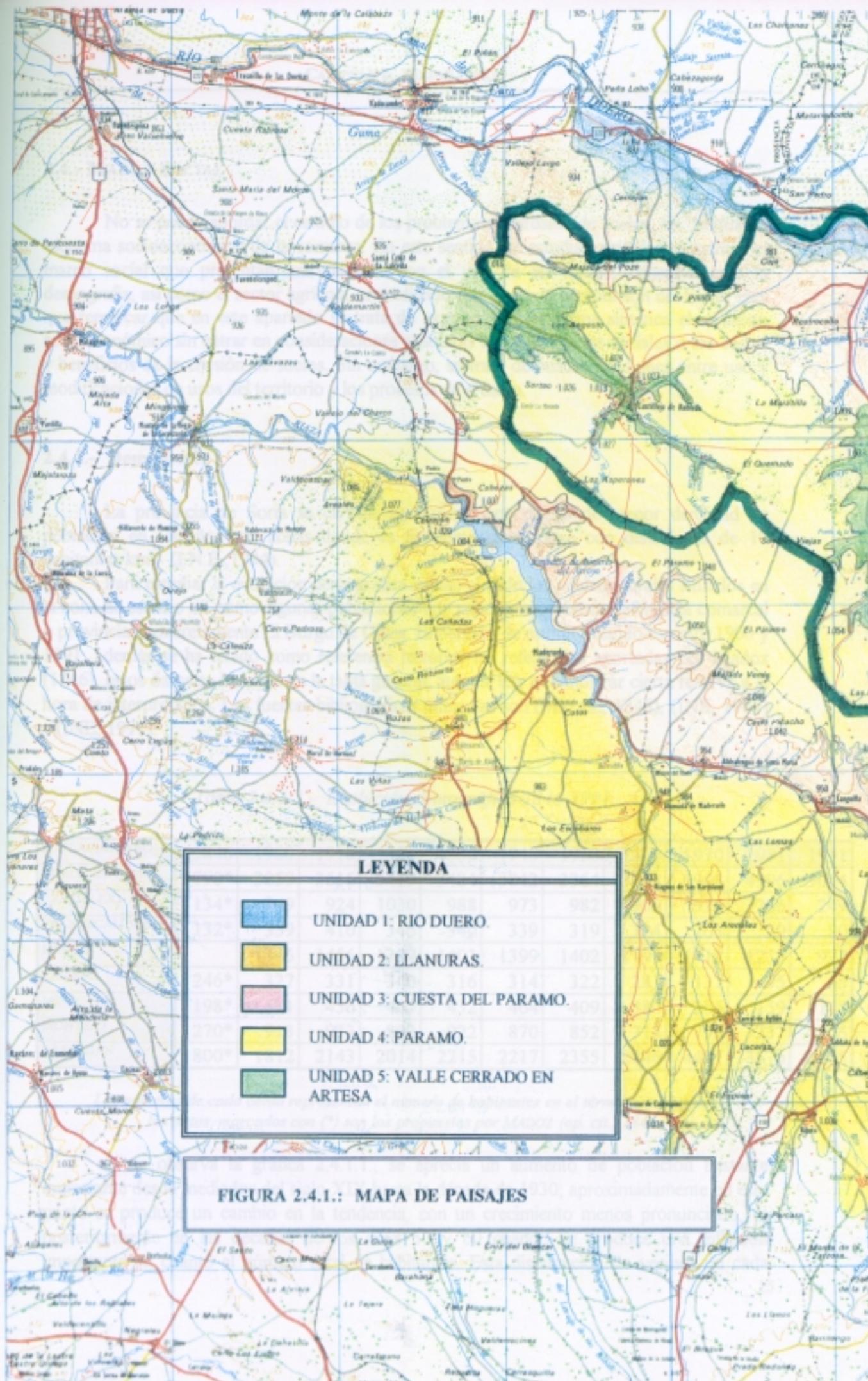
Zonas llanas o con suaves ondulaciones y cerros dispersos, materiales del Holoceno y margas y arcillas del Mioceno, profusamente cursados por regatos y arroyos. Las cuencas



Figura 2.3.2. Páramos.



Figura 2.3.3. Valle cerrado en artesa. Cuesta de los páramos.



LEYENDA

-  UNIDAD 1: RIO DUERO.
-  UNIDAD 2: LLANURAS.
-  UNIDAD 3: CUESTA DEL PARAMO.
-  UNIDAD 4: PARAMO.
-  UNIDAD 5: VALLE CERRADO EN ARTESA.

FIGURA 2.4.1.: MAPA DE PAISAJES

2.4.- MARCO SOCIAL

No se puede abordar el estudio de los problemas de erosión de suelos, sin perfilar el esquema socioeconómico de la comarca. En este sentido, se estudian aquellos elementos del marco social que presentan una relación con el uso de las tierras, concretamente la demografía, así como el sector agrícola, entendiendo este como la explotación del suelo. Hay que remarcar que en este apartado se trata de exponer de una forma sintética el contexto socioeconómico sin entrar en consideraciones absolutas sobre las causas sociales o los costes y beneficios de la erosión de suelos. Sin embargo, se trata de buscar relaciones entre uso y modificaciones de usos del territorio y los procesos de erosión.

2.4.1.- Demografía

La provincia de Soria se caracteriza por ser una de las de menor densidad de población en España, con zonas donde es frecuente encontrarse con densidades de 10 habitantes km² (I.N.E., 1994).

Para estudiar la evolución demográfica se han elegido los núcleos rurales situados en la zona de estudio así como algunas poblaciones que pueden servir como referencia comarcal o provincial, concretamente El Burgo de Osma. El periodo de estudio elegido es entre 1900 y 1991, además se ha tenido como referencia histórica las referencias aportadas por Madoz (1846), estos datos se incluyen en la tabla general, aunque hay que mostrar cierta reserva a la hora de interpretarlos. Las fuentes bibliográficas utilizadas son (MADOZ, 1846), (INE, 1987) y (INE, 1991).

Tabla 2.4.1.1.- Evolución demográfica 1846-1991.

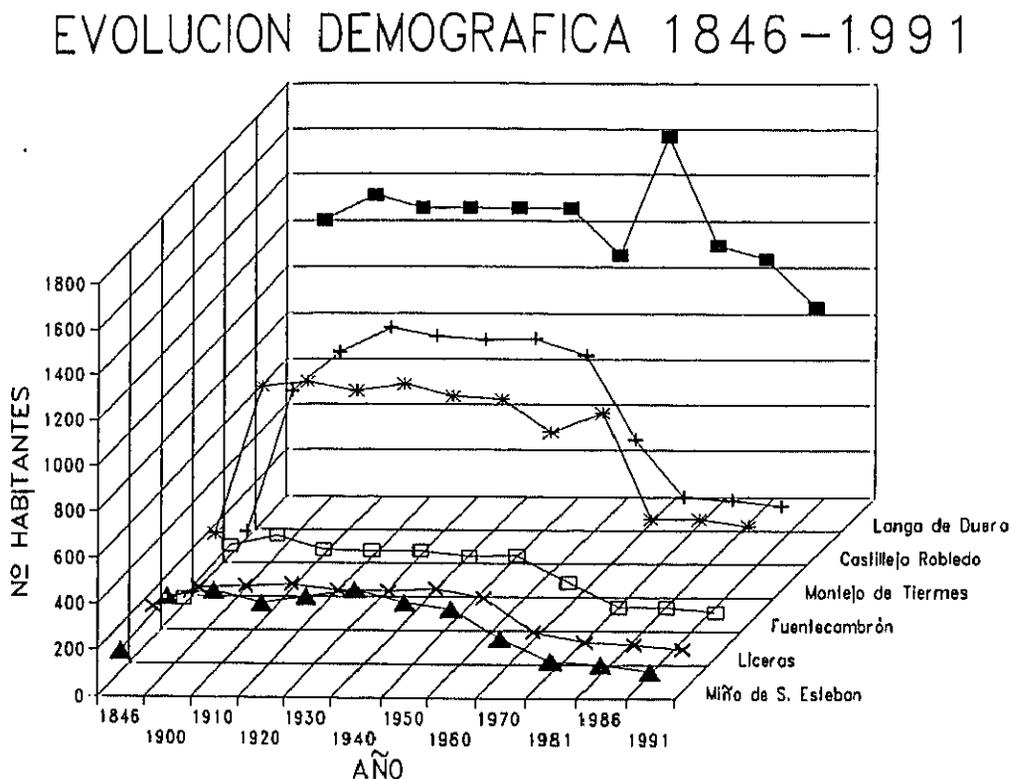
POBLACIÓN/AÑO	1846	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991
BURGO DE OSMA	1790*	3059	3616	3419	3484	3842	3364	3041	5908	4996	5054
CASTILLEJO	134*	749	924	1030	988	973	982	906	536	286	249
FUENTECAMBRON	132*	359	410	346	340	339	319	324	205	99	80
LANGA		1346	1456	1399	1403	1399	1402	1199	1712	1239	977
LICERAS	246*	327	331	340	316	314	322	281	137	95	65
MIÑO	198*	431	456	405	432	464	409	380	255	159	115
MONTEJO	270*	913	933	892	922	870	852	713	795	337	306
S. ESTEBAN	800*	1812	2143	2014	2215	2217	2355	2246	4421	3675	3515

Los números de cada celda representan el número de habitantes en el término municipal, los datos marcados con () son los propuestos por MADOZ (op. cit., 1846)*

Si se observa la gráfica 2.4.1.1., se aprecia un aumento de población bastante importante desde mediados del siglo XIX hasta la década de 1930, aproximadamente en este punto se produce un cambio en la tendencia, con un crecimiento menos pronunciado, es posteriormente en las décadas de los años 50 y 60 cuando se produce una inflexión importante en cuanto al número total de habitantes. Esta disminución de vecinos en cada

pueblo puede ser debida a múltiples factores, pero destaca la migración del ámbito rural a otros núcleos urbanos con mayor sector servicio o a otras provincias limítrofes. Sólo los pueblos mayores como Burgo de Osma o S. Esteban de Górmaz han incrementado considerablemente su número de habitantes.

Figura 2.4.1.1.- Gráfico de evolución demográfica 1846-1991.



2.4.2.- Sistema económico. Sector Agrario.

Paralelamente a la evolución demográfica se analizan los sistemas de producción agraria, en este punto se tiene como principal fuente de información las distintas versiones del censo agrario (INE, 1972, 1984 y 1989).

Algunas referencias históricas interesantes se pueden encontrar en MADDOZ (op.cit., 1846), donde se refleja la situación agrícola en el siglo pasado. Así, define la calidad y circunstancia del terreno de la Villa de Burgo de Osma como: *Fértil en lo general, sobresalen sin embargo las cañadas y los valles que se hallan a la orilla del Duero*. Algunas de estas descripciones tienen en cuenta el tipo de terreno, como sucede en Morcuera, en la actualidad perteneciente al término municipal de San Esteban de Gormaz: *Terreno calcáreo y pedregoso; comprende un monte bien poblado de encina y enebro. Tiene producción de trigo, cebada, centeno, avena, lino, leña y pastos con los que se mantienen ganado lanar, cabrío, vacuno, mular y asnal; hay caza de liebres, conejos y perdices*. En las frases

CAPÍTULO 2. MEDIO FÍSICO

anteriores hay que destacar que se hacía un aprovechamiento integral de todos los recursos naturales presentes en la zona, pastos, lino, leña, ... La evolución histórica en el sector agrícola a partir de la desamortización de Medizabal y Madoz se puede consultar en ORTEGA (1982).

En esta comarca, se puede decir, que en términos económicos, la agricultura va perdiendo importancia frente al sector servicios, que aumentan del 35% en 1975 a 40% en 1985 (BACHILLER, 1990). Los principales cultivos continúan siendo los cereales en las zonas llanas y las huertas de regadío en las terrazas del Duero y cauces fluviales. En el censo Agrario de 1972 se presentan los resultados del número de parcelas y la superficie explotada para cada uno de los municipios (tabla 2.4.2.1), mientras que en los años posteriores se presentan de forma provincial.

Tabla 2.4.2.1.- Número de explotaciones y superficie cultivada. Censo Agrario 1972.

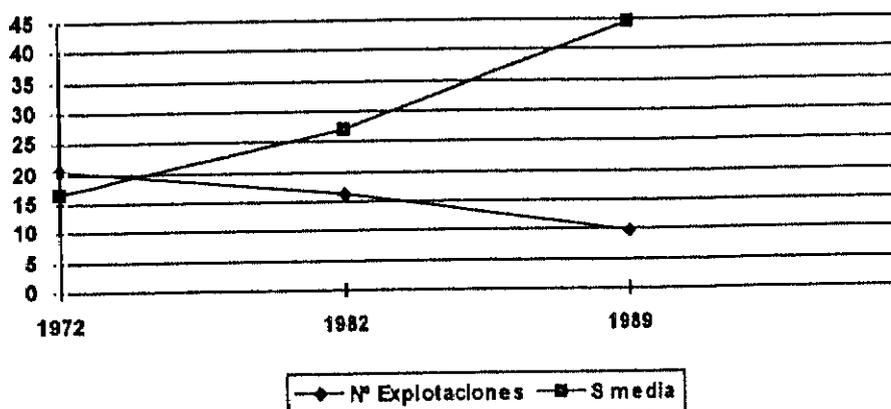
LOCALIDAD	NÚMERO DE EXPLOTACIONES	S. TOTAL	S. LABRADA	S. MEDIA POR EXPLOTACIÓN
Burgo de Osma	733	28350	10901	14 8
Castillejo de Robledo	114	4665	4050	32 5
Fuentecambrón	80	3750	2035	25 4
Langa de Duero	555	17135	8829	15 9
Liceras	38	2295	1258	33 1
Miño de S. Esteban	78	3605	1747	22 4
Montejo de Tiermes	236	15049	3188	13 5
S. Esteban de Gormaz	764	37167	17554	22 9

S. : Superficie, se expresa en ha.

Tabla 2.4.2.2.- Número de explotaciones, superficie labrada y tamaño medio de parcela en Soria (1979-1989)

CENSO AGRARIO	1972	1982	1989
NÚMERO DE EXPLOTACIONES	20 701	16 270	9794
SUPERFICIE TOTAL LABRADA (ha)	347 535	441 363	439673
MEDIA POR EXPLOTACIÓN (ha)	16 7	27 1	44 8

Gráfica 2.4.2.1.- Número de explotaciones $\times 10^3$ y Superficie en ha en la provincia de Soria 1979-1989.



El número total de explotaciones (Figura 2.4.2.1) disminuye de 20701 en 1979 a 9794 en 1989; paralelamente se produce un aumento de la superficie labrada, pasando de 347.535 ha a 439.673 ha. Esto se refleja tanto en el tamaño medio de parcela, pasando de 16.7 ha en 1972, a 27,1 ha en 1982 y 44.8 ha en 1989, como en el régimen de propiedad parcelaria, pasando de una media de 34,7 parcelas a 2,2 parcelas por propietario (BACHILLER, op.cit.). Además, se produce un cambio en las labores agrícolas, aumentando la mecanización del sector. Así, a partir de la década de los 50 se abandonan zonas que anteriormente habían sido cultivadas, concretamente las zonas de mayor pendiente, que hasta no hace tanto tiempo se labraban con los *machos*, las populares mulas. El abandono de estas zonas de cultivo marginales, en pendiente, pueden haber modificado la dinámica de ladera que había sido establecido desde tiempos históricos, pudiendo provocar en algunos casos un aumento de los procesos de erosión.

2.5. BIBLIOGRAFÍA.

- Arribas y Villaverde, 1984 en Manero, F. 1990. Castilla y León en Geografía de España y Portugal. En Omega (ed.), *Castilla y León*. Omega Barcelona.
- Bachiller, J.M. y Sancho de Francisco, M.C. Asociación de amigos del Museo Numantino (ed.). 1990. *Introducción al Estudio del Espacio Geográfico Soriano*. AREVACON, Soria.
- Casermeyro, M.A., Hernando, M.I., Alcover, M.F. y Garrido, F. 1992. Suelos y paisajes en la vertiente sur de la cuenca del Duero. S.E.C.S. Pamplona.
- CEOTMA. MOPT (ed.). 1992. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. 2ed. 1. MOPT, Madrid.
- Erhart, H. Masson (ed.). 1967. *La genèse des sols en tant que phénomène géologique*. Masson, Paris.
- Fortescue, A.C. Spring-Velarg (ed.). 1977. *Environmental geochemistry. A holistic*

- approach*. Spring-Verlag, New York.
- García, L.G., Sobrini, I. y Casermeiro, M.A. 1992. Cartografía y análisis del paisaje de la mitad meridional de la provincia de Soria, en una actividad de infraestructura lineal de transporte. En *Jornadas sobre paisaje (ed.), IV jornadas sobre el paisaje*. Segovia. pp.235-243.
- González-Bernáldez, F. Blume (ed.). 1982. *El paisaje*. 1. 1, Madrid.
- González-Bernáldez, F. 1993. El aprecio de los paisajes de estepa. *Quercus*. **88**: 8-10.
- I.G.M.E. (ed.). 1986. *Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Arcanda de Duero. N°30*. 2ed. I.G.M.E. Madrid.
- I.N.E. (ed.). 1972. *Censo Agrario de España 1972. Soria*. I.N.E. Madrid.
- I.N.E. (ed.). 1984. *Censo agrario de España 1982*. I.N.E. Madrid.
- I.N.E. (ed.). 1987. *Poblaciones de Hecho de los municipios Españoles según los censos oficiales 1900-1981*. I.N.E. Madrid.
- I.N.E. (ed.). 1991. *Censo Agrario 1989. Tomo III Resultados provinciales. Soria*. I.N.E. Madrid.
- I.N.E. (ed.). 1994. *Densidad de población de los municipios Españoles*. I.N.E. Madrid.
- ICONA. 1982. Mapa de cultivos y aprovechamientos. E 1 50 000 Ayllón 20-16 ICONA. Madrid.
- Madoz, P. (ed.). 1846. *Diccionario Geográfico, Estadístico, Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Tomos I-XVI*. Madoz, P, Madrid.
- Manero, F. 1990. Castilla y León en Geografía de España y Portugal. En Omega (ed.), *Castilla y León*. Omega. Barcelona.
- Real Academia Española de la Lengua (ed.) 1992. *Diccionario de la Lengua Española*. 21ed. Editorial Espasa Calpe, S.A. Madrid.
- Rickfels, R.E. 1977. Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *Am. Nat.* **111**: 366-381.
- Solé, L. Montanen y Simón. (ed.) 1952. *España Geografía Física*. 1. T.1 Barcelona.
- Strhaler, A. Omega (ed.). 1989. *Geografía Física*. 3ed Omega, Barcelona.
- Way, D.S. Harvard University (ed.). 1978. *The interaction between urbanization and land. Quality and quantity in environmental planning and design*. Harvard University press. Cambridge.

CLIMATOLOGÍA Y BIOCLIMATOLOGÍA

DESCRIPTORES: Clima mediterráneo, tormentas. Xeric I.

KEY WORDS: Mediterranean climate, rainstorms. Xeric I

RESUMEN:

El clima de la zona se caracteriza en función de la temperatura y precipitación. Se realiza un estudio bioclimático con objeto de determinar, el edafoclima y las condiciones ambientales. Se analiza la precipitación: número de días de lluvia, frecuencia de tormentas y precipitación máxima en 24 horas, ya que este es la responsable de los fenómenos de erosión hídrica. El clima puede definirse como mediterráneo, templado, semicontinental con ombrotipo seco o subhúmedo.

ABSTRACT:

Climatic studies were carried out based on temperature and rainfall. Bioclimatic study was also realized in order to determine the environmental conditions of the case study. Rainfall is responsible for erosion problems, further details studies of rainfall: as frequency of storms, number of days of rainfall and maximum rainfall in one day, were achieved. Climate can be defined as warm, mediterranean, semicontinental with a ombric-type dry or subhumid.

3.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE ESTUDIO.

El clima condiciona: la génesis de los suelos, los fenómenos de escorrentía responsables de la erosión, así como el desarrollo de las comunidades vegetales que pueden frenar los procesos erosivos. Para ello se ha realizado un estudio climático, que trata no sólo de caracterizar el mesoclima, sino que intenta aproximarse de un modo más profundo a la variable precipitación.

El interés de realizar un estudio bioclimático, radica en que informa acerca de la distribución de las biocenosis, en este caso comunidades vegetales que realizan la función de intercepción de la gota de lluvia, impidiendo los procesos de erosión. Además se calculan balances hídricos para estudiar el edafoclima, régimen térmico y contenido en humedad del suelo.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS.

Los datos climáticos se han tomado del Instituto Nacional de Meteorología (INM). Se seleccionaron tres estaciones completas: Liceras, Linares de Arroyo y S. Esteban de Gormaz, en función de su proximidad al área de estudio, número de años de toma de medidas y de las características ambientales semejantes. En estas estaciones se dispone de datos pluviométricos y de temperatura.

Tabla 3.2.1. Características de las estaciones meteorológicas.

ESTACIÓN	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	AÑOS DE MEDIDAS	VARIABLES
LICERAS	2°61'40''	41°22'45''	1020	22	P y T
LINARES	0°71'50''	41°31'40''	911	39	P y T
S. ESTEBAN DE GORMAZ	2°91'00''	41°34'25''	860	39	P y T

Con la Precipitación media mensual y anual (expresada en mm) se determina el régimen ómbrico, el régimen de humedad del suelo, la distribución anual de lluvia y se realiza un balance hídrico, se ha elegido el modelo de Thornwaite para calcular la Evapotranspiración potencial. Los datos termométricos (expresados en °C) utilizados son: Temperatura media mensual, media de las temperaturas máximas y mínimas mensuales y medias de las temperaturas máximas y mínimas absolutas.

Para el estudio bioclimático se utiliza los siguientes índices RIVAS-MARTINEZ (1994): **I_t**: Índice de termicidad; que informa del frío como factor limitante del establecimiento de distintas comunidades vegetales. Se define como la suma en décimas de grado de **T** (temperatura media anual), **m** (temperatura media de las mínimas del mes más frío) y **M** (temperatura media de las máximas del mes más frío del año), modificado por la altitud. **I_a**: Índice de aridez, cociente entre la evapotranspiración media y la precipitación media. **I_m**: Índice de mediterraneidad, que informa sobre el período de aridez estival, es un cociente entre la Precipitación media y la ETP de Thornwaite, durante los meses de Junio, Julio y Agosto. **I_c**: Índice de continentalidad. **PAV**: Período de actividad vegetativa. Períodos de heladas probables y seguras (RIVAS-MARTINEZ, 1992). Todos estos índices se han calculado y se han representado usando bioclimodiagramas para cada una de las estaciones de estudio.

P: Precipitación, T: temperatura.

3.3. RESULTADOS

Tabla 3.3.1.- Datos termométricos, Liceras.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ANUAL
T'	11.9	14.9	20.3	22.8	26.5	31.8	35.7	35.6	32.0	25.3	18.3	13.8	24.0
T	5.5	7.0	10.6	13.1	17.6	23.5	28.9	28.6	24.5	16.4	9.9	7.0	16.0
tm	1.6	3.2	5.5	7.9	11.5	16.4	20.4	20.4	17.2	11.3	5.6	2.7	10.3
t	-2.5	-1.4	-0.6	1.5	4.6	9.1	11.7	12.0	9.8	5.2	7.1	-1.3	4.1
t'	-8.2	-8.2	-7.6	-5.1	-2.0	1.8	5.4	4.9	2.9	-1.5	-6.0	-8.4	-2.6

T' = Temperatura media de las máximas absolutas; T = Temperatura media de las máximas; tm = Temperatura media; t = Temperatura media de las mínimas; t' = Temperatura media de las mínimas absolutas. Todos los datos se expresan en °C

Capítulo 3. Climatología y Bioclimatología.

Tabla 3.3. 2.- Balance hídrico, Licerías.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
P	46.5	48.8	45.0	63.6	71.5	53.9	27.6	24.7	37.4	36.1	50.6	56.3	562.0
ETP	4.3	9.6	22.4	36.4	63.3	96.2	125.3	116.8	84.1	47.1	18.0	7.6	631.1
V	23.7	0.0	0.0	0.0	-6.9	-40.0	-53.1	0.0	0.0	0.0	34.7	41.6	-
R	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	53.1	0.0	0.0	0.0	0.0	34.7	76.3	657.2
ETR	4.3	9.6	22.4	36.4	63.3	96.2	74.4	16.2	31.1	30.1	18.0	7.6	-
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.9	100.6	53.1	17.0	0.0	0.0	-
S	16.4	28.9	23.4	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

P = Precipitación media mensual; ETP = Evapotranspiración potencial; V = Variación de la reserva; R = Reserva; ETR = Evapotranspiración real; D = Deficit; S = Superávit. Todos los datos se expresan en mm..

Tabla 3.3.3.- Datos termométricos, Linares del Arroyo.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ANUAL
T'	14.6	16.3	21.0	23.5	28.4	33.6	36.7	36.5	32.9	25.5	19.3	14.9	25.3
T	8.0	9.1	12.4	15.0	19.8	25.5	30.4	28.7	25.7	17.1	1.8	7.8	17.6
tm	3.6	4.5	6.8	9.2	13.3	18.1	21.1	21.0	18.1	11.9	7.0	4.6	11.6
t	-0.7	0.2	1.2	3.4	6.8	10.6	12.9	13.5	10.5	7.4	2.0	0.2	5.7
t'	-6.9	-5.6	-4.7	-2.2	1.1	4.5	8.1	7.7	4.8	3.8	-3.6	-6.3	-0.2

T' = Temperatura media de las máximas absolutas, T = Temperatura media de las máximas, tm = Temperatura media, t = Temperatura media de las mínimas, t' = Temperatura media de las mínimas absolutas. Todos los datos se expresan en °C.

Capítulo 3. Climatología y Bioclimatología.

Tabla 3.3.4.- Balance hídrico, Linares del Arroyo.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
P	38	39	38	48	50	42	21	20	35	36	47	44	458
ETP	12	12	25	44	76	110	146	129	87	54	20	9	724
V	26	27	13	4	-26	-68	-6	0	0	0	27	35	-
R	88	100	100	100	74	6	0	0	0	0	27	62	557
ETR	12	12	25	44	76	68	125	109	52	18	20	9	-
D	0	0	0	0	0	0	37	109	52	18	0	0	-
S	0	15	28	32	0	0	0	0	0	0	0	0	-

P = Precipitación media mensual; ETP = Evapotraspiración potencial; V = Variación de la reserva; R = Reserva; ETR = Evapotraspiración real; D= Déficit; S =superávit. Todos los datos se expresan en mm..

Tabla 3.3.5.- Datos termométricos, San Esteban de Gormaz

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA ANUAL
T'	15.7	18.4	22.2	24.5	28.9	33.2	36.1	35.6	32.6	27.0	20.9	16.3	25.9
T	9.7	11.4	14.6	17.1	21.2	25.8	30.0	29.4	25.5	19.6	13.5	10.2	19.0
tm	4.4	5.7	8.1	10.3	14.1	18.2	21.3	21.0	17.9	13.0	8.2	5.2	12.3
t	-0.4	-0.1	1.3	3.5	7.0	10.5	12.6	10.0	9.5	5.3	1.6	0.2	5.1
t'	-6.9	-6.0	-4.8	-2.2	1.1	4.8	7.5	6.8	4.2	-0.1	-4.1	-6.4	-0.5

T' = Temperatura media de las máximas absolutas; T = Temperatura media de las máximas; tm = Temperatura media; t = Temperatura media de las mínimas; t' = Temperatura media de las mínimas absolutas. Todos los datos se expresan en °C.

Capítulo 3. Climatología y Bioclimatología.

Tabla 3.3.6.- Balance hídrico, San Esteban de Gormaz

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
P	40.7	39.8	39.6	45.7	55.6	51.0	24.8	22.3	32.6	39.3	46.8	45.4	483.6
ETP	10.6	15.1	29.6	43.6	73.8	103.5	127.7	116.9	83.3	49.6	23.7	12.8	690.2
V	26.7	18.1	8.2	0.5	-24.6	-53.9	-12.0	0.0	0.0	0.0	10.3	26.7	-
R	63.7	81.8	90.0	90.5	65.9	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	37.0	451.2
ETR	10.6	15.1	29.6	43.6	73.8	103.5	28.6	17.9	28.8	29.6	23.7	12.8	-
D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.1	99.0	54.5	20.0	0.0	0.0	-
S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-

P = Precipitación media mensual; ETP = Evapotranspiración potencial; V = Variación de la reserva; R = Reserva; ETR = Evapotranspiración real; D= Déficit; S = Superávit. Todos los datos se expresan en mm..

Tabla 3.3.7.- Precipitación máxima en 24 h.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
Liceras	40.0	25.9	19.6	35.4	44.5	43.5	36.8	48.8	49.0	31.8	29.0	33.4	49.0
Linares	10.0	9.7	11.7	14.1	14.8	15.4	10.5	11.1	14.1	13.3	14.3	12.5	12.6
S. Esteban	29.5	29.0	35.5	38.4	36.5	49.7	45.6	50.0	39.5	38.4	35.5	42.0	50.0

Los datos se expresan en mm

Tabla 3.3.8.- Días de lluvia.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
Liceras	7.7	6.1	6.7	8.8	12.5	9.3	6.0	5.5	6.2	8.1	8.9	8.4	7.9
Linares	6	9	9.7	10.2	10.7	9.3	6.6	5.5	7.5	8.8	9.5	9.7	8.5
S. Esteban	7.8	7.2	8.4	10.1	10.8	8.3	4.7	5.0	6.6	8.9	9.2	8.7	8.0

Tabla 3.3.9.- Días de tormenta.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MEDIA
Liceras	0.0	0.2	0.3	1.2	3.2	4.9	4.5	3.5	2.6	0.3	0.1	0.0	1.7
Linares	0.0	0.2	0.4	1.3	3.8	6.1	5.3	4.2	3.1	0.4	0.3	0.0	2.1
S. Esteban	0.0	0.2	0.4	1.4	4.1	5.8	5.4	4.0	3.0	0.6	0.2	0.3	2.1

Gráfica 3.3.1. Climodiagramas (1, 2, 3) y Balances hídricos (4, 5, 6), correspondientes a Linares el Arroyo (1 y 4), Liceras (2 y 5) y S. Esteban de Gormaz (3 y 6)

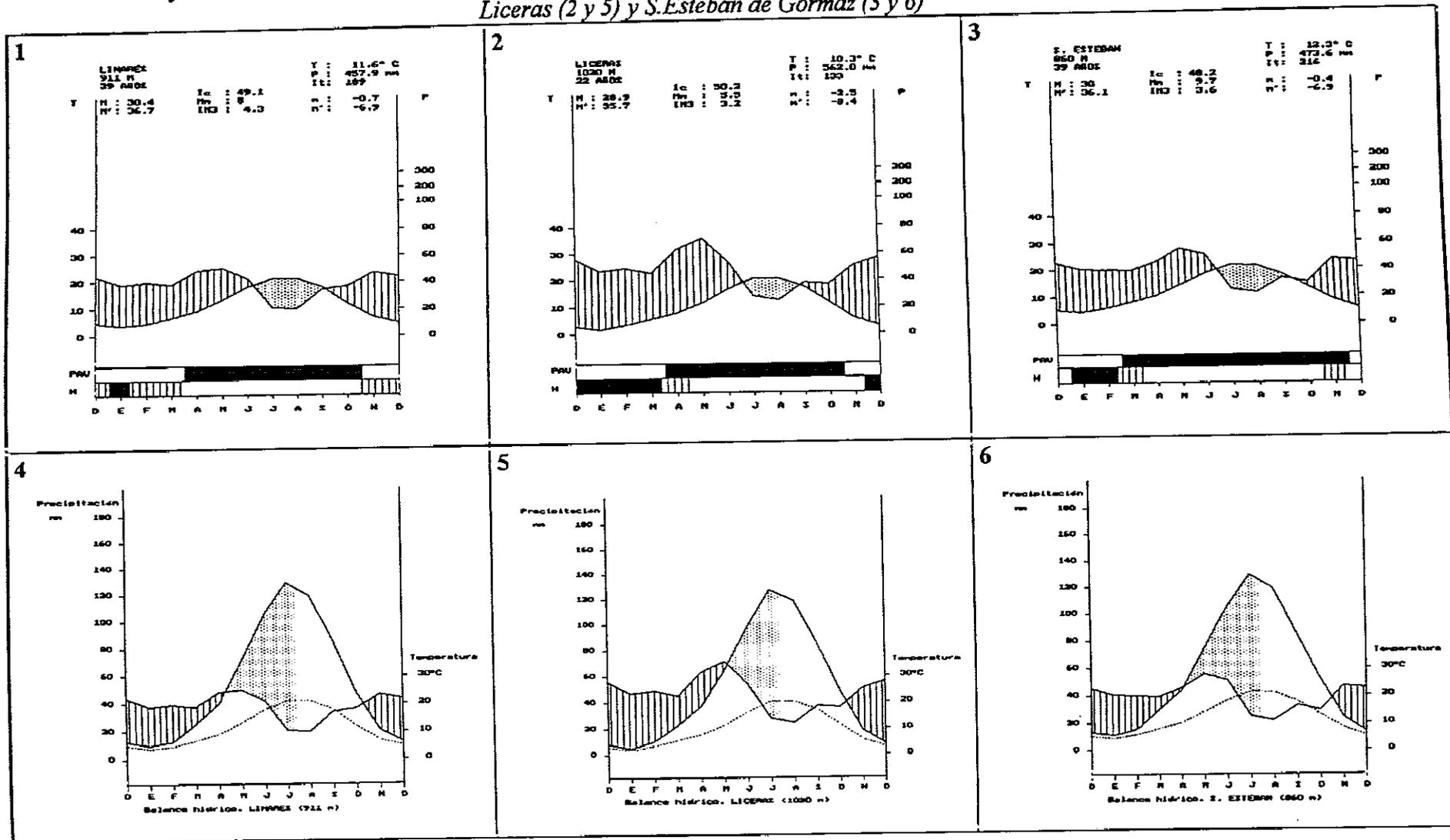


Tabla 3.3.10. Índices bioclimáticos.

ÍNDICE	LICERAS	LINARES DEL ARROYO	S. ESTEBAN DE GORMAZ
t_m	10.3	11.6	12.3
P	562	458	484
Iar	1.12	1.58	1.42
IM ₃	3.2	4.6	3.5
I _{tc}	158	212	238
IC	24.9	22.9	22.1

t_m : temperatura media anual. P: precipitación media anual. Iar: Índice de aridez = ETP anual / P anual. IM₃: Índice de mediterraneidad = ETP Junio+Julio+Agosto/P Junio+Julio+Agosto. I_{tc}: Índice de termicidad compensado = (temperatura media anual + media de las mínimas del mes más frío + media de las máximas de mes más frío)*10+IC. IC: Índice de continentalidad = (media del mes más cálido - media de las medias del mes más frío)+(altitud * 0.6)/100.

Los índices bioclimáticos se han representado gráficamente mediante climodiagramas para cada una de las estaciones (gráfica 3.3.1). Estas gráficas se han realizado usando un programa de cálculo de diagramas bioclimáticos anterior a la 29ª aproximación propuesta por Rivas-Martínez (op cit.). Los índices bioclimáticos que figuran en la tabla 3.3.10. son los utilizados para realizar la clasificación bioclimática.

3.4. DISCUSIÓN

La Precipitación media anual oscila entre 458 y 562 mm, con mínimos históricos de 281.6 en 1982 y máximos de 710.5 mm en 1960 en Linares de Arroyo. La precipitación se puede considerar baja en el conjunto de la Cuenca del Duero, con valores que aumentan tanto en dirección este como oeste.

La Precipitación media mensual varía entre 20 mm en Agosto en Linares del Arroyo y 71.5 mm en Mayo en Liceras. La distribución estacional de la Precipitación media mensual (FILLAT, 1985) muestra el verano como la estación más seca, mientras que la primavera es la estación más lluviosa, otoño e invierno presentan en las tres estaciones valores intermedios. El ritmo ómbrico, da una distribución tipo: Primavera > Otoño > Invierno > Verano en Linares del Arroyo y del tipo Primavera > Invierno > Otoño > Verano en Liceras y S. Esteban.

Las tormentas son frecuentes en los meses estivales, además es en estos meses cuando se recoge más cantidad de lluvia en 24 horas. Estos datos indican que la agresividad de la lluvia es mayor en el estio que en el resto de los meses. Las estaciones de estudio no tienen pluviógrafos que registren la intensidad de las lluvias por lo que no se ha podido calcular la Intensidad de lluvia en 30 minutos ($I_{E_{30}}$), que se puede considerar como valor de referencia de intensidad de lluvia.

Otro índice de intensidad de lluvia que se considera de interés es la constante de agresividad de lluvia R (WISCHMEIER, 1958). Este índice ha sido calculado por ICONA (1989) para la estación de Linares el Arroyo y presenta un valor de 67, que se puede considerar intermedio en el conjunto de la cuenca del Duero.

Los datos de ETP (THORNWAITE, 1957), junto con los de P, permiten realizar el balance hídrico (ALMARZA, 1984), (Tablas 3.3.2, 3.3.4 y 3.3.6). Los balances hídricos

muestran como la Evapotranspiración es mayor que la media de la precipitación a partir del mes de Mayo; estos datos se reflejan en el suelo con dos meses de retraso. Apareciendo el período de déficit entre Julio y Octubre; durante los meses de Mayo y Junio el suelo utiliza la reserva acumulada en los meses anteriores.

La temperatura media del año (tablas 3.3.1, 3.3.3 y 3.3.5) varía entre 10.3 °C y 12.3 °C lo que permite clasificar el macroclima en territorios extratropicales como templado. El mes mas frío en las tres estaciones es Enero, con valores comprendidos entre 1.6°C y 4.4°C. Las mínimas absolutas se localizan en Licerias con valores medios de -8.2 °C durante el mes de Enero; el valor mínimo histórico registrado es de -18.2°C en Linares del Arroyo.

Se producen heladas probables (media de las temperaturas mínimas < 2) y seguras (media de las mínimas < 0), en todas las estaciones: Licerias presenta heladas siempre de Diciembre a Marzo y en ocasiones en Abril; a partir de éste último mes y hasta Octubre presentan un período de actividad vegetativa. El Período de Actividad Vegetal: (PAV), se define como el período del año en el cual las comunidades vegetales producen biomasa, que PAPADAKIS (1980) establece para una temperatura media mensual superior a 7,5°C para cultivos herbáceos.

Linares presenta un sólo mes de heladas seguras (Enero), y cuatro meses de heladas probables Noviembre, Diciembre, Febrero y Marzo, el período de actividad vegetativa es de Abril a Octubre. S. Esteban presenta un período de heladas de Noviembre a Marzo, siendo seguras los meses de Enero y Febrero. En este caso, el Período de actividad vegetativa es el más prolongado desde Marzo a Noviembre; estos datos reflejan la menor altitud de ésta estación.

En relación con los parámetros bioclimáticos (tabla 3.3.10), los valores de los índices de mediterraneidad, permiten clasificar el macrobioclima como mediterráneo. El índice de termicidad compensado permite acotar mas el macrobioclima; concretamente, Linares del Arroyo y S. Esteban de Gormaz se localizan en un piso bioclimático mesomediterráneo, mientras que Licerias se localiza en el piso supramediterráneo. Los valores de los índices de continentalidad permiten clasificar el clima como semicontinental y los valores de precipitación clasifican el ombrotipo como seco en Linares y S. Esteban y subhúmedo en Licerias.

El edafoclima se puede calcular y clasificar en base a datos climáticos. (LÁZARO, 1978). En general, puede estimarse que la temperatura media del suelo a 50 cm de la superficie es un grado superior a la temperatura media atmosférica. De está manera los suelos presentan un tipo térmico Mesic.

El régimen de humedad de los suelo estudiados mediante los balances hídricos (tablas 3.3.2., 3.3.4. y 3.3.6.), permite clasificarlos como Xeric I. Es decir, presentan una sección de control durante cuarenta y cinco días consecutivos siguientes al solsticio de verano y cuarenta y cinco días húmedos durante los cuatro meses siguientes al solsticio de invierno.

3.5. CONCLUSIONES.

1. El clima de la zona de estudio es mediterráneo templado, semicontinental.
2. Linares del Arroyo y S. Esteban de Gormáz se localizan en un piso bioclimático mesomediterráneo con ombrotipo seco, mientras que Licerías es supramediterráneo subhúmedo.
3. El edafoclima es Mesic, con un régimen de humedad Xeric I.
4. La agresividad de la lluvia es intermedia dentro de la cuenca del Duero y la mayor frecuencia de tormentas se presenta durante los meses de Julio y Agosto

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Almarza, C. I.N.M. (ed) 1984 *Fichas hidricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*. INM, Madrid
- Fillat, F. 1985 *Estacionalidad de las precipitaciones en España: clasificación de zonas homogéneas. Avances sobre la investigación en bioclimatología*. CSIC-Universidad de Valencia, Valencia
- ICONA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (ed) 1989. *Agresividad de lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo*. 1 MAPA, Madrid
- Lazaro, F., Elías, F. y Nieves, L. INIA (ed) 1978. *Regímenes de humedad de los suelos en la España peninsular*. Series del INIA. 20. INIA,
- Papadakis, J. Albatros (ed.) 1980 *El clima*. Buenos Aires
- Rivas-Martínez, S. 1992. Bioclimatic belts of west Europe. EUR13149EN. Bruselas pp 225-246
- Rivas-Martínez, S. 1994 Clasificación bioclimática de la Tierra *Folia Botanica Matritensis* 13 1-19.
- Thornthwaite, C.W. 1957 Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance *Publ. Climatology* 10
- Wichsmeier, W.H., Smith, D.D. y Uhland, R.E. 1958. Evaluation of the factors in the Soil-Loss equation. *Agr. Eng.* 39. 458-462

UNIDADES DE SUELO

DESCRIPTORES: Suelos, clasificación de suelos, Leptosoles, Regosoles, Cambisoles, Arenosoles, Fluvisoles, Luvisoles, génesis

KEY WORDS: Soils, soils classification, Leptosols, Regosols, Cambisols, Arenosols, Fluvisols, Luvisols, soil genetics

RESUMEN:

Se han diferenciado seis unidades de suelos diferenciándose seis clases: Cambisoles, Leptosoles, Regosoles, Arenosoles, Fluvisoles y Luvisoles.

Se presentan los datos generales, los antecedentes encontrados y los criterios y métodos analíticos utilizados a la hora de tomar, analizar y clasificar las muestras de suelo.

Posteriormente, se describen de forma sintética, las unidades de suelos estudiadas mostrando las principales propiedades físicas, químicas y físico-químicas, así como las características genéticas de las unidades de suelo estudiadas.

ABSTRACT:

Some of the most important characteristics and soil data are presented. Thirty soil samples have been selected in order to evaluate the most typical soil units. There exist six units. Leptosols and Regosols are the most representative on the eroded slopes of the *paramo*; others soil units are Luvisols, Cambisols, Fluvisols and Arenosols.

Bibliographic review of the soil studies related to the case study has been collected, also soil sample selection criteria, soil analysis methodology and soil classification methods are also shown.

The main physical, chemical and physico-chemical properties and the genetic characteristics are described in every soil unit.

4.1.- INTRODUCCIÓN.

Se estudia la génesis de los suelos de la provincia de Soria. Estos suelos han sido estudiados, si bien no se ha encontrado en la bibliografía monografías específicas sobre la zona de estudio. Cabe destacar, sin embargo, el Mapa Nacional de suelos (CSIC, 1968), el Mapa de la Comunidad Europea (CE, 1985), el Departamento de Edafología de la UCM realizó una buena aportación con la monografía sobre *Estudios de los suelos del sector central de la provincia de Soria* (GONZÁLEZ, 1990), donde se explica tanto los tipos de suelo como su dinámica. A partir de 1990 se inicia una línea de investigación sobre erosión de suelos en dicho departamento que ha dado lugar a numerosas presentaciones a congresos, proyectos de investigación y tesis doctorales.

4.2. OBJETIVOS.

1. Identificar los tipos de suelo presentes en el área de estudio, fundamentalmente en las zonas erosionadas.
2. Clasificar los suelos y analizar las principales propiedades de los mismos que pueden considerarse importantes frente a los problemas de erodibilidad del suelo.
3. Relacionar los suelos con las unidades de paisaje.

4.3.- MATERIAL Y MÉTODOS.

4.3.1.- Criterios de Selección de Muestras.

Dada la escala de trabajo geográfica, pequeña cuenca hidrográfica como unidad de análisis, se tuvieron en cuenta una serie de criterios para la toma de muestras, con el objeto de escoger el máximo de variabilidad edáfica y presentar los grados de erosión mas significativos en el área de estudio. Los criterios seleccionados son:

- Posición fisiográfica.
- Naturaleza del material original.
- Vegetación existente.
- Tipo de pendiente.
- Grado de erosión presente en el terreno.

Se han tomado un total de 30 perfiles de suelo (Tabla 4.3.1.1), (Figura 2.1.2.) que se localizan en las tres principales cuencas del ámbito de estudio.

Tabla 4.3.1.1.- Localización de los perfiles en las cuencas.

Arroyo de la Nava	Arroyo Valdemazo	Rio Pedro
1, 2, 3, 6, 29, 30	4, 5, 22, 23, 24, 28	7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27,

Los números del interior de la tabla corresponden a los puntos de muestreo.

Debido a que el principal objetivo es estudiar los problemas de erosión, hay que remarcar que el mayor número de muestras se ha tomado en zonas de pendiente que corresponden a las unidades de paisaje de cuesta de los páramos y en las laderas de los valles fluviales. Además, se han tomado muestras del resto de las unidades paisajísticas para caracterizar el resto de unidades de suelo presentes.

Tabla 4.3.1.2- Información general de los perfiles

MUESTRA	U.T.M.	ALTITUD (m)	FISIOGRAFÍA	FORMA CIRCUNDANTE	PENDIENTE (%)	ORIENTACIÓN
1. Leptosol réndrico	VM563043	1015	Ladera	Colinado	15	S
2. Leptosol lítico	VM563043	1020	Ladera	Colinado	15	E
3. Leptosol réndrico	VM572621	1015	Ladera	Colinado	20	NO
4. Leptosol réndrico	VM63041	1030	Ladera	Colinado	15	E
5. Luvisol crómico	VM60035	1160	Llano	Llano	0	O
6. Regosol calcárico	VL608999	1045	Ladera	Colinado	25	SO
7. Leptosol eútrico	VL7583	1180	Ladera	Valle	10	NO
8. Regosol calcárico	VL7583	1170	Plano	Valle	< 5	SO
9. Leptosol eútrico	VL7681	1260	Cima	Colinado	10	NE
10. Luvisol crómico	VL7681	1260	Llano	Colinado	< 5	S
11. Regosol calcárico	VL85579	1300	Ladera	Colinado	40	N
12. Regosol calcárico	VL85579	1300	Ladera	Colinado	40	N
13. Leptosol eútrico	VL85793	1260	Ladera	Colinado	25	SE
14. Cambisol calcárico	VL82686	1120	Ladera	Colinado	15	NE
15. Leptosol réndrico	VL83878	1230	Ladera	Colinado	15	E

U.T.M.: Coordenadas Universal Trasverse Mercator; Fisiografía y forma circundante: según FAO (1977)

Tabla 4.3.1.3- Información general de los perfiles

MUESTRA	U.T.M.	ALTITUD	FISIOGRAFÍA	FORMA CIRCUNDANTE	PENDIENTE (%)	ORIENTACIÓN
16 Leptosol mólico	VL823885	1140	Ladera	Colinado	5	SE
17 Regosol calcárico	VL813911	1070	Ladera	Colinado	10	E
18 Regosol calcárico	VL813911	1070	Ladera	Colinado	10	E
19 Arenosol calcárico	VL819919	1050	Ladera	Colinado	15	S
20 Arenosol calcárico	VL819919	1050	Ladera	Colinado	15	S
21 Fluvisol calcárico	VM65906	840	Llano	Llanura	5	O
22 Leptosol eutríco	VL742946	1050	Llano	Llanura	5	O
23 Leptosol réndrico	VL741948	1020	Ladera	Colinado	15	O
24 Leptosol lítico	VL741948	1020	Ladera	Colinado	15	O
25 Arenosol calcárico	VL77996	900	Ladera	Colinado	15	E
26 Leptosol lítico	VL79100	870	Ladera	Colinado	20	O
27 Arenosol calcárico	VL721988	980	Ladera	Colinado	25	N
28 Cambisol calcárico	VL673961	970	Ladera	Colinado	15	O
29 Regosol calcárico	VM575032	970	Ladera	Colinado	30	SO
30 Leptosol réndrico	VL601996	1010	Ladera	Colinado	10	N

U.T.M.: Coordenadas Universal Trasverse Mercator. Fisiografía y forma circundante: según FAO (1977)

4.3.2.- Métodos.

La apertura del perfil y toma de muestras se realizó según la metodología propuesta por FAO (1977). Los análisis físicos, químicos y físico-químicos han sido realizados básicamente siguiendo las metodologías propuestas por ISRIC (1987), (1993), aunque para algunos parámetros se han utilizado otros métodos como la Norma Française (NFX) o los métodos propuestos por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

Color, (MUNSELL, 1975). Análisis granulométrico, (ISRIC, 1987). Índice de Boyoucus, a partir de los resultados obtenidos en el análisis granulométrico. (Boyoucus, 1935). Determinación del pH, utilizando una suspensión suelo/agua 1:2,5 (ISRIC, 1987). Conductividad Eléctrica y contenido en sales solubles (NELSON, 1982). Determinación de carbono orgánico y materia orgánica (ISRIC, 1993). Nitrógeno total siguiendo el método Kjeldhal (ISRIC, 1987). Carbonato cálcico equivalente por volumetría con HCl (ISRIC, 1993). Carbonato extraíble con oxálato amónico (NF, 1982).

La identificación de minerales de la fracción arcilla se realizó, a partir de arcilla obtenida por sedimentación controlada utilizando hidróxido amónico como dispersante (ISRIC, 1987), utilizando un difractorómetro de rayos X (modelo RIGAKU Miniflex 1 Kw, radiación K_{α} de Cu), siguiendo las indicaciones de BROWN (1972) y BRINDLEY (1980) entre otros. Se obtuvieron difractogramas de Rayos X sobre agregados orientados, solvatados con etilén glicol y calentados a 550 °C durante dos horas.

Posteriormente a los análisis, los suelos se han clasificado según FAO (1991).

4.4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES SUELOS ESTUDIADOS.

4.4.1. Leptosoles

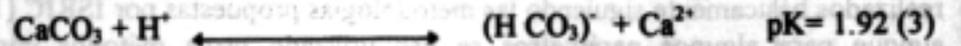
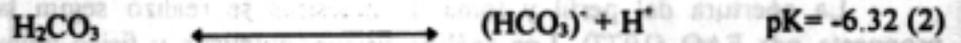
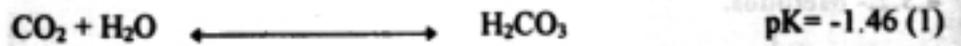
Son los suelos más representativos en el área de estudio. Se localizan generalmente en las cuestas de los páramos con pendientes variables entre 5-25 %, en ocasiones se presentan en los páramos.

Son suelos jóvenes de perfil AC, ó AR, se desarrollan a partir de distintos materiales carbonatados como: calizas, calizas margosas, margas, areniscas calcáreas y conglomerados.

Presentan horizontes ócricos o mólicos y se pueden diferenciar Leptosoles líticos (muestras 2, 24 y 26), Leptosoles eútricos (muestras 7, 9, 13, 22) (figura 4.4.1.1) , Leptosoles mólicos (muestra 16) (figura 4.4.1.2) y Leptosoles réndricos (muestras 1, 3, 4, 15, 23 y 30)(figura 4.4.1.3).

Los minerales de arcilla reflejan el origen carbonatado de estos suelos, así en los leptosoles réndricos y líticos la calcita es el mineral dominante con presencia de interestratificados del tipo micas-ilitas; mientras que los leptosoles eútricos normalmente con menor contenido en carbonato presentan menor cantidad de calcita y un aumento de caolinitas, feldspatos y minerales del grupo de las cloritas y micas-ilitas.

La génesis de estos suelos viene determinada por la disolución y pérdida de carbonato proveniente del material original (LYNDSAY, 1979):



Parte del material carbonatado permanece en el interior del perfil y en su forma activa interviene de forma decisiva en los procesos de humificación, formando humus del tipo mull carbonatado (DUCHAOUFOUR, 1986). El origen carbonatado también influye en las propiedades químicas como: pH moderadamente básicos, saturación en bases con dominio del Ca^{2+} de cambio y relaciones C/N próximas a 10, no presentan sales solubles y sus conductividades eléctricas son bajas.

Son texturalmente muy variados salvo algunos Leptosoles líticos, presentan buenas estructuras granulares. La actividad biológica es muy importante siendo los organismos más representados las lombrices de tierra, artrópodos (DRIESDEN, 1993), y aparecen gran cantidad de hongos, algunos de elevado valor comestible, como la trufa negra *Tuber melanosporum*.

Son suelos con clara vocación forestal con ejemplos de encinares y sabinars, o de sus etapas de sustitución representadas por formaciones de matorral. Estas zonas presentan un claro peligro de erosión debido a múltiples factores (pendiente, erodibilidad,...), que se encuentran ligados al cambio de uso del suelo: sobrepastoreo, explotación del bosque, etc

Figura 4.4.1.1. Leptosol eútrico. Perfil 7.

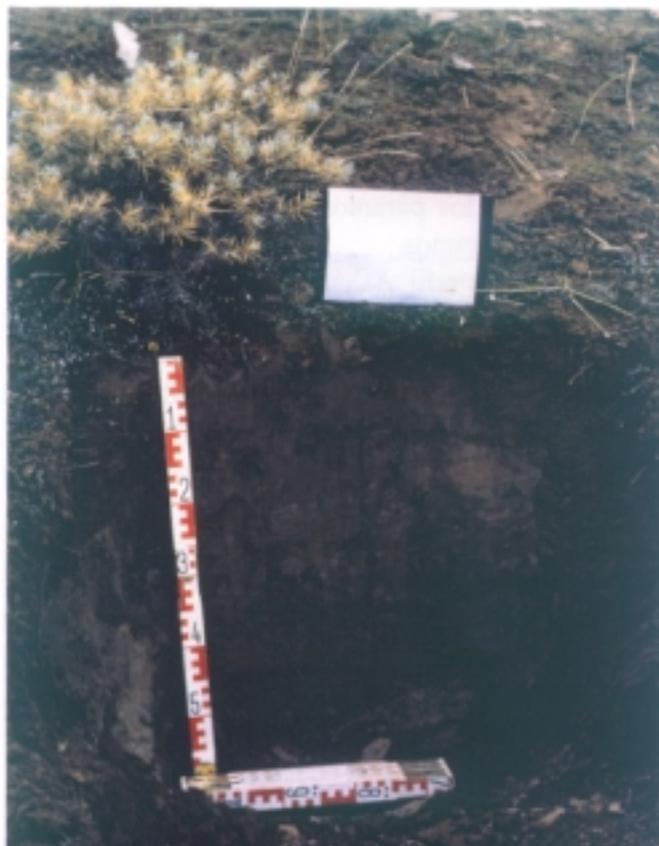


Figura 4.4.1.2. Leptosol móllico. Perfil 16.

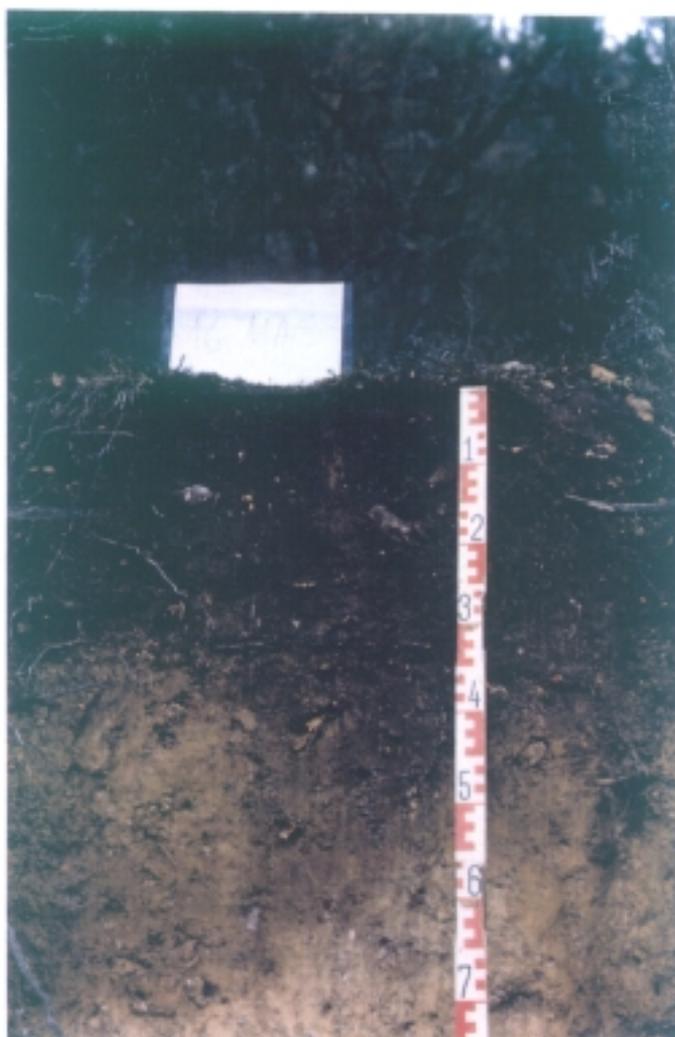


Figura 4.4.1.3. Leptosol réndrico. Perfil 23.



Tabla 4.4.1.1- Características morfológicas de los leptosoles

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR	COLOR	PEDREGOSIDAD	PEDREGOSIDAD	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
			SECO	HÚMEDO	SUPERFICIAL	INTERNA			
1. Leptosol réndstico									
	A _b	0-30	7.5YR5/0	7.5YR4/2	80	1G	G0	Muy Friable	E210
	R	>30							
2. Leptosol lítico									
	A _b	0-10	10YR7/1	10YR7/2	30	No	P1	Firme	E210
	R	>10							
3. Leptosol réndstico									
	A _{b1}	0-20	10YR5/2	10YR5/3	30	2G	G2	Friable	E211
	A _{b2}	20-30	7.5YR5/6	7.5YR6/4		1G	G1	Muy Friable	
	C	30-65	10YR7/3	10YR6/3		1G	G2	Friable	
	2C	65-100	5YR5/6	5YR6/6		No	P	Suelto	
	3C	>100	7.5YR6/6	7.5YR6/4		2G	G1	Muy Friable	
4. Leptosol réndstico									
	A _{b1}	4-0	5YR3/2	5YR2/2	40	1G	P	Suelto	E210
	A _{b2}	0-4	5YR3/2	5YR3/2		2G	G1	Muy Friable	
	A _{b3}	4-14	7.5YR6/6	7.5YR3/0		2G	G1	Muy Friable	
	R	>14							

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras. Drenaje: E = externo, I = interno, O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte.

CAPÍTULO 4.- UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.1.2- Características morfológicas de Leptosoles

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR SECO	COLOR HÚMEDO	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	PEDREGOSIDAD INTERNA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
7. Leptosol eútrico	A _{h1}	0-5	7.5YR5/4	7.5YR5/4	20	No	G1	Muy Friable	E212
	A _{h2}	5-50	7.5YR5/4	7.5YR4/4		No	P	Suelto	
	R								
9. Leptosol eútrico	A _h	0-5	7.5YR6/8	5YR4/8	40	3G + 1P	P	Suelto	E212
	C	5-50	7.5YR6/4	5YR5/6		2G + 3P	P	Suelto	
13. Leptosol eútrico	A _{h1}	0-5	5YR5/6	5YR4/6	60	2P	G2	Friable	E210
	A _{h2}	5-25	5YR6/4	5YR5/6		3G	Po1	Friable	
	R	>25							
15. Leptosol réndrico	A _{h1}	0-10	7.5YR3/2	5YR3/2	0	No	G1	Muy Friable	E211
	A _{h2}	10-30	7.5YR3/4	5YR3/3		3G	G3	Friable	
	R	>30							
16. Leptosol móllico	A _h	0-20	7.5YR4/4	7.5YR3/2	20	No	G2	Friable	E212
	C	20-80	7.5YR4/4	7.5YR5/4		No	G1	Friable	
	R								

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras. Drenaje: E = externo, I = interno, O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto. Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte.

Tabla 4.4.1.3.- Características morfológicas de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR SECO	COLOR HUMEDO	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	PEDREGOSIDAD INTERNA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
22. Leptosol éctrico	A _b	0-5	5YR4/3	2.5YR4/4	20	1G	G1	Friable	E212
	2C	5-35	5YR4/4	2.5YR4/6		2G	Po2	Firme	
	R								
23. Leptosol réndrico	A _b	0-25	5YR6/3	5YR5/3	40	3G	G2	Friable	E212
	R		5YR6/3	5YR5/3		R			
24. Leptosol lítico	A _b	0-20	5YR6/4	5YR6/2	40	3G	G1	Friable	E212
	R								
26. Leptosol lítico	A _b	0-30	7.5YR7/4	10YR7/4	30	No	G2	Friable	E211
	R								
30. Leptosol réndrico	A _b	0-18	7.5YR4/6	5YR3/2	20	2G	G3	Friable	E211
	R								

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras. Drenaje: E = externo, I = interno, O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto. Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte.

CAPÍTULO 4.- UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.1.4.- Datos texturales de leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I. BOYOUCUS	CLASE TEXTURAL
1. Leptosol réndrico	A _h	16.60	25.30	21.90	36.20	1.76	Franco arcillosa
2. Leptosol lítico	A _h	22.50	10.10	31.40	36.00	1.78	Franco arcillosa
3. Leptosol réndrico	A _{h1}	18.10	31.10	14.30	36.50	1.74	Arcillo arenosa
	A _{h2}	17.00	27.50	9.50	46.00	1.17	Arcillo arenosa
	C	31.10	35.00	15.70	18.20	4.49	Franco arenosa
	2C	66.00	19.30	8.00	6.70	13.93	Arenosa franca
	3C	37.20	21.50	17.20	24.10	3.15	Franco arcillo arenosa
4. Leptosol réndrico	A _{h1}	29.10	27.20	27.50	16.20	5.17	Franco arenosa
	A _{h2}	22.00	23.90	37.20	16.90	4.92	Franca
	A _{h3}	14.30	26.60	48.70	10.40	8.62	Franco limosa
7. Leptosol eútrico	A _{h1}	49.11	39.89	4.12	6.88	13.53	Arena
	A _{h2}	51.82	31.78	4.85	11.55	7.66	Arenoso franca

Tabla 4.4.1.5.- Datos texturales de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I. BOYOUCUS	CLASE TEXTURAL
9. Leptosol eútrico							
	A _b	79.57	9.44	1.66	9.33	9.72	Arena
	C	67.40	20.76	3.58	8.26	11.11	Arena
13. Leptosol eútrico							
	A _{h1}	10.50	40.00	11.94	37.56	1.66	Arcillo arenosa
	A _{k2}	17.74	31.31	19.95	31.00	2.23	Franco arcillo arenosa
15. Leptosol réndrico							
	A _{k1}	19.89	30.28	30.49	19.34	4.17	Franca
	A _{k2}	10.32	32.33	10.95	46.40	1.16	Arcilla
16. Leptosol mólico							
	A _b	3.68	45.91	9.95	40.46	1.47	Arcillo arenosa
	C	5.40	45.22	3.97	45.41	1.20	Arcillo arenosa
22. Leptosol eútrico							
	A _b	11.99	14.20	9.18	64.63	0.55	Arcilla
	2C	46.69	14.60	3.24	35.47	1.82	Arcillo arenosa

CAPÍTULO 4.- UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.16.- Datos texturales de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I. BOYOUCUS	CLASE TEXTURAL
23. Leptosol réndrico	A _h	38.99	36.11	10.74	14.16	6.06	Arenosa franca
24. Leptosol lítico	A _h	36.23	51.10	3.69	8.98	10.14	Arena
26. Leptosol lítico	A _h	28.14	20.57	28.06	23.23	3.30	Franco arenosa
30. Leptosol réndrico	A _h	9.54	16.07	19.82	54.57	0.83	Arcilla

Tabla 4.4.1.7. - Datos analíticos de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μS)	SALES (mg l^{-1})	CaCO_3 EXTRACTABLE	CaCO_3 EQUIVALENTE	C %	MO %	N %	CN
1 Leptosol rëndsico										
	A _h	7.9	166	85	8.3	40.44	2.49	4.27	0.17	14.64
	R					79.4				
2 Leptosol lítico										
	A _h	8.2	124	79	13.9	53.91	2.12	3.64	0.17	12.47
	R					98.5				
3 Leptosol rëndsico										
	A _{h1}	8.4	154	98	8.3	28.79	1.87	3.21	0.18	10.39
	A _{h2}	8.1	219	140	11.32	42.83	1.37	2.35	0.08	17.12
	C	8.5	-	-	10.1	46.15	0.55	0.95	-	-
	2C	8.1	179	114	0.7	1.38	0.6	1.03	-	-
	3C	8.6	-	-	3.77	17.45	0.17	0.23	-	-

Los valores de CaCO_3 extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C = Carbono orgánico, M O = Materia orgánica. El valor de carbonato equivalente de R, es el de una roca del interior del perfil

Tabla 4.4.1.8.- Datos analíticos de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μ S)	SALES (mg l^{-1})	CaCO ₃ EXTRACTABLE	CaCO ₃ EQUIVALENTE	C. %	M.O.%	N. %	C/N
4. Leptosol réndrico										
	A _{h1}	7.4	-	-	2.26	6.31	17.56	30.16	1.37	12.81
	A _{h2}	7.6	215	137	5.28	12.97	10.82	18.58	1.37	7.89
	A _{h3}	8.1	-	-	12.32	38.16	3.97	7.7	4.62	0.86
	R					68.90				
7. Leptosol eútrico										
	A _{h1}	8	177	74	1.12	9.97	2.36	4.18	0.12	19.60
	A _{h2}	8.1	80	51	1.25	9.28	1.98	3.98	0.09	22.00
	R					9.50				
9. Leptosol eútrico										
	A _{h1}	6.6	51	32	1.25	8.92	2.43	4.3	0.22	11.04
	C	6.7	64	40	1.24	7.97	0.24	0.41	-	-
13. Leptosol eútrico										
	A _{h1}	7.9	320	204	2.56	11.13	4.95	8.76	0.34	14.50
	A _{h2}	8.1	240	153	2.37	10.76	2.3	4.07	0.17	13.50
	R					47.2				

Los valores de CaCO₃ extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M. O. = Materia orgánica El valor de carbonato equivalente de R, es el de una roca del interior del perfil

Tabla 4.4.1.9.- Datos analíticos de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μS)	SALES (mg l^{-1})	CaCO_3 EXTRACTABLE	CaCO_3 EQUIVALENTE	C. %	M.O.%	N. %	C/N
15. Leptosol réndrico										
	A _{h1}	7.2	245	156	0.31	11.03	12.68	22.45	1.01	12.55
	A _{h2}	7.5	217	138	3.62	10.23	4.68	8.29	0.53	8.83
	R					50.50				
16. Leptosol mólico										
	A _h	7.6	191	122	3.68	9.57	5.07	8.97	0.49	10.34
	C	7.8	203	129	4.12	9.53	-	-	-	-
	R					48.43				
22. Leptosol eútrico										
	A _h	7.2	194	124	1.87	9.47	1.33	2.28	0.15	8.86
	2C	7.2	-	-	1.49	9.22	1.12	1.98	-	-
	R					54.70				
23. Leptosol réndrico										
	A _h	7.8	187	119	17.56	24.63	3.36	5.93	0.21	16.00
	R					54.70				

Los valores de CaCO_3 extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M. O. = Materia orgánica El valor de carbonato equivalente de R, es el de una roca del interior del perfil

CAPÍTULO 4.- UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.1.10.- Datos analíticos de Leptosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μS)	SALES (mg l^{-1})	CaCO_3 EXTRACTABLE	CaCO_3 EQUIVALENTE	C %	M.O.%	N %	C/N
24. Leptosol lítico	A ₀	7.3	184	117	16.55	18.56	7.62	13.48	0.44	17.31
	R					54.70				
26. Leptosol lítico	A ₀	7.8	155	99	15.99	27.6	3.02	4.43	0.14	21.57
	R					56.19				
30. Leptosol résiduo	A ₀	7.5	435	278	9.05	13.59	15.33	26.98	0.54	28.38
	R					55.70				

Los valores de CaCO_3 extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M. O. = Materia orgánica

Tabla 4.4.1.11.- *Minerales de arcilla en Leptosoles*

MUESTRA	HORIZONTE	CALCITA	CUARZO	MICA-ILITAS	CAOLINITAS	ESMECTITAS	CLORITAS	FELDESPATOS	VERMICULITAS	ILITAS-VERMICULITAS
1. Leptosol réndrico	A _b	+++	T	++	T	-	-	-	-	-
2. Leptosol lítico	A _b	++++	T	++	+	T	+	-	-	-
3. Leptosol réndrico	A _{b2}	+++	T	++	-	T	T	-	-	-
4. Leptosol réndrico	A _{b3}	++	++	T	T	-	-	-	-	-
7. Leptosol eútrico	A _{b1}	-	+	++	++	-	+	T	+	-
	A _{b2}	-	+	++	+++	-	+	T	+	-
9. Leptosol eútrico	A _b	+	+	+	T	-	T	-	-	-
	C	-	++	++	+	-	-	+	-	-
13. Leptosol eútrico	A _{b1}	-	+	+++	++	T	++	T	-	-
	A _{b2}	-	+	+++	++	-	++	T	-	+

++++ = muy abundante, +++ = abundante, ++ = frecuente, + = escaso, T = trazas.

CAPÍTULO 4.- UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.1.12- Minerales de arcillas en Leptosoles

MUESTRA	HORIZONTE	CALCITA	CUARZO	MICA-ÍLITAS	CAOLINITAS	ESMECTITAS	CLORITAS	FELDESPATOS	VERMICULITAS	ÍLITAS-VERMICULITAS
15. Leptosol réndrico										
	A _{h1}	-	++	+	+	-	-	++	-	-
	A _{h2}	++	-	+	+	T	-	-	T	-
16. Leptosol móllico										
	A _h	T	+	++	+	T	T	T	+	+
22. Leptosol eútrico										
	A _h	-	+	+	+	-	-	T	-	-
	2C	-	+	++	+	T	-	T	-	++
23. Leptosol réndrico										
	A _h	++++	-	+	-	-	-	-	-	-
24. Leptosol lítico										
	A _h	++++	-	+	-	-	-	-	-	-
26. Leptosol lítico										
	A _h	++++	+	+	T	-	-	-	-	-
30. Leptosol réndrico										
	A _h	-	+	++	T	-	-	-	-	-

++++ = muy abundante, +++ = abundante, ++ = frecuente, + = escaso, T = trazas.

4.4.2.- Regosoles

Se localizan en las cuestas de los paramos, desarrollados a partir de material suelto y sobre pendientes variables (5-40 %), caracterizando junto a los Leptosoles las cuestas.

Presentan perfiles de tipo AC, con horizontes ócricos y contenidos en materia orgánica y relaciones C/N muy variables. Todos ellos se clasifican como regosoles calcáricos (figura 4.4.2.1).

Los materiales de partida sobre los que se desarrollan estos suelos son diversos, derrubios de margas del Keuper, derrubios de arenas, arcillas y gravas del Bundsanstein, arcillas, derrubios de margas, de arenas y de calizas margosas del Mioceno. En ellos se desarrolla una vegetación dominada por matorrales y muestran diversos procesos de erosión activos como cárcavas y regueros.

Estos suelos presentan textura variable en función de sus materiales de partida, pH moderadamente básicos y están saturados en bases. Con estructuras predominantemente granulares, en ocasiones la estructura puede ser poliédrica cuando aumenta la arcilla; este enriquecimiento en arcilla se aprovecha para cultivar como sucede en la muestra 8 en el término municipal de Cuevas de Ayllón.

Los minerales de arcilla dominantes están relacionados con el material original. Así, en los derrubios predominantemente calcáreos (muestras 6, 17 y 18) domina la calcita y las micas-ilitas como minerales dominantes. En los suelos de derrubios del Keuper (muestras 11 y 12) dominan los interestratificados de tipo micas-ilitas, cloritas, además de vermiculitas, en el resto de suelos (muestras 8 y 29) dominan micas-ilitas, o este mineral asociado a vermiculitas.

Figura 4.4.2.1. Regosol calcárico. Perfil 6.

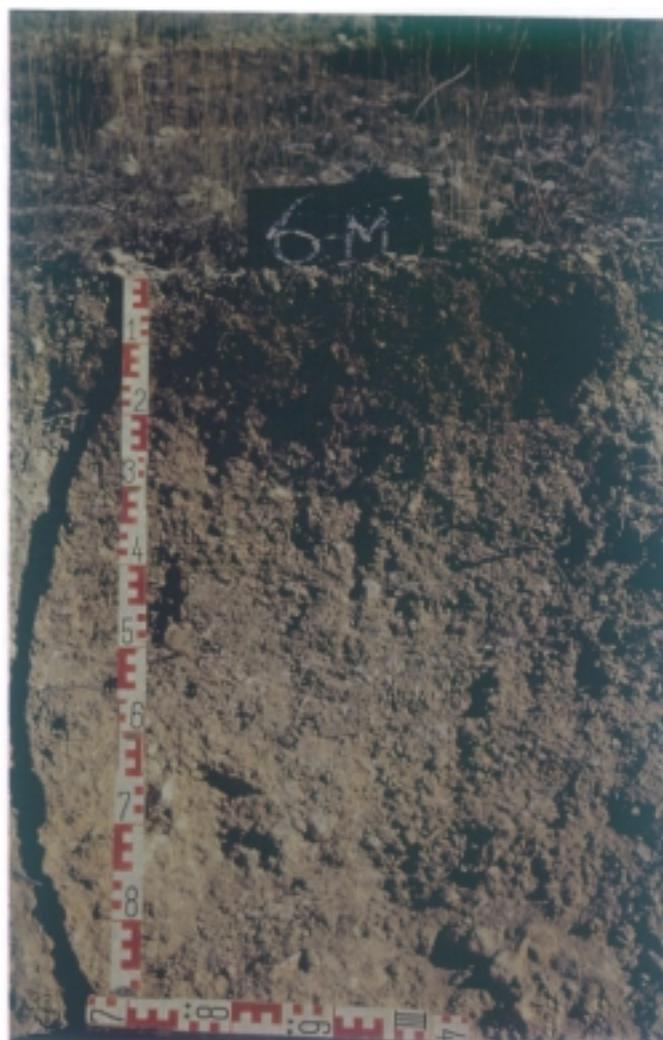


Tabla 4.4.2.1.- Características morfológicas de Regosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR SECO	COLOR HÚMEDO	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	PEDREGOSIDAD INTERNA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
6. Regosol calcárico	A _{h1}	0-20	7.5YR7/2	7.5YR6/2	80	3G+P	G1	Muy Friable	E2I2
	A _{h2}	20-40	7.5YR7/2	7.5YR6/2		4G+P	G3	Firme	
	C	>40							
8. Regosol calcárico	A _{p1}	0-30	7.5YR4/6	7.5YR4/3	40	3G	Po2	Firme	E2I2
	A _{p2}	30-60	7.5YR5/6	7.5YR4/4		3G	Po2	Firme	
	C	>60							
11. Regosol calcárico	A _b	0-3	7.5YR5/4	5YR3/2	0	2G	P0	Suelto	E2I2
	C	>3	5YR5/6	5YR4/2		No	P0	Suelto	
12. Regosol calcárico	A _b	0-15	7.5YR5/2	5YR3/2	0	1G	P0	Suelto	E2I2
	C	>15	5YR5/6	5YR3/3		No	P0	Suelto	
17. Regosol calcárico	A _h	0-10	5YR7/3	7.5YR6/4	30	2G	G1	Muy Friable	E2I2
	2C	>10	5YR7/4	7.5YR7/4		2G	G1	Muy Friable	
18. Regosol calcárico	A _b	0-20	5YR7/3	7.5YR5/2	30	2G	G1	Muy Friable	E2I2
	2C	>20	5YR7/4	7.5YR7/4		2G	G1	Muy Friable	
29. Regosol calcárico	A _u	0-5	7.5YR6/6	5YR6/4	0	No	G1	Friable	E2I1

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras Drenaje: E = externo, I = interno. O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto. Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte

CAPÍTULO 4. UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.2.2.- Datos texturales de Regosoles

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I. BOYOUCUS	CLASE TEXTURAL
6. Regosol calcárico	A _{h1}	19.00	16.00	26.10	38.90	1.57	Franco arcillosa
	A _{h2}	12.80	13.80	25.70	47.70	1.10	Arcilla
8. Regosol calcárico	A _{p1}	15.46	35.87	7.13	41.54	1.41	Arcillo arenosa
	A _{p2}	16.83	31.47	8.42	43.28	1.31	Arcillo arenosa
11. Regosol calcárico	A _h	22.14	28.93	12.97	35.96	1.78	Franco arcillo arenosa
	C	22.59	28.17	18.13	31.11	2.21	Franco arcillo arenosa
12. Regosol calcárico	A _h	51.62	15.87	11.81	20.70	3.83	Franco arcillo arenosa
	C	22.59	28.17	18.13	31.11	2.21	Franco arcillo arenosa
17. Regosol calcárico	A _h	30.94	37.41	17.37	14.28	6.00	Franco arenosa
	2C	38.55	7.31	39.20	14.94	5.69	Franca
18. Regosol calcárico	A _h	19.23	19.51	22.35	38.91	1.57	Franco arcillosa
	2C	38.55	7.31	39.20	14.94	5.69	Franca
29. Regosol calcárico	A _u	18.88	33.04	11.10	36.98	1.70	Arcillo arenosa

Tabla 4.4.2.3.- Datos analíticos de Regosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μS)	SALES mg l^{-1}	CaCO_3 EXTRACTABLE	CaCO_3 EQUIVALENTE	C. %	M.O.%	N.%	C/N
6. Regosol calcárico										
	A _{h1}	8.2	123	78	20.52	53.97	3.29	6.9	0.37	8.89
	A _{h2}	8.2	-	-	21.86	47.82	2.32	4.1	-	-
	C					83.8				
8. Regosol calcárico										
	A _{p1}	7.9	124	79	3.75	11	2.9	5.13	0.12	24.16
	A _{p2}	8.1	55	35	1	8.9	2.34	4.15	0.12	19.50
11. Regosol calcárico										
	A _h	7.7	132	84	3.12	10.49	2.6	4.61	0.12	21.66
	C	8	171	109	2	12.29	0.11	0.2	-	-
12. Regosol calcárico										
	A _h	8	168	107	0.5	9.43	0.16	0.29	0.01	16.00
	C	8.1	171	109	2	12.29	0.11	0.2	-	-

Los valores de CaCO_3 extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M.O. = Materia orgánica.

CAPÍTULO 4. UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.2.4.- Datos analíticos de Regosoles

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μ S)	SALES mg l ⁻¹	CaCO ₃ EXTRACTABLE	CaCO ₃ EQUIVALENTE	C. %	M.O.%	N.%	C/N
17. Regosol calcárico										
	A _h	7.9	177	113	12.31	13.35	1.59	2.8	0.12	13.25
	2C	8.2	150	96	7.48	11.67	-	-	-	-
18. Regosol calcárico										
	A _h	7.8	150	96	17.55	22.03	3.2	6.41	0.16	20.00
	2C	8.2	150	96	7.48	11.67	-	-	-	-
29. Regosol calcárico										
	Au	7.5	157	100	3.06	11.17	0.60	1.03	0.04	15.00

Los valores de CaCO₃ extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M.O. = Materia orgánica

Tabla 4.4.2.5.- *Minerales de arcilla en Regosoles*

MUESTRA	HORIZONTE	CALCITA	CUARZO	MICA-ILITAS	CAOLINITAS	ESMECTITAS	CLORITAS	FELDESPATOS	VERMICULITAS	ILITAS-VERMICULITAS
6. Regosol calcárico										
	A _{h2}	++++	T	++	-	T	-	-	-	-
8. Regosol calcárico										
	A _{p1}	-	+	++	+	T	-	-	++	-
	A _{p2}	-	+	+++	+	-	+	-	+++	-
11. Regosol calcárico										
	A _h	-	++	++++	++	-	++	T	T	-
	C	-	+	++++	T	-	+	T	++	-
12. Regosol calcárico										
	A _h	-	T	+++	T	-	T	T	++	-
	C	-	+	++++	T	-	+	T	++	-
17. Regosol calcárico										
	A _h	+++	-	++	+	-	-	-	-	+
	2C	+++	+	++	+	T	+	-	-	+
18. Regosol calcárico										
	A _h	+++	-	++	+	-	-	-	-	-
29. Regosol calcárico										
	Au	-	+	+++	++	-	+	-	-	+

++++ = muy abundante, +++ = abundante, ++ = frecuente, + = escaso, T = trazas.

Figura 4.4.31. Arenosol calcárico. Perfil 27.

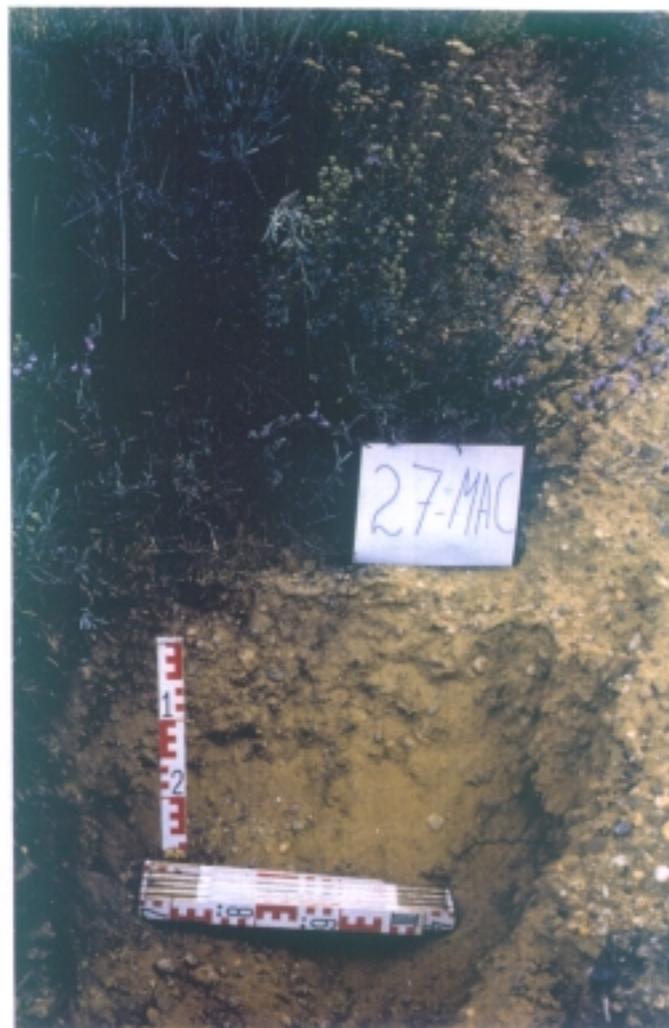


Tabla 4.4.3.1.- Características morfológicas de Arenosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR	COLOR	PEDREGOSIDAD	PEDREGOSIDAD	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
			SECO	HUMEDO	SUPERFICIAL	INTERNA			
19. Arenosol calcárico	A _b	0-20	7.5YR7/8	10YR6/4	40	3G	P0	Suelto	E2I2
	C	>20	7.5YR7/8	10YR6/4		3G	P0	Suelto	
20. Arenosol calcárico	A _b	0-30	10YR7/6	10YR6/6	30	3G	P0	Suelto	E2I2
	C	>30	10YR7/6	10YR7/6				Suelto	
25. Arenosol calcárico	A _b	0-10	7.5YR6/6	7.5YR5/2	10	1G	P0	Suelto	E2I2
	C	>10	7.5YR6/8	7.5YR6/6		1P	P0	Suelto	
27. Arenosol calcárico	A _b	0-20	10YR7/6	7.5YR6/6	20	2G	P0	Suelto	E2I2
	C	>20	10YR8/8	7.5YR7/8		3G	P0	Suelto	

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras. Drenaje: E = externo, I = interno, O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto. Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte.

CAPÍTULO 4. UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.3.2.- Datos texturales de Arenosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I.BOYOUCUS	CLASE TEXTURAL
19. Arenosol calcárico	A _h	35.31	52.10	3.71	8.88	10.26	Arenosa franca
	C	37.93	50.00	3.17	8.90	10.24	Arenosa franca
20. Arenosol calcárico	A _h	79.40	7.52	0.33	12.75	6.84	Arenosa franca
25. Arenosol calcárico	A _h	43.48	33.76	4.30	18.46	4.42	Arenosa franca
	C	40.70	33.05	10.23	16.02	5.24	Arenosa franca
27. Arenosol calcárico	A _h	90.97	2.56	1.56	4.91	19.37	Arena
	C	94.17	1.00	1.75	3.08	31.47	Arena

Tabla 4.2.1.- Datos analíticos de Arenosoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μ S)	SALES mg l^{-1}	CaCO ₃ EXTRACTABLE	CaCO ₃ EQUIVALENTE	C.%	M.O.%	N.%	C/N
19. Arenosol calcárico										
	A _h	7.8	132	84	2.3	9.55	1.02	1.81	0.06	17.00
	C	8.1	-	-	1.23	9.31	-	-	-	-
20. Arenosol calcárico										
	A _h	8.1	142	90	2.23	42.60	1.39	2.46	0.06	23.16
	C					42.60				
25. Arenosol calcárico										
	A _h	7.6	138	88	3.37	11.05	0.54	0.92	0.04	13.50
	C	8	-	-	2.87	10.41	0.05	0.09	-	-
27. Arenosol calcárico										
	A _h	7.8	157	100	1.06	9.5	1.76	2.5	0.21	8.38
	C	8.2	-	-	0.74	9.5	1.09	1.93	-	-

Los valores de CaCO₃ extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M.O. = Materia orgánica.

Tabla 4.4.3.4.- *Minerales de arcillas en Arenosoles*

MUESTRA	HORIZONTE	CALCITA	CUARZO	MICA-ÍLITAS	CAOLINITAS	ESMECTITAS	CLORITAS	FELDESPATOS	VERMICULITAS	ÍLITAS-VERMICULITAS
19. Arenosol calcárico										
	A _h	++	+	++	+	T	+	-	-	+
	C	+	++	+++	+++	-	-	-	+++	-
20. Arenosol calcárico										
	A _h	++	+	++	+	-	-	-	-	T
	C	++	+	++	+	-	-	-	-	T
25. Arenosol calcárico										
	A _h	+	+	+++	++	-	-	-	-	-
27. Arenosol calcárico										
	A _h	++	++	+	T	-	-	-	-	-

++++ = *muy abundante*, +++ = *abundante*, ++ = *frecuente*, + = *escaso*, T = *trazas*.

4.4.4.A. Luvisoles

Los luvisoles aparecen en las zonas llanas de los páramos, con perfil tipo $A_p B_t R$, o $A_p B C$ desarrollados a partir de calizas margosas o conglomerados silíceo-calcáreos, presentan clara vocación cerealística

Con valores neutros o ligeramente básicos, están saturados en bases, y presentan $CaCO_3$ equivalente y extraíble en oxalato amónico en el interior del perfil, debido a recarbonataciones secundarias. Los valores de materia orgánica son bajos y las relaciones C/N variables en los horizontes A.

Se generaron bajo un clima distinto del actual, más cálido y con largos periodos de humedad, los procesos genéticos más importantes: (DORRONSORO, 1988) son el movimiento de arcilla a partir del horizonte superficial y la posterior acumulación en el B, y la rubefacción por deshidratación de los compuestos de Fe. La estructura es granular en superficie y poliédrica con cutanes en profundidad. Los minerales de arcilla indican el proceso de descarbonatación, ausencia de calcita y presencia de micas-ilitas y caolinitas como minerales típicos.

El color rojo, HUE de 2.5YR en húmedo, indica de alguna manera la presencia de Fe en forma de hematita, generado en el perfil durante los periodos de sequía; lo que permite clasificar los suelos como Luvisoles crómicos típicos de las áreas mediterráneas (figura 4.4.5.A.1).

Los actuales valores de precipitación, ombrotipo seco, localización en zonas planas donde no existe erosión y los valores de $pH > 7$, permiten suponer que la génesis de estos suelos es pretérita; posiblemente del *Mindel* y *Wurm* (GUERRA, 1972) pudiendo haber continuado su génesis durante el periodo *Boréal* (FONT, 1988).

4.4.4.B.- Fluvisoles

Bien representados en las llanuras aluviales del río Duero y de forma testimonial en las llanuras de algunos de sus tributarios como el río Pedro aunque con baja representación espacial. Con clara vocación agrícola y forestal (huertas y choperas)

Estos suelos se desarrollan a partir de aluviones carbonatados, de perfil típico AC, con pH moderadamente básico y saturados en bases y con un horizonte ócrico. Estos datos permiten clasificar esta unidad de suelo como Fluvisol calcárico (figura 4.4.5.B.1)

4.4.4. C.- Cambisoles

Localizados en cuestas y valles en pendientes medias y con microtopografía llana, de perfil tipo A B_w C, se desarrollan a partir de margas y bajo vegetación de matorral y pastizal

Presentan pH moderadamente alcalino y están saturados en bases. En estos suelos no existe diferencia entre los distintos valores de carbonato. La calcita es el mineral de arcilla característico de estos suelos. Este carbonato es eliminado del interior del perfil siguiendo el mismo proceso explicado en los Leptosoles, aunque en este caso permite el desarrollo de un horizonte cámbico. Se clasifican como cambisoles calcáricos

Presentan relaciones C/N próximas a 15, lo que indica buenos procesos de humificación con humus mull carbonatado. Las texturas varían en profundidad pasando de una clase textural franco-arcillo-arenosa en el horizonte superficial a franca o franco arcilloso en el B_w. El enriquecimiento en fracciones finas se refleja, en cambios en la estructura; de granulares medias en el horizonte A_h a poliédricas en profundidad. Estos suelos presentan el máximo grado de diferenciación de horizontes en la zona de estudio, con edafogénesis actual.

Figura 4.4.4.A.1. Luisol crómico. Perfil 5.



Figura 4.4.4.B.1 Fluvisol calcárico. Perfil 21.



CAPÍTULO 4. UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.4.1.- Características morfológicas de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles.

MUESTRA	HORIZONTE	PROFUNDIDAD	COLOR SECO	COLOR HÚMEDO	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL	PEDREGOSIDAD INTERNA	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	DRENAJE
5. Luvisol crómico									
	A _p	0-6	2.5YR4/4	2.5YR4/4	0	2G	G1	Friable	E2I0
	B _t	6-50	2.5YR4/6	2.5YR4/4		3P	Po2	Firme	
10. Luvisol crómico									
	A _h	0-20	5YR4/4	2.5YR4/4	60	2G+2P	G2	Friable	E2I2
	B _t	20-60	5YR3/4	2.5YR4/4		2G	Po1	Firme	
21. Fluvisol calcárico									
	A _h	0-30	7.5YR6/4	5YR4/4	0	No	Po1	Firme	E2I2
	2C	>30	7.5YR6/6	5YR4/6		No	Po2	Firme	
14. Cambisol calcárico									
	A _h	0-20	5YR5/2	5YR5/3	30	3G	G2	Friable	E2I2
	B _w	20-35	7.5YR6/2	7.5YR5/6		3G	Po1	Friable	
	C	>35							
28. Cambisol calcárico									
	A _h	0-5	5YR6/4	7.5YR5/2	0	No	P0	Suelto	E2I2
	B _w	5-30	5YR7/3	7.5YR7/2		2G	G1	Muy friable	
	BC	30-60	5YR6/4	7.5YR7/2		1G	G2	Friable	

Profundidad, se expresa en centímetros. Pedregosidad superficial en %. Pedregosidad interna: No = nada, 1 = poco, 2 = media, 3 = abundante, 4 = muy abundante; G = gravas, P = piedras. Drenaje: E = externo, I = interno, O = baja, 1 = medio, 2 = alto, 3 = muy alto. Estructura, P = particulada, G = granular, Po = poliédrica, 0 = muy débil, 1 = débil, 2 = media, 3 = fuerte.

Tabla 4.4.4.2.- Datos texturales de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles.

MUESTRA	HORIZONTE	ARENA GRUESA	ARENA FINA	LIMO	ARCILLA	I.B.O.Y.O.U.C.U.S.	CLASE TEXTURAL
5. Luvisol crómico							
	Ap	3.80	26.30	12.90	57.00	0.75	Arcilla
	B _t	3.70	4.00	12.30	80.00	0.25	Arcilla
10. Luvisol crómico							
	A _h	44.00	18.23	3.08	34.69	1.88	Franco arcilla arenosa
	B _t	11.87	19.53	8.97	59.63	0.68	Arcilla
21. Fluvisol calcárico							
	A _h	7.31	50.52	16.06	26.11	2.83	Franco arenosa
	2C	22.94	25.23	19.03	32.80	2.05	Franca
14. Cambisol calcárico							
	A _h	7.05	35.85	28.55	28.55	2.50	Franco arcilla arenosa
	B _w	8.21	31.29	25.75	34.75	1.88	Franco arcillosa
28. Cambisol calcárico							
	A _h	27.55	18.30	26.10	28.05	2.57	Franco arcilla arenosa
	B _w	30.63	17.60	26.12	25.65	2.90	Franco arcilla arenosa
	BC	18.95	19.85	32.50	28.70	2.48	Franca

CAPÍTULO 4. UNIDADES DE SUELO.

Tabla 4.4.4.3. - Datos analíticos de Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles.

MUESTRA	HORIZONTE	pH	CE (μS)	SALES mg l^{-1}	CaCO_3 EXTRACTABLE	CaCO_3 EQUIVALENTE	C %	M.O. %	N %	C/N
5. Luvisol crómico										
	A _p	7.8	175	112	1.66	6.94	1.71	2.94	0.18	9.50
	B _t	7.7	218	139	1.5	9.34	0.97	1.68	0.11	8.82
	R					83.80				
10. Luvisol crómico										
	A _h	8	86	55	2.25	10.98	2	3.55	0.08	25.00
	B _t	8.1	166	106	3.68	13.22	1.24	2.2	0.09	13.77
21. Fluvisol calcárico										
	A _h	7.8	187	119	11.93	12.53	1.87	3.32	0.17	11.00
	2C	7.9	-	-	9.43	11.6	0.7	1.25	-	-
14. Cambisol calcárico										
	A _h	8	228	145	15.71	15.87	4.49	7.96	0.27	16.63
	B _w	7.9	250	160	16.16	16.56	0.94	1.67	0.12	7.83
	C					52.50				
28. Cambisol calcárico										
	A _h	8.1	230	151	14.37	21.37	8.87	15.12	0.38	23.34
	B _w	7.8	290	185	16.74	25.18	1.25	2.27	0.12	10.41
	BC	7.9	290	185	20.56	25.05	-	-	-	-

Los valores de CaCO_3 extractable en oxalato amónico y equivalente se presentan en %. C. = Carbono orgánico. M.O. = Materia orgánica Los datos de R son valores de carbonato equivalente de rocas situadas en el interior del perfil

Tabla 4. 4.4.4.- *Minerales de arcillas en Luvisoles, Fluvisoles y Cambisoles*

MUESTRA	HORIZONTE	CALCITA	CUARZO	MICA-ELITAS	CAOLINITAS	ESMECTITAS	CLORITAS	FELDESPATOS	VERMICULITA S	ELITAS-VERMICULITAS
5. Luvisol crómico	B _t	T	++	++	++	-	-	-	-	-
10. Luvisol crómico	A _h	-	+	++	+	-	T	-	+	-
	B _t	T	+	+++	+	T	T	-	+	-
21. Fluvisol calcárico	A _h	++	+	+++	+	-	-	-	-	T
	2C	-	+	++++	-	T	-	-	++	-
14. Cambisol calcárico	A _h	+++	-	+	+	-	-	-	-	-
	B _w	+++	-	+	+	-	-	-	-	-
28. Cambisol calcárico	A _h	++++	-	+	T	-	-	-	-	-
	B _w	+++	-	+	+	-	-	-	-	-

4.5. CONCLUSIONES.

1. Los suelos son, en general, poco evolucionados. Presentando perfiles tipo AC, o AR, en ocasiones AB_wC o AB_tC.
2. Los procesos edafogenéticos predominantes son: descarbonatción y humificación, llegándose a formar en ocasiones epipedones móllicos. Los procesos de descarbonatación no son muy patentes debido a las continuas recarbonataciones secundarias.
3. La alteración mineral es escasa, lo que se refleja en la mineralogía de las arcillas, donde dominan los minerales heredados o de transformación mínima.
4. Las unidades características son: Leptosoles en cuevas y parameras, Regosoles y Arenosoles típicos de las cuevas; Cambisoles en cuevas y valles; Fluvisoles en las llanuras aluviales y Luvisoles presentes en los páramos.
5. De todas las unidades la mejor representada, son los Leptosoles, y dentro de ellos dominan los Leptosoles réndricos, aunque también aparecen eútricos, líticos y móllicos.

4.6. BIBLIOGRAFIA.

- Boyocus, C.J.** 1935. The clay ratio as criterion of susceptibility of soil erosion. *J. Am. Soc. Agrón.* 27: 738-741.
- Brindley, G.W.&, G. Brindley & Brown and The Mineralogical Society.** (ed.). 1980. *Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification.* Brindley & Brown and The Mineralogical Society, London.
- Brown, G. The Mineralogical Society.** (ed.). 1972. *The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals.* The Mineralogical Society, London.
- CSIC.** 1968. Mapas de suelos de España. E: 1/1.000.000. Península y Baleares. 1. Guerra, A., Guitian, F., Paneque, G., Snachez, J.A., Monturiol, F., y Mudarra, J.L. Madrid.
- Dorronsoró, C. y Aguilar, J.** 1988. El proceso de iluviación de arcilla. *Ann. Edaf. Agrobiol.* XLVII: 311-350.
- Douchaufour, P. Masson (ed.).** 1986. *Edafología Vol I y II.* Masson, Paris.
- Driessen, P.M. y Dudal, R. Driessen, P.P. y Dudal, R. (eds.).** 1991. *The majors Soils of the World.* Driessen & Dudal, Wageningen.
- FAO-UNESCO. FAO (ed.).** 1991. *Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada.* FAO, Roma.
- FAO (ed.).** 1977. *Guías para la descripción de perfiles.* FAO, Roma.
- Font, I. INM (Instituto Nacional de Meteorología) (ed.).** 1988. *Historia del clima en España. Cambios climáticos y sus causas.* INM, Madrid.
- Gonzalez, J., Palomar, M.L., Hernando, J., Moreno, A., Fernández, M.C. y Hernando, M.I. Excm.Diputación Provincial de Soria. (ed.).** 1991. *Estudio de los Suelos del Central Central de la provincia de Soria.* Diputación de Soria. Soria.

- Guerra, A. CSIC (ed.). 1972. *Los suelos rojos en España. Contribución a su estudio y clasificación*. CSIC, Madrid.
- ISRIC. FAO (ed.). 1987. *Procedures for soil analysis*. 3ed. FAO, Wageningen
- ISRIC. FAO (ed.). 1994. *Procedures for soil analysis*. 4ed. FAO, Wageningen
- Lindsay, W.L. Wiley & sons (ed.). 1979. *Chemical equilibria in soils*. Wiley & sons, New York.
- Morgan, R.P.C. 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman, Londres
- Munsell. Kollmorgen corporation. (ed.). 1975. *Soil color chart*. Kollmorgen corp. Maryland.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. En Page, A.L. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2ed. Am. Soc. Soil Sc. y Am. Soc. Agron. pp.181-197.
- NFX- 31-106. Norme Française (ed.). 1982. *Qualité des sols. Détermination du calcaire actif*. Norme Française, paris

COBERTURA VEGETAL Y PROCESOS DE EROSIÓN.

DESCRIPTORES: Cobertura vegetal, biotipo, caméfitos

KEY WORDS: Vegetation cover density, plant life form, chamaephytes.

RESUMEN:

Se describe la vegetación actual en la zona de estudio. Además se cuantifica la cobertura vegetal, mediante transectos lineales. La cobertura se mide en función de las forma que presentan las distintas especies. Finalmente se buscan las relaciones existentes entre tipo de suelo, comunidad vegetal y grado de cobertura. Los cambisoles y leptosoles presentan en términos generales mayor diversidad florística y cobertura vegetal que el resto de los suelos.

ABSTRACT:

The principal vegetation is described, also vegetation cover is measured using linear plots in order to assessment the protection against rain drops. Vegetation cover is achieved related with the main plant life forms of every species. Finally we look for the relationships between soil unit, vegetation unit and degree of cover. The cambisols and leptosols generally show higher number of vegetal species and vegetation cover than the rest of the soil units.

5.1.- INTRODUCCIÓN.

Las comunidades vegetales influyen de diversas formas en los procesos de erosión (THORNES, 1985, 1990), (VILES, 1990): aportan materia orgánica al suelo (ALMENDROS, 1984), (BOSATTA, 1991), realizan la interceptan las gotas de lluvia disminuyendo, en general, la energía cinética de las mismas y modifican la permeabilidad del suelo (HUPP, 1990), debido a la función de las raíces (CASERMEIRO, 1992).

La cobertura vegetal representa uno de los parámetros más fácilmente manipulables por la actividad humana (STOCKING, 1994). Este hecho es especialmente importante en áreas semiáridas, donde el tipo de vegetación está relacionado con el flujo de cuenca hidrogáfica (FAULKNER, 1990). En España el tipo de cobertura y su influencia en la conservación de suelos ha sido estudiado en profundidad (FRANCIS, 1990), (SALA, 1990), (SHALLE, 1995), (ROMERO, 1995).

La forma de las plantas, biotipo, representa una adaptación a las condiciones ambientales del nicho ecológico donde viven. Un ejemplo sería la adaptación de las plantas a la sequía, para ello adoptan una serie de estrategias como la reducción de tamaño foliar, disposición en el envés de la hojas de los estomas, etc. Diversas especies vegetales pueden presentar el mismo biotipo y por

lo tanto se comportan de la misma forma en relación con la interceptación de las gotas de lluvia.

Se plantea como hipótesis de partida, que los biotipos y la distribución de los mismos en campo, es importante para frenar los procesos de erosión. Además, en función del estado de degradación del suelo predominarán algunos biotipos frente a otros. Así, en suelos erosionados no parece probable que existan buenos bosques; mientras que los arbustos, que constituyen una etapa de degradación de los bosques, o las comunidades de plantas anuales, que constituyen una etapa pionera en la colonización de los cultivos abandonados, serán dominantes en estos suelos.

Por eso se plantea estudiar la estructura de los ecosistemas vegetales, tipo y número de individuos de cada especie (MARGALEFF, 1989), así como su función mediante la aproximación a la morfología de las plantas.

5.2. OBJETIVOS.

1. Estudio de la vegetación
2. Cuantificar el grado de cobertura vegetal para cada uno de los puntos de muestreo.
3. Analizar como contribuye cada biotipo en la cobertura vegetal.

5.3. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se han realizado diferente aproximaciones sucesivas:

1. Estudio bibliográfico en obras generales de vegetación.
2. Inventario de la vegetación presente en la zona de estudio.
3. Medida de la cobertura vegetal mediante la realización de muestreos. Se eligió un área de muestreo de $12.5m^2$, por considerarse adecuada para el tipo de comunidades arbustivas que se estudia (BEGON, 1990). Se realizaron transectos de 25 m de longitud y 0.5 m de anchura, en los cuales se anotaban el nombre de la especie y la cobertura superficial que presentaba cada individuo
4. Identificar los biotipos y la distribución de las especies de cada comunidad vegetal.

Los muestreos se han realizado siguiendo una línea de máxima pendiente para cada uno de los puntos de toma de muestras. No se han hecho transectos en los perfiles que se desarrollan sobre cultivo (muestras 5, 8, 10, 21 y 22) en algunas

ocasiones y debido a que los perfiles se encontraban muy próximos se ha realizado sólo un transecto, muestras 11 y 12, 17 y 18, 19 y 20, 23 y 24. En la muestra 3 no se ha realizado transecto por que no había suficiente superficie para realizarlo.

Entre las numerosas clasificaciones de biotipos, se ha elegido la propuesta por ELLEMBERG (1966), por que las formas descritas por el autor son fácilmente reconocibles en campo.

5.4. RESULTADOS:

5.4.1. Listado de especies.

Se presenta el catálogo florístico y el biotipo de las especies identificadas durante la realización de los transectos. Para establecer la nomenclatura de las especies se ha seguido *Flora Europaea* (TUTIN, 1964) y *MED-checklist* (GREENTER, 1984).

Tabla 5.4.1.1. Listado de especies.

ESPECIE	AUTOR	BIOTIPO
Achillea odorata	L.	Terófito
Andryala ragusina	L.	Terófito
Arctostaphylos uva-ursi	(L.) Sprengel	Nanofanerófito
Argyrobium zanonii	(Turra) P. W. Ball	Terófito
Astragalus boissieri	Fischer	Nanofanerófito
Brachypodium phoenicoides	(L.) Roemer & Schultes	Caméfito
Bupleurum fruticosum	L.	Caméfito
Carex hallerana	Asso	Caméfito
Carex sp.		Caméfito
Cistus laurifolius	L.	Nanofanerófito
Convolvulus arvensis	L.	Terófito
Coris mosneleri	L.	Caméfito
Coronilla minima	L.	Caméfito
Dorycnium penthapyllum	Scop.	Caméfito
Eryngium campestre	L.	Caméfito
Euphrasia frigida	Pugsley	Caméfito
Euphorbia matritensis	Boiss.	Caméfito
Euphorbia nicaeensis	All.	Caméfito
Festuca hystrix	Boiss	Caméfito
Festuca sp.		Caméfito
Fumana ericoides	(Cav.) Gand.	Caméfito
Fumana thymifolia	(L.) Spach ex Webb	Caméfito
Genista pumila	(Debeaux & Reverchon ex Hervier)	Nanofanerófito
	Vierch.	
<u>Genista scorpius</u>	(L.) DC.	Nanofanerófito

Nanofanerófitos: arbustos con una altura menor a 2 metros. *Caméfitos:* Plantas cuyos renuevos anuales se desarrollan dentro de una altura límite de 50 cm. *Terófitos:* plantas anuales. (ELLEMBERG, op.cit)

Tabla 5.4.1.1. Listado de especies. (continuación)

ESPECIE	AUTOR	BIOTIPO
<i>Helianthemum apenninum</i>	(L.) Miller	Caméfito
<i>Helianthemum rotundifolium</i>	Dunal	Caméfito
<i>Helyantheum rubellum</i>	C. Presl	Caméfito
<i>Helyanthemum asperum</i>	Dunal	Caméfito
<i>Helyanthemum canum</i>	(L.) Baumg.	Caméfito
<i>Helyanthemum cinereum</i>	(Cav.) Pers.	Caméfito
<i>Helichrysum stoechas</i>	(L.) Moench	Caméfito
<i>Hieracium pilosella</i>	L.	Caméfito
<i>Juniperus communis</i>	L.	Nanofanerófito
<i>Juniperus thurifera</i>	L.	Nanofanerófito
<i>Koeleria vallesiana</i>	(Honckeny) Gaudin	Caméfito
<i>Lavandula latifolia</i>	Medicus	Caméfito
<i>Lepidium subulatum</i>	L.	Caméfito
<i>Linum suffruticosum</i>	L.	Caméfito
<i>Lithodora fruticosa</i>	(L.) Griseb.	Caméfito
<i>Marrubium supinum</i>	L.	Caméfito
<i>Marrubium vulgare</i>	L.	Caméfito
<i>Melica ciliata</i>	L.	Caméfito
<i>Mercurialis tomentosa</i>	L.	Terófito
<i>Phlomis</i> sp.		Caméfito
<i>Potentilla crantzii</i>	(Crantz) G. Beck ex Fritsch	Caméfito
<i>Poterium sanguisorba</i>	L.	Caméfito
<i>Quercus ilex</i> L. subsp. <i>ballota</i>	(Desf.) Samp.	Nanofanerófito
<i>Rosa</i> sp.		Nanofanerófito
<i>Ruta montana</i>	(L.) L.	Caméfito
<i>Salvia lavandulifolia</i>	Vahl	Caméfito
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	L.	Caméfito
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	L.	Caméfito
<i>Santolina chamaecyparissus</i> L. (DC.) Nyman		Caméfito
subsp. <i>squarrosa</i>		
<i>Satureja intricata</i>	Lange	Caméfito
<i>Satureja montana</i>	L.	Caméfito
<i>Sedum acre</i>	L.	Caméfito
<i>Sideritis incana</i>	L.	Caméfito
<i>Stachelina dubia</i>	L.	Caméfito
<i>Teucrium chamaedrys</i>	L.	Caméfito
<i>Teucrium polium</i>	L.	Caméfito
<i>Thymus vulgaris</i>	L.	Caméfito
<i>Thymus mastichina</i>	L.	Caméfito
<i>Thymus zygis</i>	L.	Caméfito

Nanofanerófitos: arbustos con una altura menor a 2 metros. *Caméfitos*: Plantas cuyos renuevos anuales se desarrollan dentro de una altura límite de 50 cm. *Terófitos*: plantas anuales. (ELLEMBERG, op.cit)

5.4.2. Inventario de vegetación.

Para la realización del mapa de paisajes (figura 2.4.1, capítulo 2) se ha tenido en cuenta el tipo de vegetación presente. Se definen 23 unidades de vegetación, en base a su comportamiento visual. Toda estas unidades fueron posteriormente reclasificadas y se incluyeron en las definiciones de las unidades de paisaje. (epígrafe 2.4.). Las unidades definidas son:

1. Cultivos de secano.
2. Cultivos de secano con algunas manchas de matorral y erial.
3. Dominio de secano con presencia de choperas, huertas y regadío, manchas aisladas de matorral, erial a pastos y repoblaciones de pinos.
4. Dominio de secano, con presencia de choperas, huertas y regadío y restos de vegetación ripiaría.
5. Dominio de secano con presencia de manchas de matorral y quercíneas.
6. Dominio de secano con presencia de manchas de matorral y repoblación de pinos.
7. Matorral.
8. Dominio de matorral con presencia de manchas de quercíneas y cultivos.
9. Bosque cerrado de quercíneas.
10. Bosque cerrado de pinares.
11. Sabinar denso.
12. Bosque aclarado de sabinas y quercíneas.
13. Alternancia de manchas de secano y quercíneas.
14. Alternancia de secano, matorral y pasto.
15. Alternancia de pinos, matorral y pasto.
16. Alternancia de quercíneas, sabinas y matorral.
17. Manchas grandes de quercíneas y pinos, acompañadas de otras menores de matorral.
18. Alternancia de manchas de quercíneas de pinos y de matorral.
19. Alternancia de secano, regadío, choperas, pinos y quercíneas.
20. Alternancia de quercíneas, con pinos, matorral, pastos y secano.
21. Alternancia de pinos de repoblación, de pinares, sabinares, de quercíneas y de matorrales en las laderas y choperas y vegetación ripiaría rodeada de secano en los fondos de los valles.
22. Secano y pasto en los fondos de los valles, con alternancia de matorral y de quercíneas con sabinas en las laderas.
23. Secano y matorral con presencia de una gran mancha de quercíneas; en el fondo de valle choperas y regadíos.
24. Secano, matorral y erial en las laderas, con choperas y huertas en el fondo de valle.
25. Urbano.

5.4.3. Datos de cobertura vegetal

Se presentan en la tabla 5.4.3.1. los datos resumen obtenidos a partir de los transectos de vegetación. Los datos originales de los transectos se pueden consultar en el Anejo de datos.

Tabla 5.4.3.1. Cobertura total por transecto.

TRANSECTO	SUPERFICIE DE MUESTREO m ²	PENDIENTE %	ORIENTACIÓN	PERREGOSIDAD %	COBERTURA %
1	12.5	20	E	100	10.20
2	12.5	5	E	100	0.55
4	12.5	10	E	30	12.84
6	12.5	25	SO	100	12.24
7	12.5	20	N	20	111.24
9 A	12.5	10	N	10	20.40
9 B	12.5	10	S	10	1.15
11 y 12	7	40	NO	100	13.00
13	10	45	E	40	30.60
14	10	20	E	30	35.56
15	12.5	10	S	30	14.40
16	10	15	E	30	14.84
17 y 18	10	40	E	40	28.24
19 y 20	12.5	20	E	20	42.84
23 y 24	12.5	20	O	30	34.96
25	12.5	20	E	10	51.40
26	12.5	20	O	40	15.90
27	12	30	E	60	12.15
28	12.5	30	E	30	40.80
29	12.5	25	E	60	11.13
30	12.5	20	NE	20	19.59

También se ha calculado el porcentaje de cobertura que ocupan los principales biotipos presentes en cada uno de los transectos (Tabla 5.4.3.2.).

Tabla 5.4.3.2. Cobertura vegetal por biotipo

TRANSECTO	UNIDAD DE SUELO	NANOFANERÓFITOS	CAMÉFITOS	TERÓFITOS	COBERTURA TOTAL	Nº DE ESPECIES
1	Leptosol réndsico	3.92	6.28	-	10.20	3
2	Leptosol lítico	-	0.55	-	0.55	6
4	Leptosol réndsico	1.36	11.28	-	12.84	13
6	Regosol calcárico	3.22	8.92	0.10	12.24	17
7	Leptosol eútrico	109.88	2.36	-	111.24	9
9 A	Leptosol eútrico	17.53	2.83	-	20.40	4
9 B	Leptosol eútrico	-	1.5	-	1.15	2
11 y 12	Regosol calcárico	-	13	-	13.00	2
13	Leptosol eútrico	29.3	1.03	0.17	30.60	11
14	Cambisol calcárico	25.8	9.73	0.02	35.56	22
15	Leptosol réndsico	13.37	1.03	-	14.40	7
16	Leptosol móllico	2.52	12.32	-	14.84	15
17 y 18	Regosol calcárico	13.86	14.38	-	28.24	18
19 y 20	Arenosol calcárico	10.75	29.21	2.88	42.84	14
23 y 24	Leptosol. réndsico y lítico	19.18	15.78	-	34.96	17
25	Arenosol calcárico	28.18	23.22	-	51.40	10
26	Leptosol lítico	7.56	8.34	-	15.90	8
27	Arenosol calcárico	-	12.13	-	12.15	5
28	Cambisol calcárico	20.72	20.08	-	40.80	16
29	Regosol calcárico	-	11.13	-	11.13	11
30	Leptosol réndsico	8.16	11.43	-	19.59	11

Nanofanerófitos: arbustos con una altura menor a 2 metros. Caméfitos: Plantas cuyos renuevos anuales se desarrollan dentro de una altura límite de 50 cm.

Terófitos: plantas anuales. (ELLEMBERG, op.cit) Los datos se expresan en % de cobertura real

5.5. DISCUSIÓN.

5.5.1. Características generales.

El área de estudio se localiza biogeográficamente (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) en la Región Mediterránea, subregión, Mediterránea-occidental, provincia: Castellano-Maestrazgo - Manchega. sector: Celtiberico-Alcarreño.

Los bosques mejor representados corresponde a los sabinares albares, bosques heliófilos, poco densos, con dos estratos, uno de mesofanerófitos de sabinas albares y encinas y otro arbustivo dominado por el enebro postrado *Juniperus communis*. El estrato herbáceo se encuentra en general mal desarrollado, aunque algunas veces el suelo está cubierto de briófitos.

La sabina albar, *Juniperus thuriferae*, es un taxón relicto del Terciario, con un amplio nicho ecológico, resistente a la sequía y a la continentalidad, indiferente edáfico aunque con una clara preferencia por substratos ricos en Ca^{2+} . Estos bosques presentan una baja diversidad florística con una media de 10 especies (RIVAS-MARTÍNEZ, 1969) y son desplazados por bosques de quercineas que ocupan suelos más profundos. Los encinares también se presentan en buen estado en algunas zonas, aunque en general han sido explotados para obtener leña. También se han encontrado algunos pies dispersos de *Quercus faginea*.

La vegetación potencial, se clasifica en función de criterios florísticos y fisionómicos, método fitosociológico o sigmatista (BRAUN-BLANQUET, 1979). Un esquema sintaxonómico y la descripción detallada de las series y asociaciones presentes se puede consultar en ALVAREZ (1992).

La vegetación potencial de la zona está constituida por las siguientes series:

- Serie Supramediterránea Maestrazgo-Ibérica-Alcarreña de la Sabina Albar: *Junipero hemisphaerico-thuriferae* S. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987).
- Serie Supramediterránea Castellano-Maestrazgo-Manchega basófila de la encina: *Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae* S. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987)

En caso de alteración: fuegos, talas, exceso de carga ganadera extensiva, etc. los sabinares y encinares presentan una orla arbustiva de caméfitos pulviniformes dominada por las comunidades de genistas, *Lino-Genistetum rigidissimae* (RIVAS-MARTÍNEZ, 1967). La especie dominante es la *Genista pumila* subsp. *rigidissima*, que es desplazada por *Genista scorpius*. en casos de mayor degradación (ALVAREZ, op.cit.) y de aromáticas, *Satureja intricata* subsp. *castellana*, *Lavandula latifolia*. Está primera etapa de sustitución de los matorrales es posteriormente remplazada por otras especies de nanofanerófitos reptantes como *Helianthemum* sp. que denotan mayor degradación. Cuando no aparece matorral, normalmente por alteración humana, surge un pastizal vivaz de *Festucetum hystricis* (RIVAS-MARTÍNEZ, DIAZ, FERNÁNDEZ LOIDI ET PENAS, 1991), en cuyos claros pueden aparecer pastizales efímeros de primavera de *Bupleuro-Arenarietum ciliaris* (IZCO, MOLINA ET FERNÁNDEZ, 1986) o de *Festuca ovina* si el pastoreo es intenso.

En campos de cultivo abandonados aparecen terófitos, que dan paso a genistas si el suelo no está muy degradado o a sabinas que se comportan como colonizadoras.

El paisaje vegetal no viene exclusivamente definido por la vegetación natural, sino además por los distintos usos efectuados en el territorio por el hombre. Entre ellos, hay que destacar los cultivos y repoblaciones. En la zona se alternan cereales extensivos de invierno y pequeñas huertas y regadíos intensivos en los fondos de los valles. Debido a esto, hay que considerar una tendencia mosaicista en la fisonomía de las comunidades vegetales, donde se alternan en muy poco espacio geográfico, la vegetación natural y la de origen antrópico.

5.5.2. Cobertura vegetal.

En el ámbito de estudio, la vegetación dominante de las laderas de los valles y de las cuestas de los páramos son los matorrales. Esta distribución refleja el uso que el hombre ha hecho del territorio reservando las zonas planas, fondos de valle y páramos para cultivos o bosques. La cobertura es muy baja en los transectos estudiados. Sólo en un caso se encontró una cobertura de matorrales pluriestrata superior al 100 %. Hay que recordar que no se han tenido en cuenta los mesofanerófitos (árboles) a la hora de medir la cobertura, salvo cuando algunas de estas especies, como la encina, presentaba porte arbustivo. Los transectos que se encontraban bajo cobertura arbórea y no se han contemplado son: 1, 4, 9, 15, 16, 28, 30. De la misma forma no se han tenido en cuenta los terófitos, plantas anuales, ni los briófitos, musgos. Sin embargo, estas plantas si fueron tenidas en cuenta al realizar los muestreos y pueden formar parte importante de la cobertura en los transectos 15, 16, y 30.

El rango más frecuente es entre un 10 y un 20 % de cobertura total, es decir que una gran proporción del territorio se encuentra con muy baja protección frente a la erosión.

La distintas orientaciones en solana y umbria pueden ser un factor importante; como se manifiesta en los dos transectos realizados en el perfil 9, aumentando la cobertura en dirección Norte frente a Sur. Sin embargo estas diferencias no se aprecian de forma general. De igual manera, efectos microclimáticos como el encajonamiento de los vientos pueden modificar la distribución de las comunidades vegetales; como se aprecia entre los transectos 6 y 30, el perfil 30 se desarrolla bajo un bosque pluriestrato de sabinas, mientras que en el perfil 6 no existen mesofanerófitos.

Las especies dominantes en estos suelos son los caméfitos, apareciendo nanofanerófitos como orla arbustiva solamente en los cambisoles y leptosoles, como excepción se presentan en el transecto 25 (arenosol calcárico).

Dentro de los leptosoles los nanofanerófitos se localizan preferentemente en los móllicos y réndrico. En el transecto 7, aparece la máxima cobertura de nanofanerófitos, debido a una especie *Astragalus boissieri* que coloniza los leptosoles eútricos, desarrollados a partir de areniscas triásicas, con los pH más bajos de la zona de estudio y posiblemente dispersados por el ganado ovino que siguen un cordel de merinas que cruza la ladera.

La diversidad, número de especies, oscila entre 2 y 22 especies por transecto ; siendo máxima en suelos desarrollados bajo encinar (cambisoles y leptosoles) y en algunas comunidades de matorrales (muestras 17 y 18), situadas en contacto con bosques, en algunos casos la vegetación es muy pobre en suelos generalmente menos desarrollados, arenosoles, regosoles y leptosoles eútricos.

5.6. CONCLUSIONES

1. La vegetación potencial de la zona se corresponde a las series: Supramediterránea Maestrazgo-Ibérica-Alcarreña de la Sabina Albar: *Junipero hemisphaerico-thuriferae* S. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987) y Serie Supramediterránea Castellano-Maestrazgo-Manchega basófila de la encina: *Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae* S. (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987).
2. La vegetación dominante son bosques de sabinas albares y encinares en las zonas de páramo, matorrales en las laderas y cultivos y repoblaciones en las zonas llanas y valles fluviales.
3. El grado de protección que ofrece la cobertura vegetal es bajo con valores medios entre 10-20 %.
4. Los biotipos dominantes son caméfitos, apareciendo nanofanerófitos en suelos bien desarrollados.
5. Cambisoles y leptosoles presentan mayor cobertura vegetal y diversidad florística que regosoles y arenosoles.

5.7. BIBLIOGRAFÍA.

- Almendros, G. y Velasco, F. 1984. Influencia de la vegetación en la evolución del humus de las Tierras Pardas meridionales sobre areniscas triásicas de la provincia de Guadalajara. *Rev. Ecol. Biol. Soc.* 21: 415-429.
- Alvarez, J. 1992. *Los sabinares albares de la provincia de Guadalajara: estudio ecológico, florístico y fitosociológico y biología comparada de poblaciones de Juniperus thurifera L.* Universidad de Alcalá de Henares. Tesis Doctoral.
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C. Blackwell (ed.) 1990. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 2ed Blackwell, Boston.
- Bosatta, E. y Agren, G.I. 1990. Dynamics of carbon and nitrogen in the organic matter of the soil: a generic theory. *Am. Nat.* 138: 227-245.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Herman Blume, Madrid.
- Caseroiro, M.A., Garcia, L.G., Hernando, J. y Hernando, M.I. 1992. Dinámica suelo planta en zonas erosionadas de la cuenca del Duero. *Historia Natural'91*. 1: 63-69.
- Ellemberg, H. y Mueller-Dombois, D. 1966. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. Geob. Inst. E. T. H.* 37: 56-73.
- Faulkner, H. 1990. Vegetation Cover Density Variations and Infiltration Patterns on Piped Alkali Sodic Soils. Implications for the Modelling of Overland Flow in Semi-arid Areas. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley & sons. London pp 317-346.

- Francis, C.F. y Thornes, J.B. 1990. Runoff Hydrographs from three Mediterranean Vegetation Cover Types. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley & sons. London. pp.363-382.
- Greuter, W., Burdet, H.M. y Long, G. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève (ed.). 1984. *MED-Checklist*. Geneve.
- Hupp, C.R. 1990. Vegetation Patterns in Relation to Basin Geomorphology. *Vegetation and Erosion*. John Wiley. Chichester. pp.217-237.
- Margalef, R. 1991. Reflexiones sobre la diversidad y significado de su expresión cuantitativa. En Pineda, F.y. (ed.), *Diversidad Biológica*. Fundación Ramón Areces. Madrid. pp.2-20.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. En Page, A.L. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2ed. Am. Soc. Soil Sc. y Am. Soc. Agron. pp.181-197.
- Ortega, R. Caja de Soria (ed.). 1982. *Las desamortizaciones de Mendizábal y Mañoz en Soria*. 1. Caja de Soria, Soria.
- Rivas-Martínez, S. 1969. Vegetatio Hispaniae. Notula I. P. *Inst. Biol. Apl.* 46: 3-34.
- Rivas-Martínez, S. 1995. Lino-Genistetum pumilae, nueva asociación del piso mediterráneo ibérico de paramera. *P. Inst. Biol. Apl.* 43: 75-84.
- Rivas-Martínez, S. Rivas-Martínez, S. (ed.). 1987. *Memorias del mapa de vegetación potencial de España*. ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Díaz, T., E., Fernández, J.A., Loidi, J. y Penas, A. 1991. Festuco hystricis-Ononidetea striatae y Rosmarinetea officinalis, clases de vegetación independientes. *Itinera Geobotánica*. 5: 505-516.
- Sala, M. y Calvo, A. 1990. Response of Four Different Mediterranean Types to Runoff and Erosion. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley and Sons Ltd. London. pp.347-362.
- Stocking, M.A. 1994. Assessing vegetative cover and management effects. En Lal, R. (ed.), *Soil Erosion, Research, Methodology*. St. Lucie Press. Delray Beach. pp.210-232.
- Thornes, J.B. 1985. The Ecology of Erosion. *Geogra*. 222-235.
- Thornes, J.B. 1990. The interaction of Erosional and Vegetation Dynamics in Land Degradation: Spatial Outcomes. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley and Sons Ltd. London. pp.41-53.
- Tutin, T.G. Tutin, T.G.y. (ed.). 1964. *Flora Europaea*. 1-4. Cambridge University Press, London.
- Viles, H.A. 1990. 'The Agency of Organic Beings': A selective Review of Recent Work in Biogeomorphology. *Vegetation and Erosion*. John Wiley. Chichester. pp.5-24.

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

DESCRIPTORES: Estructura del suelo, macroagregados, estabilidad estructural, tamización en seco y húmedo, estabilidad frente al goteo.

KEY WORDS: Soil structure, soil macroaggregate, structural stability, dry and wet sieving, drop test.

RESUMEN:

La estructura del suelo es una de las propiedades más importantes relacionada con la erosión. Se estudia la composición y estabilidad estructural de los agregados del suelo por diversos métodos: tamizado en seco y húmedo y pruebas de goteo. Los resultados, se tratan estadísticamente y se relacionan con el resto de las propiedades de los suelos. Los análisis estadísticos multivariantes que se ha realizado, análisis de componentes principales, factorial de correspondencias binarias y de agregación *cluster*, permiten clasificar los suelos en grupos, en función del tamaño de sus agregados y su resistencia al goteo. Los luvisoles, cambisoles, fluvisoles y algunos leptosoles presentan alta estabilidad estructural, los regosoles y el resto de leptosoles presenta estabilidad media o baja, mientras que los suelos con altos contenidos de arena no presentan estructura o si la tienen son muy inestables.

ABSTRACT:

Soil structure is one of the major factors related to soil erosion. The composition, size and kind of soil aggregate inform us about structural stability. Several methods of structural stability measurements, dry and wet sieving and drop test, have been used in soil macroaggregates, in order to link with different soil properties. Further statistical analysis, binary correspondence test and cluster analysis, allows us to arrange soil samples in different groups. The luvisols, cambisols, fluvisols and some leptosols show the best structural stability while the regosols and other group of the leptosols show medium values of structural stability; finally the sandy soils do not present soil structure or if they do it, this is the worst.

6.1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

La estructura del suelo se ha considerado desde el inicio de la Edafología. Así, TIULIN (1933) define estructura del suelo como los agregados que aparecen a partir de elementos mecánicos, arcilla, humus y de las propiedades cementantes de los coloides del suelo; describe los principales factores formadores de los agregados, realiza una revisión de los métodos de medida y clasifica los agregados en dos grandes grupos (macroagregados >0.25 mm y microagregados <0.25 mm).

HÉNIN (1972), diferencia la agregación de partículas simples o primarias de las secundarias o complejas, resultantes de la agregación de las primeras, dando lugar a la cohesión y porosidad de los suelos. FOTH (1990), considera la estructura como la ordenación de las partículas del suelo, arena, limo y arcilla en otras que se denominan agregados. MC KEAGUE (1982) realiza una revisión de los conceptos de estructura, así como de los distintos métodos utilizados para clasificar la estructura. OADES (1991) propone una jerarquía en la agregación, macroagregados $>250 \mu\text{m}$ y microagregados $<250 \mu\text{m}$. En cualquier caso, los agregados influyen en la circulación del agua, la temperatura, la atmósfera del suelo y el enraizamiento vegetal (KOOREVAAR, 1994).

Los agregados son de extraordinaria importancia en los procesos de erosión. Son los responsables de la porosidad del suelo y regula parámetros tan importantes como la conductividad hidráulica, la infiltración y la escorrentía. En este sentido y como norma general, es preciso considerar que los suelos con mayor número de macroagregados, presentarán mayor número de poros con elevada capacidad de transmisión de agua y por tanto serán poco erosionables. Además, en caso de estar el suelo desprotegido sufren directamente el golpeteo de las gotas de lluvia, produciendo la disipación de la energía cinética de la gota de agua a expensas de su propia energía interna pudiendo producirse la rotura de los agregados (EPPINK, 1993). La rotura del agregado en otros más pequeños o en partículas discretas, permite la movilización y transporte de partículas, dando lugar a los conocidos procesos de encostramiento (GIMÉNEZ, 1992), o bien por gradiente de ladera depositándose cuando el relieve o el flujo hídrico ha perdido parte de su energía.

GUPTA (1984) y SKIDMORE (1992) indican que la estabilidad estructural depende de las propiedades intrínsecas del suelo, PERFECT, (1990) (1992) estudia la variación estacional de la estructura y realiza al igual que EGHBALL (1993) una descripción de la misma mediante las teorías de fractales.

La estabilidad estructural, es uno de los parámetros utilizados de forma habitual para evaluar la capacidad potencial de erosión, erodibilidad, (TRUMAN, 1990); y ha sido medido en suelos desarrollados bajo distintas condiciones ecológicas (NWANDIALO, 1991), (BEREZIN, 1992), (SCHJØNNING, 1992). Muchos de los autores anteriormente citados diferencian los agregados en función de su estabilidad frente a la agitación en húmedo *slaking*. La facilidad para realizar estas medidas así como la abundante bibliografía disponible han aconsejado trabajar utilizando la agitación en húmedo y las pruebas de goteo como métodos de referencia en este trabajo.

6.2. OBJETIVOS.

1. Determinar la erodibilidad de los diferentes suelos a partir de la estabilidad de sus macroagregados.
2. Establecer relaciones entre la estabilidad de los macroagregados y algunas de las propiedades intrínsecas de los suelos.

3. Comparar los distintos métodos utilizados: tamización en seco y en húmedo (ISSS modificado, 1967) y prueba de estabilidad frente al goteo, *drop test*. (ISSS modificado, 1967).

6.3.- MATERIAL Y MÉTODOS.

No existe un único método de referencia para medir la estabilidad de los agregados, todos ellos, se basan en la rotura de los agregados cuando existe un cambio en las condiciones físico-químicas de los mismos. Algunos de estos métodos son muy antiguos como los propuestos por BARAKOV en 1903. Se puede considerar como manual de referencia el *West European methods for soil structure determination* (ISSS, 1967), posteriores métodos pueden consultarse en COUGHLAN (1991).

El manual de la ISSS (op.cit., 1967), surge a partir de la necesidad de uniformar protocolos de estudio, en el Congreso Internacional de París en 1956. En 1958 en Gante se inicia un programa de cooperación Internacional en el "International Symposium on Soil Structure". En 1959 se forma un grupo de trabajo de países occidentales y se presentan los primeros resultados en Madison (Wisconsin, 1960). En 1962 este grupo de trabajo decide que la información que se recoja sea a nivel nacional y que contemple una serie de puntos, entre ellos el del análisis de laboratorio sobre componentes del suelo. En Versalles (1963) se presenta el primer borrador. Por fin, en 1965 en Gante, se decide publicar por iniciativa privada el libro de métodos.

En este capítulo se asume la clasificación ya mencionada de OADES (op. cit, 1991) y se trabaja con macroagregados $> 250\mu\text{m}$. Se han utilizado tres métodos distintos, tamización en seco y húmedo y pruebas de estabilidad frente a la gota de agua, siguiendo las pautas que se mencionan a continuación:

1. - Se tomaron muestras de los horizontes superficiales de los suelos de la manera más inalterada posible y análisis en el Departamento de irrigación y conservación de suelos y aguas de la Universidad Agraria de Wageningen.
2. - Se tamizó con tamiz de malla 8 mm y se rechazaron las partículas con un diámetro medio superior.
3. - Medida de la estabilidad utilizando tres métodos distintos: tamización en seco, en húmedo y pruebas de goteo.
4. - Los resultados obtenidos se trataron estadísticamente utilizando como programa el SPAD.N, Versión 2.5, utilizando un ordenador AXP 2100 en el Centro de Proceso de Datos de la U.C.M. Las pruebas estadísticas que se han utilizado son: análisis de componentes principales, análisis factoriales de correspondencias binarias y técnicas de clasificación aglomerativas (técnicas *cluster*). El desarrollo formal de estos métodos se puede consultar en LEBART (1985) y SOKAL (1979) entre otros.

6.3.1.- Determinación del tamaño de los agregados mediante tamización en seco.

Se realiza por tamización automática controlada. Se interpretan los datos mediante curvas acumulativas de las distintas fracciones granulométricas (en peso o porcentaje).

6.3.1.1. Procedimiento:

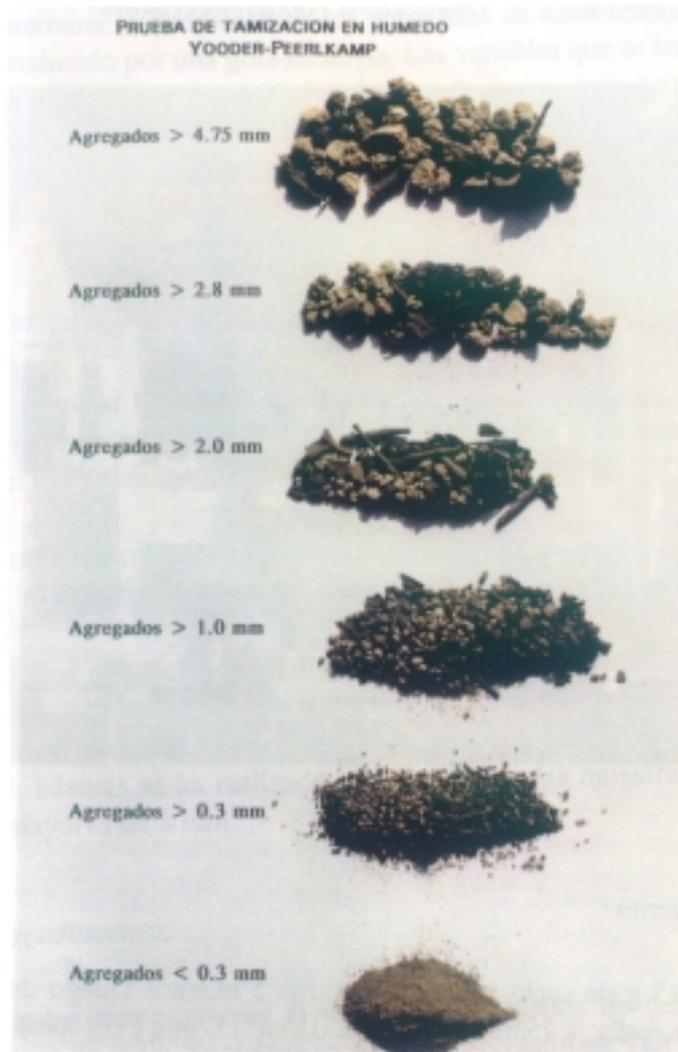
Se toman 75 g de suelo y se tamizan durante 5 minutos. El juego de tamices que se utiliza tiene los siguientes tamaños de malla: 4.75 mm, 2.8 mm, 2.0 mm, 1.0 mm y 0.3 mm (Figura 1).

Figura 6.3.1.1.1. Tamizadora automática.



El resultado final es la separación de los agregados en los distintos intervalos de tamaño (Figura 6.3.1.1.2). Posteriormente se recoge el contenido de cada una de las fracciones, se pesan y se realiza un curva acumulativa en peso o porcentaje.

Figura 6.3.1.1.2. Separación de agregados.



6.3.2. Determinación de la estabilidad de agregados mediante tamización en húmedo.

Se utiliza una tamizadora automática Yooeder-Perlkamp, (Figura 6.3.2.1) con un juego de tamices con un tamaño de malla decreciente: 4.75 mm, 2.8 mm, 2.0 mm, 1.0 mm y 0.3 mm. Los agregados de gran tamaño, se rompen en otros mas pequeños o partículas discretas, y la distribución de tamaños de partículas se compara con los resultados obtenidos mediante tamización en seco.

Durante la humectación, los agregados pueden reducir su tamaño por diversos procesos como: reducción de la tensión superficial, explosión de las burbujas de aire encerrado en el agregado, dispersión y disolución de sales. Asimismo, sufre dos procesos físicos: fricción por el agua y rozamiento con el tamiz.

El aumento de la presión inducida depende entre otros factores del tamaño de los agregados y cantidad de suelo depositado sobre los tamices, así como, del equipo

que se use: diámetro de los tamices en relación con el diámetro de los cilindros, longitud y número de subidas y bajadas por minuto, etc.

Figura 6.3.2.1. Tamizadora Yooder-Peerlkamp.



6.3.2.1. Procedimiento:

1. Se toman 15 g de suelo seco y se tamizan 5 minutos (Juego de tamices con diámetro de malla: 4.75 mm, 2.8 mm, 2.0 mm, 1.0 mm y 0.3 mm).
2. Se pone el rechazo de cada tamiz en el juego de tamices que se van a usar para el ensayo en húmedo. Es importante que el tamiz este húmedo.
3. Se colocan los juegos de tamices en los cilindros transparentes llenos de agua y se agitan 5 minutos.
4. Se recoge el contenido de cada tamiz en un vaso de precipitado. Se deseca en un baño de agua, se pesa la muestra obtenida en cada uno de los tamices y del total del cilindro (fracción menor de 0.3 mm) y se realizan curvas acumulativas en peso o porcentaje. Este proceso se repite un total de cinco veces para cada muestra de suelo hasta un total de 75 g de suelo.

6.3.3. Medida de la estabilidad estructural de los agregados mediante prueba de goteo.

Se determina la estabilidad de los agregados de suelo, mediante la simulación de impacto producido por una gota de lluvia. Las variables que se han tenido en cuenta son peso del agregado e intensidad (número de gotas /minuto). Las condiciones experimentales son las siguientes: altura de caída: 1 m, peso medio de la gota de agua: 0,04866 g (obtenido experimentalmente), diámetro equivalente (suponiendo que las gotas son esféricas): 4.528 mm.

6.3.3.1. Criterios de selección de las muestras.

Para efectuar las pruebas de estabilidad estructural mediante goteo de hay que disponer de un número suficientemente grande de macroagregados. Para ello se establecen los siguientes criterios:

- Suelos cuyos agregados tamaño 2.8-4.8 mm presenten un valor superior a la media
- Suelos con fracción arcilla superior a la media.

Sólo un total de 11 suelos cumplen estos requisitos: 2, 5, 6, 14, 15, 18, 23, 24, 26 y 29; además se ha realizado esta prueba en las muestras 7, 10 y 20 en los agregados mayores de 8 mm.

6.3.3.2. Procedimiento:

1. Se asilan aleatoriamente al menos 20 agregados de peso variable de cada muestra de suelo. Se trabaja en agregados no saturados en agua.
2. Se depositan los agregados sobre una rejilla, que permite una rápida evacuación del agua, y se dejan caer las gotas con la bureta, desde una altura de 1 m., hasta la destrucción del agregado
3. La velocidad de caída (gotas/minuto) es variable y se registra el tiempo que tarda en romperse el agregado.
4. Se calcula la energía cinética necesaria para la rotura del agregado en base al tiempo que tarda en romperse. La energía se expresa en mJ por gramo de agregado.

6.3.3.3. Calibrado del método:

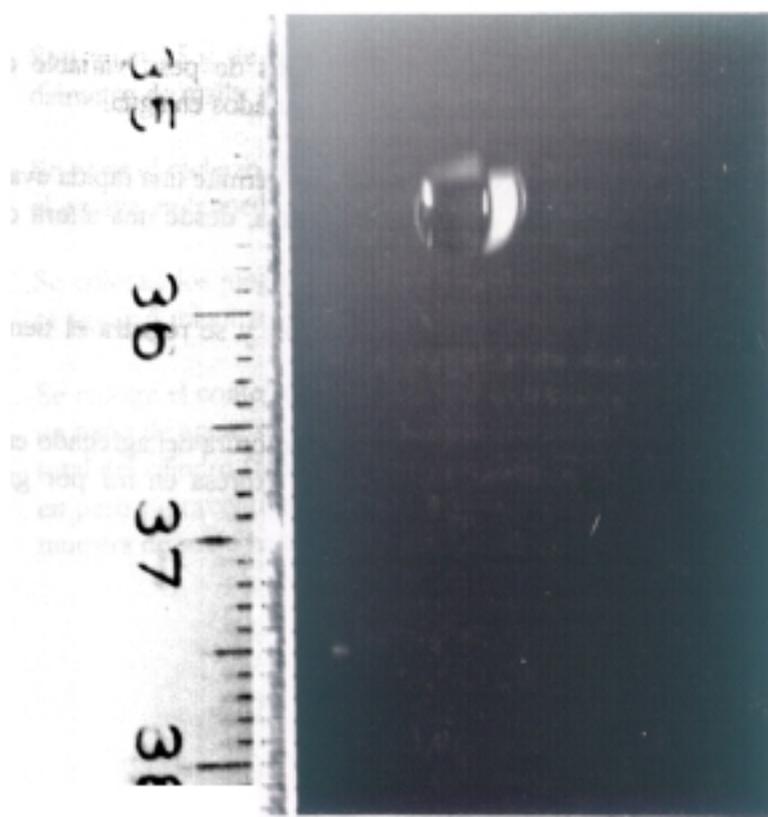
Para calibrar el método, hay que fijar las condiciones estándar de partida. Se calcula la masa media de cada gota de agua experimentalmente (Tabla 6.3.3.2.1), pesando un número exacto de gotas. En base a estas pesadas se puede calcular el diámetro medio de las gotas suponiendo que la gotas son esféricas.

La forma y tamaño de las gotas pueden afectar significativamente a los procesos de erosión (RIEZEBOS, 1984). Para comprobar la forma de las gotas se tomaron fotografías con un estroboscopio (cámara Nikon F3, con lente Macro de 200 mm y con un equipo de flash Metz 60 (tiempo de centelleo 1/4500 s), película Kodak (Technical Pan 100 ASA) (Figuras 6.3.2.1.).

Tabla 6.3.3.3.1. Cálculo del peso medio de la gota de agua.

TARA	Nº GOTAS	PESO	PESO MEDIO
28.68	41	30.69	0.0490
27.67	20	28.73	0.0485
34.16	20	35.13	0.0485
28.68	20	29.65	0.0485
27.76	20	28.74	0.049
34.17	20	35.14	0.0485
Media			0.0486
Desviación estándar			0.0002

Figura 6.3.3.2.1. Forma de la gota de agua.



Una vez conocidos los datos físicos de cada gota de agua y sabiendo la altura desde donde cae, se puede calcular la velocidad terminal de caída y la energía cinética:

- Peso medio (obtenido experimentalmente), $P = 0.04866 \text{ g}$
- Densidad = masa / volumen ($\cong 1$); luego el volumen, $V = 48.6 \text{ mm}^3$
- Al ser las gotas esféricas, se calcula el diámetro equivalente: $\frac{4}{3} \pi r^3$:
donde $r = 2.26 \text{ mm}$
- Energía cinética de cada gota asumiendo que la velocidad de caída $v = (gh)^{1/2}$;
 $E_c = 4.8 \text{ mJ/gota}$.

A modo de resumen se indican las principales condiciones experimentales:

- Altura de caída: 1 m.
- Peso medio de la gota de agua: 0,04866 g
- Diámetro equivalente: 4.528 mm.
- Energía cinética de cada gota: 4.8 mJ.

6.4.- RESULTADOS

Algunos datos originales, como los datos de estabilidad frente al goteo, se pueden consultar en el capítulo de anejos.

Tabla 6.4.1.- Datos de tamización en seco. Valores en %.

MUESTRA	Tamaño de agregado (mm)						TOTAL
	P > 4.75	4.75 < P > 2.8	2.8 < P > 2	2 < P > 1	1 < P > 0.3	P < 0.3	
1	21.11	25.32	12.46	21.23	15.57	4.31	100
2	22.06	23.30	12.06	19.27	16.98	6.33	100
3	8.82	18.10	12.23	26.56	26.78	7.51	100
4	29.60	27.12	11.00	17.60	10.44	4.24	100
5	24.99	28.53	12.97	17.46	12.03	4.02	100
6	32.72	27.41	11.40	16.74	9.85	1.88	100
7	0.41	1.78	1.82	5.02	42.29	48.68	100
8	12.21	22.02	10.76	16.54	21.84	16.63	100
9	6.11	16.72	8.90	11.54	19.38	37.35	100
10	0.16	5.59	5.47	13.78	37.38	37.62	100
11	1.67	15.58	21.26	43.27	14.30	3.92	100
12	12.58	17.29	12.96	28.42	23.54	5.21	100
13	10.20	13.51	12.38	29.68	21.79	12.44	100
14	18.23	21.75	13.79	24.08	18.05	4.10	100
15	27.86	25.39	12.06	16.12	12.52	6.05	100
16	16.06	32.20	14.54	19.55	11.52	6.13	100
17	36.96	27.74	11.77	12.24	8.57	2.72	100
18	43.89	35.24	10.75	7.39	1.52	1.21	100
19	2.57	18.13	13.39	23.90	33.73	8.28	100
20	0.88	3.47	2.62	5.21	20.60	67.22	100
21	13.77	28.89	16.39	21.69	13.05	6.21	100
22	12.77	26.14	17.62	28.58	12.83	2.06	100
23	17.38	26.92	16.27	22.53	13.21	3.69	100
24	23.36	28.80	16.69	22.76	7.07	1.32	100
25	13.28	22.97	12.64	20.94	23.65	6.53	100
26	49.07	23.44	6.61	9.30	5.95	5.63	100
27	0.00	1.03	2.47	11.32	68.95	16.23	100
28	28.95	30.32	12.30	16.33	9.12	2.98	100
29	64.22	24.48	4.30	3.80	1.33	1.87	100
30	4.62	13.73	10.56	25.78	31.35	13.96	100

Tabla 6.4.2. Estadística básica de la tabla 6.4.1.

	P > 4.75	4.75 < P > 2.8	2.8 < P > 2	2 < P > 1	1 < P > 0.3	P > 0.3
Media	18.55	21.10	11.35	18.62	18.84	11.54
STD	15.43	8.84	4.50	8.44	13.48	15.38
Rango	0-64.21	1-35.23	1.8-21.26	3.8-43.3	1.33-68.96	1.22-67.23

CAPÍTULO 6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Tabla 6.4.3.- Datos de tamización en húmedo. Valores en %.

MUESTRA	Tamaño de agregado (mm)						TOTAL
	P>4.75	4.75<P>2.8	2.8<P>2	2<P>1	1<P>0.3	P<0.3	
1	10.88	12.95	7.79	15.21	25.81	27.36	100
2	9.42	9.46	7.43	13.82	23.21	36.66	100
3	5.03	16.27	11.35	22.44	29.30	15.61	100
4	26.86	24.70	8.90	12.57	7.59	19.38	100
5	20.62	25.85	13.36	17.42	13.82	8.93	100
6	16.65	15.54	8.13	14.69	24.41	20.58	100
7	0.53	1.45	1.48	4.81	39.70	52.03	100
8	1.65	3.68	3.54	6.00	29.40	55.73	100
9	3.46	7.22	3.91	8.85	18.23	58.33	100
10	0.00	3.38	4.01	8.94	31.15	52.52	100
11	1.65	6.93	11.56	32.17	24.82	22.87	100
12	1.67	3.29	4.92	18.89	40.04	31.19	100
13	7.19	4.56	7.53	9.59	16.31	54.82	100
14	14.70	19.33	17.42	18.92	13.78	15.84	100
15	24.07	23.39	11.46	15.37	13.17	12.54	100
16	13.25	30.58	14.65	18.23	11.53	11.76	100
17	26.18	21.26	8.82	8.20	16.66	18.88	100
18	22.43	27.92	12.36	12.10	9.78	15.41	100
19	2.46	17.14	12.08	21.37	30.26	16.69	100
20	0.79	2.58	1.63	2.62	9.91	82.47	100
21	6.39	25.13	14.94	18.99	17.85	16.70	100
22	6.10	15.86	13.29	24.88	21.25	18.62	100
23	10.80	21.09	13.74	19.33	16.58	18.46	100
24	15.71	23.64	15.28	21.10	12.79	11.48	100
25	5.60	8.90	5.88	11.12	26.73	41.77	100
26	37.26	18.98	6.57	8.29	6.09	22.81	100
27	0.00	0.86	3.09	11.11	65.83	19.11	100
28	23.84	25.90	10.30	9.90	10.06	20.00	100
29	23.15	13.60	3.56	5.48	13.89	40.32	100
30	2.29	8.51	7.43	18.18	26.46	37.11	100

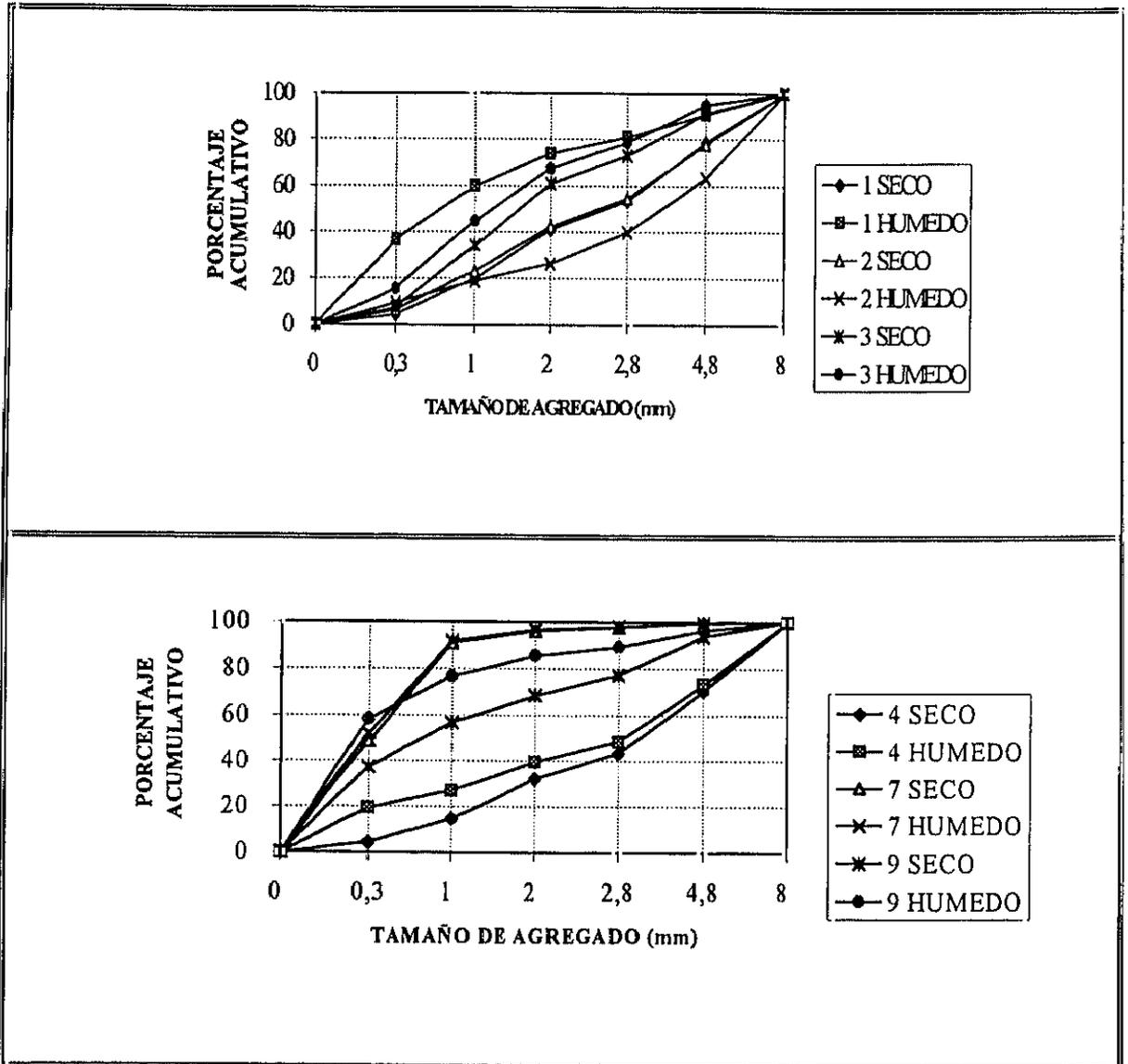
Tabla 6.4.4. Estadística básica de la tabla 6.4.3.

	P>4.75	4.75<P>2.8	2.8<P>2	2<P>1	1<P>0.3	P>0.3
Media	9.63	14.07	8.93	13.95	21.23	32.19
STD	9.09	10.06	4.86	7.18	9.58	21.50
Rango	0-37.2	0.86-27.91	1.48-15.28	2.62-15.28	6.09-65.83	8.93-82.47

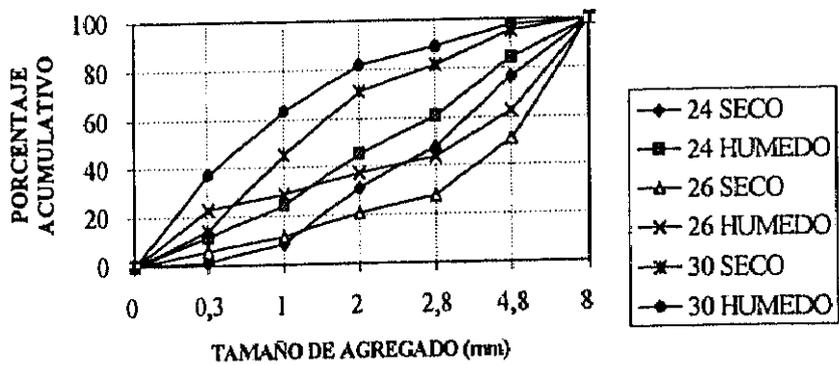
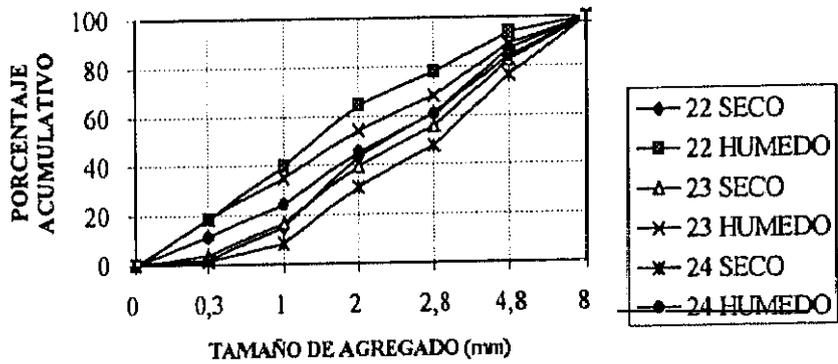
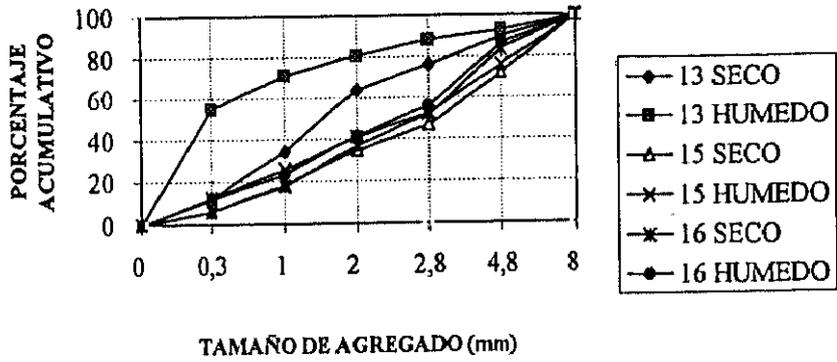
6.4.5. Curvas acumulativas en peso de los tamizados en seco y húmedo.

Con los datos de tamización en seco y húmedo se han realizado las siguientes curvas acumulativas

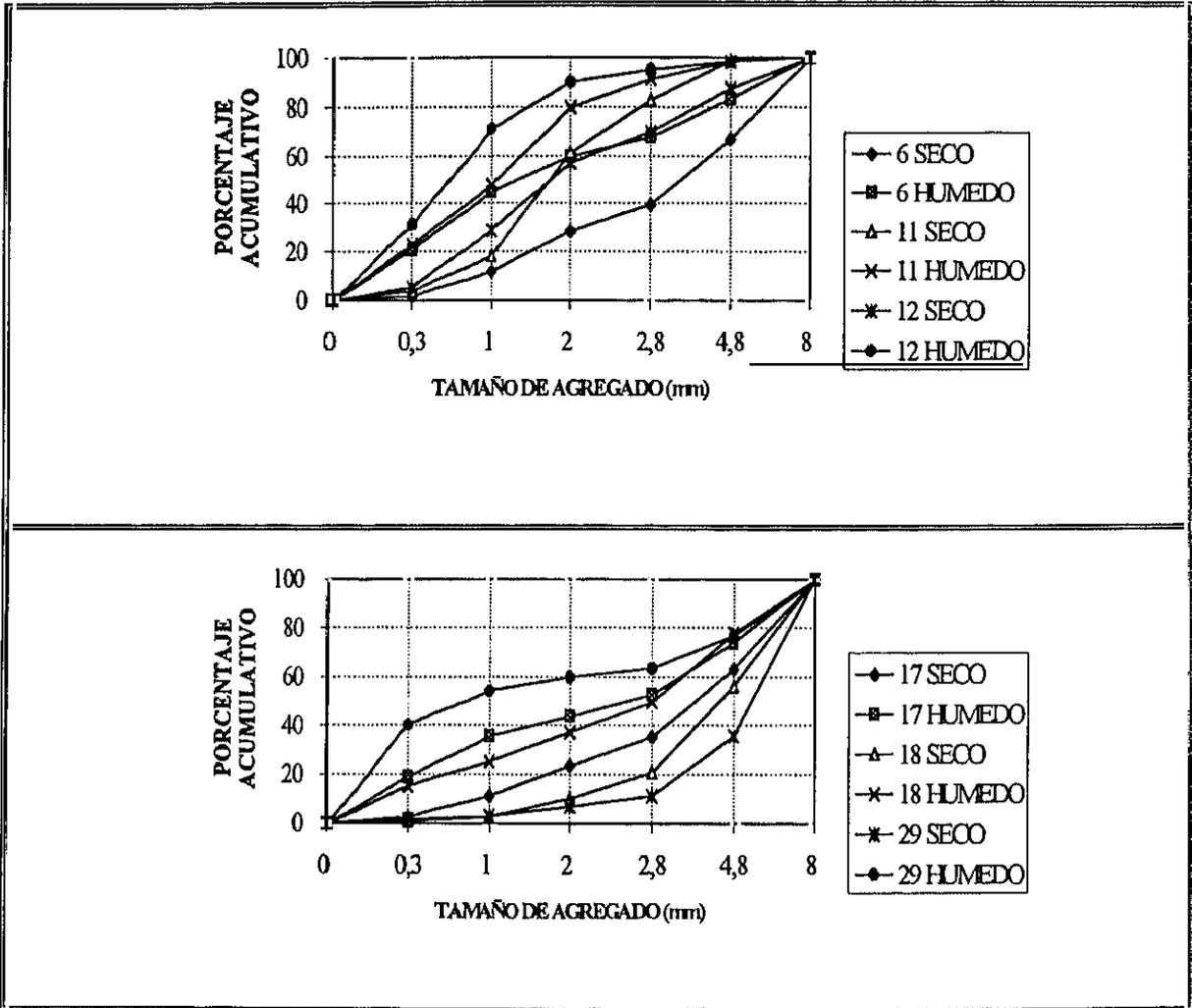
Gráfica 6.4.5.1. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Leptosoles.



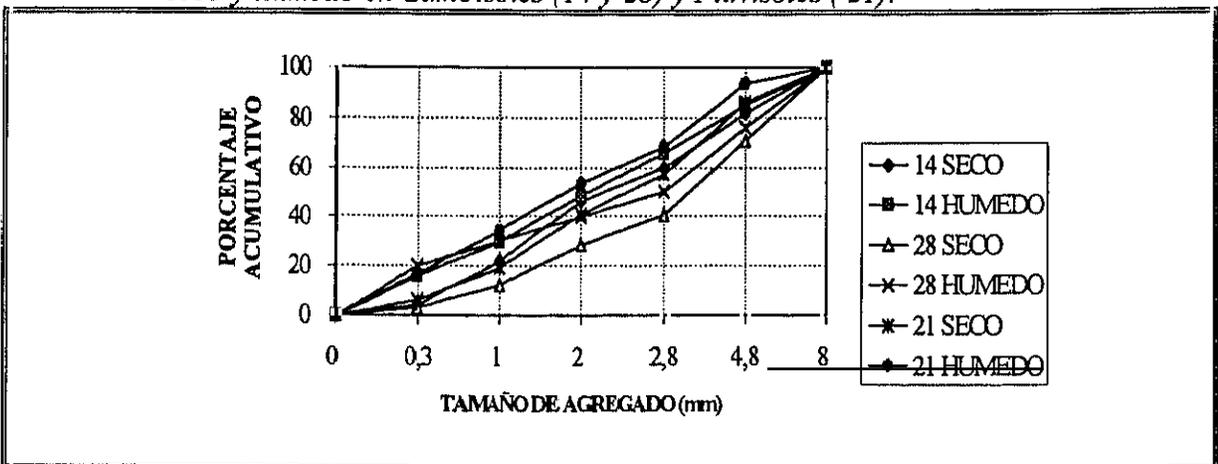
Gráfica 6.4.5.2. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Leptosoles.



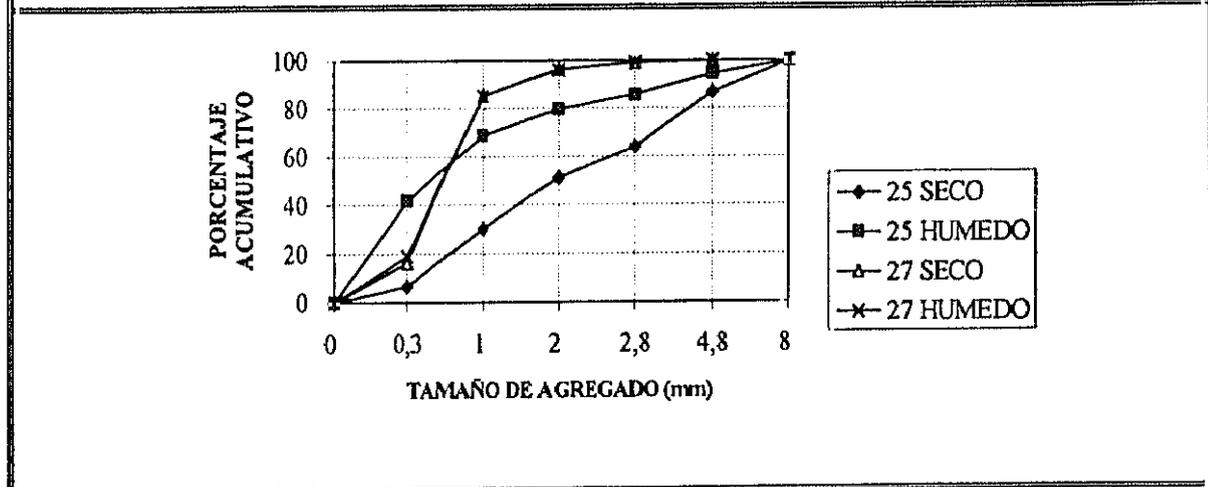
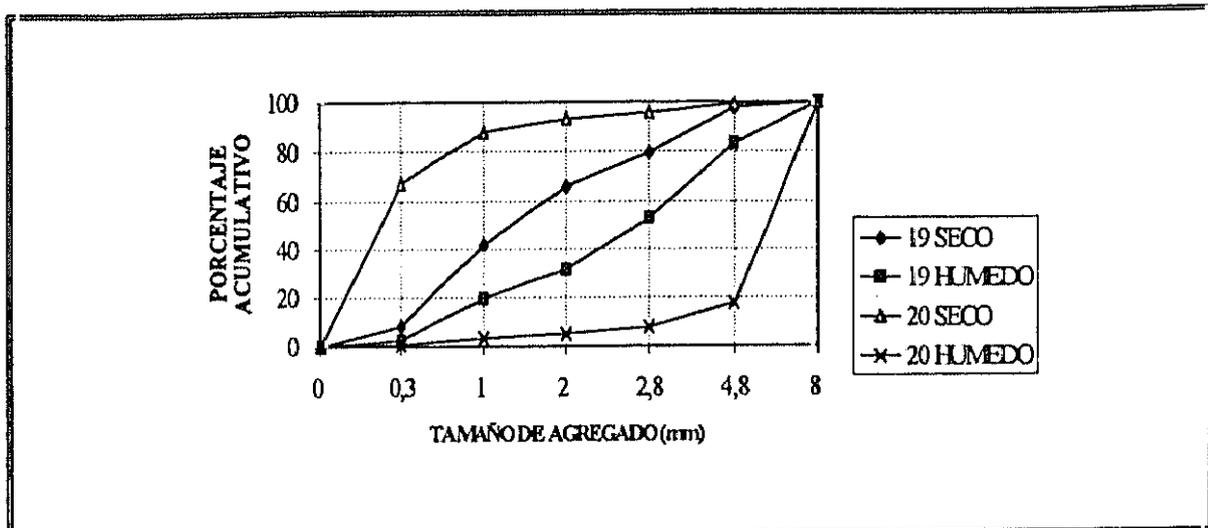
Gráfica 6.4.5.3. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Regosoles.



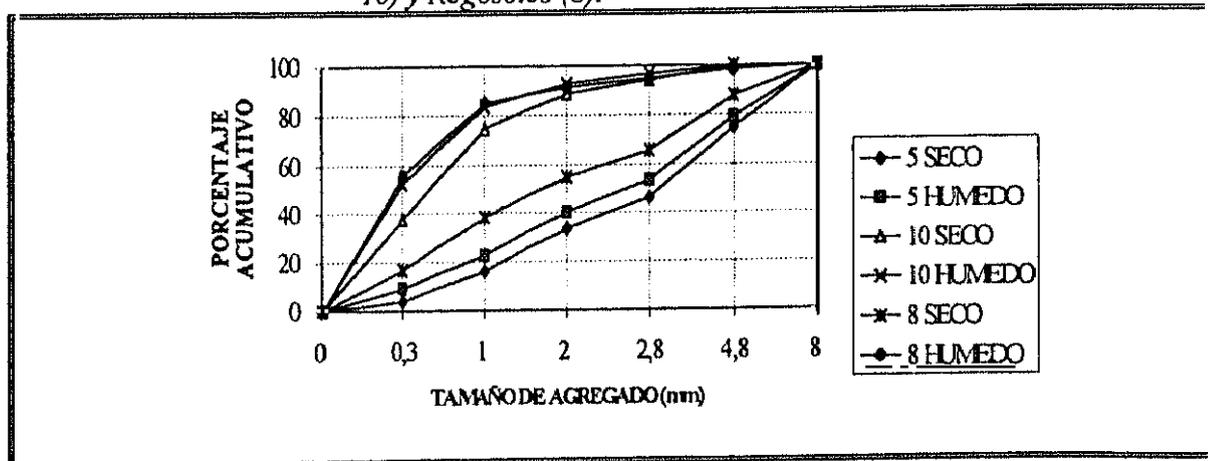
Gráfica 6.4.5.4. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Cambisoles (14 y 28) y Fluvisoles (21).



Gráfica 6.4.5.5. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Arenosoles



Gráfica 6.4.5.6. Distribución de agregados en pesos, tamizado seco y húmedo en Luvisoles (5) y Regosoles (8).



6.5. Resultados de las pruebas de estabilidad por goteo

Los resultados para cada uno de los agregados se pueden consultar en el anejo de este capítulo. La tabla 6.4.6 es una tabla resumen en la que se reflejan: intensidades utilizadas para cada muestra, número de agregados y valor promedio de Energía cinética y desviación estándar para cada suelo.

Tabla 6.5.1.- Datos promedio de la prueba de goteo.

Muestra	Nº de medidas	Rango de intensidades (gotas/min.)	Energía cinética /g (Media)	Energía cinética (STD)	Energía Cinética máxima	Energía Cinética mínima
1	20	40-240	2.36	2.46	2.22	0.10
2	38	30-100	0.32	0.13	0.54	0.17
5	30	30-100	0.63	0.30	1.13	0.16
6	30	30-100	0.58	0.48	2.2	0.10
7*	20	64	0.18	0.08	0.35	0.07
10*	20	52-56	0.10	0.06	0.25	0.04
14	30	30-100	2.06	1.71	9.11	0.51
15	20	20-108	25.71	43.82	215.78	0.58
18	20	30-106	0.56	0.35	1.45	0.10
20*	20	64-68	0.09	0.22	0.15	0.06
23	20	28-88	0.45	0.20	0.97	0.21
24	26	30-100	0.51	0.39	2.0	0.12
26	20	44-112	0.54	0.44	1.95	0.23
29	22	28-88	0.46	0.17	0.76	0.28
TOTAL	336	28-240	2.16		215.78	0.06

*Los datos de Energía cinética se presentan en mJ. * Muestra donde se han realizado las pruebas en agregados > 8 mm. La energía cinética/G: se expresa en mJ por g de agregado. STD: Desviación estándar. Los valores de Energía cinética máxima y mínima indican los valores máximos y mínimos que se alcanzan en un agregado para cada muestra.*

6.6. DISCUSIÓN.

6.6.1. Tamización en seco.

Para interpretar los datos obtenidos mediante la prueba de tamización en seco, que indican la distribución de agregados en condiciones naturales; se ha realizado un análisis estadístico multivariante: análisis factorial de correspondencias binarias, seguido de un análisis aglomerativo de clasificación en grupo (*cluster*). El objetivo de utilizar

estas técnicas de clasificación es encontrar grupos de suelos que tengan una distribución homogénea de los distintos tipos de agregados. Posteriormente se han relacionados dichos grupos con las propiedades de los suelos. Las propiedades del suelo que se han elegido son: arena gruesa, arena fina, limo, arcilla, pH, CaCO₃ equivalente y extraíble en oxalato amónico, índice de Boyoucus, carbono materia orgánica y relación C/N. Se han considerado variables activas a los tamaños de agregado que intervienen en la formación de las nuevas variables o factores, a los tamaños de agregado; mientras que el resto de las variables anteriormente mencionadas se han considerado como variables ilustrativas, que no intervienen en la formación de los factores.

El análisis factorial consiste en formar una serie de nuevas variables, que se denominan factores, a partir de unas variables primarias (variables activas). En este caso, las seis variables activas (los tamaños de agregado), se han combinado para formar tres nuevos factores, con el objeto de reducir la información de las variables activas; estos factores se forman por combinación lineal de las variables activas y recogen en este caso un 98.13 % de la varianza con los tres primeros factores. La contribución relativa de cada uno de los tamaños de los agregados a los factores se resume en la siguiente tabla (Tabla 6.6.1.1):

Tabla 6.6.1.1.- Contribución de las variables activas en la formación de los factores.

Frecuencias	Contribuciones		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Variables			
>4.8	24.0	32.5	11.3
4.8-2.8	8.9	0.1	3.8
2.8-2.0	1.5	6.0	9.9
2.0-1.0	0.3	23.5	10.7
1.0-0.3	16.8	10.8	51.8
<0.3	48.5	27.2	12.5

Contribución: Porcentaje de cada variable que interviene en la formación del factor.

No se han encontrado correlaciones significativas entre las variables ilustrativas y los factores 1, 2 y 3. En la tabla 6.6.1.1. se observa como en los factores 1 y 2 se oponen los agregados de tamaño mayor de 4.8 mm frente a los agregados >2 mm. La distribución de los elementos (los suelos) se ha representado gráficamente en relación con los nuevos factores. En la gráfica 6.6.1.1.a. se proyecta la distribución de los suelos sobre los dos primeros factores; se eligen estos factores por ser los que mas varianza recogen, además se representan las variables ilustrativas. En general, en la gráfica 6.6.1.1.a., los suelos próximos a un determinado tamaño de agregado (representado gráficamente) presentan una mayor proporción de ese tamaño.

En el análisis *cluster* se han diferenciado 5 grupos (gráfica 6.6.1.1.b., y 6.6.1.2.), con una relación inercia intra cluster/inercia total de 0.85. La composición de elementos y caracterización de cada una de las clases se refleja en la tabla 6.6.1.2, gráfica 6.6.1.2.

Los elementos de cada una de las clases son:

- Clase I: Elementos 1, 2, 14, 23, 16, 21, 22, 24, 17, 5, 15, 4, 28 y 6.
- Clase II: Elementos 18, 26 y 29.
- Clase III: Elementos 11, 30, 19, 8, 13, 25, 12 y 3.
- Clase IV: Elemento 27.
- Clase V: Elementos 9, 10, 7 y 20.

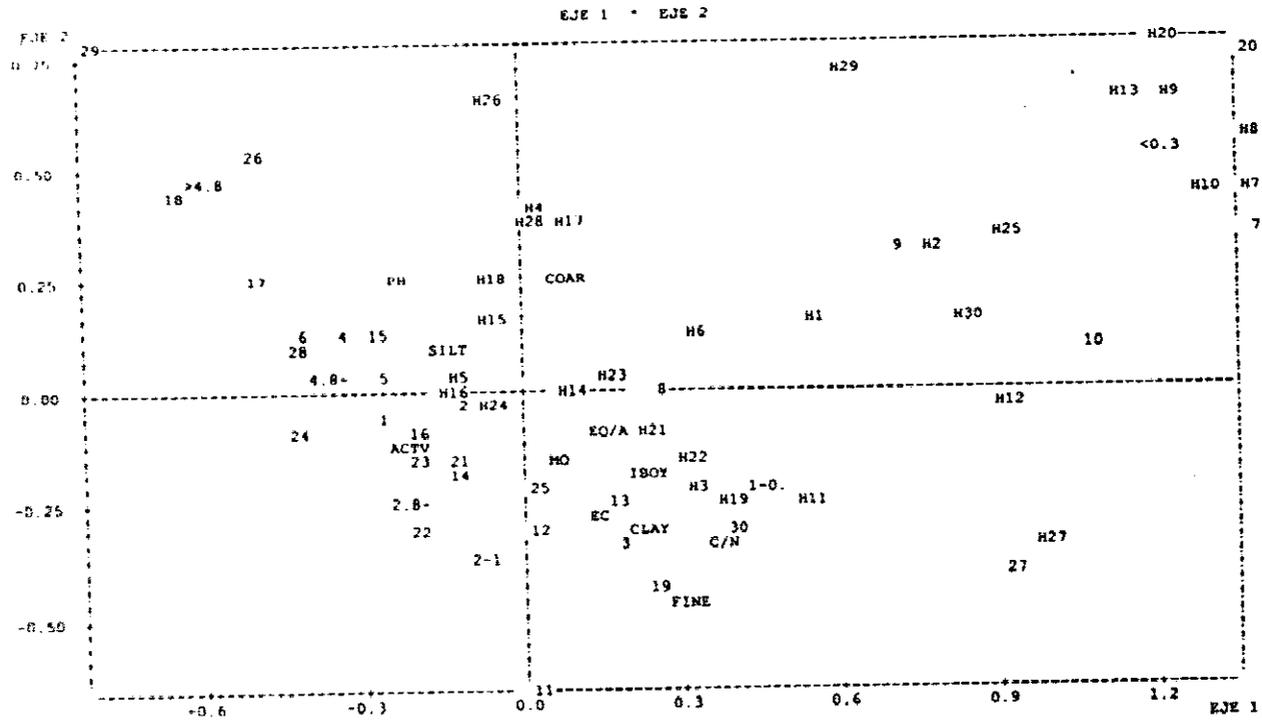
De esta agrupación se deduce que suelos de la misma unidad de clasificación FAO no tienen un comportamiento homogéneo respecto a la distribución del tamaño de agregado. La clase I, con agregados predominantemente grandes, recoge Leptosoles, Cambisoles, Regosoles, Luvisoles y Fluvisoles. La clase II está representada por Regosoles y Leptosoles líticos con agregados > 4.8 mm. En la clase III, donde los suelos tienen agregados medianos, se agrupan Arenosoles, Regosoles y Leptosoles. La clase IV está formada sólo por un elemento que se diferencia respecto al resto de los suelos, ese suelo es un Arenosol con la fracción mayoritaria entre 0.3-1 mm. En la clase V, donde se recogen mayoritariamente los elementos finos, se reúnen todos los suelos con agregados de tamaño arena; Arenosoles, Luvisoles y Leptosoles.

Se han caracterizado los cluster en relación a las variables ilustrativas. Se contrasta si el valor de cada una de las variables en cada cluster difiere significativamente del valor medio de l total de los suelos. En la tabla 6.6.1.3. se presenta el P valor (valor de probabilidad, que aparece en las tablas como PROB), para cada una de las propiedades y de los cluster. Se considera estadísticamente significativo cuando $P < 0.1$.

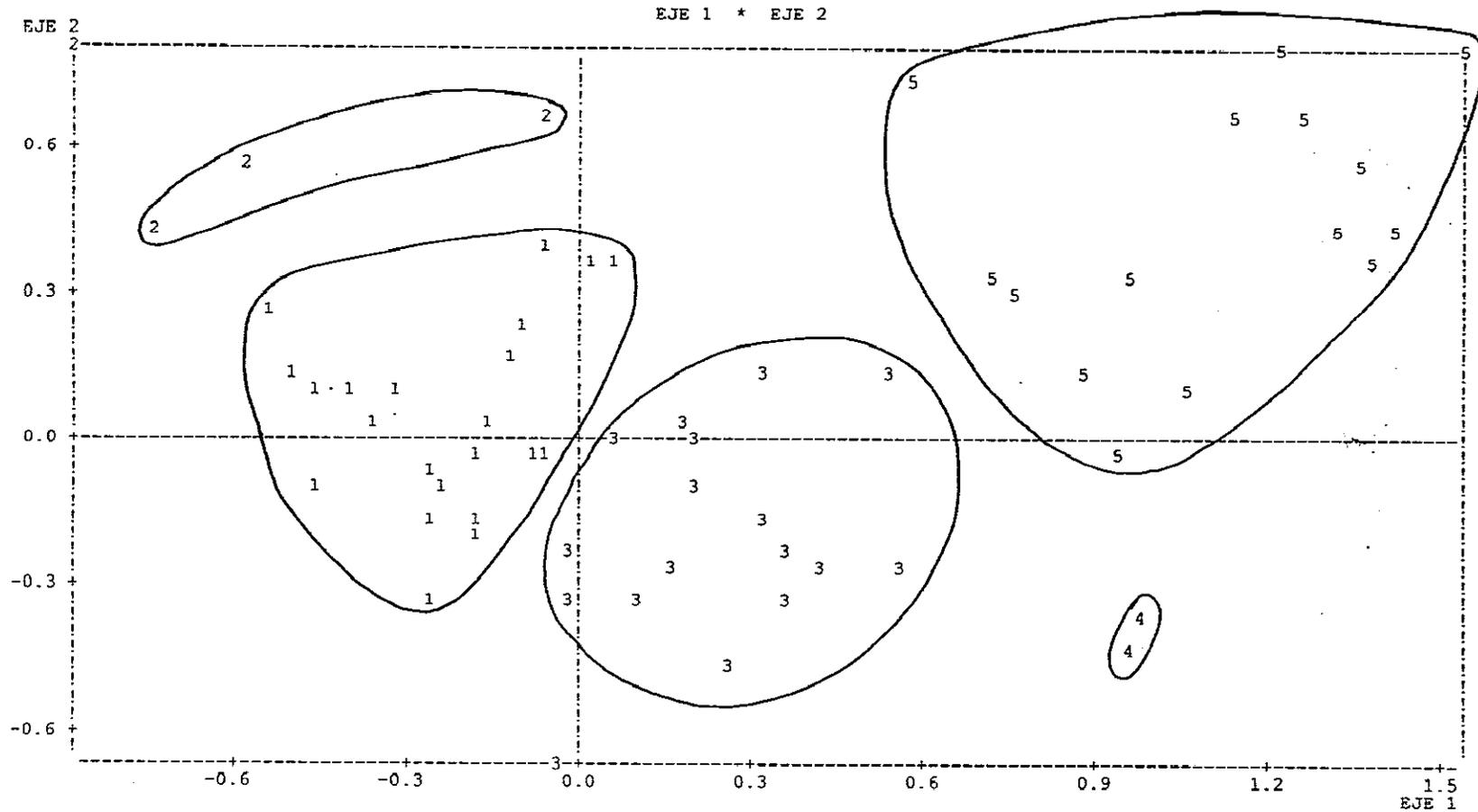
Los suelos de la clase I, presentan valores significativamente superiores a la media en materia orgánica, carbonato extraíble en oxálato amónico y con las fracciones limo y arena fina; y significativamente inferiores a la media en fracción arena gruesa e índice de Boyoucus. Esto indica que los suelos bien estructurados, con agregados mayoritariamente gruesos (tamaño comprendido entre 2.0-8 mm), presentan fracciones granulométricas predominantemente finas, elevados valores de materia orgánica y altos de Ca CO_3 extraíble,

En las clases II y IV, no se han encontrado variaciones significativas respecto a la media. La clase III tiene valores significativamente más altos que la media en relación C/N y menores que la media en materia orgánica, limo y carbonato extraíble por oxálato amónico. La clase V muestra valores significativamente superiores a la media en arena gruesa e índices de Boyoucus y valores menores a la media en carbonato extraíble por oxálato amónico, conductividad eléctrica, limo, pH y relación C/N.

Gráfica 6.6.1.1.a Distribución de los suelos frente a los factores 1 y 2.

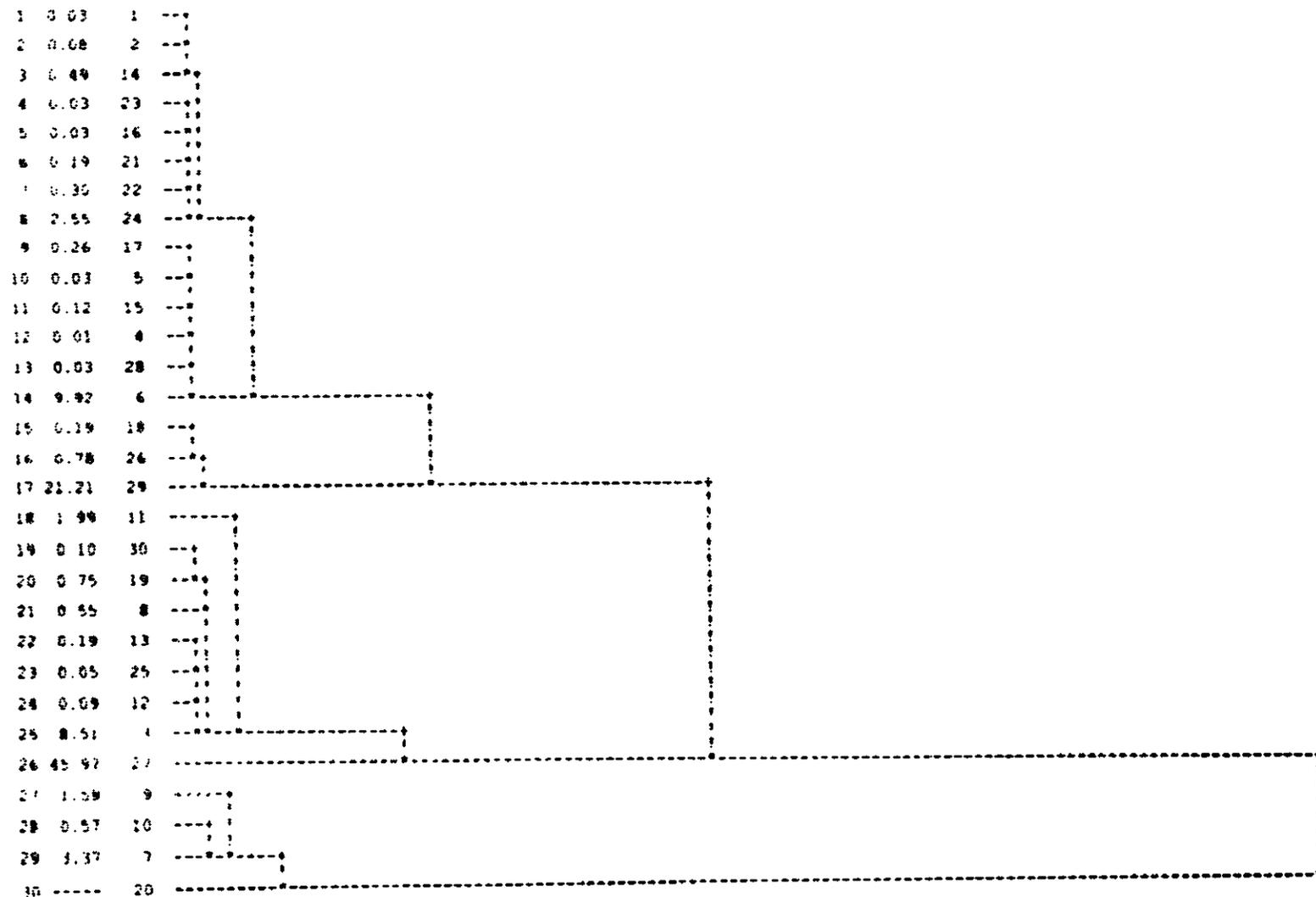


Gráfica 6.6.1.1.b. Distribución de los suelos frente a los factores 1 y 2. (agrupados en clases)



Gráfica 6.6.1.2. Dendrógrama en cinco clases.

RANG. IND. I-EN DENDROGRAMA (INDICES EN PORCENTAJE DE LA SUMA DE LOS INDICES : 0.51325 MIN = 0.018 / MAX = 45.978)



CAPÍTULO 6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Tabla 6.6.1.2. Caracterización de las clases (cluster) en función de los tamaños de agregado.

CARACTERIZACION POR LAS FRECUENCIAS DE LAS CLASES O MODALIDADES DE : CORTE 'c' DEL ARBOL EN 5 CLASES										
V. TEST	PROB.	PORCENTAJES			NUM . ETIQU.	FRECUENCIAS CARACTERISTICAS	IDEN	PESO		
		CLA/FRE	FRE/CLA	GLOBAL						
				46.67		CLASE 1 / 5	cc1c	1400		
7.50	0.0000	60.01	27.13	21.10	2 . 4.8-2.8		4.8-	632		
6.12	0.0000	58.55	23.27	19.55	1 . >4.8		>4.8	556		
3.67	0.0001	56.20	13.67	11.35	3 . 2.8-2		2.8-	340		
1.42	0.0779	49.44	19.73	18.62	4 . 2-1		2-1	558		
-9.84	0.0000	30.22	12.20	18.84	5 . 1-0.3		1-0.	565		
-12.60	0.0000	16.18	4.00	11.54	6 . <0.3		<0.3	346		
				10.00		CLASE 2 / 5	cc2c	299		
14.10	0.0000	28.24	52.39	18.55	1 . >4.8		>4.8	556		
2.84	0.0022	13.14	27.72	21.10	2 . 4.8-2.8		4.8-	632		
-2.50	0.0063	6.36	7.22	11.35	3 . 2.8-2		2.8-	340		
-5.72	0.0000	3.51	2.90	11.54	6 . <0.3		<0.3	346		
-6.08	0.0000	3.67	6.83	18.62	4 . 2-1		2-1	558		
-8.80	0.0000	1.56	2.93	18.84	5 . 1-0.3		1-0.	565		
				26.67		CLASE 3 / 5	cc3c	800		
6.78	0.0000	38.50	26.89	18.62	4 . 2-1		2-1	558		
4.74	0.0000	34.85	24.62	18.84	3 . 1-0.3		1-0.	565		
1.91	0.0279	31.19	13.27	11.35	3 . 2.8-2		2.8-	340		
-2.33	0.0098	21.50	9.31	11.54	6 . <0.3		<0.3	346		
-2.77	0.0028	22.33	17.67	21.10	2 . 4.8-2.8		4.8-	632		
-9.39	0.0000	11.85	8.24	18.55	1 . >4.8		>4.8	556		
				3.33		CLASE 4 / 5	cc4c	100		
10.89	0.0000	12.20	68.95	18.84	5 . 1-0.3		1-0.	565		
1.25	0.1064	4.69	16.23	11.54	6 . <0.3		<0.3	346		
-1.94	0.0265	2.03	11.32	18.62	4 . 2-1		2-1	558		
-3.30	0.0005	0.73	2.47	11.35	3 . 2.8-2		2.8-	340		
-6.01	0.0000	0.16	1.03	21.10	3 . 4.8-2.8		4.8-	632		
-6.03	0.0000	0.00	0.00	18.55	1 . >4.8		>4.8	556		
				13.33		CLASE 5 / 5	cc5c	400		
20.22	0.0000	55.11	47.72	11.54	6 . <0.3		<0.3	346		
5.65	0.0000	21.17	29.91	18.84	5 . 1-0.3		1-0.	565		
-5.00	0.0000	5.53	4.70	11.35	3 . 2.8-2		2.8-	340		
-5.78	0.0000	6.36	8.89	18.62	4 . 2-1		2-1	558		
-8.29	0.0000	4.35	6.89	21.10	2 . 4.8-2.8		4.8-	632		
-11.06	0.0000	1.36	1.89	18.55	1 . >4.8		>4.8	556		

Porcentajes CLA/FRE: Porcentaje de tamaño de agregado en la clase. FRE/CLA: Distribución porcentual del tamaños de agregados en la clase. GLOBAL: Distribución porcentual en todos los suelos.

CAPÍTULO 6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Tabla 6.6.1.3. Relaciones de cada uno de los cluster con las propiedades de los suelos.

CARACTERIZACION
 POR LAS CONTINUAS
 DE LAS CLASES O MODALIDADES DE : CORTE 'c' DEL ARBOL EN 5 CLASES

V TEST	PROB.	MEDIAS		DESV. TIPO		NUM. ETIQUETA		VARIABLES CARACTERISTICAS	IDEN
		CLASE	GENERAL	CLASE	GENERAL				
CLASE 1 / 5 (PESO = 14.00 EFECTIVO = 14)									
2.92	0.002	10.29	6.63	6.43	6.31	12	ACTV		ACTV
2.81	0.002	20.12	14.27	9.75	10.47	9	SILT		SILT
2.24	0.013	7.88	5.58	6.52	5.19	16	MO		MO
1.43	0.076	29.06	24.85	14.38	14.78	8	FINE		FINE
0.91	0.177	191.86	178.80	42.20	71.02	15	EC		EC
0.92	0.178	7.24	6.81	1.82	2.38	14	PH		PH
-1.63	0.076	2.94	4.16	2.57	4.33	11	IBOYO		IBOYO
-2.12	0.017	12.74	21.21	12.07	20.10	7	COARSE		COAR
CLASE 2 / 5 (PESO = 3.00 EFECTIVO = 3)									
1.07	0.143	20.50	14.27	7.06	10.47	9	SILT		SILT
-1.02	0.155	8.30	12.49	9.27	7.40	17	C/N		C/N
-1.26	0.154	14.50	24.85	7.93	14.78	8	FINE		FINE
CLASE 3 / 5 (PESO = 8.00 EFECTIVO = 8)									
1.64	0.050	16.23	12.49	7.93	7.40	17	C/N		C/N
1.10	0.117	27.98	22.36	16.57	16.64	10	CLAY		CLAY
0.99	0.162	200.38	178.80	107.02	71.02	15	EC		EC
-1.35	0.088	3.42	5.58	2.55	5.19	16	MO		MO
-1.53	0.081	0.27	14.27	5.85	10.47	9	SILT		SILT
-1.82	0.035	3.10	6.63	2.24	6.31	12	ACTV		ACTV
CLASE 5 / 5 (PESO = 4.00 EFECTIVO = 4)									
3.35	0.000	53.13	21.21	30.75	20.10	7	COARSE		COAR
1.87	0.031	7.99	4.16	4.25	4.33	11	IBOYO		IBOY
-0.87	0.192	18.75	24.85	12.86	14.78	8	FINE		FINE
-1.50	0.066	7.22	12.49	9.79	7.40	17	C/N		C/N
-1.66	0.049	1.68	6.63	0.53	6.31	12	ACTV		ACTV
-1.91	0.027	114.00	178.80	68.75	71.02	15	EC		EC
-2.41	0.008	2.30	14.27	1.44	10.47	9	SILT		SILT
-2.42	0.008	4.07	6.81	3.32	2.38	14	PH		PH

6.6.2. Tamización en húmedo.

Se ha realizado el mismo análisis estadístico con los resultados de la tamización en húmedo y en seco como variables activas, con el fin de comprobar si los suelos mantienen los mismos tamaños de agregados después del tratamiento en húmedo. Si los individuos de cada cluster (los suelos) permanecen invariables en relación con el tipo de agregado entonces esos suelos son estables, mientras que si se alteran los agregados se destruirían y los suelos se agruparían en grupos caracterizados por tener tamaños de agregados menores.

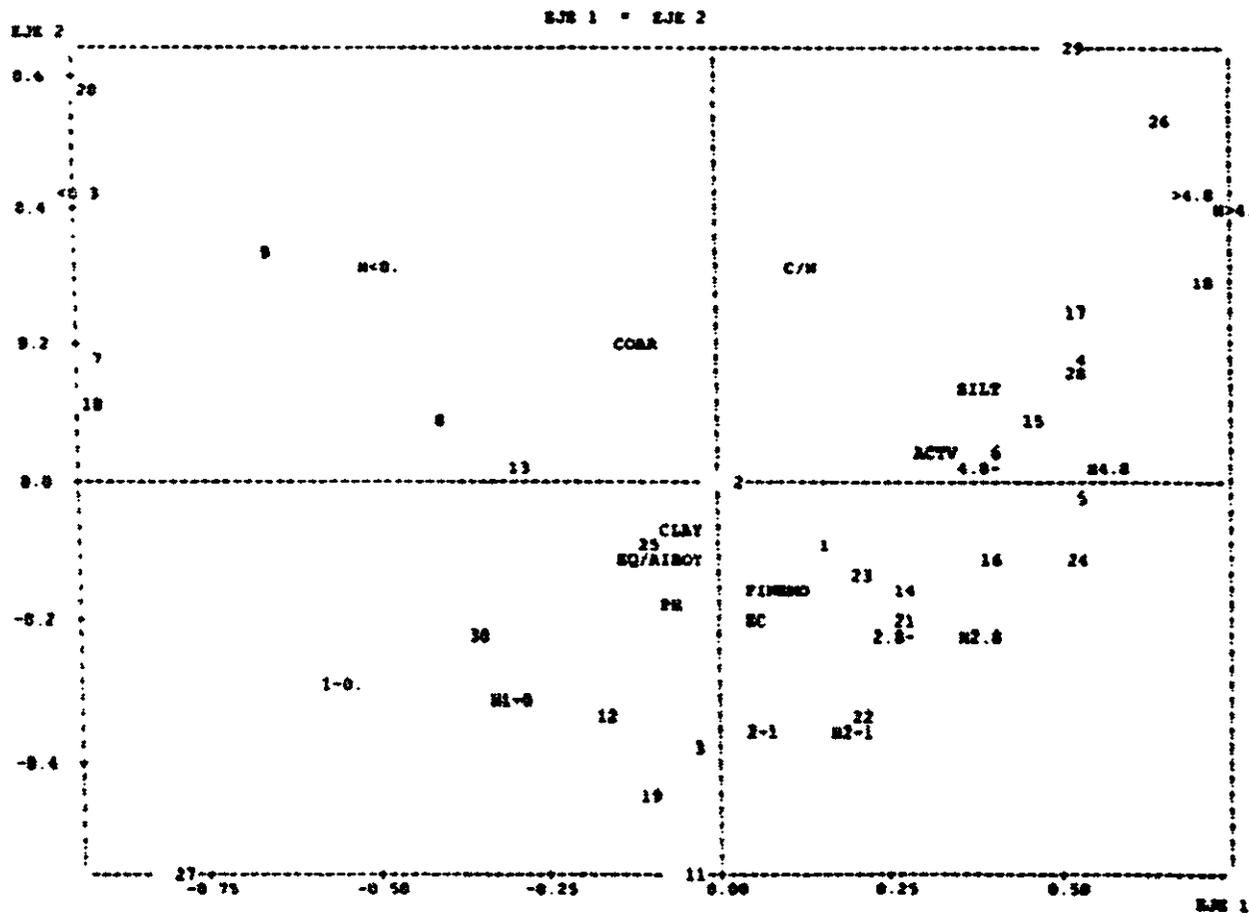
El total de las 12 variables (tamaños de agregado en seco y húmedo, tabla 6.6.2.1) se ha combinado para formar 5 nuevos factores absorbiendo un total del 98.12 % de la información. La composición de cada uno de los factores se puede observar en la siguiente tabla:

Frecuencias	Contribuciones		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Variables			
>4.8	14.90	16.5	14.1
4.8-2.8	6.0	0.0	1.5
2.8-2.0	1.0	3.0	6.6
2.0-1.0	0.1	11.3	9.1
1.0-0.3	11.0	8.0	20.3
<0.3	29.3	17.7	6.1
>4.8H	11.0	9.0	3.9
4.8-2.8H	7.5	0.0	2.0
2.8-2.0H	1.9	2.0	4.3
2.0-1.0H	0.6	9.4	4.8
1.0-0.3H	4.6	9.9	24.1
<0.3H	12.1	13.1	3.1

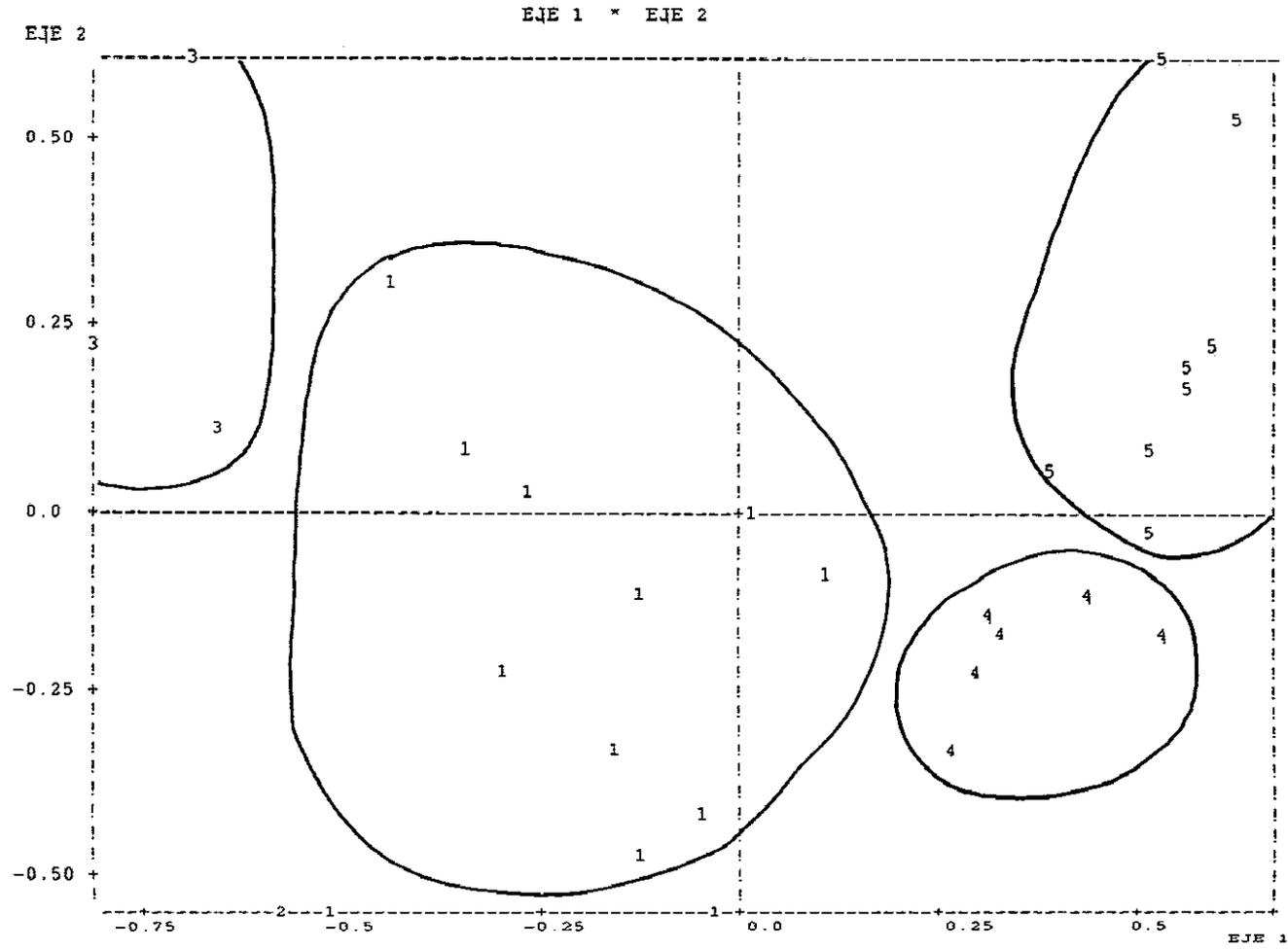
H: tamaño en húmedo.

No se han encontrado correlaciones significativas entre las variables ilustrativas y los nuevos factores. La proyección de los suelos sobre los factores 1 y 2 se puede observar en la gráfica 6.6.2.1., además se han representado las variables ilustrativas. Como en el caso anterior se escogen los factores (ejes) 1 y 2 por ser los que recogen más información.

Gráfica 6.6.2.1. Distribución de los suelos frente a los factores 1 y 2.



Gráfica 6.6.2.2. Distribución de los suelos en los ejes 1 y 2 y agrupación en clusters.



CAPÍTULO 6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

En el análisis *cluster* se han diferenciado cinco clases (gráfica 6.6.2.2), en función de las variables activas. La caracterización de cada uno de los cluster se presenta en la tabla 6.6.2.2., la composición de elementos de cada clase es la siguiente.

- Clase I: 1, 2, 25, 12, 8, 9, 30, 3, 19, 11, 13.
- Clase II: 27
- Clase III: 10, 7, 20.
- Clase IV: 22, 23, 21, 14, 24, 16,
- Clase V: 18, 6, 17, 28, 4, 15, 5, 26, y 29.

En la clase I se agrupan los suelos cuyos tamaños de agregados están comprendidos entre 0.3 y 2.8 mm en seco, y entre < 0.3 y 2 mm en húmedo, es decir, estas muestras no mantienen su distribución inicial, produciéndose un incremento en fracciones menores y presentando por tanto estabilidad estructural media o baja

La clase II sólo presenta un elemento, 27 con un único tamaño de partícula entre 0.3-1 mm en seco, que no se modifica en húmedo. En este caso, se puede decir que es un suelo sin estructura, formado mayoritariamente por arenas que al no tener agregados no puede modificar su tamaño en fracciones menores.

La clase III, representada por los suelos 10, 7 y 20 es similar a la clase II, son suelos sin agregados estructurales gruesos y si los tienen son muy inestables

La clase IV recoge suelos con tamaños de agregados comprendidos entre 1-4.8 en seco y que mantienen estas fracciones como mayoritarias en húmedo. Por tanto, estos suelos, presenta una estabilidad estructural mejor que las clases anteriores.

Los suelos con agregados en seco, fracción > 4.8 clase V, también mantiene este tamaño en húmedo, esto no quiere decir que no se produzcan roturas de agregados de otras fracciones como de hecho sucede (por ejemplo en la muestra 29), sino que esta fracción gruesa se mantiene en húmedo aunque las otras fracciones se pueden disgregar.

Existen relaciones significativas ($P < 0.1$) entre estas clases y las propiedades del suelo (tabla 6.6.2.3).

La clase I, de estabilidad media o baja, está relacionada significativamente con valores superiores a la media en carbonato extraíble por oxalato amónico. La clase III, sin agregados o con agregados de muy baja estabilidad estructural, presentan valores significativamente superiores a la media en arena gruesa, relación C/N, pH e índices de Boyoucos e inferiores a la media de carbonato extraíble y limo. La clase IV, estabilidad alta, presenta valores significativamente mayores a la media en arena fina y carbonato extraíble por oxalato amónico e inferiores en arena gruesa. Por último, la clase V también de estabilidad alta, presenta valores superiores a la media en limo, carbonato extraíble y materia orgánica.

CAPÍTULO 6. ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Tabla 6.6.2.2. Caracterización de cada cluster.

V. TEST	PROB.	PORCENTAJES			NUM . ETIQU.	FRECUENCIAS CARACTERÍSTICAS	IDEN	PESO
		CLA/FRE	FRE/CLA	GLOBAL				
36.67								
CLASE 1 / 5								
5.73	0.0000	45.45	18.10	14.60	12 . H<0.3	dd1d	2200	
5.63	0.0000	47.82	12.14	9.31	4 . 2-1	H<0.	876	
4.50	0.0000	44.95	13.21	10.77	11 . H1-0.3	2-1	558	
3.66	0.0001	44.04	11.31	9.42	5 . 1-0.3	H1-0	646	
1.95	0.0258	41.26	8.07	7.18	10 . H2-1	1-0.	565	
1.60	0.0352	41.01	6.35	5.67	3 . 2.8-2	H2-1	430	
-1.84	0.0328	21.31	7.79	4.44	9 . H2.8-2	2.8-	340	
-2.22	0.0134	32.65	3.33	10.55	2 . 4.8-2.8	H2.8	266	
-6.65	0.0000	22.48	4.50	7.33	8 . H4.8-2.8	4.8-	632	
-8.49	0.0000	20.71	5.24	9.27	1 . >4.8	H4.8	439	
-9.04	0.0000	15.06	2.33	5.68	7 . H>4.8	4.8-	556	
3.33								
CLASE 2 / 5								
9.73	0.0000	12.20	34.48	9.42	5 . 1-0.3	DD2D	200	
8.40	0.0000	10.18	32.91	10.77	11 . H1-0.3	1-0.	565	
1.21	0.1134	4.59	13.11	5.77	6 . <0.3	H1-0	646	
-1.84	0.0328	2.03	8.66	9.31	4 . 2-1	<0.3	346	
-2.05	0.0199	2.18	9.55	14.60	12 . H<0.3	2-1	558	
-2.06	0.0197	1.16	1.54	4.44	9 . H2.8-2	H<0.	876	
-3.23	0.0006	0.73	0.73	5.67	3 . 2.8-2	H2.8	266	
-4.35	0.0000	0.00	1.00	5.68	7 . H>4.8	2.8-	340	
-5.09	0.0000	0.20	0.43	7.33	8 . H4.8-2.8	H>4.	340	
-5.79	0.0000	0.16	0.51	10.55	2 . 4.8-2.8	H4.8	439	
-5.85	0.0000	0.00	0.00	9.27	1 . >4.8	4.8-	632	
10.00								
CLASE 3 / 5								
17.26	0.0000	44.33	25.59	5.77	6 . <0.3	DD3D	600	
10.94	0.0000	21.35	31.17	14.60	12 . H<0.3	<0.3	346	
5.87	0.0000	17.74	16.71	9.42	5 . 1-0.3	H<0.	876	
2.03	0.0714	12.48	13.46	10.77	11 . H1-0.3	1-0.	565	
-4.59	0.0000	2.67	1.19	4.44	9 . H2.8-2	H1-0	646	
-4.93	0.0000	3.80	2.73	7.18	10 . H2-1	H2.8	266	
-5.10	0.0000	4.30	4.00	9.31	4 . 2-1	H2-1	430	
-5.25	0.0000	2.91	1.65	5.67	3 . 2.8-2	2-1	558	
-7.20	0.0000	1.68	1.24	7.33	8 . H4.8-2.8	2.8-	340	
-7.78	0.0000	0.39	0.22	5.68	7 . H>4.8	H4.8	439	
-8.82	0.0000	1.71	1.81	10.55	2 . 4.8-2.8	H>4.	340	
-10.41	0.0000	0.26	0.24	9.27	1 . >4.8	4.8-	632	
20.00								
CLASE 4 / 5								
5.51	0.0000	30.83	11.30	7.33	8 . H4.8-2.8	DD4D	1200	
5.21	0.0000	33.53	7.44	4.44	9 . H2.8-2	H4.8	439	
4.16	0.0000	28.21	10.12	7.18	10 . H2-1	H2.8	266	
3.57	0.0002	27.99	7.94	5.67	3 . 2.8-2	H2-1	430	
2.93	0.0017	24.92	11.60	9.31	4 . 2-1	2.8-	340	
-1.08	0.1398	18.25	8.46	9.27	11 . >4.8	2-1	558	
-3.84	0.0001	14.51	7.81	10.77	11 . H1-0.3	>4.8	556	
-4.32	0.0000	13.40	6.31	9.42	5 . 1-0.3	H1-0	646	
-7.06	0.0000	6.79	1.36	5.77	6 . <0.3	1-0.	565	
-8.04	0.0000	10.60	7.74	14.60	12 . H<0.3	<0.3	346	
30.00								
CLASE 5 / 5								
15.81	0.0000	60.78	18.79	9.27	1 . >4.8	DD5D	1799	
13.70	0.0000	64.90	12.28	5.68	7 . H>4.8	>4.8	556	
6.80	0.0000	44.81	10.95	7.33	8 . H4.8-2.8	H>4.	340	
5.30	0.0000	39.45	13.87	10.55	2 . 4.8-2.8	H4.8	439	
-1.11	0.1516	27.36	5.18	5.67	3 . 2.8-2	4.8-	632	
-2.73	0.0313	24.16	5.78	7.18	10 . H2-1	2.8-	340	
-5.08	0.0000	20.94	6.50	9.31	4 . 2-1	H2-1	430	
-6.92	0.0000	20.42	9.94	14.60	12 . H<0.3	2-1	558	
-7.42	0.0000	17.86	6.42	10.77	11 . H1-0.3	H<0.	876	
-9.81	0.0000	8.83	1.70	5.77	6 . <0.3	H1-0	646	
-10.15	0.0000	12.62	3.96	9.42	5 . 1-0.3	<0.3	346	
1-0.								
565								

Tabla 6.6.2.3. Relaciones entre las clases de suelo y las propiedades del suelo.

CARACTERIZACION
POR LAS CONTINUAS
DE LAS CLASES O MODALIDADES DE : CORTE 'd' DEL ARBOL EN 5 CLASES

V. TEST	PROB.	MEDIAS GENERAL		DESV. TIPO GENERAL		NUM. ETIQUETA	VARIABLES CARACTERISTICAS	IDEN
		CLASE 1 / 5		(PESO = 11.00		EFFECTIVO = 11)		GD1d
-1.46	0.077	5.12	7.38	3.96	6.36	18. ACTV		ACTV
		CLASE 2 / 5		(PESO = 3.00		EFFECTIVO = 3)		DD3d
2.48	0.008	57.58	28.23	15.62	21.88	13. COARSE		COAR
2.27	0.012	22.77	15.78	2.08	5.58	23. C/N		C/N
1.35	0.088	8.03	7.77	0.05	0.35	20. PH		PH
1.27	0.131	7.40	4.37	4.75	4.27	17. IBOYO		IBOY
-0.97	0.181	3.43	6.66	0.70	6.36	22. MO		MO
-1.17	0.114	115.66	178.80	17.48	71.02	21. EC		EC
-1.21	0.113	18.11	28.45	11.96	15.29	16. CLAY		CLAY
-1.59	0.059	1.83	7.38	0.52	6.36	18. ACTV		ACTV
-2.14	0.016	2.50	14.66	1.61	10.20	15. SILT		SILT
		CLASE 3 / 5		(PESO = 6.00		EFFECTIVO = 6)		DD4d
2.32	0.010	38.97	27.52	12.65	11.26	14. FINE		FINE
1.63	0.032	11.23	7.38	6.24	6.36	18. ACTV		ACTV
-1.12	0.132	19.38	15.78	3.42	5.58	23. C/N		C/N
-1.14	0.129	7.62	7.77	0.29	0.35	20. PH		PH
-1.31	0.113	2.82	5.85	1.40	6.78	19. EQ/AC		EQ/A
-1.32	0.094	17.83	28.23	14.42	21.88	13. COARSE		COAR
		CLASE 4 / 5		(PESO = 9.00		EFFECTIVO = 9)		DD5d
1.08	0.001	23.52	14.66	8.00	10.20	15. SILT		SILT
1.52	0.044	10.13	7.38	7.78	6.36	18. ACTV		ACTV
1.31	0.094	9.03	6.66	7.26	6.36	22. MO		MO
-1.16	0.121	21.04	28.23	7.47	21.88	13. COARSE		COAR
-1.76	0.171	2.97	4.37	1.66	4.27	17. IBOYO		IBOY

Porcentajes CLA/FRE: Porcentaje de tamaño de agregado en la clase. FRE/CLA: Distribución porcentual del tamaños de agregados en la clase. GLOBAL: Distribución porcentual en todos los suelos

6.6.3.- Curvas acumulativas.

Se puede diferenciar curvas cóncavas o convexas, que indican una distribución de partículas predominantes en fracciones finas o gruesas, y la diferencia que se establece entre ambas. Las curvas cóncavas indican mayores proporciones de partículas de tamaño mayor mientras que las convexas presentan distribuciones de partículas menores.

Cuando se procede a la humectación de los agregados del suelo, estos se rompen, en otros agregados o partículas discretas de menor tamaño, cambiando las curvas de cóncavas a convexas. Algunas presentan formas intermedias, lo que indica una distribución más compensada de tamaños.

Leptosoles, regosoles y luvisoles presentan formas variables, unas veces cóncavas y otras convexas o intermedias. Los arenosoles presentan una acumulación de partículas en tamaños pequeños, mientras que cambisoles y fluvisoles presentan distribuciones homogéneas de tamaño.

Se puede considerar la superficie comprendida entre las curvas en seco y húmedo como medida de la estabilidad estructural. En términos generales cuando mayor sea esta superficie la estabilidad estructural será menor. Cuando no hay agregados, o estos son tan estables que no se ven afectados por la humectación, no hay prácticamente diferencia entre la distribución de partículas en seco y húmedo.

Para calcular la superficie que definen las curvas se ha utilizado el teorema de Simpson.(Tabla 6.6.1.)

Tabla 6.6.1. Superficie de las curvas de distribución en seco y húmedo.

MUESTRA	SUPERFICIE	MUESTRA	SUPERFICIE	MUESTRA	SUPERFICIE
1	117.2	11	62.8	21	63.8
2	123.9	12	140.8	22	88.9
3	36.4	13	91.6	23	70.1
4	36.6	14	31.6	24	68.5
5	35	15	32.7	25	125.2
6	145.5	16	24.8	26	90.6
7	4.1	17	97.2	27	1.1
8	158.2	18	145.3	28	60.3
9	66.9	19	12.3	29	286.9
10	21.7	20	14.8	30	54.6

En función de la superficie se aprecia un comportamiento variable en leptosoles: grupo I (muestras 3, 4, 15, 16, 30) el de mayor estabilidad estructural. Grupo II (9, 24, 23) con valores de estabilidad intermedios, grupo III (1, 2, 13, 22, 26) con baja estabilidad y el grupo IV con solo una muestra, la 7 presenta una superficie muy baja lo que indica, en este caso y debido a una estructura particulada *in situ*, la práctica ausencia de agregados susceptibles de sufrir alteraciones por humectación. No se aprecia una relación entre las subunidades FAO y la estabilidad estructural. Sin embargo, es significativo que los leptosoles

del grupo I se desarrollan bajo una vegetación de bosque o pastizal, mientras que el resto de los leptosoles se desarrollan bajo matorral.

Los regosoles, en líneas generales, tienen una estabilidad estructural inferior a la de los leptosoles. En algunas ocasiones, (muestras 11 y 17) presentan unas estabilidad parecida a la del grupo II de leptosoles. Hay que destacar que la muestra 29 tiene la de menor estabilidad estructural encontrada.

Los arenosoles aunque con superficies bajas o muy bajas, no muestran alta estabilidad estructural, debido a la ausencia de agregados. En cualquier caso, si presentan agregados como sucede en la muestra 25, estos son muy débiles con valores análogos a los de los regosoles.

Los luvisoles y cambisoles dan valores medios o buenos de estabilidad como el fluvisol.

6.6.4. Estabilidad estructural mediante las pruebas de goteo.

Con los datos obtenidos mediante esta técnica se evalúa en términos reales de energía la estabilidad de los agregados. Se ha realizado un análisis de componentes principales tomando como variables: el peso de cada agregado, la intensidad del goteo, el tiempo de rotura del agregado, la energía cinética necesaria para romper cada agregado y la energía cinética para cada gramo de peso de agregado. No se han encontrado correlaciones significativas entre las variables salvo entre Energía cinética y Energía cinética/gramo. (Tabla 6.6.4.1).

Tabla 6.6.4.1. Matriz de correlaciones.

	Peso	Intensidad	Tiempo	Energía cinética	Energía cinética/g
Peso	1.00				
Intensidad	0.00	1.00			
Tiempo	-0.08	-0.06	1.00		
Energía cinética	-0.06	0.22	0.81	1.00	
Energía cinética/g	-0.16	0.24	0.82	0.95	1.00

Debido a que no se encontraron correlaciones significativas entre las variables se realizó el mismo análisis para cada suelo; de esta forma se pretendía evitar la gran dispersión de datos. Tampoco este supuesto sirvió para encontrar correlaciones estadísticamente significativas entre las variables físicas de la prueba. Estos resultados sugieren que existe una gran variabilidad de comportamiento para cada uno de los agregados, incluso dentro del mismo tipo de suelo.

Como variables que pueden estar relacionadas con el comportamiento de cada agregado de forma individual se pueden apuntar: micromorfología y porosidad del agregado, cantidad y tipo de fracción coloidal, etc.

La presencia de planos de fractura (Oades, op.cit), planos de inestabilidad por donde se rompe el agregado, se observó mediante fotografía y puede ser un parámetro indicativo a la hora de explicar el comportamiento de los agregados. (Figura 6.6.4.1.)

Figura 6.6.4.1.- Planos de fractura del agregado.



Sin embargo, si se observan los datos presentados en el epigrafe de resultados (tabla 6.4.6.1), se puede comprobar que en función de los valores medios de energía cinética, los suelos presentan unos valores de estabilidad claramente diferenciados; si se ordenan los suelos se obtiene una secuencia de estabilidad como la siguiente:

$$15 \gg 1 > 14 \gg 5 > 6 \cong 18 \cong 26 \cong 24 > 29 \cong 23 > 2 > 7 > 10 \cong 20$$

Se puede diferenciar el Leptosol réndrico 15, desarrollado bajo vegetación forestal y con agregados muy estables, del resto de las muestras. Los suelos más evolucionados: leptosoles réndricos, cambisoles y luvisoles presentan la mejor estabilidad estructural, seguidos de regosoles y leptosoles mayoritariamente líticos y eútricos con menor estabilidad estructural; por último los suelos con altos contenidos en arenas como el arenosol calcárico (20), leptosol eútrico (7) o el horizonte superficial de luvisol crómico (10), tienen una estructura muy débil.

Para comprobar si los resultados de estabilidad estructural obtenidos por los distintos métodos son comparables se ha realizado un test de correlación de

Kendall. Mediante este test se contrasta si la posición relativa de cada uno de los suelos en función de su estabilidad es concordante. Por concordancia se entiende que en ambas ordenaciones los suelos ocupen posiciones iguales. En este caso, la probabilidad de concordancia P (concordancia) = 0.8, la tau de Kendall $\tau = 0.60$ y el valor P valor es de 0.002 (altamente significativo). Por tanto, en ambos casos las ordenaciones de estabilidad estructural son semejantes, luego los métodos son comparables. El desarrollo formal de esta prueba se puede encontrar en BHATTACHARYYA (1977) entre otros.

6.7. CONCLUSIONES:

1. La estabilidad estructural se ha medido por diversos métodos con resultados coincidentes, indicando que los métodos utilizados son comparables.
2. Las propiedades edáficas que intervienen significativamente en la formación de macroagregados (mayores de 2.8 mm), estables, son materia orgánica, limo y carbonato cálcico extraíble por oxalato amónico.
3. Los suelos con cantidades de arena muy superiores a la media están relacionados con una baja proporción de macroagregados estables.
4. La estabilidad estructural es buena en luvisoles, cambisoles, fluvisoles y parte de los leptosoles; media o baja en regosoles, y con los valores más bajos en suelos con altos contenidos en arena.

A modo de resumen, se presenta la tabla 6.7.1. donde se refleja la estabilidad estructural para cada suelo.

Tabla 6.7.1. Estabilidad estructural de los distintos suelos.

	ESTABILIDAD ALTA	ESTABILIDAD MEDIA	ESTABILIDAD BAJA
PRUEBA DEL GOTEÓ	Cambisoles Leptosoles réndricos Luvisoles	Leptosoles líticos Regosoles	Suelos con alto contenido en arenas Arenosoles Leptosoles eútricos Luvisoles
TAMIZACIÓN EN SECO Y HÚMEDO	Cambisoles Luvisoles Fluvisoles Grupo I Leptosoles	Grupo II Leptosoles Regosoles	Arenosoles Grupos III y IV de Leptosoles Regosoles

Grupo I Leptosoles: muestras (3, 4, 15, 16 y 30). Grupo II Leptosoles: (9, 23 y 24). Grupo III Leptosoles: (1, 2, 13, 22 y 26). Grupo IV Leptosoles: (?).

6.8.- BIBLIOGRAFÍA.

- Barakov, P.** 1903. *Manual of general agriculture*. Moscu.
- Berezin, N., Kirichenko, A., Koryakina, M. y Konovalov, S.** 1992. Experimental investigation of the size distributions of aggregates, microaggregates, and elementary particles in soils. *Sov. Soil Sci.* 24: 1-126; 8 ref.
- Bhattacharyya, G.** Wiley & sons (ed.). 1977. *Statisticals concepts and methods*. Wiley, London.
- Coughlan, K., McGarry, D., Loch, R., Bridge, B. y Smith, G.** 1991. The measurement of soil structure - some practical initiatives. *Australian J. Soil. Res.* 29: 6-89; 70 ref.
- Eghball, B., Mielke, L.N., Calvo, G. y Wilhelm, W.W.** 1993. Fractal Description of Soil Fragmentation for Various Tillage Methods and Crop Sequences. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1337-1341.
- Eppink, L.A.A.J. Stroosnijder, L. y Eppink, L.A.A.J.** (eds.). 1993. *Principles of Soil and Water Conservation*. Lecture notes. WAU, Wageningen.
- Foth, H.** Wiley & sons (ed.). 1990. *Fundamentals of Soil Science*. Wiley, New York.
- Giménez, D., Dirksen, C., Miedema, R., Eppink, L.A.A.J. y Schoonderbeek, D.** 1995. Surface Sealing and Hydraulic Conductances under Varying-Intensity Rains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 234-242.
- Gupta, R.K., Bhumbra, D.K. y Abrol, P.I.** 1984. Effect of sodicity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. *Soil Sci.* 137: 245-251.
- Koorevaar, P., Menelik, G. y Dirksen, C.** Elsevier (ed.). 1994. *Elements of soil physics*. 3ed. Developments in soil science 13. Elsevier, Amsterdam.
- Lebart, L., Morineau, A. y Fenelon, J. Boixareu** (ed.). 1985. *Tratamiento estadístico de datos*. Marcombo,
- Low.** ISSS (ed.). 1967. *West European methods for soil structure determination*. ISSS, Ghent.
- Mc Keague, J.A. y Wang, C.** 1982. *Soil structure: concepts, description, and interpretation*. LRRRI contribution n° 82-15. Ontario.
- Nwadialo, B. y Mbagwu, J.** 1991. An analysis of soil components active in microaggregate stability. *Soil Tech.* 4: 4-350; 19 re.
- Oades, J. y Waters, A.** 1991. Aggregate hierarchy in soils. *Australian J. Soil. Res.* 29: 6-828; 19 re.
- Perfect, E. y Kay, B.** 1991. Fractal theory applied to soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 6-1558; 25 r.
- Perfect, E., Kay, B., van Loom, K.P., Sheard, R.W. y Pojasok, T.** 1990. Factors Influencing Soil Structural Stability within a Growing Season. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 173-179.
- Riezebos, H.T. y Epema, G.F.** 1984. *Drops shape and erosivity. Part II: Spalsh detachment, transport and erosion indices*.

- Schjonning, P. 1992. Size distribution of dispersed and aggregated particles and of soil pores in 12 Danish soils. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science*. 42: 1-33; 20 ref.
- Skidmore, E. y Layton, J. 1992. Dry-soil aggregate stability as influenced by selected soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 2-561; 15 re.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1979. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. Herman Blume, Madrid.
- Tiulin, A. 1933. Certain consideration on the genesis of soil structure and on methods for its determination. ISSS. Moscu. pp. 111-132.
- Truman, C.C., Bradford. 1990. Antecedent Water Content and Rainfall Energy Influence on Soil Aggregate Breakdown. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1385-1392.

SIMULACIÓN DE LLUVIA.

DESCRIPTORES: Simulación de lluvia, escorrentía, pérdida de suelo.

KEY WORDS: Rainfall simulation, runoff, sediment wash-out.

RESUMEN:

Se ha medido la erosión hídrica, utilizando un simulador de lluvia portátil. Los parámetros medidos son: escorrentía, infiltración y pérdida de sedimentos. Las pruebas de simulación se realizan en condiciones naturales y se tiene en cuenta pendiente, pedregosidad superficial y cobertura vegetal. Los resultados obtenidos se tratan estadísticamente con objeto de comparar el comportamiento de los distintos suelos. Leptosoles y cambisoles presentan bajas tasas de escorrentía y pérdida de sedimentos, regosoles presentan baja infiltración y altos arrastres de sedimentos; arenosoles presentan la mayor escorrentía eficaz.

ABSTRACT:

A portable rainfall simulator has been used in order to assessment soil erodibility. Some properties of the soils such as infiltration rate, runoff and sediment wash-out have been measured. These experiments were carried out on natural conditions. Slopes, vegetation cover and surface stoniness were also recorded. A statistical approach is used in order to arrange the different soil units. The leptosols, cambisols and the fluvisols show the highest infiltration rate and low values of sediment was-out. Regosols present high runoff and sediment wash-out, and arenosols display the best efficiency on sediment losses.

7.1.- INTRODUCCIÓN.

Son múltiples los sistemas de medida de erosión en el campo, (pequeñas cuencas, cárcavas, uso de toposecuencias, trampas de sedimentos, simulación de lluvia, etc.). Los simuladores de lluvia han sido profusamente utilizados en los últimos tiempos tanto en el campo como en laboratorio con el objeto de investigar las características hidráulicas de los suelos, los procesos de formación de costras superficiales, la pérdida de sedimentos y la eficacia de distintas técnicas de protección de suelo y laboreo.

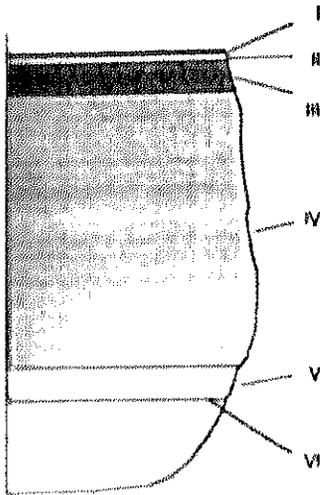
Los simuladores de lluvia presentan ciertas ventajas frente a otros métodos (infiltrómetros de doble anillo, permeámetros) como son: uso de suelo inalterado y la economía de tiempo hasta alcanzar la tasa de infiltración constante, (BOERS, 1992).

CRUTS (1988) considera que los resultados obtenidos utilizando el simulador de lluvia son más fiables que otros métodos como el normograma de Wischmeier de amplia aplicación en los trabajos sobre erosión.

En este caso se utiliza un simulador de lluvia portátil (BROMACHER, 1995) con el objeto de obtener datos reales de infiltración, escorrentía y pérdida de sedimentos. Se tiene en cuenta la pendiente, pedregosidad superficial y tipo de vegetación, con objeto de relacionar estas variables con la erodibilidad, entendiéndola ésta como la capacidad que tiene el suelo para ser erosionado. Se trabaja en suelos saturados en agua con objeto de

alcanzar una tasa de infiltración constante (KOOREVAR, 1994). Con ello se trata de evitar los problemas de flujos de agua insaturados en estado de no equilibrio que requeriría la utilización de la Ley de Darcy modificada.

Si se analiza, de forma gráfica, un perfil de suelo después de un riego o de una lluvia prolongada se pueden diferenciar las siguientes zonas:



- I. Lamina de agua en contacto con la superficie del suelo.
- II. Zona saturada; superficie del suelo.
- III. Zona de transición, en contacto con la zona saturada y de transmisión, con un contenido en agua decreciente.
- IV. Zona de transmisión; es la zona de transporte del agua de infiltración, que normalmente está próxima a la saturación.
- V. Zona de humectación; zona normalmente delgada, en la cual, el contenido en agua cambia del valor inicial en el suelo al valor de la zona de transmisión.
- VI. Frente de humedad; límite visible de la penetración del agua, cuando el gradiente de humedad es elevado.

La infiltración se define como el resultado de la presión hidráulica (entre la superficie del suelo y el frente de humedad) y la acción de la gravedad. Al considerar constante esta última, se puede decir que la presión hidráulica disminuye con el tiempo a medida que avanza el frente de humedad. La densidad de flujo a través de la superficie del suelo decrece de forma monótona con el tiempo y se aproxima a un valor asintótico que se define como tasa de infiltración.

$$i = di/dt$$

La tasa de infiltración (*i*) es constante y diferente para cada suelo, ya que depende de la estructura (número y tipo de agregados del suelo), partículas discretas, canales de raíces y de animales, etc que definen la porosidad eficaz. En distintos suelos frente a una lluvia constante, si se suponen homogéneas las características de interceptación y disipación de la energía de la lluvia, la pedregosidad superficial, la cobertura vegetal, y la pendiente, la aparición de fenómenos de escorrentía superficial va a depender de forma directa de la tasa de infiltración, a mayor tasa de infiltración menor escorrentía superficial y viceversa.

7.2. OBJETIVOS.

Establecer medidas reales de erosión de suelos. Los parámetros seleccionados son: infiltración, pérdida de sedimentos y escorrentía superficial.

En cualquier caso, no es objetivo de estos experimentos comparar los datos obtenidos con el simulador de lluvia con la precipitación real, sino más bien establecer valores relativos entre los suelos estudiados.

7.3.- MATERIAL Y MÉTODOS.

7.3.1 Material.

Se ha utilizado un simulador de lluvia portátil KAMPHORST (1987) modificado por BROMACHER (1990) (Figura 7.3.1), (Figura 7.3.2), (Figura 7.3.3). Las principales características técnicas del simulador son las siguientes:

- * Número de capilares: 49.
- * Reservorio de agua (botella de Mariotte): 1200 mm.
- * Energía cinética: $3.92 \text{ J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$.
- * Intensidad estándar: 6 mm min^{-1} .
- * Parcela de experimentación 0.68 m^2 .
- * Descarga efectiva 375 ml min^{-1} .

Figura 7.3.1.1. Simulador de lluvia

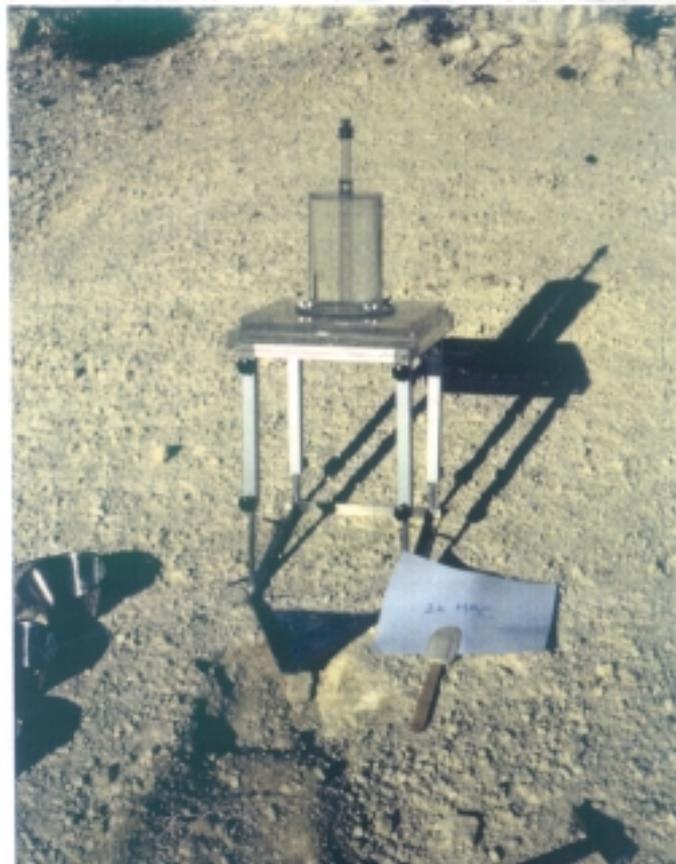
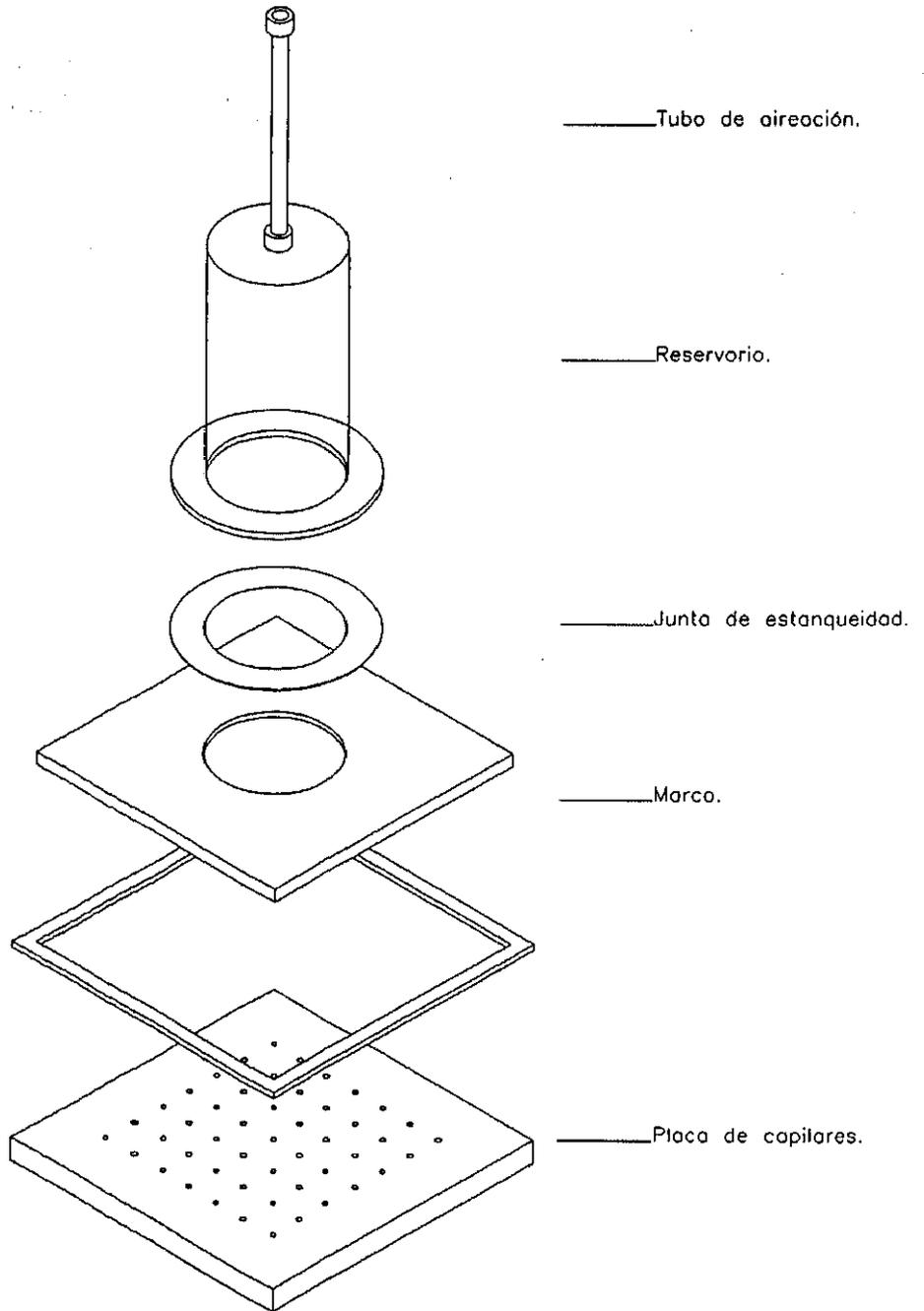
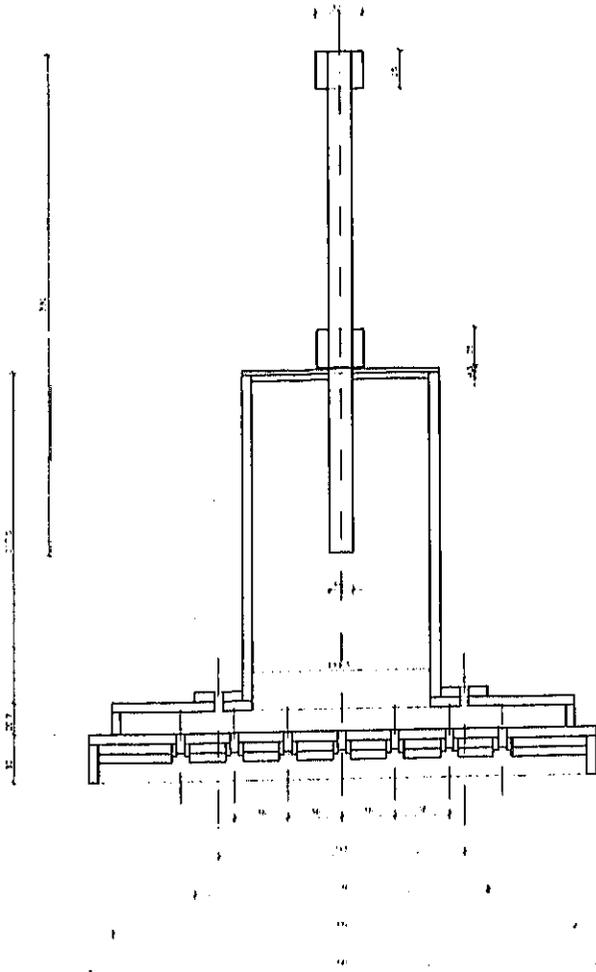


Figura 7.3.1.2. Perspectiva isométrica Simulador de lluvia.

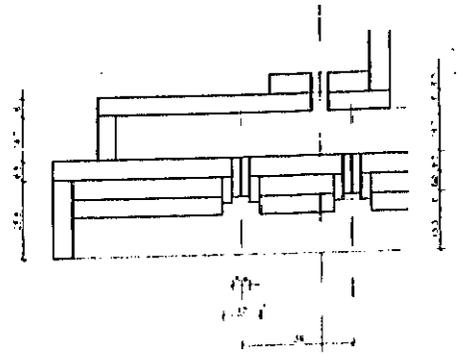


PERSPECTIVA ISOMETRICA DEL SIMULADOR DE LLUVIA. E: 1:15.

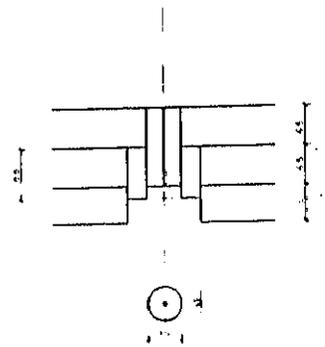
Figura 7.3.1.3. Simulador de lluvia. Detalles.



SECCION DEL SIMULADOR DE LLUVIA. E: 1:40.



DETALLE DE CAPILARES. E: 1:2.



DETALLE DE CAPILAR. E: 1:1.

7.3.2. Procedimiento.

El proceso metodológico que hay que realizar para preparar la parcela de experimentación y la toma de datos, es el siguiente:

1. Preparación de la parcela: riego de la misma hasta saturar el suelo, colocación del marco al suelo y situación cuidadosa del colector de sedimentos.
2. Control de la temperatura del agua (con la que se va a realizar el experimento), llenado del reservorio y ajuste del tubo de aireación en función de la temperatura, hasta obtener un flujo controlado de 6 mm min^{-1} .
3. La placa de los capilares debe estar perfectamente nivelada y exenta de burbujas de aire, para ello se comprueba con un nivel portátil y se ajustan los soportes del marco.
4. Los parámetros que se miden son volumen de escorrentía y partículas en suspensión que son arrastradas por el agua. La tasa de infiltración se calcula restando de la descarga efectiva, la escorrentía cuando ésta es constante.
5. Para realizar la prueba hacen falta dos personas, una que controle el cronómetro, anote la altura de la columna en función del tiempo (a intervalos de 30 segundos) y cambie los recipientes de recogida de sedimentos. Mientras que la otra desplaza la placa sobre el marco, para evitar que todas las gotas caigan sobre el mismo sitio.
6. La prueba dura tres minutos y se cambia de recipiente de recogida de sedimentos cada 30 segundos. Cuando finaliza la prueba se tapa la entrada de aire y se interrumpe la salida de agua. En ese momento se cambia de recipiente y se recoge la posible *escorrentía residual*, aunque no llueva.
7. El agua de cada recipiente se mide con una probeta en el campo, mientras que el material sólido en suspensión se deseca y pesa en laboratorio.
8. La pendiente se midió mediante un clinómetro portátil, la cobertura vegetación y la pedregosidad superficial se midieron mediante estimación directa de la superficie de suelo visible desde la vertical en cada parcela.

7.3.3. Criterios de selección de muestra.

Las pruebas de simulación de lluvia se realizaron en todos los suelos salvo en 5, 8 y 10 por estar siendo cultivadas en la actualidad. En algunos casos, muestras 11 y 12, 17 y 18, 19 y 20 y 23 y 24, se ha realizado sólo una prueba de simulación de lluvia ya que la vegetación existente en las muestras 12, 17, 19 y 23 no permitía el manejo del simulador. En estos últimos casos se ha asemejado el resultado a las muestras 11, 18, 20 y 24, introduciéndose estos datos por duplicado a la hora de realizar análisis estadísticos. Este manejo de la información, a sabiendas de que puede aumentar el peso de tres puntos, se ha admitido, ya que las muestras medidas son significativas en su entorno. Los análisis

estadísticos que se han realizado son: componentes principales, correspondencias y de agregación "cluster".

7.4.- RESULTADOS.

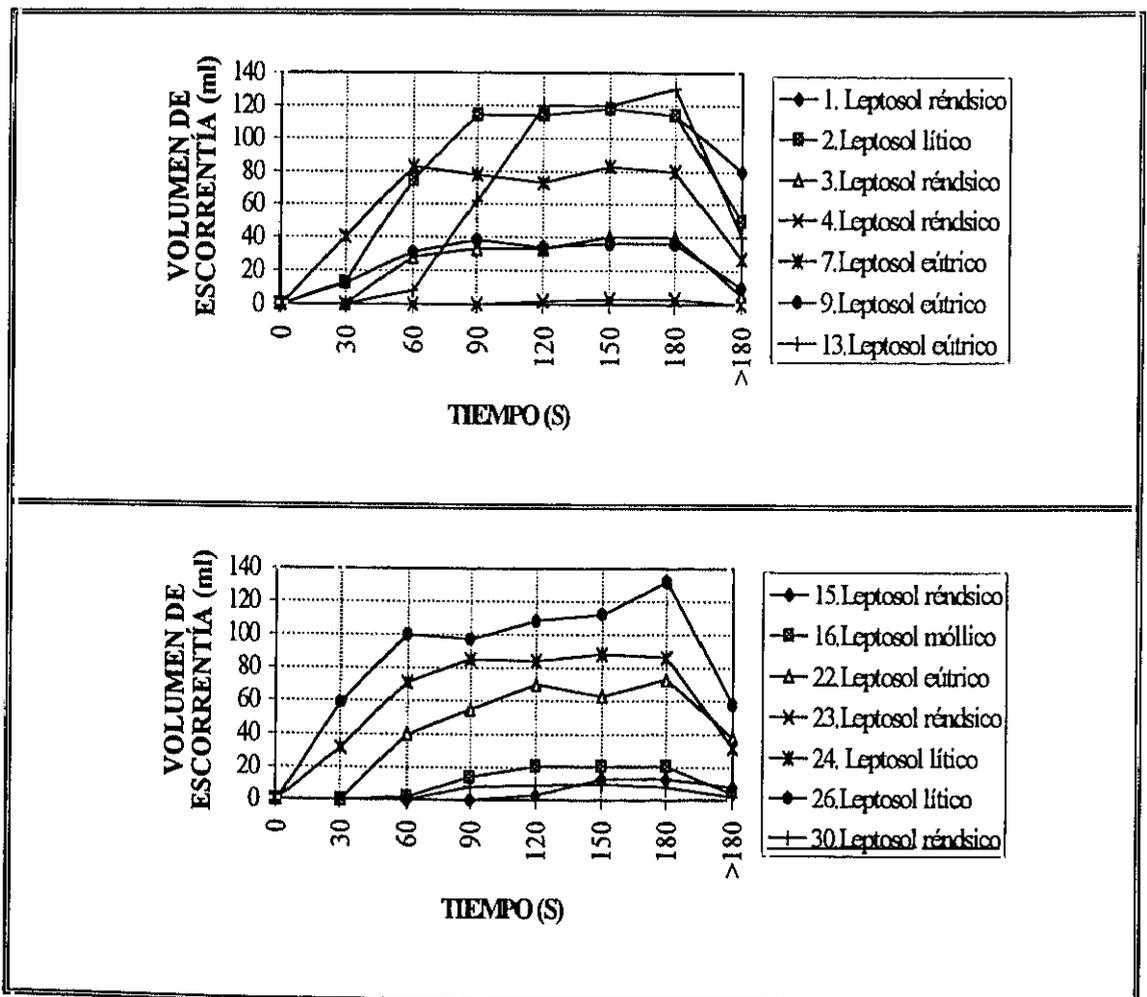
Tabla 7.4.1. *Características de los puntos de muestreo y valores de escorrentía total, tasa de infiltración y pérdida de suelo.*

MUESTRA	PENDIENTE %	COBERTURA VEGETAL %	PEDREGOSIDAD %	ESCORRENTÍA ml	TASA DE INFILTRACIÓN ml/min	PÉRDIDA DE SUELO g/m ²	ESCORRENTÍA EFICAZ g/ml * 100
1. Leptosol réndrico	15	0	70	628	147	0.6	-
2. Leptosol lítico	15	0	70	598	147	22	14.9
3. Leptosol réndrico	20	100	0	179	302	0	-
4. Leptosol réndrico	15	100	10	8	369	0	-
6. Regosol calcárico	25	0	80	141	302	7	5.0
7. Leptosol eútrico	10	5	0	464	215	6	1.3
9. Leptosol eútrico	10	5	40	197	303	27	13.7
11 y 12. Regosol calcárico	40	0	0	163	287	11	6.7
13. Leptosol eútrico	25	0	0	480	125	92	19.1
14. Cambisol calcárico	15	40	30	589	156	1	0.1
15. Leptosol réndrico	15	100	0	37	349	0	-
16. Leptosol móllico	25	25	30	83	333	0	-
17 y 18. Regosol calcárico	10	10	10	439	202	9	2
19 y 20. Arenosol calcárico	15	0	0	233	271	61	26.2
21. Fluvisol calcárico	5	100	0	258	252	0.3	-
22. Leptosol eútrico.	5	5	0	336	240	1.5	0.4
23 y 24. Leptosol réndrico y lítico	15	100	30	478	203	31	6.5
25. Arenosol calcárico	15	10	0	143	313	0.2	-
26. Regosol calcárico	20	0	40	666	140	15	2.2
27. Arenosol calcárico	25	0	60	0	375	0	-
28. Cambisol calcárico	15	100	10	8	369	0	-
29. Regosol calcárico	30	0	0	394	213	44	11.2
30. Leptosol réndrico	10	100	10	37	357	0	--

Tabla 7.4.2.- Valores de escorrentía cada 30 segundos y total en Leptosoles.

Muestra	30	60	90	120	150	180	>180	Total
1. Leptosol réndrico	13	75	114	114	118	114	80	628
2. Leptosol lítico	13	75	114	114	118	114	50	598
3. Leptosol réndrico	0	28	33	33	40	40	5	179
4. Leptosol réndrico	0	0	0	2	3	3	0	8
7. Leptosol eútrico	40	83	78	73	83	80	27	464
9. Leptosol eútrico	12	31	38	34	36	36	10	197
13. Leptosol eútrico	0	8	62	120	120	130	40	480
15. Leptosol réndrico	0	0	0	3	13	13	8	37
16. Leptosol mólico	0	2	14	21	21	21	4	83
22. Leptosol eútrico	0	40	55	70	63	73	38	336
23. Leptosol réndrico	32	71	85	84	88	86	32	478
24. Leptosol lítico	32	71	85	84	88	86	32	478
26. Leptosol lítico	59	100	97	108	112	132	58	666
30. Leptosol réndrico	0	0	8	9	10	8	2	37

Gráfica 7.4.1. Escorrentía en Leptosoles.

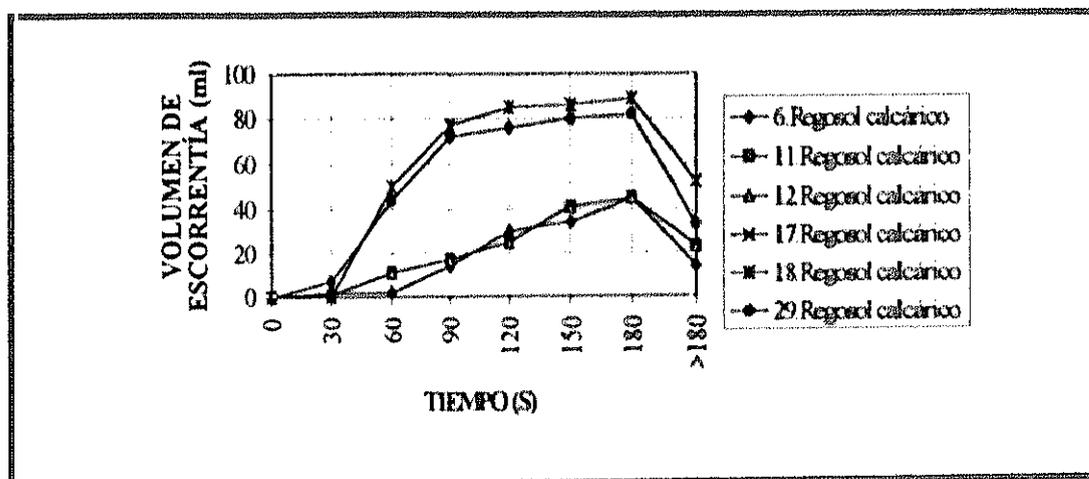


Nota: Perfil 23 igual a perfil 24

Tabla 7.4.3.- Valores de escorrentía cada 30 segundos y total en Regosoles.

Muestra	30	60	90	120	150	180	>180	Total
6.Regosol calcárico	2	2	14	30	34	45	14	141
11.Regosol calcárico	1	11	17	25	41	45	23	163
12.Regosol calcárico	1	11	17	25	41	45	23	163
17.Regosol calcárico	0	50	77	85	86	89	52	439
18.Regosol calcárico	0	50	77	85	86	89	52	439
29.Regosol calcárico	7	44	72	76	80	82	33	394

Gráfica 7.4.2. Escorrentía en Regosoles.

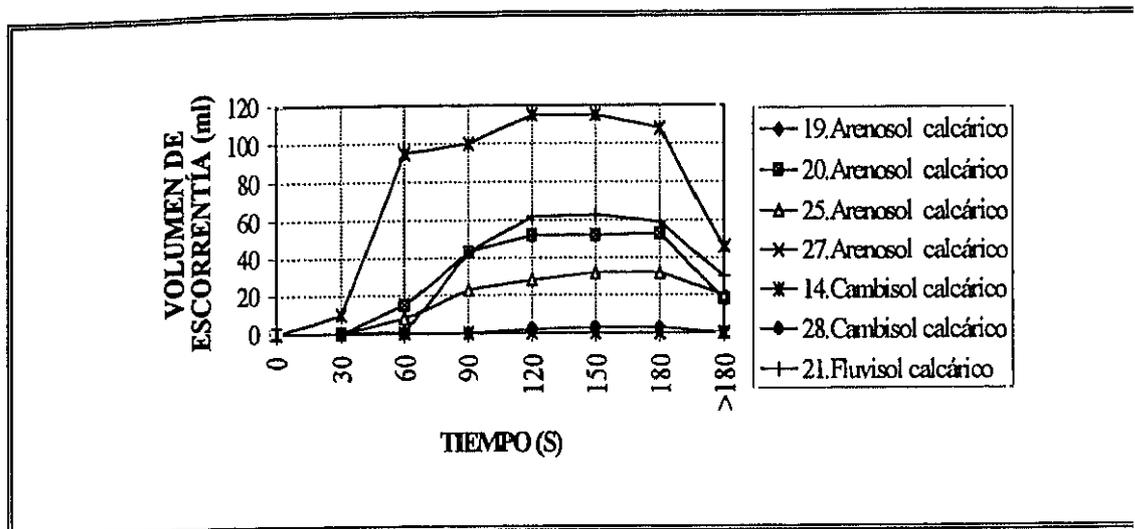


Nota: Perfil 11 igual a perfil 12, perfil 17 igual a perfil 18

Tabla 7.4.4.- Valores de escorrentía cada 30 segundos y total en Arenosoles, Cambisoles y Fluvisoles.

Muestra	30	60	90	120	150	180	>180	Total
19.Arenosol calcárico	0	15	43	52	52	53	18	233
20.Arenosol calcárico	0	15	43	52	52	53	18	233
25.Arenosol calcárico	0	8	23	28	32	32	20	143
27.Arenosol calcárico	0	0	0	0	0	0	0	0
14.Cambisol calcárico	10	95	100	115	115	108	46	589
28.Cambisol calcárico	0	0	0	2	3	3	0	8
21.Fluvisol calcárico	0	1	43	62	63	59	30	258

Gráfica 7.4.3. Escorrentía en Arenosoles, Cambisoles y Fluvisoles.



Nota: Perfil 19 igual a perfil 20

Tabla 7.4.5. Valores de pérdida de suelo en $k. ha^{-1}$.
(Intensidad = $6 mm min^{-1}$, duración = 3 minutos).

MUESTRA	PERDIDA	MUESTRA	PÉRDIDA	MUESTRA	PÉRDIDA
1. Leptosol réndrico	6	13. Leptosol eútrico	920	22. Leptosol eútrico	15
2. Leptosol lítico	220	14. Cambisol calcárico	10	23. Leptosol réndrico	310
3. Leptosol réndrico	0	15. Leptosol réndrico	0	24. Leptosol lítico	310
4. Leptosol réndrico	0	16. Leptosol móllico	0	25. Arenosol calcárico	2
6. Regosol calcárico	70	17. Regosol calcárico	90	26. Leptosol lítico	150
7. Leptosol eútrico	60	18. Regosol calcárico	90	27. Arenosol calcárico	0
9. Leptosol eútrico	270	19. Arenosol calcárico	610	28. Cambisol calcárico	0
11. Regosol calcárico	110	20. Arenosol calcárico	610	29. Regosol calcárico	440
12. Regosol calcárico	110	21. Fluvisol calcárico	3	30. Leptosol réndrico	0

7.5. DISCUSIÓN

7.5.1. Estimación de la erosión hídrica.

Los leptosoles presentan una escorrentía variable (8-628 ml) con valores más bajos en aquellos que se sitúan bajo una vegetación bien desarrollada y con altos valores de cobertura vegetal (3, 4, 15, 16 y 30).

La pérdida de sedimentos es baja en general, en muchos de los casos (muestras 3, 4, 15, 16 y 30) no se produce arrastre. En otros casos, (muestra 13) presenta el máximo valor de pérdida de material arrastrados debido a la pendiente pronunciada del 25 %. En los suelos 23 y 24, los valores de arrastre de sedimento son mayores debido a los bajos valores de cobertura y pedregosidad, responsables de la disipación de la energía de la lluvia. En este grupo de suelos sólo algunas excepciones (muestras 13, 23 y 24) presentan escorrentía eficaz, entendiéndose está como la relación: $g de sedimento m^{-2} que se arrastra / ml de escorrentía * 100$. (tabla 7.4.1), mientras que la mayoría no presenta ninguna escorrentía eficaz.

Los arenosoles (muestras 19, 20, 25 y 27) desnudos y sin pedregosidad superficial, muestran altos valores de infiltración y valores medios o bajos de escorrentía (0-233 ml). A pesar de las altas infiltraciones presentan en algunos casos (muestra 19 y 20) altos valores de pérdida de suelo, mientras que en la muestra 25 no se produce arrastre de sedimentos. El suelo 27 tiene el máximo valor de infiltración, mayor o igual que la descarga efectiva del simulador, por lo que no se pueden extraer conclusiones significativas.

La influencia de la cobertura vegetal es decisiva frente a la escorrentía superficial, en el caso del perfil 28 (Cambisol), ya que aumenta la tasa de infiltración. En el otro Cambisol (perfil 14), la escorrentía superficial a pesar de ser elevada (589 ml) no está ligada a la pérdida de sedimentos. El fluvisol, (perfil 21), con máxima cobertura vegetal, escasa pendiente y sin pedregosidad tiene un valor medio o bajo de escorrentía sin pérdida de sedimento.

Los regosoles tienen en común la gran variabilidad en sus tasas de infiltración, escorrentía y pérdida de suelo. La pendiente no se refleja en el caso de los perfiles 11 y 12 ya que estos suelos presentan una elevada infiltración, sin embargo, en el perfil 29, parece ser junto con la falta de protección, la responsable de la alta pérdida de sedimentos.

A partir de los datos de pérdida de sedimentos experimentales se han obtenido los valores de pérdida de suelo por ha para las condiciones de lluvia anteriormente mencionadas (tabla 7.4.5). Estas extrapolaciones suponen la existencia de una ha en las condiciones experimentales, situación que no se ajusta a la realidad, donde en las cuestas de los páramos aparecen toposecuencias con varios tipos de suelos. En base a estos datos se puede realizar una ordenación de los tipos de suelo.

- Grupo I, con pérdidas > de 600 k ha⁻¹; arenosoles y leptosoles en pendientes altas (19, 20 y 13).
- Grupo II, pérdidas 600-300 k ha⁻¹, regosoles y leptosoles (23, 24 y 29).
- Grupo III, pérdidas 300-150 k ha⁻¹, regosoles y leptosoles (9, 2, 26).
- Grupo IV, pérdidas 150-50 k ha⁻¹, regosoles y leptosoles (17, 18, 6, y 7)
- Grupo V, pérdidas 50-0 k ha⁻¹, leptosoles (1, 3, 4, 15, 16, 22, 30), cambisoles (14 y 28), fluvisoles (21) y arenosoles (25 y 27)

7.5.2. Propiedades de los suelos relacionadas con los procesos de erosión.

Para relacionar los datos obtenidos con el simulador de lluvia y el resto de las propiedades de los suelos se han realizado los siguientes análisis estadísticos: análisis de componentes principales y de agregación, *cluster*. Se consideran 22 variables que intervienen en la formación de las nuevas variables o factores. Las variables seleccionadas son: Pendiente (%), cobertura vegetal (%), pedregosidad superficial (%), escorrentía total (ml), sedimentos (g/m²), agregados en seco > 4.8 mm, agregados en seco 4.8-2.8 mm, agregados en seco en el intervalo 2.8-2 mm, agregados en seco en el intervalo 2-1 mm, agregados en seco en el intervalo 1-0.3 mm, agregados en seco <0.3 mm, arena gruesa, arena fina, limo, arcilla, índice de Boyoucus, carbonato extraíble por oxalato amónico, relación carbonato equivalente/extraíble, pH, conductividad eléctrica (EC), materia orgánica (M.O.), relación C/N (C/N).

Se han considerado activas las variables ligadas a las pruebas de simulación de lluvia (variables 1-5), mientras que el resto de variables se ha considerado ilustrativas, es decir, que no intervienen en la formación de los factores

Se han considerados activos todos los suelos salvo el 27 con tasas de infiltración mayores que la descarga efectiva del simulador que se ha considerado ilustrativo, es decir que no interviene en el proceso matemático, pero se representa gráficamente.

Entre las variables ilustrativas no se han encontrado correlaciones significativas. Con estas variables se han creado cuatro nuevas variables, factores, que recogen el 92.08 % de la varianza. La composición de los factores en función de las variables activas e ilustrativas se puede consultar en la tabla 7.5.2.1

Se ha representado gráficamente la distribución de elementos en función de las nuevas variables, factores 1, 2, y 3, al ser estas variables las que mas varianza recogen.(ejes 1 y 2, gráfica 7.5.2.1), (ejes 1 y 3, gráficas 7.5.2.2).

Se han proyectado la distribución de las clases en los tres ejes principales. (Gráficas 7.5.2.4.a y b, 2, y 7.5.2.5 a y b), en estas gráficas se han representado los centroides de las cinco clases (bb1b, bb2b, bb3b, bb4b, bb5b) los elementos próximos a estos puntos están incluidos en el mismo.

En base a los factores se ha realizado un análisis aglomerativo de clasificación diferenciándose cinco clusters con una relación inercia interna/inercia total de 0.83. La caracterización de los cluster se puede consultar en la gráfica 7.5.2.3

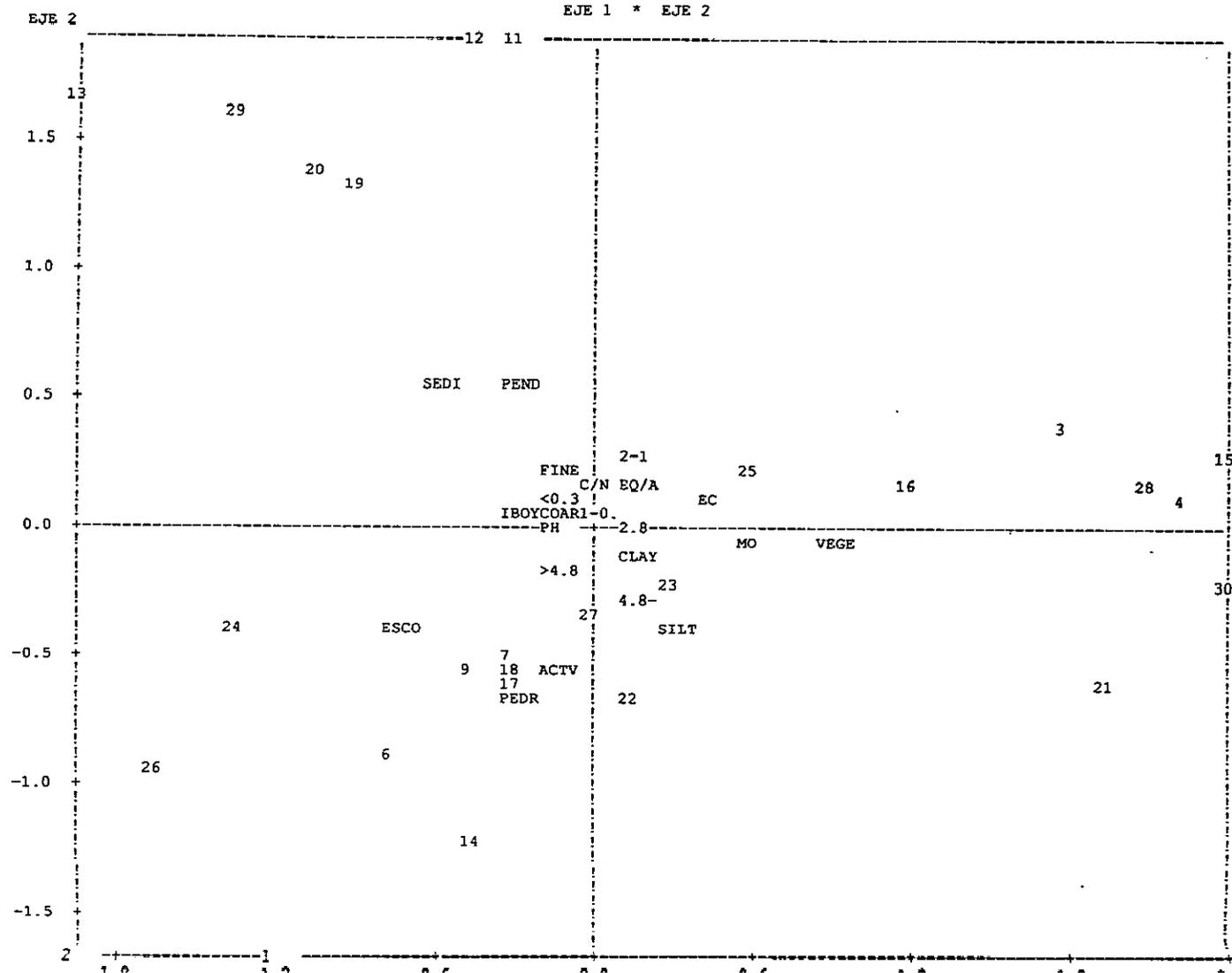
Para considerar la estabilidad estructural y su relación con la escorretía e infiltración, se han considerado variables activas a la hora de caracterizar los cluster los tamaños de agregados en seco. Estos grupos muestran relaciones significativas respecto al valor medio del resto de las variables, Se establece el valor de probabilidad significativo, en las tablas aparecen como PROB, cuando este es <0.1 , estos valores se pueden consultar en la tabla 7.5.2.3

Tabla 7.5.2.1 Composición de los factores y correlaciones con las variables ilustrativas.

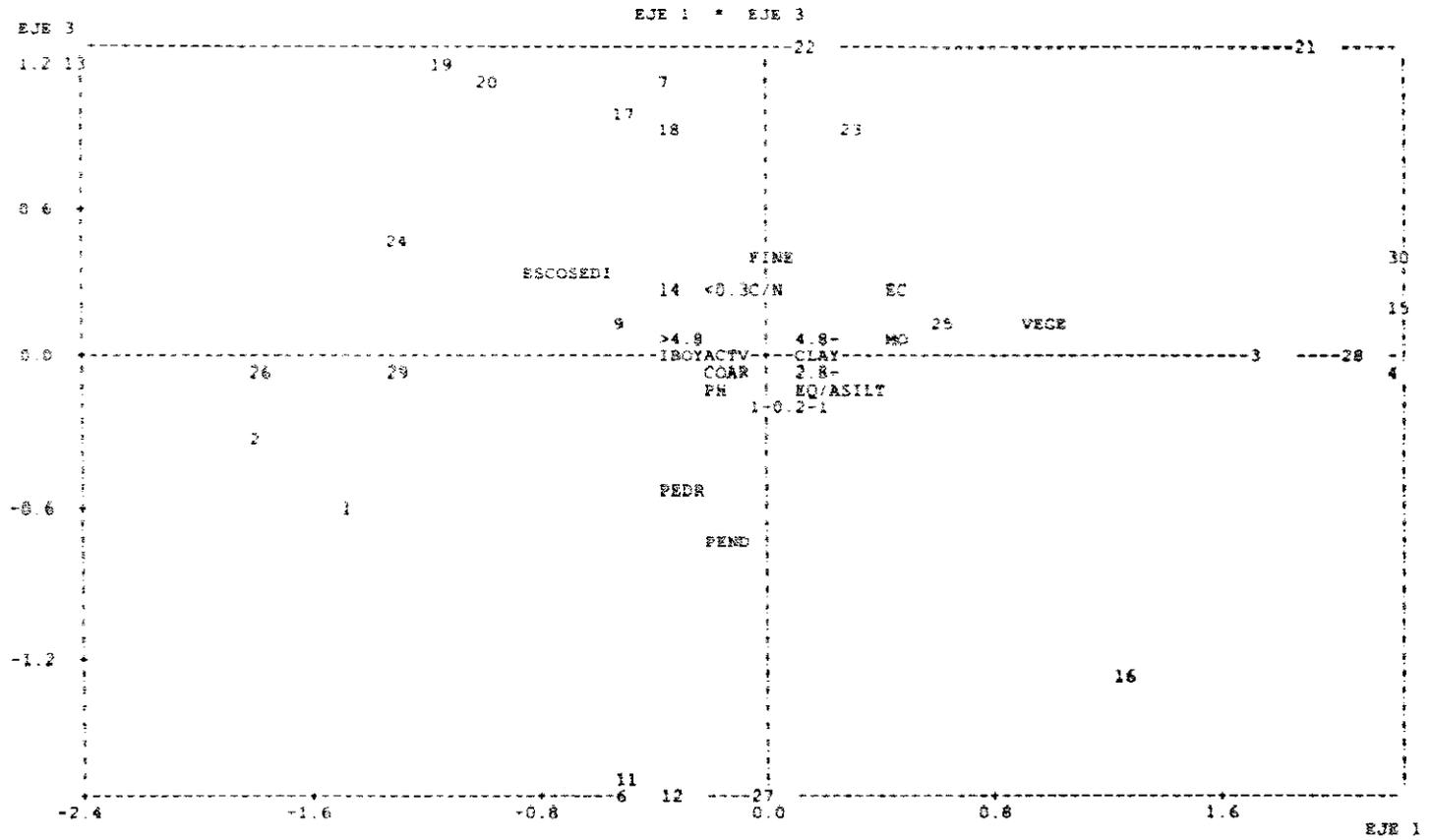
COORDENADAS DE LAS VARIABLES EN LOS EJES 1 A 4															
VARIABLES	COORDENADAS					CORRELACIONES VARIABLE FACTOR					EJES UNITARIOS				
IDEN - ETIQUETA CORTA	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0
VARIABLES ACTIVAS															
PEND - PENDIENTE	-0.23	0.59	-0.72	-0.22	0.00	-0.23	0.59	-0.72	-0.22	0.00	-0.17	0.53	-0.69	-0.34	0.00
VEGE - VEGE %	0.90	-0.04	0.12	0.06	0.00	0.90	-0.04	0.12	0.06	0.00	0.65	-0.04	0.11	0.08	0.00
PEDR - PEDREG %	-0.35	-0.67	-0.55	0.33	0.00	-0.35	-0.67	-0.55	0.33	0.00	-0.24	-0.59	-0.54	0.50	0.00
ESCO - ESCORRENTIA	-0.74	-0.39	0.34	-0.35	0.00	-0.74	-0.39	0.34	-0.35	0.00	-0.53	-0.35	0.33	-0.53	0.00
SEDI - SEDIMENTO	-0.62	0.55	0.35	0.40	0.00	-0.62	0.55	0.35	0.40	0.00	-0.45	0.49	0.34	0.59	0.00
VARIABLES ILUSTRATIVAS															
>4.8 - >4.8	-0.14	-0.18	-0.01	-0.23	0.00	-0.14	-0.18	-0.01	-0.23	0.00	-0.14	-0.18	-0.01	-0.23	0.00
4.8 - 4.8-2.8	0.19	-0.31	0.04	-0.16	0.00	0.19	-0.31	0.04	-0.16	0.00	0.19	-0.31	0.04	-0.16	0.00
2.8 - 2.8-2	0.18	0.02	-0.03	-0.23	0.00	0.18	0.02	-0.03	-0.23	0.00	0.18	0.02	-0.03	-0.23	0.00
2-1 - 2-1	0.11	0.26	-0.18	-0.28	0.00	0.11	0.26	-0.18	-0.28	0.00	0.11	0.26	-0.18	-0.28	0.00
1-0.3 - 1-0.3	-0.05	0.07	-0.18	0.23	0.00	-0.05	0.07	-0.18	0.23	0.00	-0.05	0.07	-0.18	0.23	0.00
<0.3 - <0.3	-0.12	0.14	0.26	0.31	0.00	-0.12	0.14	0.26	0.31	0.00	-0.12	0.14	0.26	0.31	0.00
COAR - COARSE	-0.18	0.03	-0.05	0.42	0.00	-0.18	0.03	-0.05	0.42	0.00	-0.18	0.03	-0.05	0.42	0.00
FINE - FINE	0.02	0.17	0.37	-0.23	0.00	0.02	0.17	0.37	-0.23	0.00	0.02	0.17	0.37	-0.23	0.00
SILT - SILT	0.24	-0.39	-0.12	-0.14	0.00	0.24	-0.39	-0.12	-0.14	0.00	0.24	-0.39	-0.12	-0.14	0.00
CLAY - CLAY	0.11	-0.09	-0.03	-0.18	0.00	0.11	-0.09	-0.03	-0.18	0.00	0.11	-0.09	-0.03	-0.18	0.00
IBOY - IBOYO	-0.12	0.00	-0.04	0.28	0.00	-0.12	0.00	-0.04	0.28	0.00	-0.12	0.00	-0.04	0.28	0.00
ACTV - ACTV	-0.10	-0.56	-0.02	-0.05	0.00	-0.10	-0.56	-0.02	-0.05	0.00	-0.10	-0.56	-0.02	-0.05	0.00
BO/A - BO/AC	0.21	0.20	-0.13	-0.03	0.00	0.21	0.20	-0.13	-0.03	0.00	0.21	0.20	-0.13	-0.03	0.00
PH - PH	-0.11	-0.01	-0.15	-0.16	0.00	-0.11	-0.01	-0.15	-0.16	0.00	-0.11	-0.01	-0.15	-0.16	0.00
EC - EC	0.40	0.11	0.23	0.04	0.00	0.40	0.11	0.23	0.04	0.00	0.40	0.11	0.23	0.04	0.00
NO - NO	0.55	-0.07	0.06	0.25	0.00	0.55	-0.07	0.06	0.25	0.00	0.55	-0.07	0.06	0.25	0.00
C/N - C/N	-0.06	0.19	0.23	-0.17	0.00	-0.06	0.19	0.23	-0.17	0.00	-0.06	0.19	0.23	-0.17	0.00

CAPÍTULO 7.- SIMULACIÓN DE LLUVIA.

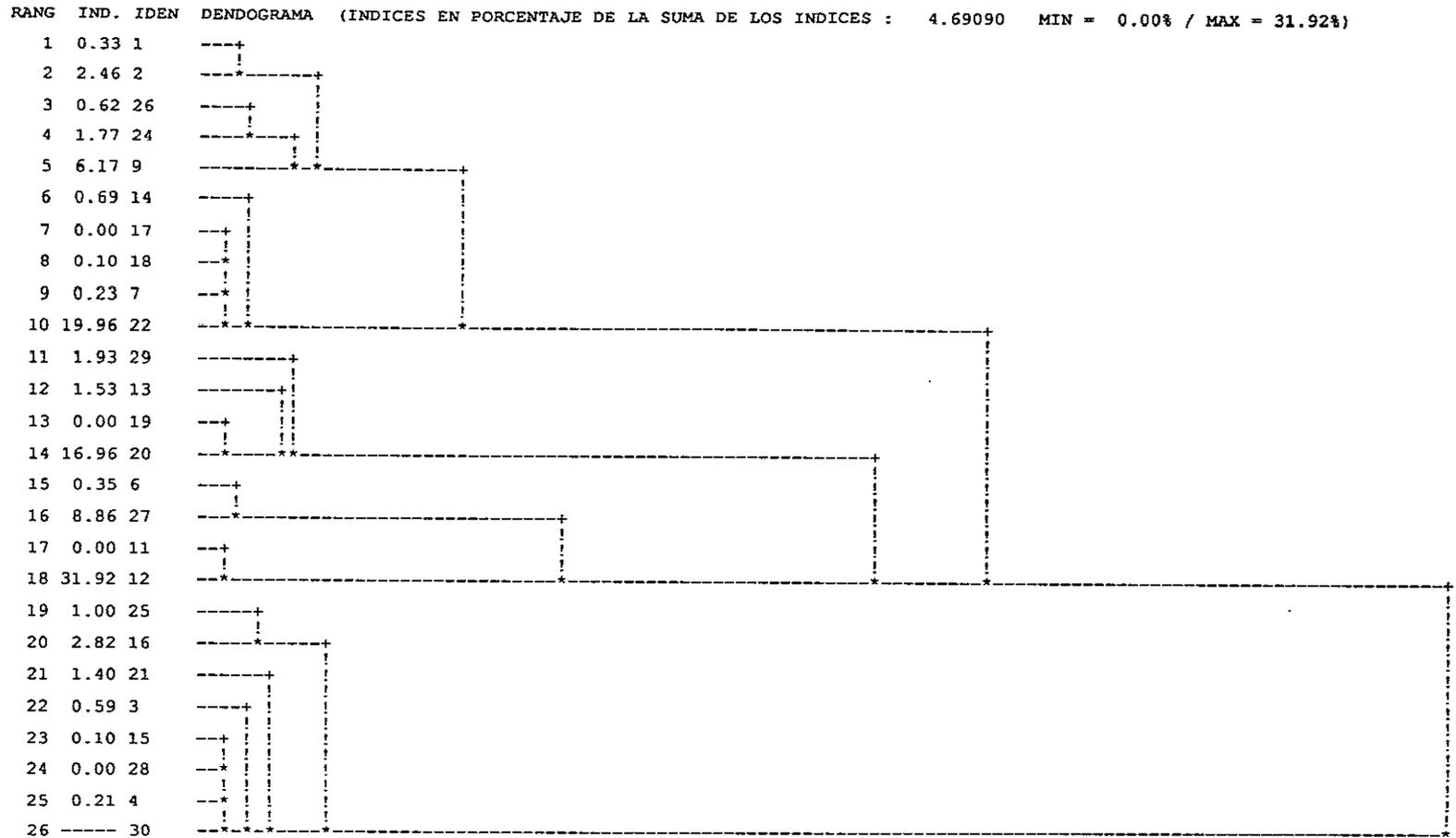
Gráfica 7.5.2.1 Proyección sobre los ejes 1 y 2



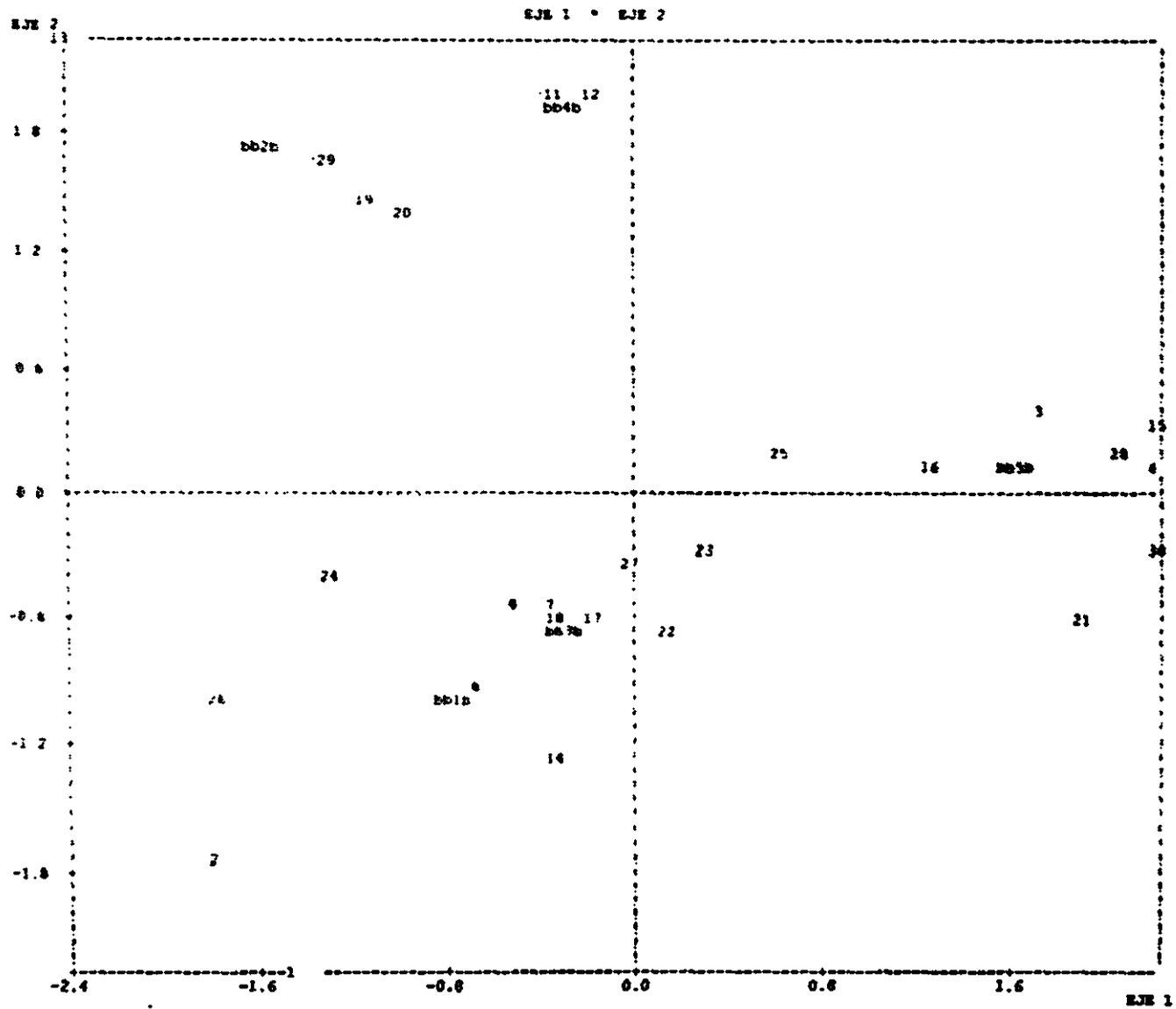
G r á f i c a 7.5.2.2. P r o y e c c i ó n s o b r e l o s e j e s 1 y 3



Gráfica 7.5.2.3 Dendrógrama de los cluster.

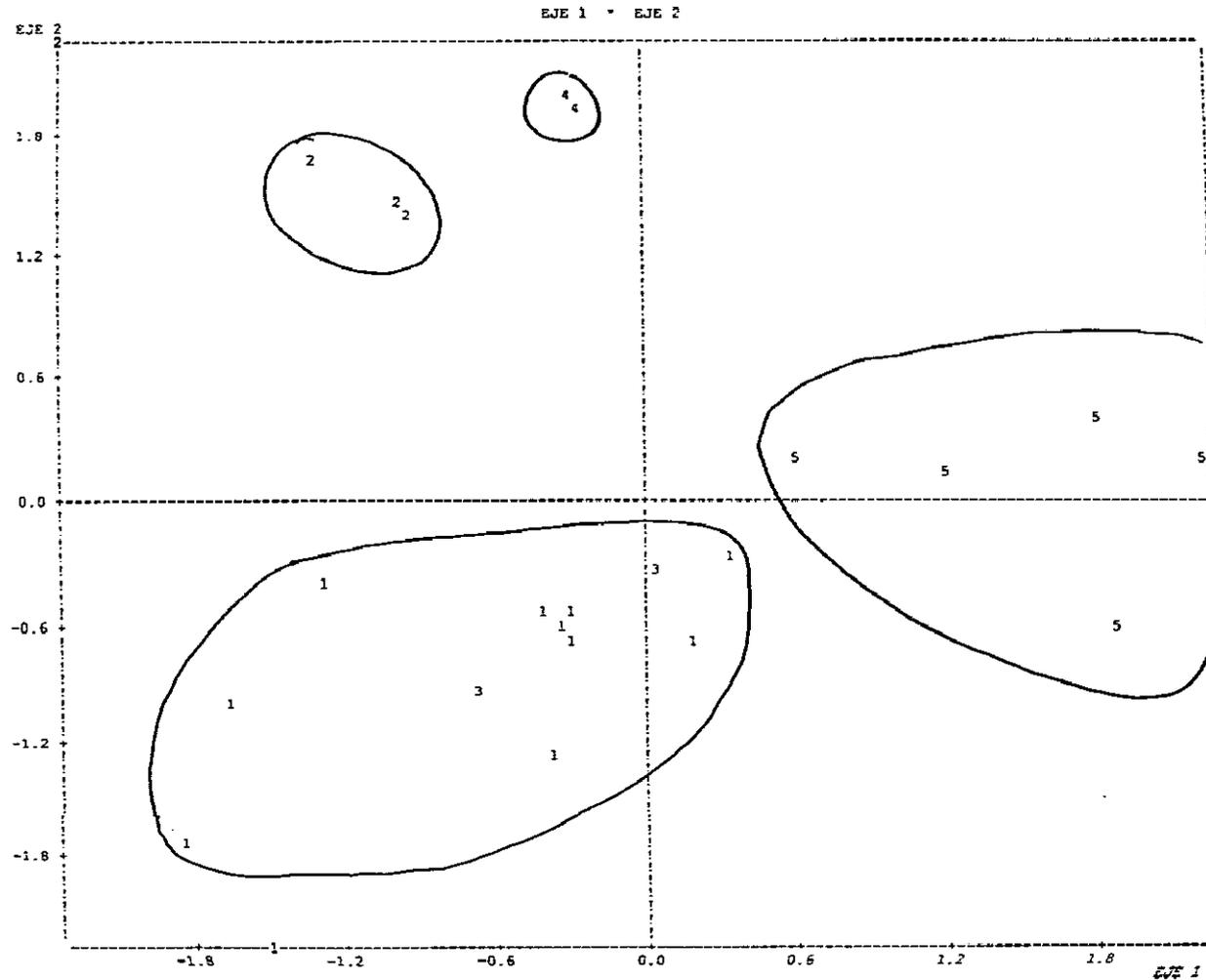


Gráfica 7.5.2.4.a. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 2

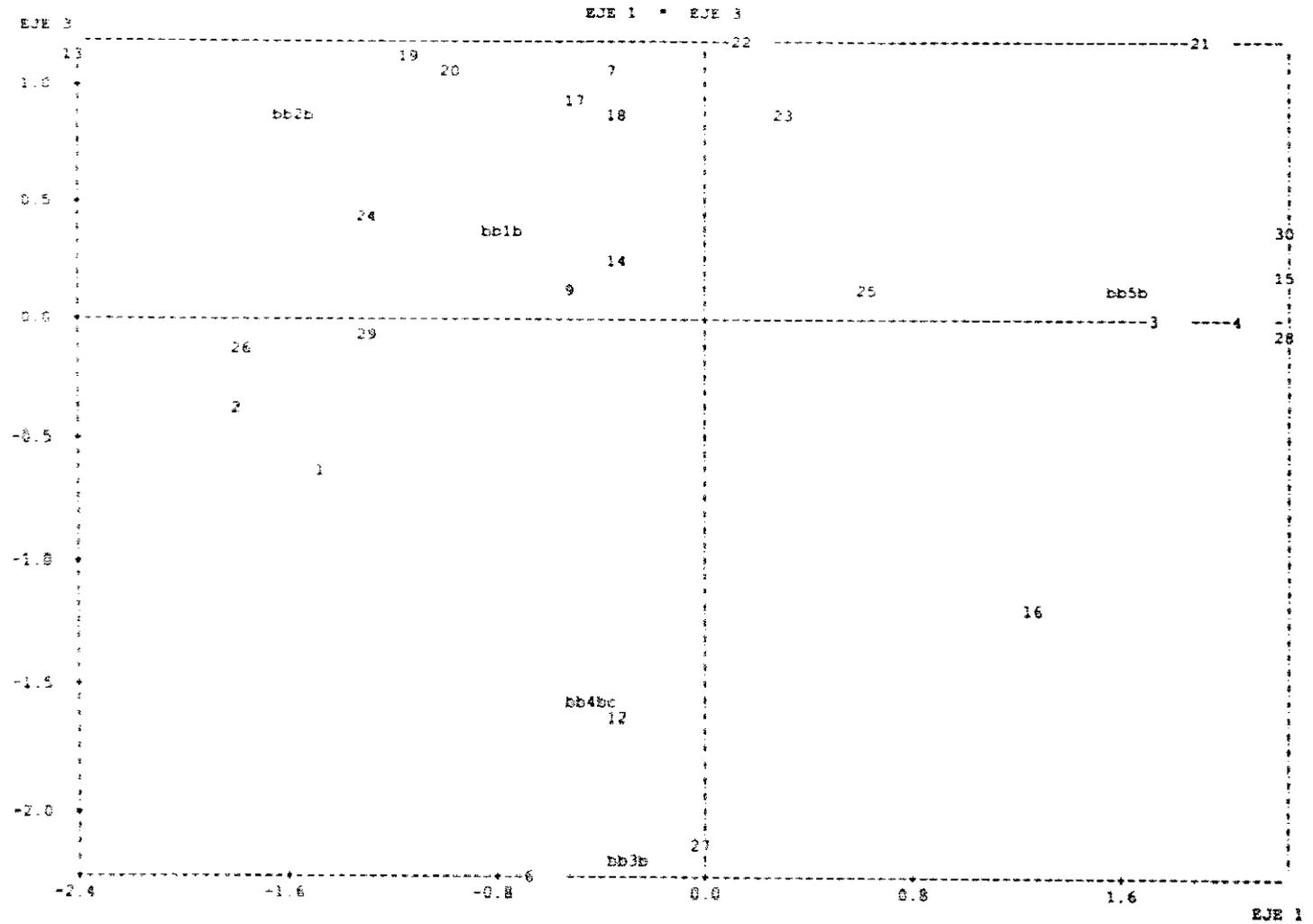


CAPÍTULO 7.- SIMULACIÓN DE LLUVIA.

Gráfica 7.5.2.4 b. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 2



Gráfica 7.5.2.5 a. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 3



Gráfica 7.2.5.b. Distribución de los elementos en cluster, ejes 1 y 3

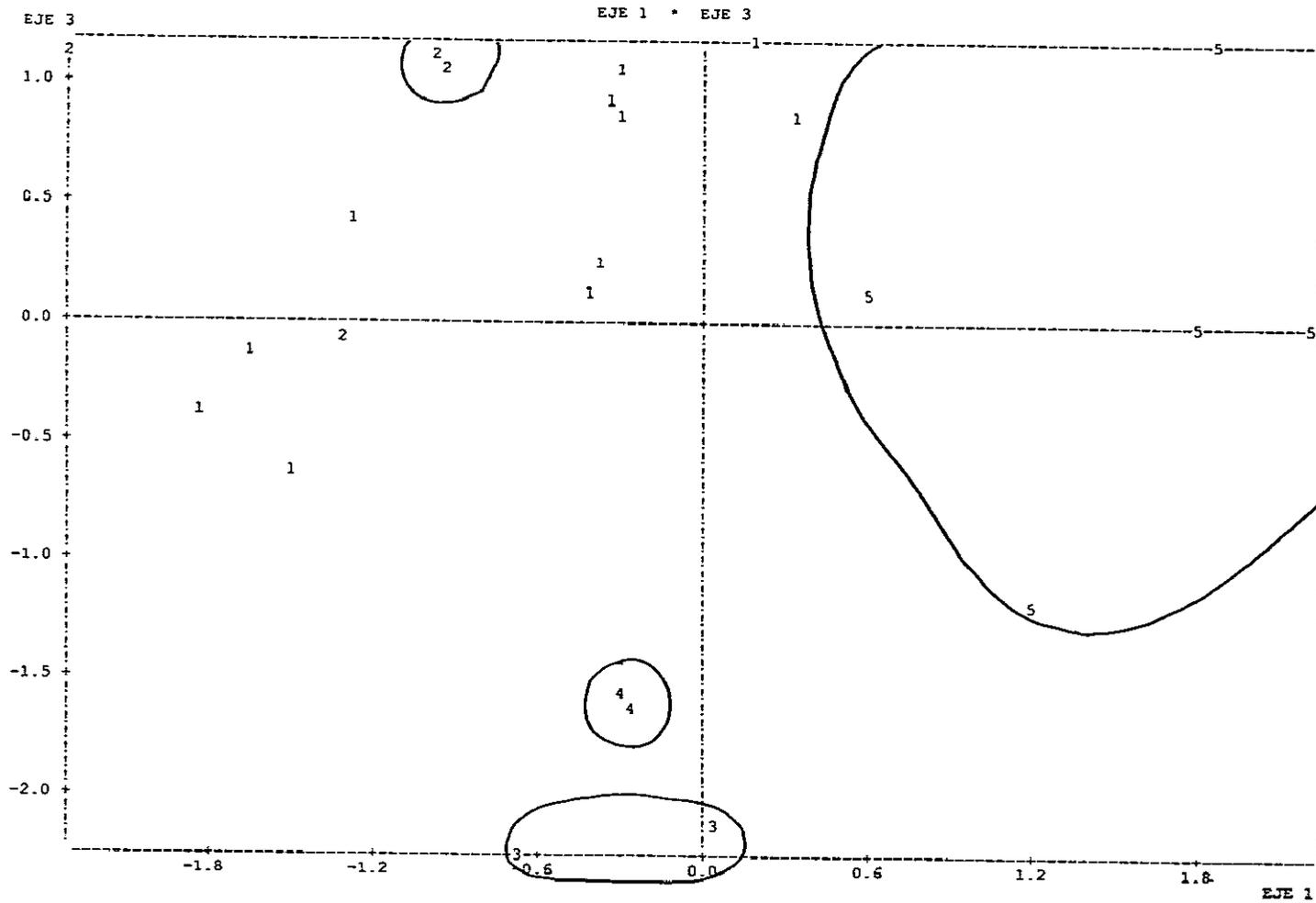


Tabla 7.5.2.2. Caracterización de las clases por tamaño de agregado.

CARACTERIZACION POR LAS FRECUENCIAS DE LAS CLASES O MODALIDADES DE : CORTE 'b' DEL ARBOL EN 5 CLASES									
V. TECP	PROB.	PORCENTAJES			NUM.	ETIQU.	FRECUENCIAS CARACTERISTICAS	IDEN	PESO
		CLA/FRE	FRE/CLA	GLOBAL					
38.46					CLASE 1 / 5				
					7	>4.8	bb1b	1000	
4.04	0.0000	46.63	23.40	19.30	7	>4.8	>4.8	501	
1.81	0.0353	41.87	23.02	21.15	8	4.8-2.8	4.8-	549	
-2.72	0.0032	33.05	16.14	18.78	10	2-1	2-1	488	
-3.79	0.0001	30.83	14.82	18.49	11	1-0.3	1-0.	480	
15.38					CLASE 2 / 5				
					12	<0.3	bb2b	400	
7.17	0.0000	31.58	22.45	10.94	12	<0.3	<0.3	284	
-1.77	0.0380	12.82	15.65	18.78	10	2-1	2-1	488	
-2.25	0.0121	11.08	8.17	11.34	9	2.8-2	2.8-	294	
-3.43	0.0003	10.84	14.90	21.15	8	4.8-2.8	4.8-	549	
7.69					CLASE 3 / 5				
					11	1-0.3	bb3b	200	
7.05	0.0000	16.39	39.40	18.49	11	1-0.3	1-0.	480	
-1.13	0.1288	6.52	16.35	19.30	7	>4.8	>4.8	501	
-1.74	0.0409	5.75	14.03	18.78	10	2-1	2-1	488	
-2.23	0.0128	4.70	6.93	11.34	9	2.8-2	2.8-	294	
-3.57	0.0051	5.17	14.22	21.15	8	4.8-2.8	4.8-	549	
7.69					CLASE 4 / 5				
					10	2-1	bb4b	200	
5.77	0.0000	14.68	35.85	18.78	10	2-1	2-1	488	
2.42	0.0078	11.60	17.11	11.34	9	2.8-2	2.8-	294	
-1.79	0.0347	5.98	16.43	21.15	8	4.8-2.8	4.8-	549	
-3.19	0.0007	3.21	4.56	10.94	12	<0.3	<0.3	284	
-4.95	0.0000	2.84	7.12	19.30	7	>4.8	>4.8	501	
30.77					CLASE 5 / 5				
					8	4.8-2.8	bb5b	800	
2.95	0.0016	36.14	24.84	21.15	8	4.8-2.8	4.8-	549	
1.45	0.0138	33.70	20.57	18.78	10	2-1	2-1	488	
1.34	0.0088	34.68	12.71	11.34	9	2.8-2	2.8-	294	
-1.01	0.1570	28.80	17.31	18.49	11	1-0.3	1-0.	480	
-1.26	0.1042	28.49	17.87	19.30	7	>4.8	>4.8	501	
-4.80	0.0000	18.85	6.70	10.94	12	<0.3	<0.3	284	

Tabla 7.5.2.3. Relaciones entre las clases y el resto de las variables.

CARACTERIZACION POR LAS CONTINUAS DE LAS CLASES O MODALIDADES DE : CORTE 'b' DEL ARBOL EN 5 CLASES									
V.TEST	PROB.	MEDIAS CLASE GENERAL		DESV. TIPO CLASE GENERAL		NUM. ETIQUETA	VARIABLES CARACTERISTICAS		IDEN
CLASE 1 / 5 (PESO = 10.00)									
3.80	0.000	483.40	284.38	136.61	207.24	EFFECTIVO = 10)			bb1b
1.82	0.034	10.46	7.55	6.43	6.31	5. ESCORRENTIA			ESCO
1.69	0.046	30.00	19.23	24.49	25.26	18. ACTV			ACTV
						4. PEDREG %			PEDR
-0.84	0.200	7.67	7.75	0.46	0.38	20. PH			PH
-0.92	0.180	3.64	5.31	2.76	7.20	19. EQ/AC			EQ/A
-0.92	0.180	5.45	7.02	3.09	6.75	22. MO			MO
-1.28	0.100	160.60	184.31	45.02	73.07	21. EC			EC
-2.05	0.020	7.50	29.04	11.46	41.58	3. VEGE %			VEGE
-2.34	0.010	12.50	17.73	4.03	8.85	2. PENDIENTE			PEND
CLASE 2 / 5 (PESO = 4.00)									
4.43	0.000	64.53	15.79	17.27	23.44	EFFECTIVO = 4)			bb2b
0.90	0.184	33.15	27.28	16.31	13.92	6. SEDIMENTO			SEDI
0.85	0.198	21.25	17.73	6.50	8.85	14. FINE			FINE
						2. PENDIENTE			PEND
-1.10	0.135	3.53	7.02	3.09	6.75	22. MO			MO
-1.49	0.068	0.00	29.04	0.00	41.58	3. VEGE %			VEGE
-1.62	0.052	0.00	19.23	0.00	25.26	4. PEDREG %			PEDR
-1.69	0.046	2.55	7.55	0.35	6.31	18. ACTV			ACTV
-1.79	0.036	6.75	15.62	4.91	10.54	15. SILT			SILT
CLASE 3 / 5 (PESO = 2.00)									
2.90	0.002	70.00	19.23	10.00	25.26	EFFECTIVO = 2)			bb3b
1.90	0.029	10.50	4.65	8.90	4.45	4. PEDREG %			PEDR
1.69	0.046	55.00	28.64	36.00	22.56	17. IBOYO			IBOY
1.19	0.118	25.00	17.73	0.00	8.85	13. COARSE			COAR
0.96	0.168	8.00	7.75	0.20	0.38	2. PENDIENTE			PEND
						20. PH			PH
-0.88	0.191	140.00	184.31	17.00	73.07	21. EC			EC
-1.01	0.157	0.00	29.04	0.00	41.58	3. VEGE %			VEGE
-1.49	0.068	70.50	284.38	70.50	207.24	5. ESCORRENTIA			ESCO
-1.81	0.035	8.60	15.24	0.30	5.30	23. C/N			C/N
-1.87	0.031	9.25	27.28	6.75	13.92	14. FINE			FINE
CLASE 4 / 5 (PESO = 2.00)									
3.63	0.000	40.00	17.73	0.00	8.85	EFFECTIVO = 2)			bb4b
1.06	0.144	10.60	5.31	7.40	7.20	2. PENDIENTE			PEND
0.98	0.163	18.85	15.24	2.85	5.30	19. EQ/AC			EQ/A
						23. C/N			C/N
-0.85	0.199	163.00	284.38	0.00	207.24	5. ESCORRENTIA			ESCO
-0.98	0.164	2.45	7.02	2.15	6.75	22. MO			MO
-1.01	0.157	0.00	29.04	0.00	41.58	3. VEGE %			VEGE
-1.10	0.136	0.00	19.23	0.00	25.26	4. PEDREG %			PEDR
-1.32	0.094	1.80	7.55	1.30	6.31	18. ACTV			ACTV
CLASE 5 / 5 (PESO = 8.00)									
4.49	0.000	85.00	29.04	30.00	41.58	EFFECTIVO = 8)			bb5b
2.68	0.004	12.44	7.02	9.15	6.75	3. VEGE %			VEGE
2.17	0.015	231.88	184.31	89.20	73.07	22. MO			MO
1.31	0.094	19.77	15.62	10.24	10.54	21. EC			EC
0.95	0.171	31.24	27.28	11.42	13.92	15. SILT			SILT
						14. FINE			FINE
-0.98	0.163	15.13	17.73	5.37	8.85	2. PENDIENTE			PEND
-1.34	0.090	2.86	4.65	3.41	4.45	17. IBOYO			IBOY
-1.43	0.076	18.95	28.64	11.97	22.56	13. COARSE			COAR
-1.55	0.061	7.50	19.23	9.68	25.26	4. PEDREG %			PEDR
-2.24	0.013	0.06	15.79	0.11	23.44	6. SEDIMENTO			SEDI
-3.06	0.001	94.13	284.38	85.10	207.24	5. ESCORRENTIA			ESCO

Se diferencian las siguientes clases:

- Clase I caracterizada por tener valores significativamente superiores que la media de escorrentía, agregados > 4.8 mm, carbonato activo, pedregosidad y valores significativamente inferiores de cobertura vegetal: muestras 1, 2, 7, 9, 14, 17, 22, 23, 24 y 26.
- Clase II donde se agrupan los suelos 13, 19, 20 y 29, dichos suelos tienen valores superiores a la media de: pérdida de sedimentos y agregados < 0.3 mm y valores significativamente inferiores a la media de cobertura vegetal y pedregosidad superficial, limo, agregados con tamaños entre 2 y 4.8 mm y carbonato extraíble por oxalato amónico
- Clase III representada por los perfiles 6 y 27. Se caracteriza por tener valores superiores a la media de: pedregosidad, arena gruesa, índice de Boyoucus y de agregados tamaño 0.3-1 mm. Mientras que la escorrentía, la relación C/N y los agregados de tamaño comprendidos entre 2-2.8 mm dan valores inferiores a la media
- Clase IV suelos con fuertes pendientes, agregados mayoritarios tamaño 1 y 2.8 mm, y valores inferiores a la media de carbonato extraíble, muestras 11 y 12
- Clase V recoge las muestras 3, 4, 15, 16, 21, 25, 28 y 30, suelos donde no se produce escorrentía ni pérdida de sedimentos, bajas pedregosidades superficiales, arena gruesa e índice de Boyoucus y con valores superiores a la media de cubierta vegetal, materia orgánica, conductividad eléctrica, limo y agregados entre 2.8-4.8 mm.

Estos datos permiten comprender la importancia relativa de cada una de las propiedades de los suelos cuando estos se encuentran sometidos a una lluvia de magnitud importante. En líneas generales, los suelos con menores pérdidas de sedimentos son aquellos protegidos por la cobertura vegetal, con elevados valores de coloides arcilla o materia orgánica y bien estructurados.

Los suelos que sufren mayor pérdida de sedimentos tienen fuertes pendientes, baja protección frente a la gota de lluvia y están mal estructurados. La pedregosidad se revela de gran importancia en suelos con agregados gruesos, ya que si bien aumenta los valores de escorrentía, ésta no es eficaz, y no aumentan las pérdidas de sedimentos.

Suelos mal estructurados, con texturas arenosas y baja protección frente a la lluvia, en ocasiones tienen poco arrastre de sedimentos ya que las tasas de infiltración son muy elevadas.

7.6- CONCLUSIONES.

Si se utiliza como criterio principal, la escorrentía y el arrastre de sedimentos, se pueden establecer una ordenación de los suelos:

1. Suelos no erosionables, con muy bajas tasas de escorrentías y arrastre de sedimentos, con alta cobertura vegetal: leptosoles mólicos y réndricos, cambisoles calcáricos y fluvisoles.
2. Suelos poco erosionables, con alta cobertura vegetal o pedregosidad superficial, a pesar de tener elevada escorrentía: Regosoles, algunos leptosoles y cambisoles
3. Suelos erosionables con valores altos de escorrentía y pérdida de sedimentos, con baja protección frente a la lluvia y situados en zonas de mayor pendiente: arenosoles calcáricos, regosoles calcáricos y algunos leptosoles..

7.7.- BIBLIOGRAFÍA.

- Boers, T.M., van Deuzern, F.J.M.P., Eppink, L.A.A.J. y Ruytenberg, R.E.** 1992. Comparison of Infiltration Rates Measured with an Infiltrometer, a Rainulator and a Permeameter for Erosion Research in SE Nigeria. *Soil Tech.* 5: 13-26.
- Bromacher, A. y Eppink, L.A.A.J.** 1995. Comunicación personal.
- Bubenzner, G.D.** 1979. Inventory of rainfall simulators. *Tucson Agr. Reviews and Manuals.* 120-130.
- Crust, G.L.A.** 1988. Erosiegevoeligheids en slempgevoeligheidsmetiengen met regenvalsimulator van Kamphorst. WAU.
- Kamhorst, A.** 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. *Netherlands journal of Agricultural Science.* 35: 407-415.
- Koorevaar, P., Menelik, G. y Dirksen, C.** Elsevier (ed.). 1994. *Elements of soil physics.* 3ed. Developments in soil science 13. Elsevier, Amsterdam.

CONCLUSIONES.

Las cuencas estudiadas: arroyo de la Nava, río Valdemazo y río Pedro, están constituidas por materiales del mioceno (calizas, margas, arenas y arcillas). En la cabecera del río Pedro aparecen materiales triásicos.

Se diferencian cinco unidades de paisaje: río Duero, zonas llanas, páramos, cuestras y valles en artesa.

En los páramos aparecen luvisoles y leptosoles, bajo una vegetación de sabinares, encinares o cultivos. Los luvisoles, característicos, de los páramos, presentan alta estabilidad estructural, con baja erodibilidad debido a su situación en llano. Los leptosoles de los páramos son réndricos o móllicos tienen alta estabilidad estructural, con macroagregados estables en los que intervienen fundamentalmente materia orgánica, limo y carbonato extraíble por oxálato amónico; estos suelos presentan altos valores de infiltración, sin pérdida de sedimentos y altos valores de cobertura vegetal por lo que son suelos poco erosionables.

En las cuestras y laderas de los valles se sitúan cambisoles, leptosoles regosoles y arenosoles.

Los cambisoles desarrollados generalmente bajo vegetación forestal, muestran altos valores de estabilidad estructural, cobertura vegetal, infiltración y no tienen pérdidas de sedimento. Son suelos poco erosionables a pesar de estar situados en pendientes.

Los leptosoles desarrollados bajo una vegetación de matorral son réndricos, líticos y eútricos. Tienen una gran variabilidad respecto a la erosión debido a los distintos valores de cobertura vegetal, estabilidad estructural, escorrentía y pérdida de sedimentos. En términos generales los leptosoles réndricos son menos erosionables que los líticos y eútricos.

Los regosoles, típicos de cuestras, desarrollados bajo matorral; presentan bajos valores de cobertura vegetal y de estabilidad estructural, altos valores de escorrentía superficial y pérdida de sedimentos. Son suelos fácilmente erosionables.

Los Arenosoles sin agregados estructurales, con bajas coberturas de matorrales y valores altos de escorrentía y pérdida de sedimentos son asimismo fácilmente erosionables.

En la unidad de paisaje río Duero se localizan fluvisoles cultivados con alta estabilidad estructural, baja escorrentía y pérdida de sedimento por los que son muy poco erosionables.

9. BIBLIOGRAFIA

- Almarza, C. I.N.M. (ed.). 1984. *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*. INM, Madrid.
- Almendros, G. y Velasco, F. 1984. Influencia de la vegetación en la evolución del humus de las Tierras Pardas meridionales sobre areniscas triásicas de la provincia de Guadalajara. *Rev. Ecol. Biol. Soc.* 21: 415-429.
- Alvarez, J. 1992. *Los sabinars albares de la provincia de Guadalajara: estudio ecológico, florístico y fitosociológico y biología comparada de poblaciones de Juniperus thurifera L.* Universidad de Alcalá de Henares. Tesis Doctoral.
- Arribas y Villaverde, 1984 en Manero, F. 1990. Castilla y León en Geografía de España y Portugal. En Omega (ed.), *Castilla y León*. Omega. Barcelona.
- Bachiller, J.M. y Sancho de Francisco, M.C. Asociación de amigos del Museo Numantino (ed.). 1990. *Introducción al Estudio del Espacio Geográfico Soriano*. AREVACON, Soria.
- Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C. Blackwell (ed.). 1990. *Ecology. Individuals, Populations and Communities*. 2ed. Blackwell, Boston.
- Bennet, H. 1926 citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Berezin, N., Kirichenko, A., Koryakina, M. y Konovalov, S. 1992. Experimental investigation of the size distributions of aggregates, microaggregates, and elementary particles in soils. *Sov. Soil Sci.* 24: 1-126; 8 ref.
- Bhattacharyya, G. Wiley & sons (ed.). 1977. *Statistical concepts and methods*. Wiley, London.
- Boers, T.M., van Deuzern, F.J.M.P., Eppink, L.A.A.J. y Ruytenberg, R.E. 1992. Comparison of Infiltration Rates Measured with an Infiltrometer, a Rainulator and a Permeameter for Erosion Research in SE Nigeria. *Soil Tech.* 5: 13-26.
- Bosatta, E. y Agren, G.I. 1990. Dynamics of carbon and nitrogen in the organic matter of the soil: a generic theory. *Am. Nat.* 138: 227-245.
- Boyocus, C.J. 1935. The clay ratio as criterion of susceptibility of soil erosion. *J. Am. Soc. Agron.* 27: 738-741.
- Brandt, J. 1985. Throughfall intensity beneath oak and mixed tropical woodlands. London. Bedford College. Citado en Thornes, J.B. 1985. *The Ecology of Erosion*. *Geogra.* 222-235.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Herman Blume, Madrid.
- Brindley, G.W Brown, G., Brindley & Brown and The Mineralogical Society. (ed.). 1980. *Crystal structures of clay minerals and their X-Ray identification*. Brindley & Brown and The Mineralogical Society, London.
- Bromacher, A. y Eppink, L.A.A.J. 1995. Comunicación personal.
- Brown, G. The Mineralogical Society. (ed.). 1972. *The X-Ray identification and crystal structures of clay minerals*. The Mineralogical Society, London.
- Bryan, R.B. 1982. The efficiency of agregation indices in comparison of some English and Canadian soils. *J. Soil Sci.* 22: 166-178.
- Bubenzer, G.D. 1979. Inventory of rainfall simulators. *Tucson Agr. Reviews and Manuals*. 120-130.
- Burykin, A.N. 1962. Water erosion in the mountain conditions of humid and dry subtropics. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Casermeyro, M.A., Garcia, L.G., Hernando, J. y Hernando, M.I. 1992. Dinámica suelo planta en zonas erosionadas de la cuenca del Duero. *Historia Natural'91*. 1: 63-69.
- Casermeyro, M.A., Hernando, M.I., Alcover, M.F. y Garrido, F. 1992. Suelos y paisajes en la vertiente sur de la cuenca del Duero. S.E.C.S. Pamplona.
- CEOTMA. MOPT (ed.). 1992. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. 2ed. 1. MOPT, Madrid.
- Crust, G.L.A. 1988. Erosiegevoeligheids en slempegevoeligheidsmetiengen met regenvalsimulator van Kamphorst. WAU.
- CSIC. 1968. Mapas de suelos de España. E: 1/1.000.000. Península y Baleares. 1. Guerra, A., Guitian, F., Paneque, G., Sánchez, J.A., Monturiol, F., y Mudarra, J.L. Madrid.

- De-Ploey, J.** 1982. A stemflow equation for grasses and similar vegetation. *Catena*. 9: 139-152.
- Dendy, F.E. y Bolton, G.C.** 1976. Sediment yield-runoff-drainage area relationships in the United States. *J. Soil and Water Cons.* 32: 264-266.
- Dorronsoro, C. y Aguilar, J.** 1988. El proceso de iluviación de arcilla. *Ann. Edaf. Agrobiol.* XLVII: 311-350.
- Douchaufour, P. Masson (ed.).** 1986. *Edafología Vol I y II*. Masson, Paris.
- Driessen, P.M. y Dudal, (eds.).** 1991. *The majors Soils of the World*. Driessen & Dudal, Wageningen.
- Eghball, B., Mielke, L.N., Calvo, G. y Wilhelm, W.W.** 1993. Fractal Description of Soil Fragmentation for Various Tillage Methods and Crop Sequences. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1337-1341.
- Elleberg, H. y Mueller-Dombois, D.** 1966. A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Ber. Geob. Inst. E. T. H.* 37: 56-73.
- Ellinson, W.D.** 1945. Some effects of raindrops and surface-flows on soil erosion and infiltration. *Trans. Am. Geophys. U.* 26: 415-429.
- Eppink, L.A.A.J. Stroosnijder, L. y Eppink, L.A.A.J. (eds.).** 1993. *Principles of Soil and Water Conservation*. Lecture notes. WAU, Wageningen.
- Epstein, E. y Grant, W.J.** 1967. Soil losses and crust formation as related to some physical properties. *Proc. Soil Sci. Am.* 71: 547-550.
- Erhart, H. Masson (ed.).** 1967. *La genèse des sols en tant que phénomène géologique*. Masson, Paris.
- FAO-UNESCO. FAO (ed.).** 1991. *Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada*. FAO, Roma.
- FAO. (ed.).** 1977. *Gulas para la descripción de perfiles*. FAO, Roma.
- Faulkner, H.** 1990. Vegetation Cover Density Variations and Infiltration Patterns on Piped Alkali Sodic Soils: Implications for the Modelling of Overland Flow in Semi-arid Areas. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley & sons. London. pp.317-346.
- Fillat, F.** 1985. *Estacionalidad de las precipitaciones en España: clasificación de zonas homogéneas. Avances sobre la investigación en bioclimatología*. CSIC-Universidad de Valencia, Valencia.
- Font, I. INM (Instituto Nacional de Meteorología) (ed.).** 1988. *Historia del clima en España. Cambios climáticos y sus causas*. INM, Madrid.
- Fortescue, A.C. Spring-Velarg (ed.).** 1977. *Environmental geochemistry. A holistic approach*. Spring-Velarg, New York.
- Foth, H. Wiley & sons (ed.).** 1990. *Fundamentals of Soil Science*. Wiley, New York.
- Fournier, F. PVF (ed.).** 1960. *Climat et erosion. La relation entre l'erosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques*. 1ed. PVF, Paris.
- Francis, C.F. y Thornes, J.B.** 1990. Runoff Hydrographs from three Mediterranean Vegetation Cover Types. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley & sons. London. pp.363-382.
- García, L.G., Sobrini, I. y Casermeiro, M.A.** 1992. Cartografía y análisis del paisaje de la mitad meridional de la provincia de Soria, en una actividad de infraestructura lineal de transporte., *IV jornadas sobre el paisaje*. Segovia. pp.235-243.
- Giménez, D., Dirksen, C., Miedema, R., Eppink, L.A.A.J. y Schoonderbeek, D.** 1995. Surface Sealing and Hydraulic Conductances under Varying-Intensity Rains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 234-242.
- Gonzalez, J., Palomar, M.L., Hernando, J., Moreno, A., Fernández, M.C. y Hernando, M.I.** Excm. Diputación Provincial de Soria. (ed.). 1991. *Estudio de los Suelos del Centrol Central de la provincia de Soria*. Diputación de Soria. Soria.
- González-Bernáldez, F. Blume (ed.).** 1982. *El paisaje*. 1. 1, Madrid.
- González-Bernáldez, F.** 1993. El aprecio de los paisajes de estepa. *Quercus*. 88: 8-10.
- Greuter, W., Burdet, H.M. y Long, G.** Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève (ed.). 1984. *MED-Cheklis*. Geneve.
- Guerra, A. CSIC (ed.).** 1972. *Los suelos rojos en España. Contribución a su estudio y clasificación*. CSIC, Madrid.
- Gupta, R.K., Bhumbra, D.K. y Abrol, P.I.** 1984. Effect of sodicity, pH, organic matter and calcium carbonate on the dispersion behaviour of soils. *Soil Sci.* 137: 245-251.
- Hénin, S., Gras, R. y Monnier, G. Mundi-Prensa (ed.).** 1972. *El perfil cultural*. El

- estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Hudson, N. 1982. *Conservación del suelo*. Reverté, Barcelona.
- Hupp, C.R. 1990. Vegetation Patterns in Relation to Basin Geomorphology. *Vegetation and Erosion*. Jhon Wiley, Chichester. pp.217-237.
- ICONA. 1982. Mapa de cultivos y aprovechamientos. E.1:50.000. Ayllón. 20-16. ICONA. Madrid.
- ICONA. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (ed.). 1989. *Agresividad de lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo*. I. MAPA, Madrid.
- IGME, (ed.). 1986. *Mapa Geológico de España. E. 1:200.000. Aranda de Duero. N°30. 2ed. I.G.M.E. Madrid.*
- INE, (ed.). 1972. *Censo Agrario de España 1972. Soria*. I.N.E. Madrid.
- INE, (ed.). 1984. *Censo agrario de España 1982*. I.N.E. Madrid.
- INE, (ed.). 1987. *Poblaciones de Hecho de los municipios Españoles según los censos oficiales 1900-1981*. I.N.E. Madrid.
- INE, (ed.). 1991. *Censo Agrario 1989. Tomo III Resultados provinciales. Soria*. I.N.E. Madrid.
- INE, (ed.). 1994. *Densidad de población de los municipios Españoles*. I.N.E. Madrid.
- ISRIC. FAO (ed.). 1987. *Procedures for soil analysis*. 3ed. FAO, Wagenigen.
- ISRIC. FAO (ed.). 1994. *Procedures for soil analysis*. 4ed. FAO, Wageningen.
- Kamhorst, A. 1987. A small rainfall simulator for the determination of soil erodibility. *Netherlands journal of Agricultural Science*. 35: 407-415.
- Koorevaar, P., Menelik, G. y Dirksen, C. Elsevier (ed.). 1994. *Elements of soil physics*. 3ed. Developments in soil science 13. Elsevier, Amsterdam.
- Langbein, W.B. y Schumm, S. 1958. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. *Trans. Am. Geophys. U.* 39: 1076-1084.
- Lazaro, F., Elías, F. y Nieves, L. INIA (ed.). 1978. *Regímenes de humedad de los suelos en la España peninsular*. Series del INIA. 20. INIA,
- Lindsay, W.L. Wiley & sons (ed.). 1979. *Chemical equilibria in soils*. Wiley & sons, New York.
- Low. ISSS (ed.). 1967. *West European methods for soil structure determination*. ISSS, Ghent.
- Lutz, J.F. 1934. The physico-chemical properties of soils affecting soil erosion. *Missouri Ag. Exp. St. Research*. 212
- Madoz, P. (ed.). 1846. *Diccionario Geográfico, Estadístico, Histórico de España y sus posesiones de Ultramar. Tomos I-XVI*. Madoz, P, Madrid.
- Manero, F. 1990. Castilla y León en Geografía de España y Portugal. En Omega (ed.), *Castilla y León*. Omega. Barcelona.
- Margalef, R. 1991. Reflexiones sobre la diversidad y significado de su expresión cuantitativa. Pineda, F.y. col. (ed.), *Diversidad Biológica*. Fundación Ramón Areces. Madrid. pp.2-20.
- Mc Keague, J.A. y Wang, C. 1982. *Soil structure: concepts, description, and interpretation*. LRRRI contribution n° 82-15. Ontario.
- Middelton, H.E. 1930. Propertiers of soils, which influence in soil erosion. *USDA. Tech. Bull.* 178
- Morgan, R.P.C. 1986. *Soil erosion and conservation*. Longman, Londres.
- Munsell. Kollmorgen corporation. (ed.). 1975. *Soil color chart*. Kollmorgen corp. Maryland.
- Musgrave, G.W. 1947. Quantitative evaluation of factors in water erosion. A first approximation. *J. Soil and Water Cons.* 2: 133-138.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. En Page, A.L. (ed.), *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Proerties*. 2ed. Am. Soc. Soil Sc. y Am. Soc. Agron. pp.181-197. NFX- 31-106. Norme Française (ed.). 1982. *Qualité des sols. Determinaton du calcaire actif*. Norme Française, paris.
- Nwadialo, B. y Mbagwu, J. 1991. An analysis of soil components active in microaggregate stability. *Soil Tech.* 4: 4-350; 19 re.
- Oades, J. y Waters, A. 1991. Aggregate hierarchy in soils. *Australian J. Soil. Res.* 29: 6-828; 19 re.
- Ortega, R. Caja de Soria (ed.). 1982. *las desamortizaciones de Mendizábal y Madoz en Soria*. I. Caja de Soria, Soria.
- Papadakis, J. Albatros (ed.). 1980. *El clima*. Buenos Aires.

- Perfect, E. y Kay, B. 1991. Fractal theory applied to soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 6-1558; 25 r.
- Perfect, E., Kay, B., van Loom, K.P., Sheard, R.W. y Pojasok, T. 1990. Factors Influencing Soil Structural Stability within a Growing Season. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 173-179.
- Real Academia Española de la Lengua (ed.). 1992. *Diccionario de la Lengua Española*. 21ed. Editorial Espasa Calpe, S.A. Madrid.
- Rickfels, R.E. 1977. Environmental heterogeneity and plant species diversity: a hypothesis. *Am. Nat.* 111: 366-381.
- Rivas-Martínez, S. 1969. Vegetatio Hispaniae. Notula I. *P. Inst. Biol. Apl.* 46: 3-34.
- Rivas-Martínez, S. 1992. Bioclimatic belts of west Europe. EUR13149EN. Bruselas. pp.225-246.
- Rivas-Martínez, S. 1994. Clasificación bioclimática de la Tierra. *Folia Botanica Matritensis*. 13: 1-19.
- Rivas-Martínez, S. 1995. Lino-Genistetum pumilae, nueva sociación del piso mediterráneo ibérico de paramera. *P. Inst. Biol. Apli.* 43: 75-84.
- Rivas-Martínez, S. Rivas-Martínez, S. (ed.). 1987. *Memorias del mapa de vegetación potencial de España*. ICONA, Madrid.
- Rivas-Martínez, S., Díaz, T., E., Fernández, J.A., Loidi, J. y Penas, A. 1991. *Festuco hystricis-Ononidetia striatae* y *Rosmarinetea officinalis*, clases de vegetación independientes. *Itinera Geobotánica*. 5: 505-516.
- Rose, C.W. 1960. Soil detachment caused by rainfall. *Soil Sci.* 98: 28-35.
- Sala, M. y Calvo, A. Thornes, J.B. (ed.). 1990. Response of Four Different Mediterranean Types to Runoff and Erosion. *Vegetation and Erosion*. John Wiley and Sons Ltd. London. pp.347-362.
- Schjonning, P. 1992. Size distribution of dispersed and aggregated particles and of soil pores in 12 Danish soils. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B, Soil and Plant Science*. 42: 1-33; 20 ref.
- Singer, J.M., Janitzky, P. y Blackard, J. 1982. The influence of exchangeable sodium percentage on soil erodibility. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 117-121.
- Skidmore, E. y Layton, J. 1992. Dry-soil aggregate stability as influenced by selected soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 2-561; 15 re.
- Slater, C.S. y Biers, H.G. 1931. A laboratory study of field percolation rates of soils. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Smith, D.D. 1941. Interpretation of soil conservation data for field use. *Agr. Eng.* 22: 173-175.
- Sobolev, S.S. 1948. Development of erosion processes on the European Territory of the USSR and their control. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Solé, L. Montanen y Simón. (ed.). 1952. *España Geografía Física*. 1. T.I. Barcelona.
- Stocking, M.A. 1994. Assessing vegetative cover and management effects. En Lal, R. (ed.), *Soil Erosion, Research, Methodology*. St. Lucie Press. Delray Beach. pp.210-232.
- Strhaler, A. Omega (ed.). 1989. *Geografía Física*. 3ed. Omega, Barcelona.
- Thornes, J.B. 1985. The Ecology of Erosion. *Geogra.* 222-235.
- Thornes, J.B. (ed.). 1990. The interaction of Erosional and Vegetation Dynamics in Land Degradation: Spatial Outcomes. En Thornes, J.B. (ed.), *Vegetation and Erosion*. John Wiley and Sons Ltd. London. pp.41-53.
- Thorntwaite, C.W. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publ. Climatology*. 10
- Tiulin, A. 1933. Certain consideration on the genesis of soil structure and on methods for its determination. ISSS. Moscú. pp.111-132.
- Truman, C.C., Bradford. 1990. Antecedent Water Content and Rainfall Energy Influence on Soil Aggregate Breakdown. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1385-1392.
- Tutin, T.G. Tutin, T.G.y. (ed.). 1964. *Flora Europaea*. 1-4. Cambridge University Press, London.
- Vilensky, D.G. 1935. Contribution to the method of investigating the soil stability in the study of the soil erosion. Citado en Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Viles, H.A. 1990. 'The Agency of Organic Beings': A selective Review of Recent Work in Biogeomorphology. *Vegetation and Erosion*. John Wiley. Chichester. pp.5-24.
- Voznesensky, S. y Artsruny, A.B. 1940. Laboratory method for the determination of the resistance of soils to erosion. Citado en

- Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Way, D.S. Harvard University (ed.) 1978. *The interaction between urbanization and land. Quality and quantity in environmental planning and design*. Harvard University press. Cambridge.
- Wichsmeier, W.H., Smith, D.D. y Uhland, R.E. 1958. Evaluation of de factors in the Soil-Loss equation. *Agr. Eng.* 39: 458-462.
- Yoder, R.E. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of he physical nature of erosion losses. *J. Am. Soc. Agron.* 28: 337-351.
- Young, R.A. y Mutcher, C.K. 1977. Erodibility of some Minnesota soils. *J. Soil and Water Cons.* 32: 180-182.
- Zachar, R. 1982. *Soil erosion*. Elsevier, Amsterdam.
- Zingg, A.W. 1940. Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off. *Agr. Eng.* 21: 59-65.

10. ANEJOS

ANEJO 10.1. DATOS DE COBERTURA VEGETAL

TRANSECTO 1

PEDREGOSIDAD 100% PENDIENTE 20%
EXPOSICIÓN E SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media(cm ²)
<i>Juniperus thurifera</i>	4900	0,490	3,92	5,00	980
<i>Thymus mastichina</i>	5800	0,580	4,64	51,00	114
<i>Lavandula latifolia</i>	2050	0,205	1,64	10,00	205
TOTAL	12750	1,275	10,20		

TRANSECTO 2

PEDREGOSIDAD 100 PENDIENTE 5 %
EXPOSICIÓN E SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Linum suffruticosum</i>	29	0,003	0,02	2	14,5
<i>Quercus rotundifolia</i>	4	0,000	0,00	1	4
<i>Euphorbia latifolia</i>	37	0,004	0,03	4	9,25
<i>Lavandula latifolia</i>	400	0,040	0,32	1	400
<i>Festuca hystrix</i>	54	0,005	0,04	3	18
<i>Helyanthemum canum</i>	160	0,016	0,13	40	4
TOTAL	684	0,068	0,55		

TRANSECTO 4

PEDREGOSIDAD 30 %

PENDIENTE 10 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media(cm ²)
<i>Quercus rotundifolia</i>	1329	0,133	1,06	4	332,25
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	5700	0,570	4,56	2	2850,00
<i>Lavandula latifolia</i>	25	0,003	0,02	1	25,00
<i>Euphorbia latifolia</i>	50	0,005	0,04	2	25,00
<i>Thymus mastichina</i>	525	0,053	0,42	3	175,00
<i>Thymus comunis</i>	350	0,035	0,28	9	38,89
<i>Salvia lavandulifolia</i>	5375	0,538	4,30	19	282,89
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	1400	0,140	1,12	14	100,00
<i>Helyanthemum asperum</i>	300	0,030	0,24	6	50,00
<i>Genista scorpius</i>	625	0,063	0,50	1	625,00
<i>Helichrysum stoechas</i>	50	0,005	0,04	1	50,00
<i>Helyanthemum cinereum</i>	300	0,030	0,24	6	50,00
<i>Carex sp.</i>	25	0,003	0,02	1	25,00
TOTAL	16054	1,605	12,84		

TRANSECTO 6

PEDREGOSIDAD 100%
EXPOSICIÓN E

PENDIENTE 20-30%
SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	529	0,0529	0,4232	4	132
<i>Thymus vulgaris</i>	2395	0,2395	1,916	16	150
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	1190	0,119	0,952	15	79
<i>Poterium sanguisorba</i>	25	0,0025	0,02	1	25
<i>Lavandula latifolia</i>	5500	0,55	4,4	1	5500
<i>Teucrium chamaedrys</i>	925	0,0925	0,74	6	154
<i>Hieracium pilosella</i>	4	0,0004	0,0032	1	4
<i>Thymus mastichina</i>	1100	0,11	0,88	2	550
<i>Fumana ericoides</i>	75	0,0075	0,06	3	25
<i>Juniperus thurifera</i>	2000	0,2	1,6	1	2000
<i>Euphorbia latifolia</i>	129	0,0129	0,1032	4	32
<i>Ruta montana</i>	750	0,075	0,6	11	68
<i>Festuca hystrix</i>	175	0,0175	0,14	4	44
<i>Helianthemum canum</i>	225	0,0225	0,18	2	112
<i>Sideritis incana</i>	100	0,01	0,08	4	25
<i>Andryala ragusina</i>	50	0,005	0,04	1	50
<i>Mercurialis tomentosa</i>	125	0,0125	0,1	2	62
TOTAL	15297	1,5297	12,24		

TRANSECTO 7

COBERTURA 90 %

PENDIENTE 20%

EXPOSICIÓN N

SUPERFICIE 12.5 m²

PEDREGOSIDAD 20 %

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S en %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Astragalus boissieri</i>	125000	12,500	100,00	12	1,04
<i>Thymus zygis</i>	9800	0,980	7,84	14	0,07
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	300	0,030	0,24	1	0,03
<i>Sedum acre</i>	850	0,085	0,68	2	0,04
<i>Salvia officinale</i>	800	0,080	0,64	1	0,08
<i>Satureja intricata</i>	450	0,045	0,36	11	0,00
<i>Helyanthemun apenninum</i>	450	0,045	0,36	7	0,01
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	400	0,040	0,32	1	0,04
<i>Helyanthemum rotundifolium</i>	1000	0,100	0,80	2	0,05
TOTAL	139050	13,905	111,24		

TRANSECTO 9 A

COBERTURA 100 %

PENDIENTE 10 %

EXPOSICIÓN N

SUPERFICIE 12.5 m²

Encinar con cobertura aerea 100%, se mide la cobertura del resto de estratos

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Quercus rotundifolia</i>				5	
<i>Thymus zygis</i>	2290	0,229	1,83	22	0,01
<i>Cistus laurifolius</i>	21908	2,1908	17,53	11	0,20
<i>Helyanthemum rotundifolium</i>	1300	0,13	1,04	5	0,03
TOTAL	25498	2,550	20,40		

TRANSECTO 9 B

PEDREGOSIDAD 30 %

PENDIENTE 10 %

EXPOSICIÓN S

SUPERFICIE 12.5 m²

Encinar con cobertura aerea 100%, se mide la cobertura del resto de estratos

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Quercus rotundifolia</i>	*	*	*	9	
<i>Thymus zygis</i>	1433	0,1433	1,15	9	0,02
TOTAL	1433	0,1433	1,15		

* Pies de encina con porte arbóreo no se mide superficie

TRANSECTO DE LAS MUESTRAS 11 Y 12

PEDREGOSIDAD 100% PENDIENTE 40 %
 EXPOSICIÓN NW SUPERFICIE 7 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	8800	0,880	12,57	11	0,08
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	300	0,030	0,43	2	0,02
TOTAL	9100	0,910	13,00		

TRANSECTO 13

PEDREGOSIDAD 45 % PENDIENTE 50 %
 EXPOSICIÓN E SUPERFICIE 10 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	33500	3,350	29,13	8	0,42
<i>Santolina squarrosa</i>	200	0,020	0,17	2	0,01
<i>Koeleria vallesiana</i>	100	0,010	0,09	1	0,01
<i>Sideritis incana</i>	100	0,010	0,09	1	0,01
<i>Coronilla minima</i>	325	0,033	0,28	3	0,01
<i>Convolvulus arvensis</i>	200	0,020	0,17	1	0,02
<i>Lithodora fruticosa</i>	200	0,020	0,17	1	0,02
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	250	0,025	0,22	1	0,03
<i>Teucrium devaedrys</i>	100	0,010	0,09	1	0,01
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	200	0,020	0,17	1	0,02
<i>Helyanthemum apenninum</i>	200	0,020	0,17	1	0,02
TOTAL	35175	3,518	30,6		

TRANSECTO 14

PEDREGOSIDAD 30%

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN O

SUPERFICIE 10 m²

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total (%)	Frecuencia	Media(cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	31825	3,183	25,46	9	3536
<i>Lavandula latifolia</i>	400	0,040	0,32	1	400
<i>Linum apressum</i>	209	0,021	0,17	3	70
<i>Helyanthemum rubelum</i>	202	0,020	0,16	6	34
<i>Koeleria vallesiana</i>	675	0,068	0,54	9	75
<i>Teucrium chamaedrys</i>	115	0,012	0,09	3	38
<i>Fumana ericoides</i>	9	0,001	0,01	1	9
<i>Helyanthemum apenninum</i>	275	0,028	0,22	5	55
<i>Satureja intricata</i>	2600	0,260	2,08	3	867
<i>Thymus vulgaris</i>	1300	0,130	1,04	10	130
<i>Phlomis sp</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Achillea odorata</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Santolina squarrosa</i>	359	0,036	0,29	4	90
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	259	0,026	0,21	2	130
<i>Thymus zygis</i>	2141	0,214	1,71	8	268
<i>Sideritis incana</i>	825	0,083	0,66	6	138
<i>Salvia lavandulifolia</i>	100	0,010	0,08	2	50
<i>Marrubium supinum</i>	150	0,015	0,12	3	50
<i>Juniperus thurifera</i>	400	0,040	0,32	1	400
<i>Teucrium polium</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Potentilla crantzii</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Quercus rotundifolia</i>	25	0,003	0,02	1	25
TOTAL	41944	4,19	33,56		

TRANSECTO 15

PEDREGOSIDAD 30 %
EXPOSICIÓN S

PENDIENTE 10 %
SUPERFICIE 12.5m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Quercus rotundifolia</i>	8500	0,850	6,80	1	8500
<i>Thymus vulgaris</i>	275	0,028	0,22	3	92
<i>Thymus zygis</i>	600	0,060	0,48	7	86
<i>Juniperus thurifera</i>	1000	0,100	0,80	2	500
<i>Phlomis sp.</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Melica ciliata</i>	400	0,040	0,32	8	50
<i>Genista scorpius</i>	7210	0,721	5,77	4	1803
TOTAL	18010	1,8	14,4		

TRANSECTO 16

PEDREGOSIDAD 30 % PENDIENTE 15 %
 EXPOSICIÓN E SUPERFICIE 10 m²

Especie	S sp (cm²)	S sp (m²)	S total (%)	Frecuencia	Media (cm²)
<i>Quercus rotundifolia</i>	*	*	*	5	*
<i>Juniperus thurifera</i>	*	*	*	5	*
<i>Thymus mastichina</i>	1125	0,113	0,90	3	0,30
<i>Lavandula latifolia</i>	400	0,040	0,32	1	0,32
<i>Salvia lavandulifolia</i>	934	0,093	0,75	10	0,07
<i>Thymus vulgaris</i>	665	0,067	0,53	3	0,18
<i>Argyrolobium zanonii</i>	25	0,003	0,02	1	0,02
<i>Carex haleriana</i>	109	0,011	0,09	2	0,04
<i>Genista scorpius</i>	3025	0,303	2,42	8	0,30
<i>Staehelina dubia</i>	1868	0,187	1,49	7	0,21
<i>Teucrium chamaedrys</i>	125	0,013	0,10	2	0,05
<i>Fumana ericoides</i>	25	0,003	0,02	1	0,02
<i>Cistus laurifolius</i>	10125	1,013	8,10	3	2,70
<i>Santolina squarrosa</i>	25	0,003	0,02	2	0,01
<i>Juniperus comunis</i>	100	0,010	0,08	1	0,08
TOTAL	18551	1,86	14,84		

TRANSECTO DE LOS PERFILES 17 Y 18

PEDREGOSIDAD 40 %

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 10 m²

Especie	S sp (cm ³)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ³)
<i>Genista scorpius</i>	13324	1,332	10,66	23	579
<i>Lavandula latifolia</i>	3957	0,396	3,17	5	791
<i>Linum apressum</i>	34	0,003	0,03	2	17
<i>Koeleria vallesiana</i>	246	0,025	0,20	9	27
<i>Satureja intricata</i>	1000	0,100	0,80	2	500
<i>Thymus vulgaris</i>	1300	0,130	1,04	14	93
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	138	0,014	0,11	4	35
<i>Sideritis incana</i>	215	0,022	0,17	9	24
<i>Quercus rotundifolia</i>	4000	0,400	3,20	1	4000
<i>Helichrysum stoechas</i>	284	0,028	0,23	20	14
<i>Fumana ericoides</i>	6725	0,673	5,38	12	560
<i>Helyanthemum canum</i>	658	0,066	0,53	2	329
<i>Potentilla crantzii</i>	104	0,010	0,08	9	12
<i>Lithodora fruticosa</i>	3118	0,312	2,49	1	3118
<i>Euphorbia matritense</i>	1	0,000	0,00	1	1
<i>Bupleurum fruticosum</i>	200	0,020	0,16	1	200
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	1	0,000	0,00	1	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	4	0,000	0,00	1	4
TOTAL	35305	3,5	28,24		

TRANSECTO 19 Y 20

PEDREGOSIDAD 20%

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12,5 m²

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm2)
<i>Genista scorpius</i>	13440	1,344	10,75	6	2240
<i>Lavandula latifolia</i>	7500	0,750	6,00	1	7500
<i>Koeleria vallesiana</i>	335	0,034	0,27	13	26
<i>Thymus vulgaris</i>	5613	0,561	4,49	40	140
<i>Helichrysum stoechas</i>	11843	1,184	9,47	7	1692
<i>Fumana ericoides</i>	1576	0,158	1,26	25	63
<i>Helyanthemum canum</i>	637	0,064	0,51	5	127
<i>Lithodora fruticosa</i>	5008	0,501	4,01	5	1002
<i>Festuca hystrix</i>	1000	0,100	0,80	3	333
<i>Fumana thymifolia</i>	1200	0,120	0,96	1	1200
<i>Dorcnium penthapyllum</i>	125	0,013	0,10	2	63
<i>Helyanthemum apenninum</i>	924	0,092	0,74	5	185
<i>Andryala ragusina</i>	3600	0,360	2,88	2	1800
<i>Santolina squarrosa</i>	750	0,075	0,60	1	750
TOTAL	53551	5,36	42,84		

10. ANEJOS

TRANSECTO 23 y 24

PEDREGOSIDAD 30%

EXPOSICIÓN O

PENDIENTE 20 %

SUPERFICIE 12.5m²

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	2425	0,243	1,94	5	485
<i>Genista pumila</i>	15725	1,573	12,58	11	1430
<i>Lavandula latifolia</i>	3450	0,345	2,76	8	431
<i>Linum apressum</i>	1800	0,180	1,44	9	200
<i>Satureja intricata</i>	4575	0,458	3,66	7	654
<i>Thymus zygis</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	525	0,053	0,42	3	175
<i>Quercus rotundifolia</i>	5825	0,583	4,66	4	1456
<i>Helyanthemum canum</i>	1641	0,164	1,31	26	63
<i>Potentilla crantzii</i>	4	0,000	0,00	2	2
<i>Euphorbia latifolia</i>	54	0,005	0,04	3	18
<i>Lithodora fruticosa</i>	200	0,020	0,16	1	200
<i>Thymus mastichina</i>	5975	0,598	4,78	13	460
<i>Festuca sp.</i>	600	0,060	0,48	2	300
<i>Coris mosnpeiensis</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Eryngium campestre</i>	100	0,010	0,08	1	100
<i>Teucrium chamaedrys</i>	750	0,075	0,60	1	750
TOTAL	43699	4,37	34,96		

TRANSECTO 25

PEDREGOSIDAD 10 %

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	21500	2,15	17,2	19	1132
<i>Lavandula latifolia</i>	300	0,03	0,24	2	150
<i>Koeleria vallesiana</i>	500	0,05	0,4	21	24
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	21850	2,19	17,48	49	446
<i>Quercus rotundifolia</i>	200	0,02	0,16	1	200
<i>Helichrysum stoechas</i>	3075	0,31	2,46	9	342
<i>Helyanthemum canum</i>	700	0,07	0,56	5	140
<i>Euphorbia matritensis</i>	250	0,03	0,2	7	36
<i>Thymus zygis</i>	2350	0,24	1,88	16	147
<i>Rosa sp</i>	13525	1,35	10,82	3	4508
TOTAL	64250	6,43	51,4		

TRANSECTO 26

PEDREGOSIDAD 40 %

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN O

SUPERFICIE 12.5m²

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ³)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Cienista scorpius</i>	9450	0,945	7,56	17	556
<i>Lavandula latifolia</i>	400	0,040	0,32	2	200
<i>Lepidium subulatum</i>	200	0,020	0,16	5	40
<i>Satureja intricata</i>	8600	0,860	6,88	19	453
<i>Helyanthemum canum</i>	500	0,050	0,40	9	56
<i>Helyanthemum cinereum</i>	125	0,013	0,10	2	63
<i>Helichrysum stoechas</i>	525	0,053	0,42	5	105
<i>Festuca sp.</i>	75	0,008	0,06	3	25
TOTAL	19875	1,99	15,9		

TRANSECTO 27

PEDREGOSIDAD 60 %

PENDIENTE 30 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12 m²

Espece	S sp (cm ²)	S sp (m ³)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Lavandula latifolia</i>	3650	0,365	3,04	4	913
<i>Thymus mastichina</i>	1570	0,157	1,31	6	262
<i>Salvia lavandulifolia</i>	7875	0,788	6,56	7	1125
<i>Koeleria vallesiana</i>	675	0,068	0,56	3	225
<i>Satureja montana</i>	815	0,082	0,68	1	815
TOTAL	14585	1,46	12,15		

TRANSECTO 28

PEDREGOSIDAD 30 %

PENDIENTE 30 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Quercus rotundifolia</i>	2300	0,230	1,84	3	767
<i>Lavandula latifolia</i>	1225	0,123	0,98	4	306
<i>Thymus mastichina</i>	100	0,010	0,08	1	100
<i>Thymus zygis</i>	1925	0,193	1,54	5	385
<i>Salvia lavandulifolia</i>	11300	1,130	9,04	14	807
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	775	0,078	0,62	15	52
<i>Helyanthemum asperum</i>	1300	0,130	1,04	11	118
<i>Genista scorpius</i>	23550	2,355	18,84	25	942
<i>Lithodora fruticosa</i>	6600	0,660	5,28	1	6600
<i>Juniperus thurifera</i>	50	0,005	0,04	1	50
<i>Teucrium chamaedrys</i>	75	0,008	0,06	3	25
<i>Thymus comunis</i>	600	0,060	0,48	2	300
<i>Fumana ericoides</i>	1050	0,105	0,84	4	263
<i>Koeleria vallesiana</i>	150	0,015	0,12	6	25
<i>Mercurialis tomentosa</i>	4	0,000	0,00	1	4
<i>Satureja montana</i>	815	0,082	0,65	4	204
TOTAL	51004	5,10	40,80		

10. ANEJOS

TRANSECTO 29

PEDREGOSIDAD 60%

PENDIENTE 20-30%

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12.5m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Salvia lavandulifolia</i>	9600	0,960	7,68	7	1371
<i>Thymus vulgaris</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Brachypodium phenicoides</i>	300	0,030	0,24	5	60
<i>Teucrium chamaedrys</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Thymus mastichina</i>	3279	0,328	2,62	7	468
<i>Helyanthemum canum</i>	25	0,003	0,02	1	25
<i>Euphorbia matritense</i>	4	0,000	0,00	1	4
<i>Ruta montana</i>	200	0,020	0,16	4	50
<i>Festuca hystrix</i>	201	0,020	0,16	12	17
<i>Teucrium chamaedrys</i>	250	0,025	0,20	7	36
<i>Teucrium polium</i>	25	0,003	0,02	1	25
TOTAL	13909	1,391	11,13		

TRANSECTO 30

PEDREGOSIDAD 20 %

PENDIENTE 20 %

EXPOSICIÓN E

SUPERFICIE 12.5 m²

Especie	S sp (cm ²)	S sp (m ²)	S total %	Frecuencia	Media (cm ²)
<i>Genista scorpius</i>	7700	0,770	6,16	3	2567
<i>Koeleria vallesiana</i>	765	0,077	0,61	13	59
<i>Thymus vulgaris</i>	11850	1,185	9,48	73	162
<i>Sideritis incana</i>	325	0,033	0,26	2	163
<i>Potentilla crantzii</i>	50	0,005	0,04	2	25
<i>Lithodora fruticosa</i>	3118	0,312	2,49	9	346
<i>Teucrium chamaedrys</i>	375	0,038	0,30	6	63
<i>Hieracium pilosella</i>	50	0,005	0,04	1	50
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	204	0,020	0,16	2	102
<i>Fumana ericoides</i>	50	0,005	0,04	1	50
<i>Juniperus comunis</i>	2500	0,250	2,00	1	2500
TOTAL	24487	2,45	19,59		

10.2 ANEJO. DATOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL, PRUEBA DE GOTEO.

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
1	1	0,27	40	62	0,2	0,74
1	2	0,25	40	69	0,22	0,89
1	3	0,3	40	49	0,16	0,53
1	4	0,24	40	277	0,9	3,74
1	5	0,07	40	30	0,1	1,39
1	6	0,15	50	15	0,06	0,41
1	7	0,17	50	25	0,1	0,6
1	8	0,25	46	103	0,38	1,54
1	9	0,23	44	15	0,05	0,23
1	10	0,23	170	51	0,7	3,05
1	11	0,67	170	60	0,83	1,23
1	12	0,21	154	13	0,16	0,77
1	13	0,23	148	13	0,16	0,68
1	14	0,22	148	185	2,22	10,08
1	15	0,19	240	36	0,7	3,68
1	16	0,09	236	29	0,55	6,16
1	17	0,2	240	20	0,39	1,94
1	18	0,28	240	66	1,28	4,58
1	19	0,22	244	20	0,4	1,8
1	20	0,23	240	20	0,39	1,69
2	1	0,32	88	22	0,16	0,49
2	2	0,27	88	17	0,12	0,45
2	3	0,22	86	17	0,12	0,54
2	4	0,35	74	31	0,19	0,53
2	5	0,28	84	22	0,15	0,53
2	6	0,3	78	10	0,06	0,21
2	7	0,24	78	10	0,06	0,26
2	8	0,35	72	13	0,08	0,22
2	9	0,34	72	12	0,07	0,21
2	10	0,31	60	27	0,13	0,42
2	11	0,3	60	15	0,07	0,24
2	12	0,31	60	28	0,14	0,44
2	13	0,39	60	21	0,1	0,26
2	14	0,32	60	32	0,16	0,49
2	15	0,25	60	17	0,08	0,33
2	16	0,24	60	14	0,07	0,28
2	17	0,31	58	42	0,2	0,64
2	18	0,31	58	42	0,2	0,64
2	19	0,21	56	11	0,05	0,24

10. ANEJOS

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
2	20	0,36	54	25	0,11	0,3
2	21	0,41	54	20	0,09	0,21
2	22	0,31	54	15	0,07	0,21
2	23	0,3	54	19	0,08	0,28
2	24	0,16	40	19	0,06	0,38
2	25	0,27	40	14	0,05	0,17
2	26	0,29	40	40	0,13	0,45
2	27	0,23	40	14	0,05	0,2
2	28	0,26	40	15	0,05	0,19
2	29	0,18	40	13	0,04	0,23
2	30	0,26	40	23	0,07	0,29
2	31	0,34	40	22	0,07	0,21
2	32	0,26	40	31	0,1	0,39
2	33	0,3	40	20	0,06	0,22
2	34	0,29	28	34	0,08	0,27
2	35	0,31	28	40	0,09	0,29
2	36	0,25	26	20	0,04	0,17
2	37	0,43	26	47	0,1	0,23
2	38	0,35	26	35	0,07	0,21
5	1	0,39	100	50	0,41	1,04
5	2	0,34	100	32	0,26	0,76
5	3	0,32	100	25	0,2	0,63
5	4	0,37	94	40	0,3	0,82
5	5	0,36	94	47	0,36	0,99
5	6	0,48	72	25	0,15	0,3
5	7	0,36	54	93	0,41	1,13
5	8	0,4	54	80	0,35	0,87
5	9	0,29	44	36	0,13	0,44
5	10	0,34	44	78	0,28	0,82
5	11	0,24	72	34	0,2	0,83
5	12	0,26	72	18	0,1	0,4
5	13	0,25	72	15	0,09	0,35
5	14	0,36	72	64	0,37	1,04
5	15	0,28	50	>180	0	0
5	16	0,35	50	86	0,35	1
5	17	0,32	50	35	0,14	0,44
5	18	0,26	44	22	0,08	0,3
5	19	0,54	44	45	0,16	0,3
5	20	0,24	34	42	0,12	0,48
5	21	0,23	34	61	0,17	0,73
5	22	0,21	34	73	0,2	0,96
5	23	0,36	34	73	0,2	0,56
5	24	0,29	34	68	0,19	0,65
5	25	0,24	32	16	0,04	0,17
5	26	0,37	32	23	0,06	0,16
5	27	0,19	42	62	0,21	1,11
5	28	0,2	42	50	0,17	0,85
5	29	0,29	42	50	0,17	0,59
5	30	0,36	42	50	0,17	0,47

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
6	1	0,28	100	17	0,14	0,49
6	2	0,4	100	49	0,4	0,99
6	3	0,38	82	44	0,29	0,77
6	4	0,43	82	24	0,16	0,37
6	5	0,35	80	20	0,13	0,37
6	6	0,36	100	8	0,06	0,18
6	7	0,53	100	40	0,32	0,61
6	8	0,35	100	0	0	0
6	9	0,3	100	83	0,67	2,24
6	10	0,29	86	29	0,2	0,7
6	11	0,21	78	65	0,41	1,96
6	12	0,39	78	26	0,16	0,42
6	13	0,43	78	45	0,28	0,66
6	14	0,37	78	50	0,32	0,85
6	15	0,43	78	37	0,23	0,54
6	16	0,24	42	22	0,07	0,31
6	17	0,26	42	43	0,15	0,56
6	18	0,22	42	42	0,14	0,65
6	19	0,35	42	118	0,4	1,15
6	20	0,39	42	77	0,26	0,67
6	21	0,36	32	25	0,06	0,18
6	22	0,21	32	25	0,06	0,31
6	23	0,28	32	42	0,11	0,39
6	24	0,25	32	30	0,08	0,31
6	25	0,3	32	44	0,11	0,38
6	26	0,22	50	14	0,06	0,26
6	27	0,48	50	12	0,05	0,1
6	28	0,18	50	22	0,09	0,5
6	29	0,31	50	25	0,1	0,33
6	30	0,35	50	15	0,06	0,17
7	1	1,72	68	32	0,18	0,1
7	2	2,43	68	43	0,24	0,1
7	3	1,88	68	45	0,25	0,13
7	4	1,24	64	40	0,21	0,17
7	5	1,24	64	23	0,12	0,1
7	6	1,45	64	37	0,19	0,13
7	7	0,87	64	30	0,16	0,18
7	8	0,86	64	20	0,1	0,12
7	9	0,59	64	8	0,04	0,07
7	10	0,59	64	17	0,09	0,15
7	11	0,47	64	32	0,17	0,35
7	12	0,58	64	19	0,1	0,17
7	13	0,54	64	29	0,15	0,28
7	14	0,53	64	24	0,12	0,23

10. ANEJOS

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
7	15	0,51	64	23	0,12	0,23
7	16	0,62	64	23	0,12	0,19
7	17	0,34	64	10	0,05	0,15
7	18	0,36	64	8	0,04	0,12
7	19	0,47	64	37	0,19	0,41
7	20	0,38	64	14	0,07	0,19
10	1	1,6	56	22	0,1	0,06
10	2	2,5	56	26	0,12	0,05
10	3	3,6	56	35	0,16	0,04
10	4	3,06	56	29	0,13	0,04
10	5	1,78	56	19	0,09	0,05
10	6	1,43	56	12	0,05	0,04
10	7	1,36	52	24	0,1	0,07
10	8	1,05	52	17	0,07	0,07
10	9	0,88	52	17	0,07	0,08
10	10	0,73	52	15	0,06	0,09
10	11	0,75	52	44	0,19	0,25
10	12	0,65	52	13	0,05	0,08
10	13	0,52	52	14	0,06	0,11
10	14	0,74	52	10	0,04	0,06
10	15	0,47	52	14	0,06	0,13
10	16	0,37	52	17	0,07	0,19
10	17	0,46	56	15	0,07	0,15
10	18	0,38	56	11	0,05	0,13
10	19	0,29	56	13	0,06	0,2
10	20	0,36	56	13	0,06	0,16
14	1	0,24	80	195	1,26	5,27
14	2	0,21	80	35	0,23	1,08
14	3	0,29	74	178	1,07	3,68
14	4	0,27	74	131	0,79	2,91
14	5	0,3	70	144	0,82	2,72
14	6	0,32	100	81	0,66	2,05
14	7	0,26	100	90	0,73	2,8
14	8	0,32	60	600	2,92	9,11
14	9	0,34	106	110	0,94	2,78
14	10	0,27	106	73	0,63	2,32
14	11	0,27	106	32	0,27	1,02
14	12	0,35	80	50	0,32	0,93
14	13	0,26	80	106	0,69	2,64
14	14	0,37	80	115	0,75	2,01
14	15	0,28	80	97	0,63	2,24
14	16	0,21	34	327	0,9	4,29
14	17	0,22	34	46	0,13	0,58
14	18	0,27	34	242	0,67	2,47
14	19	0,17	34	35	0,1	0,57
14	20	0,2	34	45	0,12	0,62

10. ANEJOS

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
14	21	0,16	40	62	0,2	1,26
14	22	0,26	46	65	0,24	0,93
14	23	0,25	46	59	0,22	0,88
14	24	0,21	40	73	0,24	1,13
14	25	0,21	40	111	0,36	1,71
14	26	0,19	30	83	0,2	1,06
14	27	0,19	30	40	0,1	0,51
14	28	0,15	30	47	0,11	0,76
14	29	0,2	30	65	0,16	0,79
14	30	0,26	30	90	0,22	0,84
15	1	0,31	108	430	3,76	12,13
15	2	0,23	108	164	1,43	6,24
15	3	0,4	100	560	4,54	11,34
15	4	0,28	100	20	0,16	0,58
15	5	0,31	100	198	1,6	5,17
15	6	0,23	72	600	3,5	15,21
15	7	0,26	62	77	0,39	1,49
15	8	0,26	60	307	1,49	5,74
15	9	0,33	58	414	1,94	5,89
15	10	0,3	58	369	1,73	5,78
15	11	0,3	40	90	0,29	0,97
15	12	0,29	40	362	1,17	4,04
15	13	0,23	36	819	2,39	10,38
15	14	0,32	24	1141	2,22	6,93
15	15	0,23	20	643	1,04	4,53
15	16	0,29	74	277	1,66	5,73
15	17	0,25	74	9000	53,95	215,78
15	18	0,26	66	9000	48,11	185,05
15	19	0,15	60	50	0,24	1,62
15	20	0,24	60	535	2,6	10,83
18	1	0,39	88	29	0,21	0,53
18	2	0,21	88	27	0,19	0,92
18	3	0,34	84	42	0,29	0,84
18	4	0,32	84	29	0,2	0,62
18	5	0,32	84	23	0,16	0,49
18	6	0,3	96	56	0,44	1,45
18	7	0,24	106	11	0,09	0,39
18	8	0,42	106	10	0,09	0,2
18	9	0,34	106	9	0,08	0,23
18	10	0,44	96	51	0,4	0,9
18	11	0,2	58	20	0,09	0,47
18	12	0,36	52	60	0,25	0,7
18	13	0,48	50	146	0,59	1,23
18	14	0,39	50	47	0,19	0,49

10. ANEJOS

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
18	15	0,12	50	13	0,05	0,44
18	16	0,34	30	37	0,09	0,26
18	17	0,22	30	56	0,14	0,62
18	18	0,41	30	48	0,12	0,28
18	19	0,47	30	20	0,05	0,1
18	20	0,18	30	14	0,03	0,19
20	1	1,57	80	23	0,15	0,09
20	2	1,62	80	32	0,21	0,13
20	3	1,17	80	14	0,09	0,08
20	4	1,34	68	17	0,09	0,07
20	5	2,39	68	28	0,15	0,06
20	6	0,9	60	14	0,07	0,08
20	7	1	60	17	0,08	0,08
20	8	0,96	60	25	0,12	0,13
20	9	0,53	68	8	0,04	0,08
20	10	0,65	68	17	0,09	0,14
20	11	1,02	68	17	0,09	0,09
20	12	0,44	68	9	0,05	0,11
20	13	0,53	68	14	0,08	0,15
20	14	1,19	68	20	0,11	0,09
20	15	0,96	64	16	0,08	0,09
20	16	1,16	64	19	0,1	0,08
20	17	0,93	64	15	0,08	0,08
20	18	0,98	64	14	0,07	0,07
20	19	1,74	64	49	0,25	0,15
20	20	0,78	64	15	0,08	0,1
23	1	0,12	26	43	0,09	0,75
23	2	0,16	28	29	0,07	0,41
23	3	0,11	28	26	0,06	0,54
23	4	0,16	28	29	0,07	0,41
23	5	0,09	28	27	0,06	0,68
23	6	0,15	28	25	0,06	0,38
23	7	0,17	32	32	0,08	0,49
23	8	0,14	32	18	0,05	0,33
23	9	0,14	35	12	0,03	0,24
23	10	0,13	35	18	0,05	0,39
23	11	0,16	35	19	0,05	0,34
23	12	0,23	40	24	0,08	0,34
23	13	0,18	41	14	0,05	0,26
23	14	0,26	43	20	0,07	0,27
23	15	0,15	47	12	0,05	0,3
23	16	0,33	47	18	0,07	0,21
23	17	0,17	88	8	0,06	0,34
23	18	0,1	88	9	0,06	0,64
23	19	0,09	90	12	0,09	0,97
23	20	0,1	88	10	0,07	0,71

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
24	1	0,14	80	15	0,1	0,69
24	2	0,27	80	5	0,03	0,12
24	3	0,22	80	15	0,1	0,44
24	4	0,2	100	10	0,08	0,41
24	5	0,24	100	7	0,06	0,24
24	6	0,23	100	32	0,26	1,13
24	7	0,22	100	7	0,06	0,26
24	8	0,17	100	42	0,34	2
24	9	0,22	100	17	0,14	0,63
24	10	0,13	80	10	0,06	0,5
24	11	0,35	80	21	0,14	0,39
24	12	0,18	80	17	0,11	0,61
24	13	0,3	40	105	0,34	1,13
24	14	0,21	40	25	0,08	0,39
24	15	0,27	40	14	0,05	0,17
24	16	0,16	40	15	0,05	0,3
24	17	0,14	40	8	0,03	0,19
24	18	0,23	56	19	0,09	0,37
24	19	0,25	56	11	0,05	0,2
24	20	0,27	60	32	0,16	0,58
24	21	0,17	60	24	0,12	0,69
24	22	0,24	60	33	0,16	0,67
24	23	0,19	28	34	0,08	0,41
24	24	0,25	28	47	0,11	0,43
24	25	0,23	28	15	0,03	0,15
24	26	0,13	28	20	0,05	0,35
26	1	0,39	112	84	0,76	1,95
26	2	0,36	112	29	0,26	0,73
26	3	0,46	112	16	0,15	0,32
26	4	0,32	112	10	0,09	0,28
26	5	0,32	112	8	0,07	0,23
26	6	0,31	60	49	0,24	0,77
26	7	0,21	60	29	0,14	0,67
26	8	0,33	60	35	0,17	0,52
26	9	0,17	60	11	0,05	0,31
26	10	0,31	60	32	0,16	0,5
26	11	0,26	84	13	0,09	0,34
26	12	0,53	80	23	0,15	0,28
26	13	0,23	80	54	0,35	1,52
26	14	0,24	80	20	0,13	0,54
26	15	0,43	80	25	0,16	0,38
26	16	0,39	44	34	0,12	0,31
26	17	0,4	44	50	0,18	0,45
26	18	0,28	44	25	0,09	0,32
26	19	0,47	44	30	0,11	0,23
26	20	0,31	44	22	0,08	0,25

10. ANEJOS

Muestra	Agregado	Peso	Gotas /Minuto	Tiempo	Energía Cinética (EC)	Energía Cinética /g
29	1	0,21	28	47	0,11	0,51
29	2	0,2	28	35	0,08	0,4
29	3	0,33	74	35	0,21	0,64
29	4	0,34	74	17	0,1	0,3
29	5	0,4	74	34	0	0
29	6	0,36	88	35	0,25	0,69
29	7	0,44	88	47	0,34	0,76
29	8	0,44	86	40	0,28	0,63
29	9	0,43	86	37	0,26	0,6
29	10	0,4	80	30	0,19	0,49
29	11	0,39	52	55	0,23	0,59
29	12	0,26	52	27	0,11	0,44
29	13	0,38	52	57	0,24	0,63
29	14	0,45	52	70	0,29	0,66
29	15	0,33	52	24	0,1	0,31
29	16	0,4	40	35	0,11	0,28
29	17	0,33	40	32	0,1	0,31
29	18	0,28	38	55	0,17	0,6
29	19	0,3	34	47	0,13	0,43
29	20	0,26	34	33	0,09	0,35
29	21	0,29	28	42	0,1	0,33
29	22	0,38	28	63	0,14	0,38
29	23	0,27	28	38	0,09	0,32

Presidencia:
G. González Rodríguez

Vocales:
Dr. R. Ortiz Sille
Dr. S. Fontes Bonin
Dr. J. A. T. Pardo Rodríguez

Secretario:
Dr. M. J. de la Cruz Caraveo

Reunido, en el día de hoy, el Tribunal que al
margen se expresa, para juzgar esta tesis doctoral,
acordó por UNANIMIDAD calificarla
de ADTO CUM LAUDE

Madrid, 2 de Diciembre de 1995

El Secretario del Tribunal

