

**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA APLICACIÓN
DEL ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS EDÁFICAS
A LA EVALUACIÓN DEL SUELO PARA USOS GANADEROS**

Tesis Doctoral dirigida por los doctores:
D^a M^a Luisa Gómez Moreno
D. Mariano Simón Torres

Autor:
Rafael Blanco Sepúlveda

Málaga, octubre de 2000

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	20
 PARTE I. LA EVALUACIÓN DEL SUELO PARA USO GANADERO.	
1. EL PASTOREO Y LA DEGRADACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO. LOS EFECTOS SOBRE EL DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN Y LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN	25
2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS: LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SUSTENTADORA DE LA VEGETACIÓN PARA USO GANADERO	30
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO ENCAMINADA A DESARROLLAR UNA PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE SUELOS PARA USOS GANADEROS	33
3.1. FASE DE ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO Y DE LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA	33
3.1.1. Análisis del medio físico	33
3.1.2. Análisis de la gestión de la explotación ganadera	37
3.2. FASE DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN, MUESTREO Y ANÁLISIS POSTERIOR	38
PARTE II. DESARROLLO DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE SUELOS PARA USOS GANADEROS.	
CAPÍTULO 1. ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO	42
1. EL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE. METODOLOGÍA DE TRABAJO	43
1.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LOS MAPAS DE SUELOS A NIVEL DE FASE	43
1.2. DEFINICIÓN DE LAS FASES DE SUELOS CON EL OBJETIVO DE ESTUDIAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS	45
1.2.1. Los parámetros y las propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades físicas	46
1.2.1.1. La textura y la estructura	46

1.2.1.2. La materia orgánica	50
1.2.1.3. Los cationes de cambio y el hierro libre	51
1.2.1.4. El carbonato cálcico y la caliza activa.....	52
1.2.2. Los parámetros macromorfológicos del suelo que influyen sobre las propiedades físicas	52
1.2.2.1. La pedregosidad superficial	52
1.2.2.2. Los afloramientos rocosos	53
1.2.2.3. La profundidad efectiva del suelo	53
1.2.3. Los factores formadores del suelo que influyen sobre las propiedades físicas	54
1.2.3.1. El clima	54
1.2.3.2. La litología	56
1.2.3.3. El relieve	57
1.2.3.4. La vegetación	58
1.2.3.5. La actividad humana	60
1.2.4. Definición de las variables de muestreo para caracterizar los suelos desde el punto de vista de las propiedades físicas	65
1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	66
2. FASE PRELIMINAR. ESTUDIO DE LOS FACTORES DEL MEDIO FÍSICO	68
2.1. LOS FACTORES DEL MEDIO QUE CONSTITUYEN EL MAPA DE SUELOS	68
2.2. METODOLOGÍA Y ESCALA DE TRABAJO	69
2.3. EL CLIMA	72
2.3.1. Los factores determinantes del clima	72
2.3.2. Las variables climáticas	76
2.3.2.1. Las temperaturas	77
2.3.2.2. Las precipitaciones	79
2.4. LA LITOLOGÍA	83
2.4.1. La importancia de la litología en la cartografía de suelos	83
2.4.2. La representación cartográfica de la litología. metodología de trabajo	83
2.4.2.1. Fase de recopilación de la información bibliográfica y reconocimiento previo del territorio	84
2.4.2.2. Fase de trabajo de campo: muestreo	84
2.4.3. El mapa de litología. Descripción de las series distinguidas	85
2.4.3.1. Serie de calizas, filitas y grauwacas	85

2.4.3.2. Serie de filitas y grauwacas con intercalaciones de diques de diabasas	86
2.4.3.3. Descripción de las facies litológicas	86
2.5. EL RELIEVE	89
2.5.1. La importancia del relieve en la cartografía de suelos	89
2.5.2. Los elementos del relieve	91
2.5.3. Clasificación y descripción de la pendiente de la zona de estudio	94
2.5.3.1. Análisis de los intervalos atendiendo a las consideraciones de la bibliografía especializada	98
2.5.4. Clasificación y descripción de la exposición de la zona de estudio	101
2.5.5. Clasificación y descripción de la unidades de relieve de la zona de estudio	103
2.6. LA VEGETACIÓN	107
2.6.1. La importancia de la vegetación en la cartografía de suelos	107
2.6.2. La representación cartográfica de la vegetación. Metodología de trabajo	110
2.6.2.1. Fase de fotointerpretación	110
2.6.2.2. Fase de trabajo de campo	111
2.6.2.3. Fase de gabinete y análisis estadístico	113
2.6.2.4. Fase de comprobación	113
2.6.3. El mapa de vegetación y las unidades fisionómicas resultantes	114
2.6.4. Relación de especies vegetales de la zona de estudio	126
2.7. LA CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO EN UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS	130
2.7.1. Metodología de trabajo	130
2.7.2. Clasificación y descripción de las unidades ambientales homogéneas	134
3. FASE DE PROSPECCIÓN DE CAMPO I. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELOS	137
3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y DE MUESTREO	137
3.2. LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELOS DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LABORATORIO	141

3.3. UNIDADES TAXONÓMICAS DE SUELOS	146
3.3.1. Procesos condicionantes del estado actual de los suelos. metodología de trabajo	146
3.3.2. Unidades taxonómicas de suelos	148
3.3.2.1. Leptosoles	148
3.3.2.2. Regosoles	149
3.3.2.3. Calcisoles	151
3.3.2.4. Cambisoles	152
3.3.2.5. Luvisoles	153
4. FASE DE DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO RELACIONADOS CON LOS PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO	155
4.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	155
4.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS FACTORIAL	156
4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	159
5. FASE DE PROSPECCIÓN DE CAMPO II. MUESTREO COMPLEMENTARIO	162
5.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y DE MUESTREO	162
5.2. REALIZACIÓN DEL MUESTREO DE CAMPO COMPLEMENTARIO	165
6. FASE DE DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO RELACIONADOS CON LOS PARÁMETROS MACROMORFOLÓGICOS Y LOS FACTORES FORMADORES DEL SUELO	167
6.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	167
6.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS FACTORIAL	167
6.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	169
7. FASE DE REALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE. HIPÓTESIS DE TRABAJO	171
7.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO E HIPÓTESIS DE PARTIDA	171
7.1.1. Clasificación de los factores de diagnóstico	172

7.1.2. Criterios de delimitación cartográfica de los suelos a nivel de fase	176
7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE SUELOS A NIVEL DE FASE	180
7.3. ESQUEMA GENERAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS EN EL TERRITORIO	208
7.3.1. Influencia de la litología y la exposición sobre la distribución de los suelos en el territorio	208
7.3.2. Influencia de las unidades de relieve sobre la distribución de los suelos. Descripción de la toposecuencia	214
APÉNDICE 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LAS CLASIFICACIONES DE PENDIENTE	216
APÉNDICE 2. FICHAS DESCRIPTIVAS Y ANALÍTICAS DE LOS PERFILES DE SUELOS	222
PERFIL 1: Luvisol crómico	223
PERFIL 2: Regosol calcárico	225
PERFIL 3: Luvisol crómico	227
PERFIL 4: Leptosol eútrico	229
PERFIL 5: Cambisol eútrico	231
PERFIL 6: Regosol léptico	233
PERFIL 7: Regosol eútrico	235
PERFIL 8: Calcisol háplico	237
PERFIL 9: Luvisol crómico	239
PERFIL 10: Cambisol eútrico	241
PERFIL 11: Regosol eútrico	243
PERFIL 12: Leptosol eútrico	246
PERFIL 13: Luvisol crómico	248
PERFIL 14: Cambisol léptico	250
PERFIL 15: Regosol eútrico	252
PERFIL 16: Regosol léptico	254
PERFIL 17: Calcisol háplico	256
PERFIL 18: Calcisol háplico	259
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA	261
1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	262
1.1. LA ENCUESTA AL GANADERO	262
1.2. LA OBSERVACIÓN DEL PASTOREO	263
2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN	264
2.1. EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN GANADERA	264

2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN	266
3. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN PASTORIL DE LA EXPLOTACIÓN	268
3.1. LA CARGA GANADERA. DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y EXPRESIÓN MATEMÁTICA	268
3.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE GESTIÓN PASTORIL	272
3.2.1. El tipo y el tamaño del rebaño en pastoreo	275
3.2.2. El calendario de pastoreo	276
3.2.3. Estimación estacional del tamaño del rebaño, las jornadas de pastoreo y las estaciones de pastoreo	280
3.2.4. La longitud de los itinerarios y la velocidad de pastoreo del rebaño	281
3.3. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE PASTOREO	283
3.3.1. Estimación estacional de los itinerarios, frecuencias y cargas ganaderas acumuladas. Metodología de trabajo	283
3.3.2. Descripción de las estaciones de pastoreo	289
3.3.2.1. El período de pastoreo de invierno	290
3.3.2.2. El período de pastoreo de primavera	291
3.3.2.3. El período de pastoreo de verano	293
3.3.2.4. El período de pastoreo de otoño	294
3.4. ESTIMACIÓN ANUAL DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	296
3.4.1. Estimación anual de las cargas ganaderas acumuladas	296
3.4.1.1. Clasificación de la carga ganadera	296
3.4.1.2. Representación cartográfica. Metodología de trabajo	298
3.4.2. Estimación anual de los itinerarios y frecuencias de pastoreo. Representación cartográfica	299
APÉNDICE 1. CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA CAPRINA MALAGUEÑA	302
CAPÍTULO 3. SÍNTESIS ENTRE SUELOS Y GESTIÓN. MUESTREO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	303
1. SÍNTESIS CARTOGRÁFICA DEL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN GANADERA Y LOS SUELOS A NIVEL DE FASE	304

1.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	304
1.2. EL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADO POR LA CARGA GANADERA ACUMULADA. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	307
2. MUESTREO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	309
2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO	309
2.1.1. Métodos de campo y laboratorio	309
2.1.2. Criterios de muestreo	309
2.1.2.1. La profundidad del muestreo	310
2.1.2.2. Las condiciones de humedad del suelo	311
2.1.2.3. El procedimiento espacial de muestreo	312
2.2. OPTIMIZACIÓN DEL MUESTREO	313
2.2.1. Metodología de trabajo	313
2.2.2. Análisis de los resultados	317
2.2.2.1. Densidad aparente	318
2.2.2.2. Porosidad	319
2.2.2.3. Capacidad de retención de agua a la capacidad de campo	319
2.2.2.4. Capacidad de infiltración	320
2.2.2.5. Inestabilidad estructural	320
2.3. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	327
APÉNDICE 1. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE, POROSIDAD, CAPACIDAD DE CAMPO Y ESTABILIDAD ESTRUCTURAL	332
1. LA DENSIDAD APARENTE	332
2. LA POROSIDAD	334
3. LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN EL SUELO A LA CAPACIDAD DE CAMPO	336
4. LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL	338
APÉNDICE 2. ADAPTACIÓN DEL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	342
1. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN	342
2. EL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO	342
2.1. CONSIDERACIONES SOBRE EL MÉTODO	343

2.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS DEL MÉTODO	345
2.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS INFILTRÓMETROS DE CILINDRO SIMPLE Y DOBLE	348
3. EXPERIENCIAS DE CAMPO Y ELECCIÓN DEL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO	349
3.1. CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y EDÁFICAS DE TRABAJO	349
3.2. EXPERIENCIAS DE CAMPO CON INFILTRÓMETROS DE CILINDRO UTILIZANDO DIFERENTES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS	350
3.2.1. Primera serie de ensayos en suelos con humedad a la capacidad de campo	351
3.2.2. Segunda serie de ensayos en suelos secos	351
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	352
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	354
1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	355
2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	358
2.1. LA DENSIDAD APARENTE.	358
2.1.1. Análisis estadístico de los datos agrupados	358
2.1.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas	360
2.2. LA POROSIDAD	365
2.2.1. Análisis estadístico de los datos agrupados	365
2.2.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas	367
2.3. LA CAPACIDAD DE CAMPO	372
2.3.1. Análisis estadístico de los datos agrupados	372
2.3.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas	372
2.4. LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	378
2.4.1. Análisis estadístico de los datos agrupados	378
2.4.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas	380

2.5. LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL	384
2.5.1. Análisis estadístico de los datos agrupados	384
2.5.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas	384
3. ANÁLISIS FACTORIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO, INCLUIDA LA CARGA GANADERA	390
4. ANÁLISIS CLUSTER DE LOS TRAMOS DE SENDERO Y VEGETACIÓN Y DE LA ESTIMACIÓN PONDERADA	396
4.1. VALORACIÓN DE LA APTITUD DE LAS UNIDADES DE SUELOS PARA USOS GANADEROS	407
4.2. OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA DE LA GESTIÓN	414
CONCLUSIONES	416
BIBLIOGRAFÍA	421

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PRESIÓN EJERCIDA SOBRE EL SUELO POR LAS PEZUÑAS DEL GANADO VACUNO, OVINO Y CAPRINO SEGÚN DIVERSOS AUTORES	27
CUADRO 2. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES	77
CUADRO 3. PRECIPITACIONES MEDIAS Y CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS MENSUALES	79
CUADRO 4. INDICES DE HUMEDAD MENSUALES	81
CUADRO 5. ELEMENTOS DEL RELIEVE UTILIZADOS POR DIVERSOS AUTORES	91
CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LOS INTERVALOS DE PENDIENTE	96
CUADRO 7. INTERVALOS DE CLASE DE PENDIENTE	97
CUADRO 8. UNIDADES DE RELIEVE DIFERENCIADAS POR SU FORMA	104
CUADRO 9. CLASIFICACIONES DE COBERTURA VEGETAL	109
CUADRO 10. IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE ESTRATIFICACIÓN HORIZONTAL DE LA VEGETACIÓN SEGÚN CEOTMA (1998)	109
CUADRO 11. ESQUEMA DE UNIDADES RESULTANTES DEL PROCESO DE FOTOINTERPRETACIÓN	111
CUADRO 12. TAMAÑO DEL MUESTREO EN CADA UNIDAD	113
CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA HERBÁCEA	114
CUADRO 14. UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS	135
CUADRO 15. DENSIDAD DE OBSERVACIONES EN EL MUESTREO DE SUELOS ..	138
CUADRO 16. PERFILES DE SUELOS ANALIZADOS. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO	144
CUADRO 17. CLASIFICACIÓN DEL MATIZ (HUE) DEL SUELO PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL	158
CUADRO 18. CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL	159
CUADRO 19. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL	159
CUADRO 20. ANÁLISIS FACTORIAL DE LOS PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO	160

CUADRO 21. DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS POR UNIDADES EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE	163
CUADRO 22. CLASIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL	168
CUADRO 23. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA VEGETAL PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL	168
CUADRO 24. ANÁLISIS FACTORIAL DE LOS PARÁMETROS MACROMORFOLÓGICOS Y LOS FACTORES FORMADORES DEL SUELO	169
CUADRO 25. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO CARBONATO CÁLCICO	172
CUADRO 26. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO ESTRUCTURA ..	173
CUADRO 27. CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO SEGÚN DIVERSOS AUTORES	174
CUADRO 28. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO TEXTURA	174
CUADRO 29. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO COBERTURA HERBÁCEA	175
CUADRO 30. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO EXPOSICIÓN	175
CUADRO 31. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO PENDIENTE	176
CUADRO 32. SUELOS A NIVEL DE FASE	178
CUADRO 33. CÓDIGOS TAXONÓMICOS DE SUELOS A NIVEL DE GRUPO Y UNIDAD	181
CUADRO 34. CARACTERÍSTICAS DESTACADAS DE LAS UNIDADES DE SUELOS	209
CUADRO 35. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN DE OTOÑO (30/11 – 6/12/98)	272
CUADRO 36. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN DE INVIERNO (24/2 – 4/3/99)	273
CUADRO 37. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA (13/5 – 17/5/99)	273
CUADRO 38. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN DE VERANO (23/8 – 1/9/99)	274
CUADRO 39. TAMAÑO DEL REBAÑO MENSUAL DESDE NOVIEMBRE-1998 HASTA ENERO-2000	275
CUADRO 40. DURACIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO MENSUAL	277

CUADRO 41. ESTIMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PASTOREO, JORNADAS DE PASTOREO MEDIAS ESTACIONALES Y TAMAÑO MEDIO DEL REBAÑO ESTACIONAL	281
CUADRO 42. PARÁMETROS CLIMÁTICOS Y PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA GESTIÓN PASTORIL ESTACIONAL	289
CUADRO 43. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL POR INTERVALOS DE LA CARGA GANADERA ANUAL	296
CUADRO 44. INTERVALOS DE CLASE Y EXPRESIÓN CUALITATIVA DE LAS CARGAS GANADERAS ANUALES	298
CUADRO 45. INTERVALOS DE CLASE Y EXPRESIÓN CUALITATIVA DE LAS FRECUENCIAS DE PASTOREO ANUALES	300
CUADRO 46. SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADOS POR LA CARGA GANADERA	305
CUADRO 47. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL Y RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA $n = 20$	317
CUADRO 48. DENSIDAD APARENTE. VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	322
CUADRO 49. DENSIDAD APARENTE. ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	322
CUADRO 50. POROSIDAD. VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	323
CUADRO 51. POROSIDAD. ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	323
CUADRO 52. CAPACIDAD DE CAMPO. VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	324
CUADRO 53. CAPACIDAD DE CAMPO. ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	324
CUADRO 54. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	325
CUADRO 55. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	325
CUADRO 56. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	326
CUADRO 57. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS	326

CUADRO 58. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE MUESTREO SELECCIONADAS	328
CUADRO 59. PROPORCIÓN QUE REPRESENTAN LOS TRAMOS DE SENDERO Y VEGETACIÓN EN CADA PARCELA DE MUESTREO	355
CUADRO 60. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD APARENTE	359
CUADRO 61. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA POROSIDAD	366
CUADRO 62. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE CAMPO	373
CUADRO 63. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN ...	379
CUADRO 64. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL..	385
CUADRO 65. ANÁLISIS FACTORIAL. TRAMO DE VEGETACIÓN	391
CUADRO 66. ANÁLISIS FACTORIAL. TRAMO DE SENDERO	391
CUADRO 67. ANÁLISIS FACTORIAL. ESTIMACIÓN PONDERADA	392
CUADRO 68. CARGA GANADERA ACUMULADA MÁXIMA ASIGNADA A LAS UNIDADES DE SUELOS	409
CUADRO 69. JORNADA DE PASTOREO MEDIA ANUAL Y NÚMERO DE DÍAS DE PASTOREO ANUAL	410
CUADRO 70. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ANIMALES POR HECTÁREA EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO PARA DISTINTOS UMBRALES DE CARGA GANADERA ACUMULADA	411

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

FIGURA 1. ESQUEMA METODOLÓGICO DE LA PROPUESTA DE EVALUACIÓN DEL SUELO PARA USO GANADERO	34
GRÁFICO 1. INSOLACIÓN MEDIA MENSUAL	73
GRÁFICO 2. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES	78
GRÁFICO 3. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	80
GRÁFICO 4. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LOS INTERVALOS DE PENDIENTE	97
GRÁFICO 5. PROFUNDIDAD EFECTIVA. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA	212
GRÁFICO 6. AFLORAMIENTOS ROCOSOS. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA	212
GRÁFICO 7. PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA	213
GRÁFICO 8. COBERTURA HERBÁCEA. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA	213
GRÁFICO 9. JORNADA DE PASTOREO-INSOLACIÓN MENSUAL	279
GRÁFICO 10. JORNADA DE PASTOREO-TEMPERATURA MEDIA DE LAS MAXIMAS ABSOLUTAS (T)	279
GRÁFICO 11. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LA CARGA GANADERA ANUAL	297
GRÁFICO 12. FRECUENCIA DE PASTOREO ANUAL	299
GRÁFICO 13. SUPERFICIE DE LAS UNIDADES DE SUELOS SEGÚN CARGA GANADERA	308
GRÁFICO 14. SUPERFICIE DE LAS UNIDADES DE SUELOS A NIVEL DE FASE	308
GRÁFICO 15. DENSIDAD APARENTE (VARIANZA CORREGIDA)	322
GRÁFICO 16. DENSIDAD APARENTE (ERROR DE MUESTREO, NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%)	322
GRÁFICO 17. POROSIDAD (VARIANZA CORREGIDA)	323
GRÁFICO 18. POROSIDAD (ERROR DE MUESTREO, NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%)	323
GRÁFICO 19. CAPACIDAD DE CAMPO (VARIANZA CORREGIDA)	324
GRÁFICO 20. CAPACIDAD DE CAMPO (ERROR DE MUESTREO, NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%)	324

GRÁFICO 21. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN (VARIANZA CORREGIDA)	325
GRÁFICO 22. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN (ERROR DE MUESTREO, NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%)	325
GRÁFICO 23. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL (VARIANZA CORREGIDA)	326
GRÁFICO 24. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL (ERROR DE MUESTREO, NIVEL DE CONFIANZA DEL 95%)	326
GRÁFICO 25. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DENSIDAD APARENTE. SENDEROS	363
GRÁFICO 26. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DENSIDAD APARENTE. VEGETACIÓN	363
GRÁFICO 27. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA DENSIDAD APARENTE (DATOS AGRUPADOS)	364
GRÁFICO 28. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA DENSIDAD APARENTE (PARCELAS)	364
GRÁFICO 29. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS POROSIDAD. SENDEROS	370
GRÁFICO 30. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS POROSIDAD. VEGETACIÓN	370
GRÁFICO 31. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA POROSIDAD (DATOS AGRUPADOS)	371
GRÁFICO 32. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA POROSIDAD (PARCELAS)	371
GRÁFICO 33. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS CAPACIDAD DE CAMPO. SENDEROS	376
GRÁFICO 34. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS CAPACIDAD DE CAMPO. VEGETACIÓN	376
GRÁFICO 35. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA CAPACIDAD DE CAMPO (DATOS AGRUPADOS)	377
GRÁFICO 36. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA CAPACIDAD DE CAMPO (PARCELAS)	377
GRÁFICO 37. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. SENDEROS	382
GRÁFICO 38. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. VEGETACIÓN	382

GRÁFICO 39. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN (DATOS AGRUPADOS)	383
GRÁFICO 40. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN (PARCELAS)	383
GRÁFICO 41. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. SENDEROS	388
GRÁFICO 42. HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. VEGETACIÓN	388
GRÁFICO 43. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL (DATOS AGRUPADOS)	389
GRÁFICO 44. DIAGRAMAS DE CAJA DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL (PARCELAS)	389
DENDROGRAMA 1. TRAMO VEGETACION	397
DENDROGRAMA 2. TRAMO SENDERO	397
DENDROGRAMA 3. ESTIMACIÓN PONDERADA	398
GRÁFICO 45. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE. TRAMO VEGETACIÓN	401
GRÁFICO 46. PERCENTILES DE LA POROSIDAD. TRAMO VEGETACIÓN	401
GRÁFICO 47. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO. TRAMO VEGETACIÓN	401
GRÁFICO 48. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. TRAMO VEGETACIÓN	402
GRÁFICO 49. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. TRAMO VEGETACIÓN	402
GRÁFICO 50. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE. TRAMO SENDEROS	403
GRÁFICO 51. PERCENTILES DE LA POROSIDAD. TRAMO SENDEROS	403
GRÁFICO 52. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO. TRAMO SENDEROS	403
GRÁFICO 53. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. TRAMO SENDEROS	404
GRÁFICO 54. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. TRAMO SENDEROS	404

GRÁFICO 55. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE. TRAMO VEGETACIÓN	405
GRÁFICO 56. PERCENTILES DE LA POROSIDAD. ESTIMACIÓN PONDERADA	405
GRÁFICO 57. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO. ESTIMACIÓN PONDERADA	405
GRÁFICO 58. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN. ESTIMACIÓN PONDERADA	406
GRÁFICO 59. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL. ESTIMACIÓN PONDERADA	406
GRÁFICO 60. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ANIMALES POR HECTÁREA EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO PARA DISTINTOS UMBRALES DE CARGA GANADERA ACUMULADA	411
GRÁFICO 61. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DEL REBAÑO EN FUNCIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO EN LA UNIDAD I PARA UNA CARGA ACUMULADA DE 500 Ugc/HA/AÑO Y EN LAS UNIDADES V, VI, VII PARA UNA CARGA ACUMULADA DE 1000 Ugc/HA/AÑO	413
GRÁFICO 62. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DEL REBAÑO EN FUNCIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO EN LA UNIDAD II (4, 5, 6, 7) PARA UNA CARGA GANADERA ACUMULADA DE 3000 Ugc/HA/AÑO	413
GRÁFICO 63. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DEL REBAÑO EN FUNCIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO EN LA UNIDAD II (8) PARA UNA CARGA GANADERA ACUMULADA DE 500 Ugc/HA/AÑO Y EN LAS UNIDADES III y IV PARA UNA CARGA GANADERA DE 100 Ugc/HA/AÑO	413

INDICE DE LA CARTOGRAFÍA

MAPA 1. LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	40
MAPA 2. LITOLOGÍA	88
MAPA 3. PENDIENTES	100
MAPA 4. EXPOSICIONES	102
MAPA 5. UNIDADES DE RELIEVE	106
MAPA 6.1. MAPA BASE DE VEGETACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	128
MAPA 6.2. VEGETACIÓN	129
MAPA 7.1. UNIDADES AMBIENTALES RESULTANTES DE LA SUPERPOSICIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS CONSIDERADOS CON ELIMINACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE SUPERFICIE INFERIOR A 1.000 M ²	132
MAPA 7.2. UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS	133
MAPA 8.1. LOCALIZACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO Y LAS OBSERVACIONES MEDIANTE SONDEOS EN EL MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS	145
MAPA 8.2. SUELOS A NIVEL DE FASE	179
MAPA 9.1. ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A INVIERNO: MAPA DE ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO Y MAPA DE CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	285
MAPA 9.2. ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A PRIMAVERA: MAPA DE ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO Y MAPA DE CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	286
MAPA 9.3. ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A VERANO: MAPA DE ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO Y MAPA DE CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	287
MAPA 9.4. ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A OTOÑO: MAPA DE ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO Y MAPA DE CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	288

MAPA 9.5. ESTIMACIÓN ANUAL DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS: MAPA DE ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO Y MAPA DE CARGAS GANADERAS ACUMULADAS	301
MAPA 10. SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADOS POR LA CARGA GANADERA ACUMULADA. LOCALIZACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO	306

INTRODUCCIÓN.

Existe en la actualidad una sociedad cada vez más sensible a cualquier tipo de deterioro del medioambiente, en la que se priman todos los proyectos y acciones encaminadas a la protección ambiental y al uso racional de los recursos.

En esta última línea de actuación se encuentra la actual orientación de la política agraria de la Unión Europea que se ha sumado a la preocupación por el deterioro medioambiental de la montaña mediterránea.

El espacio montañoso del arco mediterráneo es un medio frágil debido a sus difíciles condiciones orográficas, a las que se unen las particularidades del clima mediterráneo.

En los medios frágiles los sistemas de producción extensivos deben prevalecer sobre los intensivos, de ahí parte el interés de que cualquier tipo de aprovechamiento que se practique en la montaña mediterránea debe ir encaminado hacia la extensividad. Este sistema es el único modo de contrarrestar la pobreza y la fragilidad de sus suelos.

Entre las medidas de actuación que ha puesto en marcha la UE se encuentra el fomento de la ganadería extensiva, a la que se prima con una subvención por cabeza de animal con el fin de mejorar las condiciones socioeconómicas de los habitantes de estas zonas deprimidas.

Se intentan por estas vías favorecer los sistemas extensivos, de mayor integración con el medio. En este sentido, hay que considerar que el valor de las economías ganaderas de montaña es más estratégico que económico, debido a que su importancia radica en ser una de las pocas actividades con mayores potencialidades de estas zonas marginales, donde existen pocas alternativas económicas.

Esta política de la UE, en este aspecto, se basa en las ayudas directas por cabeza animal sin tener en cuenta otros requisitos como, por ejemplo, la capacidad sustentadora de las explotaciones ganaderas donde éstas desarrollan su actividad.

Como consecuencia de esta política se está produciendo lo que muchos autores han denominado “sobrepastoreo subvencionado”.

Es decir, sobre la base de estas subvenciones se corre el riesgo de que se especule con el número de animales, lo que puede llegar a ser contraproducente cuando el tamaño del rebaño excede a la capacidad sustentadora del medio, no sólo alimenticia sino también ambiental.

En este caso se podría sustituir el término anterior por el de capacidad de amortiguación del medio, concretamente el suelo.

El término capacidad sustentadora hace referencia a la oferta de recursos alimenticios de interés ganadero que existen en el medio y su adecuación a las necesidades energéticas de los animales.

Mientras que, la capacidad de amortiguación del suelo, término usualmente utilizado en contaminación de suelos, hace referencia en este caso a la capacidad de amortiguación del suelo a los efectos de la carga ganadera y designa la capacidad del suelo para sostener un determinado número de animales sin riesgo de degradación de sus propiedades físicas.

Cuando se supera la capacidad de amortiguación del suelo las consecuencias que trae consigo son la degradación de las propiedades físicas del suelo y la inevitable reducción de la producción vegetal, lo que conlleva una menor disponibilidad de recursos en el medio para la alimentación del ganado.

Existe, en la actualidad, por tanto, la necesidad imperante de racionalizar los sistemas de explotación extensivos y semiextensivos dentro del delicado ecosistema que constituye la montaña mediterránea.

Para ello, sería conveniente realizar una adecuada planificación y ordenación de la gestión ganadera con el objetivo primordial de evitar el riesgo que entraña el sobrepastoreo. Esta necesidad es la respuesta lógica al hecho de que estos sistemas ganaderos dependen estrechamente del medio en el que se encuentran.

La finalidad de la planificación y ordenación de estos tipos de explotaciones ganaderas es asegurar el mantenimiento de los recursos ganaderos del medio mediante una adecuada gestión que proteja las cualidades medioambientales, asegurando, de esta forma, no solo unos beneficios a corto y medio plazo sino también la propia persistencia de la explotación ganadera en el futuro.

Pese a todo ello, no existen en la actualidad sistemas de evaluación del suelo que permitan una adecuada planificación del uso ganadero.

La evaluación de suelos es uno de los temas ampliamente abordados por la Edafología; sin embargo, son pocos los esfuerzos que se han encaminado hacia la evaluación del suelo para el uso ganadero, ya que esta temática de investigación se ha encaminado principalmente hacia los usos agro-forestales.

En este sentido, hay que destacar también que los autores que se han dedicado a analizar la degradación del suelo por uso ganadero se han preocupado más por poner de manifiesto la existencia de los impactos ganaderos sobre el suelo que de sugerir soluciones o, al menos, propuestas de mejora.

A lo sumo, en ciertos casos, se ha llegado a comparar lo que ocurre en diferentes sistemas de gestión, aunque en ningún caso se han establecido posteriormente unas propuestas finales o medidas concretas para mejorar la gestión.

En relación a la planificación, tan sólo ha existido una cierta preocupación por esta temática desde el campo de la nutrición animal. En este sentido, como se verá en la primera parte de este trabajo, se desarrolló entre 1988 y 1992 bajo el

auspicio del proyecto LUCDEME, una evaluación de la capacidad sustentadora de la vegetación para uso ganadero

Debido a las carencias que existen en la actualidad respecto a sistemas de evaluación que permitan una adecuada planificación del uso ganadero del medio se ofrece, en este trabajo, una propuesta metodológica encaminada a la evaluación del suelo para uso ganadero que permita ajustar la carga ganadera a la capacidad de amortiguación de los suelos.

Una metodología de evaluación de estas características permitiría determinar los umbrales de carga ganadera óptimos para el uso del suelo sin deterioro significativo de sus propiedades físicas.

Conocer los umbrales de uso de cada una de las unidades de suelos que constituyen las explotaciones ganaderas permitiría realizar una adecuada planificación de la gestión ya que se aportan las bases para:

- a) Programar las jornadas de pastoreo, tanto estacionales como anuales.
- b) Poner fin al proceso de deterioro de los suelos que estén afectados por cargas ganaderas inadecuadas que sobrepasan el umbral de uso óptimo.

El objetivo final de la evaluación de suelos para uso ganadero es realizar una adecuada gestión del pastoreo bajo el marco de un uso ganadero sostenible.

Para finalizar queremos manifestar nuestro más profundo y sincero agradecimiento hacia todas aquellas personas e instituciones que han hecho posible la elaboración de este estudio, desde la convicción que sin los apoyos recibidos éste nunca hubiese llegado a realizarse.

En primer lugar, a la Dra. M^a Luisa Gómez Moreno y al Dr. Mariano Simón Torres, por sus labores de dirección y paciente asesoramiento a estos que, como yo, iniciamos la andadura de la investigación con esta prueba.

Al Departamento de Geografía de la Universidad de Málaga por poner a nuestra disposición todo el material necesario para la elaboración de este trabajo, yendo incluso más allá de las posibilidades económicas de su reducido presupuesto.

Entre las personas con las que estaremos siempre en deuda debemos citar, en primer lugar, a la Dra. Ana M^a Montiel Torres a quien debemos un entregado asesoramiento en todas las cuestiones relacionadas con la optimización del muestreo, en segundo lugar, al Dr. Julio Boza López por sus muestras de apoyo y enseñanza de este complejo mundo de la gestión ganadera y, en tercer lugar, a Javier Albisu Iribe, especialista en SIG y con quien hemos contado para la realización de toda la cartografía de este estudio.

Especial mención merecen también numerosas personas con las que hemos podido contar de forma ininterrumpida desde que se comenzó este trabajo, entre ellas hemos de citar a los doctores M^a Jesús Perles, Benjamín Galacho y Andrés Pérez Latorre y a los licenciados M^a Angeles Alonso, Jesús Toledano, esperando que sepan disculparnos todas aquellas personas a las que no se haya citado.

Por último y no por ello menos importante, a mi familia y a Paqui por su apoyo total, haciendo suyos todos los problemas que han ido surgiendo a lo largo de los años que ha durado la realización de este trabajo.

PARTE I

**LA EVALUACIÓN DEL SUELO
PARA USO GANADERO**

1. EL PASTOREO Y LA DEGRADACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO. LOS EFECTOS SOBRE EL DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN Y LA DEGRADACIÓN DEL SUELO POR EROSIÓN.

La actividad ganadera, así como el resto de las actividades agrarias que utilizan maquinaria pesada, no pasan inadvertidas sobre las propiedades de los suelos sobre los que se desarrollan.

El efecto directo más importante viene provocado por la acción de la pezuña animal al transitar los animales por el suelo.

La presión aplicada al suelo por la pezuña del ganado durante el pastoreo a través de su peso y de la propia acción de caminar provocan sobre el suelo una degradación física, concretamente una modificación de la estructura de poros, produciendo compactación (PÉREZ y DÍAZ-FIERROS, 1988).

La compactación se define como el proceso por el cual se produce una compresión del suelo como consecuencia de la aplicación de cargas o presiones, por lo que disminuye la fracción del volumen de huecos y aumenta la densidad aparente (BAVER et al., 1991; PORTA et al., 1999).

La compactación provoca una degradación de las propiedades físicas del suelo. Se han considerado, después de realizar la revisión bibliográfica oportuna con respecto a los autores que han puesto de manifiesto dicha relación, las 5 propiedades siguientes: densidad aparente, porosidad, retención de agua en el suelo a la capacidad de campo, capacidad de infiltración y estabilidad estructural.

Los autores consultados a este respecto son citados en el apartado que define las fases de suelos con el objetivo de estudiar las propiedades físicas.

Para Blake y Hartge (1986) y Porta et al. (1999) la densidad aparente tiene un gran interés desde el punto de vista del manejo del suelo ya que al ser un parámetro fácilmente modificable por las prácticas agrarias informa sobre la compactación de cada horizonte. La compactación se manifiesta en un aumento de la densidad aparente.

La porosidad de un suelo tiene importantes implicaciones sobre ciertas propiedades físicas, como la capacidad de aireación, la permeabilidad al agua y la capacidad de retención de agua (ARRUE y MARTIN, 1979). Estos autores defienden el estudio de la porosidad de los suelos con el objetivo de conocer el comportamiento del suelo desde el punto de vista físico. La compactación se manifiesta en una disminución de la porosidad.

La estructura desempeña un importante papel en la retención de agua en el suelo a potenciales bajos de succión; mientras que, a potenciales altos la influencia de la estructura tiene menos importancia, predominando en estos casos las fuerzas de adhesión de las partículas (KLUTE, 1986; PORTA et al., 1999).

Este hecho determina que la retención de agua a la capacidad de campo se encuentre muy influenciada por la estructura, por lo que cualquier alteración de ésta debe alterar los valores normales a dicho potencial. Por este motivo se ha seleccionado tradicionalmente dicho parámetro, entre todos los que constituyen la curva de retención de humedad del suelo, para analizar las incidencias del pastoreo.

La compactación se manifiesta en una disminución de la retención de agua a la capacidad de campo.

La reducción del tamaño, la cantidad y la continuidad del espacio poroso de los suelos por motivos de compactación provoca una reducción de la capacidad de infiltración.

Del mismo modo, la compactación que provoca el pastoreo se manifiesta también en una degradación de la estabilidad de la estructura.

El análisis de las repercusiones específicas del pastoreo sobre cada una de las propiedades físicas del suelo no se va a realizar en este apartado, porque se ha considerado más conveniente posponer su análisis hasta el momento en el que se exponga la propuesta de evaluación del suelo para uso ganadero.

Volviendo al tema de los efectos de la pezuña animal hay que tener en cuenta que Pérez y Díaz-Fierros (1988) consideran que la presión ejercida sobre el suelo por las pezuñas de los animales es comparativamente más elevada que la que se ejerce con la maquinaria agrícola, debido a que los animales aplican la presión sobre un espacio (área de la huella) mucho menor, con lo cual se llega a duplicar la presión que ejerce la maquinaria.

En este sentido, para Willatt y Pullar (1984) el animal cuando anda puede tener 2 ó 3 pezuñas sobre el suelo lo cual puede aumentar la presión de la pezuña que, en el caso de la oveja puede llegar a alcanzar los 200 kPa.

Los efectos del pisoteo no se deben sólo a la carga estática del ganado, sino también a la acción de caminar. En este sentido, conviene tener en cuenta que existe una energía cinética debido al movimiento y cuando el animal anda dicha energía se transmite al suelo. Esta se realiza tanto en sentido vertical como horizontal, con una dirección que cambia durante el transcurso de la pisada (SCHOLEFIELD y HALL, 1986, citado por PÉREZ y DÍAZ-FIERROS, 1988).

En esta transferencia de presiones hay que tener en cuenta además que, la fuerza aplicada al suelo por la pezuña del animal da lugar a una distribución de presiones no uniformes, influenciada tanto por las condiciones del suelo como por las de la pezuña. En este sentido, cabe indicar que la pezuña al no colocarse siempre plana a la superficie del suelo, hace que se incremente la presión aplicada por unidad de superficie (WILLAT y PULLAR, 1984).

La presión de la pezuña animal sobre el suelo ha sido medida por numerosos autores. En el cuadro 1 se recogen las experiencias de algunos de ellos respecto a la presión que ejercen 3 tipos de animales.

CUADRO 1. PRESIÓN EJERCIDA SOBRE EL SUELO POR LAS PEZUÑAS DEL GANADO VACUNO, OVINO Y CAPRINO SEGÚN DIVERSOS AUTORES

AUTORES	PRESIÓN ESTÁTICA (kPa)		
	VACA	OVEJA	CABRA
Lull (1959) ¹	160	64	-
Lagocki (1978) ²	100	-	-
Speeding (1979) ¹	128-160	80-95	-
Ssemakula (1983) ¹	-	69	-
Willatt y Pullar (1984)	192	83	60

LEYENDA:

¹ citado por Pérez y Díaz-Fierros (1989).

² citado por Willat y Pullar (1984).

En relación a las influencias que ejercen la propiedades físicas del suelo sobre el crecimiento y desarrollo de la vegetación, hay que tener en cuenta que la degradación de estas propiedades tiene importantes consecuencias sobre el desarrollo vegetal.

El suelo es la parte superficial de la tierra que sirve de soporte para la vida y desarrollo de las plantas. Es decir, el desarrollo vegetal es el resultado de la interacción con los factores del medio, concretamente el suelo y el clima.

Concretamente, las interacciones que se producen entre planta y suelo vienen determinadas, por una parte, por las exigencias edáficas de las plantas y, por otro lado, por las características de los suelos.

En este sentido, las condiciones físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas del suelo condicionan el desarrollo vegetal (RAMOS y CUADRADO, 1979; BONNEAU y SOUCHIER, 1987), del mismo modo que la radiación solar, la temperatura y las precipitaciones.

Entre las exigencias edáficas de las plantas y las propiedades que ofrece el suelo debe haber una perfecta simbiosis para que la vegetación se desarrolle sin limitaciones.

La degradación del suelo conduce al deterioro de la vegetación, lo cual se manifiesta en una reducción, tanto de la estructura de la comunidad como de la cubierta permanente y la biomasa perenne (LE HOUREOU, 1989). Tal reducción favorece la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes, lo que motiva una disminución de la producción.

En el caso concreto de las propiedades físicas del suelo, su deterioro afecta directamente al crecimiento de las plantas, en los términos siguientes: disminución de la cantidad de agua disponible y de nutrientes, suministro deficiente de oxígeno, inadecuadas condiciones de temperatura y resistencia mecánica o impedancia al desarrollo de las raíces en el suelo (BAVER et al., 1991; PORTA et al., 1986, 1999).

La mayor parte de las interacciones que se dan entre planta y suelo se producen a través del sistema suelo-raíz, ya que entre las muchas funciones de éstas destacan la absorción de agua y elementos nutritivos que provienen del propio suelo.

La estructura del suelo determina el desarrollo vegetal a través de su incidencia sobre las raíces de las plantas.

Las influencias son tanto directas como indirectas. Las de carácter directo vienen determinadas por la resistencia mecánica que opone el suelo a la penetración de las raíces; mientras que, las indirectas vienen determinadas por los efectos de la estructura sobre las fases gaseosa y líquida del suelo, elementos indispensables para la vida de estos organismos.

Para entender como afecta la compactación del suelo a la exploración de las raíces es de especial interés conocer la presión mínima necesaria para hacer disminuir de forma notoria la elongación de una raíz (PORTA et al., 1999).

La raíz debe realizar un trabajo que depende de la presión (P) que se debe vencer y del volumen (V) de suelo que hay que desplazar. Se pueden dar los siguientes casos según la estructura del suelo:

- En suelos bien estructurados y con huecos de gran tamaño, la dificultad que entraña para la raíz el desplazamiento del suelo tiende a anularse y la elongación de la raíz se produce sin dificultad.
- A medida que aumenta la proporción de poros de menor tamaño y en el caso extremo de un suelo de estructura maciza, el trabajo a desarrollar es mayor.

En este sentido, se entiende que una inadecuada geometría del espacio poroso puede detener el crecimiento de las plantas.

La fase líquida y la fase gaseosa del suelo dependen del volumen y de la disposición geométrica de los huecos o vacíos existentes en la matriz sólida del suelo (BAVER et al., 1991). Esta dependencia tiene importantes implicaciones sobre la vegetación al condicionar la alimentación hídrica y el intercambio gaseoso, por lo que cualquier disminución del espacio poroso del suelo puede comprometer la propia vida de las plantas.

La degradación de las propiedades físicas del suelo y consecuentemente de la vegetación tienen igualmente un efecto concomitante sobre la erosión.

La alteración de la estructura y la desprotección de los suelos que presentan escasa cobertura vegetal incentivan los procesos de erosión y esto redundará, a su vez, en una mayor alteración de las propiedades físicas.

Son numerosos los autores que han puesto de manifiesto que el pastoreo incrementa las tasas de erosión (KNOLL Y HOPKINS, 1959; JOHNSTON, 1962; RAUZI, 1963; GIFFORD Y HAWKINS, 1978; ZORITA, 1990).

En este sentido, Kennedy y Russell (1948, citado por KNOLL Y HOPKINS, 1959), argumentan que la escasez de cobertura ocasionada por un pastoreo intensivo provoca que el suelo se encuentre sometido al impacto de las gotas de lluvia, lo cual es un motivo más de la compactación que se produce en estas áreas.

Alderfer y Robinson (1947, citado por JOHNSTON, 1962) observaron en sus investigaciones unas pérdidas de suelos en torno a un 2% en los pastizales que no se encontraban pastoreados; mientras que, estas cifras se elevaron entre el 33 y el 80% en los pastizales fuertemente pastoreados.

Johnston (1962) observó que la erosión no era importante en los suelos que se encontraban sometidos a cargas ganaderas ligeras, moderadas o elevadas; mientras que, estas tasas se incrementaban significativamente bajo una carga ganadera muy elevada.

Zorita (1990) advierte que la sobrecarga animal en un espacio determinado puede dar lugar a fenómenos de erosión. Las causas que establece son la elevada intensidad de pastoreo y la acción de las pezuñas sobre el suelo.

En el primer caso, los animales subalimentados, tienden a consumir niveles cada vez más bajos y profundos de la cubierta herbácea, impidiendo la formación de reservas y haciendo imposible o dificultando el rebrote, por lo que se puede llegar a la muerte de las especies vegetales.

En el segundo caso, la acción de las pezuñas, concentradas en un espacio limitado, destruye mecánicamente el césped y origina “parches” de suelo desnudo cada vez más extensos.

En ambos casos las lluvias encuentran el camino libre para provocar fenómenos de erosión.

2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS: LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD SUSTENTADORA DE LA VEGETACIÓN PARA USO GANADERO.

Como ya se indicó en la introducción, no existen antecedentes metodológicos relacionados con la evaluación del suelo para uso ganadero.

Tan sólo ha existido una cierta preocupación por la planificación del espacio para el uso ganadero desde el campo de la nutrición animal. De esta temática de análisis parten los únicos trabajos que se han realizado al respecto.

Partiendo del hecho de que, en general, existe bastante desconocimiento sobre los recursos pastorales mediterráneos, entre 1988 y 1992 se realizó el proyecto de investigación “Planificación ganadera de las zonas áridas del SE Ibérico”, dentro del programa de “Lucha contra la desertificación en el mediterráneo (LUCDEME)”. Elaborado en colaboración entre el CSIC e ICONA.

Sobre la base de considerar la viabilidad del uso ganadero en las zonas desfavorecidas mediterráneas, en el citado proyecto se ponen a punto y se integran diversas metodologías encaminadas a conocer la capacidad sustentadora de los distintos pastizales mediterráneos del SE peninsular, así como establecer normas de manejo de la vegetación y del ganado con las que se logre la recuperación de la cubierta vegetal.

El objetivo es conocer la capacidad sustentadora de la vegetación natural con el fin de establecer las mejores opciones de gestión, las cuales deben servir para evitar el sobrepastoreo. Para Boza et al. (1998) cuando no se sobrepasa la capacidad sustentadora de los pastizales, los animales se comportan como mejoradores de la cubierta vegetal.

Muchos son los autores que han trabajado en este tema (BARRIO et al., 1990; BOZA, 1993a, 1993b, 1998; GONZÁLEZ et al., 1993), la mayor parte de ellos están directa o indirectamente relacionados con la Unidad de Nutrición Animal de la Estación Experimental del Zaidín (Granada) perteneciente al CSIC.

Fruto de estas investigaciones se ha elaborado una metodología de evaluación, la cual aborda los siguientes aspectos:

- a) Producción de fitomasa disponible y valor nutritivo de las especies vegetales en cada estación del año. Se estudia: diversidad, estructura y calidad del pasto, así como la dinámica y el crecimiento de las comunidades vegetales. El objetivo es conocer la oferta forrajera de la región, concretando cual es la flora de interés ganadero y su valor nutritivo.
- b) Necesidades y hábitos alimenticios del ganado. Se estudia la composición de la ingesta, la selección y el rendimiento de las diferentes especies y razas de animales en pastoreo.

- c) Comportamiento de los animales en pastoreo. Se obtienen las distancias recorridas por los animales y la duración del pastoreo en las distintas épocas del año.
- d) Grado de impacto de este uso en el medio.
- e) Distintas necesidades alimenticias de los animales. Requerimientos energéticos para el mantenimiento, crecimiento, producción de leche y locomoción. Características de la fermentación ruminal en ovinos y caprinos de la vegetación leñosa de estas zonas y el efecto de la suplementación.

La metodología de evaluación se estructura, a grandes líneas, en tres fases:

- a) Evaluación de la oferta forrajera.
- b) Determinación de los requerimientos animales.
- c) Determinación de la capacidad sustentadora.

En relación a la **evaluación de la oferta forrajera**, el objetivo es conocer la cantidad de forraje disponible y su calidad nutritiva, medida en megajulios por hectárea (Mj/ha).

En relación a la **determinación de los requerimientos animales** se procede de la forma que se especifica a continuación.

La evaluación de la oferta forrajera anterior se confronta con los requerimientos energéticos del animal prototipo de la zona, teniendo en cuenta tanto los requerimientos energéticos de mantenimiento, de producción, como los gastos energéticos de locomoción, lo cual constituye la principal actividad física en pastoreo. Todos estos parámetros sirven para determinar la receptividad de dicha unidad (GONZÁLEZ et al., 1993).

En este sentido, hay que tener presentes que los requerimientos energéticos de los animales en pastoreo se incrementan considerablemente con respecto a las necesidades de los animales estabulados (BARRIO et al., 1990; BOZA, 1998).

Las necesidades energéticas mínimas varían según la dureza de los recorridos, lo que depende de la distancia que se recorre y la pendiente del terreno.

Martín et al. (1986) estima en un 20% el incremento que se produce en las necesidades energéticas como consecuencia del pastoreo, cifra que asciende al 30% según las consideraciones de Boza (1998).

Las necesidades de mantenimiento (en kcal de Energía Metabolizable) para el ovino, el vacuno y el caprino se estiman en las siguientes cifras:

- a) Ovino: 1.441 (en establo) y 1.730 (en pastoreo).
- b) Vacuno: 11.807 (en establo) y 14.168 (en pastoreo).
- c) Caprino: 1.681 (en establo) y 2.018 (en pastoreo).

En relación a la **determinación de la capacidad sustentadora**, el cálculo de la receptividad de cada unidad de vegetación se obtiene confrontando los

valores de oferta forrajera (en MJ/ha/año) con las necesidades energéticas, tanto de mantenimiento como de producción (en MJ/ha/año).

La definición de la capacidad sustentadora o capacidad de carga animal en cada una de las unidades de vegetación se realiza con el objetivo de elaborar estrategias de gestión a través del manejo de la vegetación y del ganado, con las cuales se logren sucesiones ecológicas de mayor estabilidad y productividad (BOZA, 1993a).

Conociendo la capacidad sustentadora de las unidades de vegetación en cada época del año se pueden establecer, si fuesen necesarios, los niveles de suplementación alimenticia. El objetivo es que los animales tengan una dieta equilibrada, de acuerdo con la oferta de alimento natural y sus necesidades alimenticias (BOZA, 1993a).

Para Robles (1990) con un adecuado manejo de la vegetación y del ganado y respetando la capacidad sustentadora de las zonas de pastoreo, se permite recuperar a la vegetación de dichos espacios ya que se pueden conseguir sucesiones vegetales de mayor estabilidad y productividad.

Esta idea encaja con el actual criterio de considerar el efecto positivo del pastoreo en las áreas difíciles.

En esta misma línea de trabajo Patón et al. (1993) estudia la productividad real de ciertas especies vegetales, como los matorrales de jara, con el objetivo de optimizar su aprovechamiento en pastoreo caprino. Su estudio se centra en las áreas marginales, donde no es posible otro tipo de aprovechamiento sostenido.

La metodología se basa en conocer la producción anual de las especies vegetales más abundantes de una zona de pastoreo para ajustar la carga ganadera máxima que soportarían dichas áreas de matorral.

No tener presentes la capacidad sustentadora en los planes de uso y gestión de los recursos vegetales, lleva a un incremento desmesurado de los censos ganaderos. Esto causa una sobreexplotación y degradación de dichas áreas, con negativas consecuencias tanto para la vegetación como para el ganado, ya que al primar al número de animales, no se tiene en cuenta el estado sanitario y la calidad productiva de los mismos.

Por ello, Boza et al. (1998) sugiere que sería conveniente introducir en las bases de la política de subvención de la PAC, la capacidad sustentadora de los pastizales, primando, en este sentido, las buenas prácticas ganaderas.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO ENCAMINADA A DESARROLLAR UNA PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE SUELOS PARA USOS GANADEROS.

La metodología de trabajo diseñada con el objetivo de desarrollar una propuesta de evaluación de suelos para uso ganadero se basa en el análisis de una explotación ganadera que se ha elegido como zona de estudio.

La explotación elegida cumple los 2 requisitos básicos que se han considerado:

- a) Debe estar situada en uno de los espacios montañosos del ámbito mediterráneo.
- b) El sistema de explotación debe ser extensivo o semiextensivo.

La zona de estudio responde favorablemente a las premisas establecidas. En primer lugar, se trata de una finca enclavada en un ámbito de montaña típicamente mediterráneo, como son los Montes de Málaga (mapa 1). En segundo lugar, el sistema de explotación es semiextensivo ya que la alimentación se basa tanto en el aprovechamiento del monte como en los suplementos adicionales.

La metodología de trabajo diseñada se esquematiza en la figura 1.

El proceso de análisis consta de 2 fases claramente diferenciadas:

- a) Análisis del medio físico y de la gestión de la explotación ganadera.
- b) Integración de la información y análisis de las propiedades físicas del suelo.

3.1. FASE DE ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO Y DE LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA.

En esta fase se abordan de forma paralela ambas temáticas de análisis.

3.1.1. ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO.

El análisis del medio físico se realiza con el objetivo de obtener el mapa de suelos a nivel de fase.

Los mapas de suelos son documentos de gran valor porque contribuyen a la utilización racional del medio y a la conservación del propio recurso suelo. Es, por tanto, un documento importante en las temáticas que abordan la ordenación del territorio y la conservación de los recursos naturales (BONNEAU y SOUCHIER, 1987), al poder disponer de información sobre las potencialidades de uso y las prácticas de manejo. Por tanto, el mapa de suelos se convierte en un documento de predicción del comportamiento de las diferentes unidades que lo constituyen (FOURNIER, 1975; DENT y YOUNG, 1981; PORTA et al., 1999).

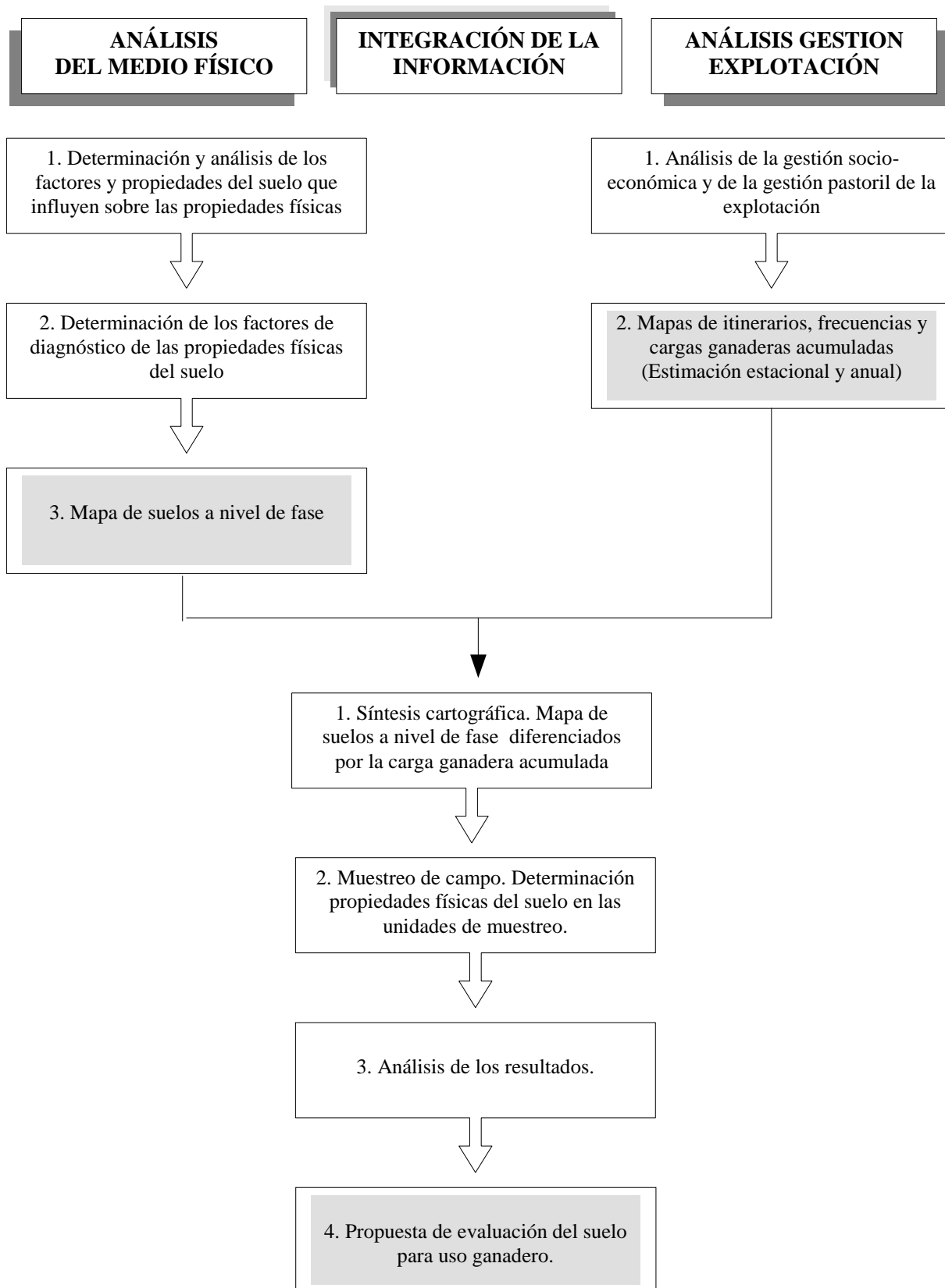


Figura 1. Esquema metodológico diseñado con el objetivo de desarrollar una propuesta de evaluación del suelo para usos ganaderos.

Las unidades cartográficas de un mapa de suelos presentan diferentes potencialidades, dependiendo de los tipos de suelos y de las diferentes propiedades que éstos presentan.

En este sentido hay que tener en cuenta que la referencia sobre tipos de suelos no se debe hacer tan sólo desde el punto de vista taxonómico sino que se debe hacer referencia principalmente a las diferentes propiedades que los suelos presentan, independientemente del taxón de suelo en el que se hayan clasificado. Esto es precisamente lo que diferencia las fases de suelo¹.

La propuesta metodológica de evaluación del suelo para usos ganaderos parte de la base de las repercusiones que tiene el impacto de la pezuña animal sobre las propiedades físicas del suelo.

Estas propiedades se relacionan con una serie de variables, las cuales se pueden diferenciar por su distinto carácter, como habrá ocasión de desarrollar en los próximos capítulos. Estas variables, desde el punto de vista de los objetivos planteados en este trabajo, pueden servir para evaluar el suelo para el uso ganadero.

Con estos objetivos el análisis del medio físico se orienta hacia la determinación de las variables que van a definir los factores de diagnóstico² para constituir posteriormente el mapa de suelos a nivel de fase.

Este proceso consta de las siguientes etapas:

1. Determinación y análisis de los factores formadores, parámetros y propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades físicas.
2. Determinación de los factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo.
3. Realización del mapa de suelos a nivel de fase.

La propuesta metodológica de evaluación del suelo para uso ganadero se inicia con la determinación y el análisis de los factores formadores, parámetros y propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades físicas. Como herramientas de trabajo se han utilizado principalmente el trabajo de campo y laboratorio.

Las variables que influyen sobre las propiedades físicas del suelo agrupadas en las 3 categorías establecidas son las siguientes:

¹ Una fase de suelo es una subdivisión de una clase del sistema de clasificación taxonómica de suelos. Las fases se definen teniendo en cuenta los criterios elegidos para obtener unidades que sirvan para predecir el uso y manejo del suelo (DENT y YOUNG, 1981).

² En evaluación de suelos se utilizan una serie de parámetros para valorar la aptitud del suelo para un determinado uso. De todas las variables que se pueden barajar se han de seleccionar a aquellas que presenten un alta correlación con las demás y preferiblemente deben ser fácilmente determinables para reducir, en la manera de lo posible, los costes económicos que pueden suponer determinar complejos parámetros en grandes extensiones de terreno.

Estas variables se definen como “factores de diagnóstico” (FAO, 1983), concepto que sustituye a los “criterios de diagnóstico”, también definido por el mismo organismo (FAO, 1976).

Parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo:

1. Textura.
2. Tipo de estructura.
3. Materia orgánica.
4. Cationes de cambio: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .
5. Hierro libre.
6. Carbonato cálcico y caliza activa.

Parámetros macromorfológicos del suelo:

1. Pedregosidad superficial.
2. Afloramientos rocosos.
3. Profundidad efectiva del suelo.

Factores formadores del suelo:

1. Clima.
2. Relieve.
3. Litología.
4. Vegetación.
5. Actividad humana.

Una vez concluida la primera etapa, se desprende la existencia de un elevado número de variables de control de las propiedades físicas del suelo. Su estudio acarrea serias dificultades porque muchas de ellas requieren complejos y costosos análisis de laboratorio.

Con el objetivo de reducir el número de variables a determinar, sin menoscabo de la fiabilidad de la evaluación, se determinan los factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo, los cuales se pueden considerar como las variables que mejor definen las influencias sobre las propiedades físicas que se van a determinar. Para ello se utilizan las técnicas de análisis estadístico multivariante, concretamente el análisis factorial.

Se han realizado 2 análisis factoriales para determinar los factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo.

En el primero se agrupan los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo; mientras que, en el segundo, los parámetros macromorfológicos y los factores formadores.

Esta diferenciación obedece a la dificultad que entraña determinar las variables del primer grupo. Todas ellas requieren análisis de laboratorio y, en algunos casos, son necesarios complejos análisis que requieren una infraestructura de elevado coste económico.

Por ello, el muestreo de estas variables se ha reducido a los 18 perfiles analizados en la primera fase de prospección de campo. De cada uno de los horizontes de suelo que constituyen los perfiles se ha extraído una muestra y se han determinado las variables citadas. El muestreo, por tanto, se ha realizado siguiendo una dimensión vertical, ya que cada una de las muestras hace referencia a cada uno de los horizontes de suelo diferenciados. En total se han tomado 47 muestras de suelo.

Las variables del segundo grupo son de fácil determinación y además son de carácter puntual ya que su relación con el suelo se circunscribe a una única dimensión, la horizontal, ya que no se puede hacer referencia con dichas variables a cada uno de los horizontes del suelo.

Por ello, el muestreo de estas variables se ha realizado en la segunda fase de prospección de campo, extendiéndose espacialmente a la totalidad del área de estudio. El tamaño del muestreo realizado asciende a 105 muestras, aunque hay que señalar que el análisis factorial se ha efectuado sumando a las 105 muestras anteriores las correspondientes a los 18 perfiles analizados, lo que hace que, globalmente, el total de muestras ascienda a 123.

Una vez determinados los factores de diagnóstico se realiza el mapa de suelos a nivel de fase en base a ellos. Se obtiene, por tanto, unas unidades de suelos homogéneas desde el punto de vista de las propiedades físicas del suelo.

Se ha utilizado la clasificación de suelos de la FAO de 1998.

El objetivo es diferenciar la zona de estudio en función de los factores de diagnóstico que influyen sobre las propiedades físicas del suelo ya que, a priori, se considera que en función de estos factores se puede diferenciar un comportamiento contrastado del suelo en relación a su respuesta frente a la carga ganadera. Es decir, los factores de diagnóstico diferenciados pueden servir para evaluar el suelo para uso ganadero.

3.1.2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN GANADERA.

El análisis de la gestión de la explotación ganadera bajo la perspectiva de la evaluación de suelos para uso ganadero consta de las siguientes etapas:

1. Análisis de la gestión socioeconómica de la explotación.
2. Análisis de la gestión pastoril de la explotación.

El **análisis de la gestión socioeconómica** de una explotación ganadera bajo la perspectiva de los objetivos planteados se plantea en términos muy concretos.

Por una parte es necesario analizar los sistemas de explotación ganadera, distinguiendo entre sistemas intensivos, extensivos y mixtos, porque en función de éstos se pueden establecer diferentes grados de dependencia del ganado frente a los recursos naturales, lo que determina diferentes relaciones con el medio físico.

Es decir, los recursos alimenticios de las explotaciones son los que marcan la relación con el medio. De esta forma, si las explotaciones dependen exclusivamente de los recursos naturales, caso de los sistemas extensivos, la presión sobre el medio físico es mucho mayor que aquella que combina el uso de la vegetación natural y los insumos externos, como es el caso de los sistemas mixtos. En el caso extremo se encuentran los sistemas intensivos que no dependen

en absoluto del medio, por lo que éstos ejercer una presión nula sobre el escenario natural.

Por otra parte, es importante analizar una serie de aspectos relevantes por sus especiales implicaciones sobre la gestión ganadera. Entre los más importantes cabe destacar los siguientes:

- a) Superficie de la explotación y régimen de tenencia.
- b) Mano de obra.
- c) Instalaciones y nivel de tecnificación.
- d) Calendario reproductivo.

En la segunda etapa de análisis de la gestión de la explotación ganadera se aborda el estudio de la **gestión pastoril de la explotación** a través de una serie de parámetros de análisis.

Éstos deben servir, por una parte, para determinar las cargas ganaderas estacionales y, por otro lado, para caracterizar las estaciones de pastoreo.

Los parámetros seleccionados son los siguientes:

- a) Tipo y tamaño del rebaño.
- b) Calendario de pastoreo.
- c) Longitud de los itinerarios de pastoreo.
- d) Velocidad de pastoreo.

Una vez concluida esta fase de análisis se obtienen las estimaciones tanto estacionales como anuales de los itinerarios, frecuencias de pastoreo y cargas ganaderas acumuladas y su representación cartográfica.

3.2. FASE DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN, MUESTREO Y ANÁLISIS POSTERIOR.

En esta fase se aborda la última parte de la metodología, la cual se realiza siguiendo las etapas que se citan a continuación:

1. Síntesis cartográfica de suelos y gestión: mapa de suelos a nivel de fase diferenciados por la carga ganadera acumulada.
2. Muestreo de campo: determinación de las propiedades físicas del suelo en las unidades de muestreo seleccionadas
3. Análisis de los resultados.
4. Propuestas de evaluación del suelo para uso ganadero.

En la primera etapa se analiza la relación existente entre la gestión y las unidades de suelos por las que transcurre el pastoreo. Los resultados se representan cartográficamente en un **mapa de suelos a nivel de fase diferenciados por la carga ganadera acumulada**. Para esta síntesis se han utilizado los Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya utilidad como herramienta de trabajo en estos tipos de estudios ha sido fundamental.

En la segunda etapa se **determinan las propiedades físicas del suelo en las unidades de muestreo seleccionadas**, diferenciando los tramos de sendero y vegetación.

Las influencias del ganado sobre las propiedades físicas del suelo se manifiestan a través de la alteración de la estructura por compactación.

Estos efectos de compactación se pueden medir utilizando ciertas propiedades físicas del suelo como son la densidad aparente, porosidad, estabilidad estructural, capacidad de campo e infiltración.

Estas propiedades son las que usualmente se utilizan en los estudios que analizan las implicaciones del uso ganadero sobre el suelo. La revisión bibliográfica realizada a tal efecto se encuentra en el apartado que analiza las fases de suelos.

La metodología de trabajo utilizada se ha basado exclusivamente en el trabajo de campo y laboratorio.

El **análisis de los resultados** obtenidos debe poner de manifiesto los efectos del pastoreo sobre las propiedades físicas del suelo, lo que debe permitir evaluar las potencialidades de uso ganadero de cada una de las unidades de suelos presentes en la explotación.

Se ha utilizado el análisis estadístico multivariante con el objetivo de poner de manifiesto la relación existente entre las propiedades analizadas y las unidades de suelos.

La **propuesta de evaluación del suelo para uso ganadero** se realiza sobre la base de los resultados obtenidos en la etapa anterior. Aquí se establecen una serie de medidas encaminadas a atenuar o invertir el proceso de deterioro físico del suelo.

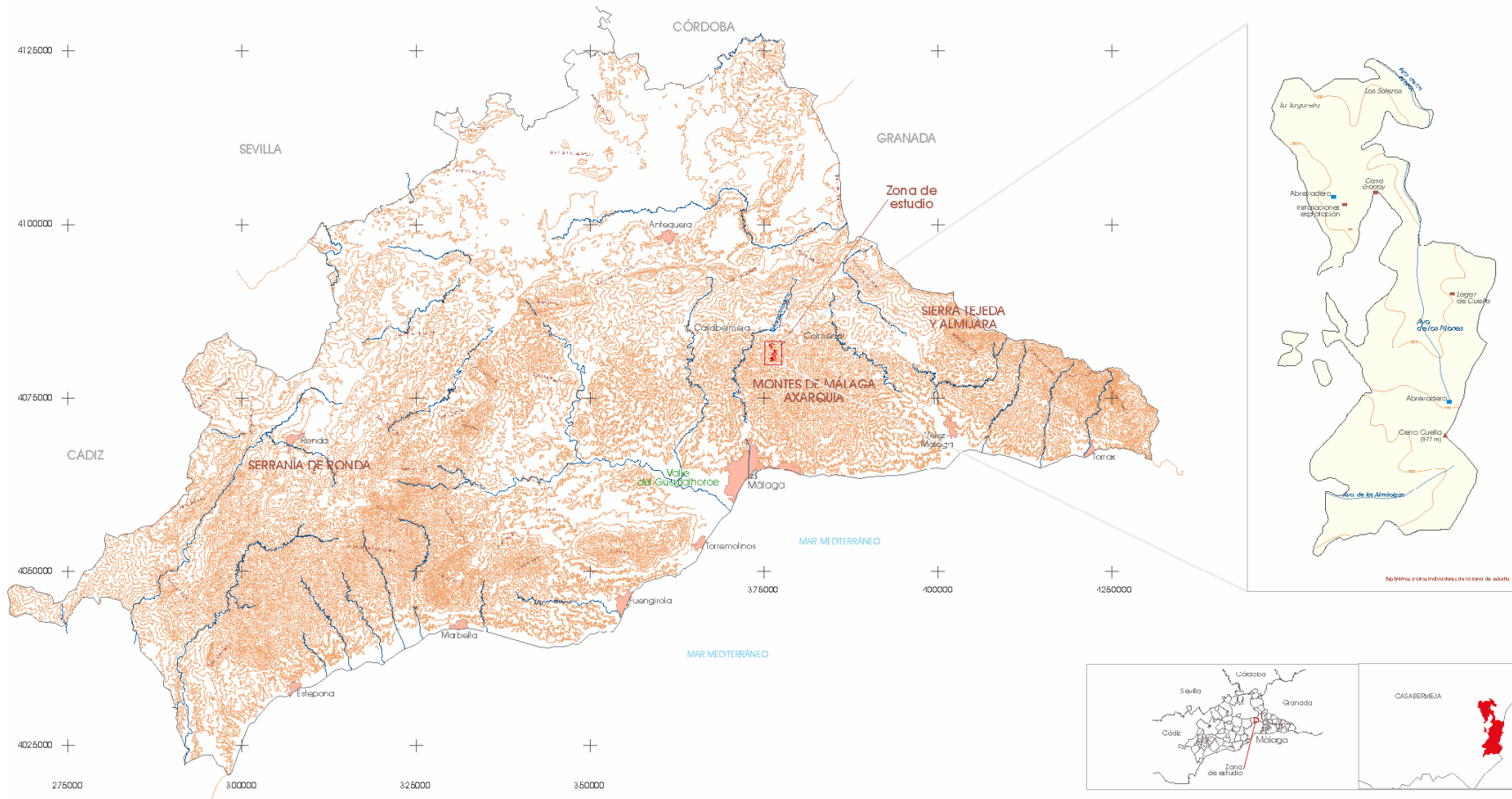
Los resultados obtenidos en el muestreo de las propiedades físicas del suelo en cada uno de los tramos considerados, deben permitir hacer una valoración de los factores de diagnóstico y la carga ganadera.

Es decir, se pretende determinar la relación que existe entre las propiedades físicas y los factores de diagnóstico así como la respuesta de estas propiedades en función de las variaciones de carga ganadera. Los resultados obtenidos deben permitir, por una parte, valorar los factores de diagnóstico y, por otro lado, establecer unos umbrales de uso óptimos, entendiendo por esto los umbrales de carga ganadera más adecuados.

El umbral de uso de los suelos viene determinado por la capacidad de amortiguación del suelo al impacto de la pezuña animal.

LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mapa 1



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 1

LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

PARTE II

**DESARROLLO DE LA PROPUESTA
METODOLÓGICA DE EVALUACIÓN DE
SUELOS PARA USOS GANADEROS**

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL MEDIO FÍSICO

1. EL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

En el apartado dedicado a plantear la metodología de análisis se puso de manifiesto la importancia de la cartografía de suelos para la gestión del espacio natural. En relación a este aspecto, se especifican a continuación los objetivos del presente trabajo en esta materia.

Este apartado se estructura en los siguientes puntos:

- a) Definición de los mapas de suelos a nivel de fase e importancia de estos tipos de mapas para los objetivos planteados.
- b) Definición de las fases de suelos necesarias para los objetivos propuestos.
- c) Metodología de trabajo para la obtención del mapa de suelos a nivel de fase.

1.1. DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LOS MAPAS DE SUELOS A NIVEL DE FASE.

Para Wambeke y Forbes (1989) y para el SSS (1993) las fases de suelos se caracterizan por los siguientes aspectos:

1. Las fases son unidades funcionales de suelos. Se crean para objetivos específicos, tanto de inventariado de recursos como objetivos aplicados.
2. Las fases se seleccionan teniendo en cuenta los objetivos establecidos. En este sentido, cualquier criterio puede ser usado para definir una fase.
3. Los criterios de fase pueden ser aplicados a cualquier clase o categoría del sistema taxonómico.
4. Las fases se usan para subdividir clases taxonómicas, pero por ellas mismas no constituyen una categoría del sistema taxonómico.

Las fases se utilizan para dividir a las clases taxonómicas utilizando las propiedades que los caracterizan para obtener, de esta forma, los mapas temáticos de utilidad para objetivos específicos.

Son numerosas las fases de suelos que se pueden distinguir, tantas como criterios sean necesarios destacar para el estudio de los objetivos planteados. Las fases más comunes se recogen en las obras de Wambeke y Forbes (1989) y SSS (1993, 1998), entre las que se pueden destacar, a modo de ejemplo, las siguientes:

- a) Fases de textura.
- b) Fases de materia orgánica del horizonte superficial.

- c) Fases de erosión y deposición.
- d) Fases de pedregosidad.
- e) Fases de afloramientos rocosos.
- f) Fases de pendiente.
- g) Fases de profundidad del suelo.
- h) Fases de sustrato.
- i) Fases de drenaje del suelo.
- j) Fases de salinidad.
- k) Fases de sodicidad.
- l) Fases fisiográficas.
- m) Fases de grosor.
- n) Fases climáticas.

La cartografía de suelos se debe realizar en base a las características y propiedades del suelo relevantes para los objetivos de la investigación (DENT y YOUNG, 1981).

Los objetivos que se persiguen en el presente trabajo exigen una cartografía de suelos elaborada al nivel de fase, de ahí que el siguiente apartado se haya dedicado a la elección de las fases de suelos necesarias para los objetivos planteados.

1.2. DEFINICIÓN DE LAS FASES DE SUELOS CON EL OBJETIVO DE ESTUDIAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

La importancia de las fases de suelos es máxima ya que estos elementos van a servir de base para la evaluación del suelo para uso ganadero.

Hay que tener en cuenta, en este sentido, que el posterior estudio del medio físico de la explotación ganadera se planifica con el objetivo de elaborar el mapa de suelos a nivel de fase, para lo cual es imprescindible conocer a priori las variables que tienen algún tipo de influencia sobre las propiedades físicas del suelo.

Las fases de suelos se definen sobre la base de las variables que influyen sobre las propiedades físicas. Éstas se pueden diferenciar por su diferente carácter, entre parámetros y propiedades físicas y químicas, parámetros macromorfológicos y factores formadores.

Las variables que servirían de fases, agrupadas en las tres categorías especificadas, son las siguientes³:

Parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo:

1. Textura.
2. Tipo de estructura.
3. Materia orgánica.
4. Cationes de cambio: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .
5. Hierro libre.
6. Carbonato cálcico y caliza activa.

Parámetros macromorfológicos del suelo:

1. Pedregosidad superficial.
2. Afloramientos rocosos.
3. Profundidad efectiva del suelo.

Factores formadores del suelo:

1. Clima.
2. Relieve.
3. Litología.
4. Vegetación.
5. Actividad humana.

Porta et al. (1999) advierten que el suelo, frente a la agresión estructural que suponen las cargas estáticas, tiene diferente capacidad de amortiguación. En este sentido, hay que tener presente que las influencias del uso pastoral sobre el suelo pueden estar condicionadas por las variables anteriores, de las cuales dependerá, por tanto, la magnitud de la alteración.

³ Se han considerado estas variables después de realizar la revisión bibliográfica oportuna. Los autores consultados son los que se citan durante el desarrollo del presente apartado.

Es decir, los tres conjuntos de variables citadas pueden determinar, a igualdad de la gestión, un diferente poder de amortiguación frente a la carga ganadera.

Esta circunstancia explica la necesidad de llevar el mapa de suelos a nivel de fase, debiendo constituir dichas variables las fases del mapa de suelos, previo análisis y selección de las más significativas.

Es preciso analizar, por tanto, las variables que influyen sobre las propiedades físicas del suelo que se van a determinar: densidad aparente, porosidad, capacidad de campo, capacidad de infiltración y estabilidad estructural.

1.2.1. LOS PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO QUE INFLUYEN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

1.2.1.1. La textura y el tipo de estructura.

De todas las propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades físicas que se van a determinar hay que destacar, sin lugar a dudas, a la textura y al tipo de estructura del suelo. Ambos parámetros si bien se podrían analizar separadamente, lo más lógico es un análisis conjunto porque sus efectos se encuentran interrelacionados, actuando conjuntamente sobre las propiedades físicas del suelo, porque una textura determinada impone una particular estructura.

La **textura** es una de las propiedades con más clara influencia sobre las propiedades físicas que determinan las condiciones estructurales del suelo.

Dentro de la textura, la partícula que mayor influencia tiene en los procesos de formación y evolución de la estructura es la arcilla. Este coloide de carga negativa interviene de la siguiente forma:

- a) Incrementa la cohesión de la estructura en estado húmedo.
- b) Favorece la existencia de una estructura fragmentada debido a las propiedades de expansión y retracción que le confiere al suelo.

La cohesión en estado húmedo está asociada principalmente al contenido en arcilla. En este sentido, Bonneau y Souchier (1987) establecen que la estabilidad estructural del suelo aumenta hasta valores del 50% de arcilla, llegando en algunos casos a ser superiores, para después disminuir netamente por la formación de fisuras.

Al mismo tiempo, la eficacia de la arcilla como factor de cohesión depende tanto de las partículas minerales asociadas a ella como de la clase de arcilla (LOPEZ y LÓPEZ, 1990). Así, por ejemplo, en el primer caso señalado, los suelos con un contenido importante de fracciones de limos gruesos o arenas necesitan un contenido más elevado en arcilla que en el caso que predominaran los limos finos.

La acción de expansión-contracción del suelo provoca un proceso de hinchamiento y dispersión de las partículas del mismo, lo que conduce a una destrucción de la estructura, ya que la expansión tiende a dispersar los cementos coloidales.

En este sentido hay que prestar una atención especial a la acción que ejerce la vegetación. Un suelo sin una cobertura vegetal importante está sometido a una acción más intensa de los agentes atmosféricos: lluvia y temperatura. El hecho de que el suelo no esté cubierto provoca que los procesos de expansión y contracción sean más importantes, por lo que están sujetos a una mayor destrucción de la estructura.

Los agregados del suelo pueden estar constituidos por partículas minerales de diferente tamaño. Cuando esto ocurre, las diferencias de hinchamiento que provoca dicha heterogeneidad resultan suficientemente marcadas como para provocar la ruptura de los agregados, pero como se obtienen de nuevo agregados, en esta ocasión de menor tamaño, no se puede hablar, por tanto, de degradación de la estructura.

Sólo en el caso de suelos ricos en iones de sodio se produce una verdadera destrucción de los agregados. Este catión fijado en los agregados produce cuando se humecta un hinchamiento tan importante que provoca la separación de las partículas arcillosas, por lo tanto, en este caso, sí que existe una dispersión de la estructura (HENIN et al., 1972).

El tipo de **estructura** que presenta el suelo influye de forma destacada sobre el conjunto de las propiedades físicas del mismo.

Para Fuentes (1994) se pueden diferenciar, según la profundidad del perfil, 2 tipos de estructuras que se pueden considerar como las más adecuadas en relación a las propiedades físicas del suelo.

Por una parte, a nivel superficial, la estructura granular porosa o migajosa es excelente para el desarrollo vegetal porque permite la circulación de aire y agua en el suelo.

Ramos y Cuadrado (1979) especifican que este tipo de estructura se encuentra mayoritariamente en los suelos bajo prado donde, debido a la acción granular constante de las raíces, existe una marcada presencia de agregados estables a la acción destructora del agua.

Porta et al. (1999), en este mismo sentido, concreta que la capacidad de amortiguación de los suelos frente a las cargas estáticas es mayor en aquellos de estructura grumosa que en los de estructura prismática o masiva .

Por otra parte, a nivel subsuperficial es conveniente una estructura con poros grandes y en número suficiente que permita una buena circulación de aire y agua. Un alto contenido de arcillas y la ausencia de poros grandes impedirían el paso del agua retenida en las capas superficiales.

Por todas estas consideraciones se entiende la importancia del tipo de estructura sobre las propiedades físicas del suelo a través de sus efectos sobre el poder de amortiguación a la compactación provocado por la carga ganadera, de ahí el interés de su determinación.

Seguidamente se van a analizar brevemente las principales influencias que ejercen los parámetros citados sobre algunas de las propiedades físicas del suelo que se van a determinar.

La densidad aparente.

Existe una relación muy estrecha entre la densidad aparente y la textura (HENIN et al., 1972; VAN HAVEREN, 1983; PÉREZ y DÍAZ-FIERROS, 1988; LLORCA, 1991).

Para Pérez y Díaz-Fierros (1988) el diferente comportamiento de la densidad aparente frente a la textura no sólo se produce por el mayor o menor contenido de arcilla en el suelo, sino que también depende de la naturaleza de esta partícula.

Para Llorca (1991) el grado de expansión y contracción de los agregados también influye sobre los valores de la densidad aparente, lo cual es función de la clase y cantidad de arcilla, así como del contenido de humedad.

En el caso concreto de un suelo sometido a uso ganadero Van Haveren (1983) encuentra escasas diferencias en los resultados de densidad aparente en suelos de textura gruesa que se hayan afectados por el incremento en la carga ganadera; al contrario de lo que ocurre en el caso de las texturas finas, donde sí obtiene un aumento evidente de la densidad aparente.

La porosidad.

Tanto el tipo de estructura como la textura influyen sobre los valores de porosidad.

Los suelos de estructura grumosa estable tienen una porosidad total elevada, en torno al 60-70%, siendo la micro y macroporosidad del mismo orden de magnitud (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Los suelos de textura fina tienen en general una porosidad total superior a los de textura gruesa, hecho que se encuentra matizado por el nivel de compactación que presente el suelo. Así, un suelo medio presenta una porosidad de alrededor del 50%; mientras que, los suelos limosos compactos la porosidad total desciende al 40% y la macroporosidad es muy pequeña (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

La capacidad de infiltración.

La capacidad de infiltración de los suelos dependen de la textura y la estructura (BONNEAU y SOUCHIER, 1987) al condicionar ambos factores el espacio poroso. De esta forma, la velocidad del agua que fluye en el suelo aumenta a medida que se incrementa el tamaño, la cantidad y la continuidad de los poros.

La retención de agua a la capacidad de campo.

La retención de agua en el suelo a la capacidad de campo depende tanto de la textura como de la estructura, lo que junto con la materia orgánica del suelo se convierten en los factores de control de dicho potencial matricial (DUCHAUFOR, 1975; CASSEL y NIELSEN, 1986; BONNEAU y SOUCHIER, 1987; FUENTES, 1994; KLUTE, 1986; PORTA et al., 1999).

La importancia de la textura es evidente. Las diferentes texturas entre suelos hacen variar la forma de la curva de retención de agua a diferentes potenciales (KLUTE, 1986; BONNEAU y SOUCHIER, 1987; PORTA et al., 1999). Son, principalmente, las arcillas, debido a sus propiedades hídricas, las que tienen una gran importancia en el proceso de almacenamiento de agua, siendo diferente su significado dependiendo de la naturaleza de las mismas (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

De esta forma, se puede observar que los suelos de textura fina retienen más cantidad de agua que los suelos de textura gruesa, lo cual se debe al elevado volumen de pequeños poros que contienen los primeros.

Concretamente, la retención de agua a la capacidad de campo depende más de la forma y del tamaño de los poros que de la superficie de las partículas, refiriéndose concretamente a la textura (KLUTE, 1986).

La importancia de los parámetros textura y estructura queda bien patente. Se hace necesario, por tanto, tener en cuenta todos los factores que controlan a éstas. Para ello, es imprescindible, diferenciar los suelos por fases texturales y estructurales, diferenciando los suelos en este último caso por el tipo de estructura.

La posible existencia de capas duras y discontinuidades texturales en el perfil son alteraciones de las condiciones normales tanto de la estructura como de la textura, con marcada influencia sobre las propiedades físicas del suelo. La existencia o no de dichas alteraciones deben ser constatadas durante el muestreo de campo.

Un cambio textural abrupto en el interior del perfil, por ejemplo el paso de un horizonte de textura gruesa a uno subyacente arcilloso en una distancia igual o inferior a 7,5 cm., dificulta el paso de las raíces (PORTA et al., 1999).

1.2.1.2. La materia orgánica.

La materia orgánica ejerce una acción muy destacada sobre las propiedades físicas del suelo. La resistencia del suelo a la deformación está controlada, además de por la distribución del tamaño de las partículas y las propiedades de las arcillas, por el contenido de materia orgánica (PORTA et al., 1999).

La materia orgánica del suelo conduce a la formación de agregados estables relativamente grandes (BAVER et al., 1991).

Para Pérez y Díaz-Fierros (1988) la materia orgánica tienen un efecto aminorador de la compactación, lo cual se debe, sobre todo, a la influencia que ejerce sobre la estabilización de la estructura. Incluso consideran que la materia orgánica libre ejerce un mayor efecto protector que la materia orgánica ligada.

Al mismo tiempo, los autores citados consideran que la materia orgánica tiene un efecto muy superior sobre la resistencia a la compactación que la arcilla ya que se considera que los suelos son más sensibles a la compactación cuanto menos agua precisan para alcanzar el estado plástico.

La materia orgánica del suelo favorece a la estructura. Este efecto tiene una marcada influencia sobre el régimen de agua del suelo al mejorar la capacidad de infiltración y aumentar al mismo tiempo la estabilidad estructural.

Al mismo tiempo, la presencia de materia orgánica en los horizontes superficiales ejerce un efecto de protección contra la evaporación y contra el apelmazamiento de dichas capas de suelo, facilitando tanto la germinación como el crecimiento de las plantas.

La materia orgánica humificada es una partícula coloidal de carga eléctrica negativa. La importancia de este factor es máxima si se tiene en cuenta que junto con los minerales de arcilla, también de carga negativa, y los distintos tipos de enlaces (cationes bivalentes, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, etc.) forman los agregados del suelo.

En este sentido hay que destacar que la macroagregación aumenta a medida que se incrementa el contenido en materia orgánica y arcilla.

Entre las influencias específicas que ejerce la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo se pueden destacar las siguientes:

La densidad aparente.

La densidad aparente se correlaciona significativamente con ciertas características del suelo, entre las que destaca el contenido de materia orgánica (LAYCOCK y CONRAD, 1967; PÉREZ y DÍAZ-FIERROS, 1988; LLORCA, 1991).

Para Llorca (1991) un contenido elevado de materia orgánica en el suelo influye positivamente al hacer descender la densidad aparente. Las causas que

aduce son dos, por una parte, porque la materia orgánica es más ligera que la materia mineral y, en segundo lugar, porque incrementa la porosidad.

La retención de agua a la capacidad de campo.

La materia orgánica ejerce tanto un efecto directo como indirecto sobre la función de retención de agua en el suelo a distintos potenciales. Directo por la naturaleza hidrofílica de la materia orgánica que hace que retenga una considerable cantidad de agua, e indirecto porque su presencia favorece la estructura del suelo y, a través de ésta, sobre la capacidad hidrológica de los suelos (KLUTE, 1986; PORTA et al., 1999).

La estabilidad estructural.

La materia orgánica tiene una importante influencia sobre la estabilidad estructural del suelo.

Una estructura es tanto más estable, a igualdad de las demás condiciones que influyen sobre la misma, cuanto mayor es el contenido en materia orgánica (KNOLL y HOPKINS, 1959; BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

La estabilidad estructural del suelo evoluciona sensiblemente siguiendo un ciclo anual (HENIN et al., 1972), siendo esta variación tanto más importante cuanto más rica es la tierra en materia orgánica.

1.2.1.3. Los cationes de cambio y el hierro libre.

Estos factores actúan fundamentalmente sobre la estabilidad estructural.

La influencia de los **cationes de cambio** sobre la agregación de las partículas del suelo es un hecho indiscutible. La cohesión de los agregados depende del tipo de catión de intercambio y la concentración de éste (PORTA et al., 1999). La estabilidad estructural se incrementa siguiendo este orden: $\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{++} < \text{Ca}^{++}$.

Hay que destacar, por tanto, que los cationes de intercambio ejercen individualmente diferentes influencias sobre la estabilidad estructural de los suelos.

Los cationes con elevada valencia y poco hidratados, como el Ca^{++} y el Mg^{++} , favorecen la formación de una estructura estable, al asegurar el enlace entre las partículas de arcilla y materia orgánica debido a que estas partículas se encuentran fuertemente asociadas a dichos coloides y provocan su floculación, anulando sus cargas negativas.

En este sentido hay que destacar que la abundancia de calcio de intercambio en el suelo asegura una buena estructura (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Por el contrario la presencia de iones de Na^+ disminuyen la porosidad del suelo y aumentan la compactación; mientras que, por su parte, los iones de K^+ modifican poco la estructura, aunque hay que señalar que el cloruro de potasio aumenta la cohesión.

El **hierro libre**, por su parte, desempeña un importante papel en la estructuración del suelo (BONNEAU y SOUCHIER, 1987; PORTA et al., 1999).

Los hidróxidos de hierro se comportan como coloides con fuertes cargas positivas actuando de forma muy activa en los fenómenos de fijación en los complejos organo-minerales (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

1.2.1.4. El carbonato cálcico y la caliza activa.

La presencia de carbonato de calcio libre tiene un efecto favorable sobre la estructura, ya que actúa como agente estabilizante (PORTA et al., 1999). Los efectos beneficiosos de la cal se deben a la floculación de los coloides del suelo por el calcio (BAVER et al., 1991).

La presencia de este elemento en el suelo, por tanto, favorece la formación de estructuras estables, aunque si precipita, ya sea en profundidad o en superficie, origina encostramientos nada favorables para la vida de las plantas.

La caliza activa también desempeña, en este mismo sentido, un papel esencial, aunque hay que considerar que en cantidades importantes es claramente desfavorable (HENIN et al., 1972).

1.2.2. LOS PARÁMETROS MACROMORFOLÓGICOS DEL SUELO QUE INFLUYEN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

Se han considerado los siguientes parámetros macromorfológicos:

- a) Pedregosidad superficial.
- b) Afloramientos rocosos.
- c) Profundidad efectiva del suelo.

1.2.2.1. La pedregosidad superficial.

Calvo et al. (1994) encuentra que las mayores tasas de retención de agua se relacionan más con la pedregosidad que con la densidad de la cobertura vegetal. En sus investigaciones concluye que los suelos con escasa cobertura de piedras tienen tendencia a sufrir el sellado y el encostramiento de la superficie.

Estas consideraciones se deben relacionar con medios en los que la cubierta vegetal es escasa, por lo que la pedregosidad es un factor determinante.

En un medio como el que es objeto de análisis, en el que la cobertura vegetal es importante, coinciden, obviamente, las mayores coberturas de vegetación con las menores tasas de pedregosidad, por lo que dicho parámetro

pierde su significado inicial como pantalla frente al impacto de la gota de lluvia, debido a que dicha acción es suplantada por la vegetación.

1.2.2.2. Los afloramientos rocosos.

La presencia de afloramientos rocosos, junto con ciertos obstáculos mecánicos en el interior del perfil como los fragmentos gruesos en los horizontes subsuperficiales, pueden constituir factores de restricción de la capacidad de retención de agua por parte del suelo, lo que reduce la capacidad de asentamiento de la vegetación.

Los contactos líticos en el interior del suelo provocan cambios de dirección en las raíces o falta de anclaje en los árboles por falta de volumen de suelo. Así, por ejemplo, un contacto lítico a menos de 50 cm. de profundidad determina que el espesor explorable por las raíces sea insuficiente, lo que da problemas de anclaje para los árboles (PORTA et al., 1999).

1.2.2.3. La profundidad efectiva del suelo.

La profundidad efectiva del suelo es un parámetro de gran importancia porque influye directamente sobre la profundidad de enraizamiento de las plantas, determinando en la mayoría de los casos la estructura vegetal que, como se verá más adelante, tiene un papel destacado sobre las propiedades físicas del suelo.

Por profundidad de enraizamiento se entiende el espesor de suelo explorado por las raíces, lo que equivale al concepto de profundidad efectiva del suelo. Para que el agua del suelo pueda aprovecharse tiene que estar al alcance de las raíces, por lo tanto, la extensión del sistema radicular determina la cantidad de agua que puede ser absorbida.

La importancia de este parámetro radica en el hecho de que la cantidad de agua que es capaz de retener un suelo susceptible de ser utilizada por las plantas es directamente proporcional a la profundidad efectiva del mismo. De esta manera un suelo profundo puede retener gran cantidad de agua y asegurar la alimentación hídrica de las plantas durante un largo período de tiempo; mientras que, en el caso de los suelos poco profundos se necesitarían aportaciones periódicas de agua menos dilatadas en el tiempo.

La profundidad efectiva del suelo tiene una influencia indirecta sobre las propiedades físicas del suelo, la cual se ejerce a través de la vegetación.

La disponibilidad o no de suelo para ser explorado por las raíces determina directamente el tipo de vegetación que se implante sobre dicho suelo. Esta influencia tiene sus implicaciones sobre las propiedades físicas del suelo bajo las diferentes comunidades vegetales.

Todos estos factores tienen implicaciones sobre el desarrollo de la vegetación y, por tanto, sobre las propiedades físicas del suelo.

1.2.3. LOS FACTORES FORMADORES DEL SUELO QUE INFLUYEN SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

Los factores formadores del suelo que influyen sobre las propiedades físicas del suelo son los siguientes:

- a) Clima.
- b) Litología.
- c) Relieve.
- d) Vegetación.
- e) Actividad humana.

Estos factores influyen, no sólo directamente sobre las propiedades físicas del suelo si no también, sobre los parámetros y propiedades anteriormente analizadas, influyendo, por tanto, indirectamente y de forma menos evidente que en los casos anteriores sobre las propiedades físicas del suelo.

Por esta razón este apartado no se analiza siguiendo el mismo esquema anterior en el que se presta una mayor atención hacia las influencias específicas que se ejercen sobre cada una de las propiedades físicas del suelo.

1.2.3.1. El clima.

El clima influye sobre las propiedades físicas del suelo a través de las temperaturas y precipitaciones, con especial incidencia sobre la variabilidad climática intra e interanual.

El clima influye directamente sobre las propiedades físicas del suelo a través de las características pluviométricas. En este sentido, hay que tener presente, que este agente degrada la estructura por los efectos de impacto del agua de lluvia sobre el suelo y desintegración por estallido (HENIN et al, 1972; BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo rompe los agregados y forman costras superficiales. Este efecto depende principalmente del tipo de vegetación (HENIN et al., 1972). Para el autor citado, en un suelo con un cultivo con buena cubierta vegetal, más de la mitad de las gotas pueden ser interceptadas, infiltrándose suavemente; bajo una pradera, la interceptación puede ser total; mientras que, bajo árboles altos, el agua interceptada por los ramas, vuelve a caer y adquiere gran velocidad y como las gotas suelen ser bastante gruesas, el efecto es parecido al que se produce por una caída directa.

La vegetación, por tanto, es un factor que determina el impacto de la gota de lluvia sobre el suelo, por lo que interviene de forma directa sobre las características estructurales de un suelo.

En relación al efecto de desintegración por estallido, el agua de lluvia una vez que ya se encuentra en la superficie del suelo, penetra por los poros y grietas del suelo. Durante el proceso del paso de agua por los poros capilares se ejerce

una presión sobre el aire que éstos contenían pudiendo provocar el estallido de los poros.

La resistencia de los agregados se debe a su cohesión. Esta depende de la susceptibilidad de las partículas del suelo para formar agregados, entendiéndose, por tanto, que cuanta mayor posibilidad exista de agregación mayor estabilidad estructural.

Las diferentes condiciones meteorológicas que se dan a lo largo del año provocan cambios estacionales en las características estructurales del suelo, lo mismo que las variaciones interanuales. Así, por ejemplo, durante un año de bajas precipitaciones y, por tanto, de baja productividad vegetal se pueden dar impactos hidrológicos considerablemente diferentes a los que se darían en un año de elevadas precipitaciones y alta productividad (GIFFORD y HAWKINS, 1978).

El clima además, influye sobre el potencial matricial⁴ del suelo a través de otras características atmosféricas, como las tasas de evaporación y transpiración (CASSEL y NIELSEN, 1986).

Las influencias del relieve sobre el clima a través de las diferencias altitudinales y de exposición son muy importantes ya que introducen matices y diversifica el clima en las zonas montañosas. Este factor es el que provoca, a escala de detalle, las peculiaridades climáticas que enriquecen los distintos tipos de climas, dando lugar a una sucesión de microclimas en muy corto espacio.

Este hecho determina que la exposición se haya desplazado del epígrafe del relieve y se haya traído aquí, aunque cuando llegue el momento se analizará como factor del relieve.

La exposición juega un papel muy relevante, tanto sobre la diferenciación de taxones como sobre las diferentes propiedades y características de los suelos, ya que determina, por una parte, los procesos hidrogeomorfológicos en las latitudes medias y altas, ya que son muy significativas las influencias directas sobre el edafoclima e indirectas sobre la vegetación que protagonizan las diferencias de exposición frente al viento y, especialmente, al sol (CHURCHILL, 1982; SSS, 1993; CERDÀ, 1995).

En latitudes medias, como la de la zona de estudio, las laderas de exposición norte, comparadas con las orientadas al sur, presentan diferencias muy contrastadas.

Hay que destacar que existen diferentes aportes de radiación solar según la orientación de las laderas, siendo más elevado en las vertientes de solana en detrimento de las de umbría.

La pendiente, en este sentido, influye también de forma significativa en los aportes de radiación ya que hay que tener en cuenta que los aportes solares por unidad de superficie se diversifican cuando se modifican los ángulos de incidencia y, como es lógico, con diferentes pendientes disponemos de diferentes ángulos de incidencia.

⁴ Para la definición de este concepto remitirse al apéndice 1 del capítulo 3, apartado 3 (la capacidad de retención de agua en el suelo a la capacidad de campo).

Como se puede observar en las laderas de umbría el balance anual de horas de sol que se reciben es menor que en las laderas de solana, lo que condiciona la existencia de un diferente régimen de humedad en ambas exposiciones. Esta situación provoca la existencia de unas tasas de humedad más elevadas y una variabilidad más reducida en las laderas orientadas al norte (CHURCHILL, 1982).

Estas diferentes condiciones climáticas determinan que las laderas con exposición de solana se vean sometidas a fuertes alternancias térmicas y a frecuentes e intensos episodios de humectación y desecación, lo que facilita la degradación de los suelos con mayor rapidez que en las laderas orientadas al Norte (CHURCHILL, 1982; CERDÀ, 1995). La exposición, por tanto, ejerce una destacada influencia sobre las características estructurales del suelo a través de las diferencias microclimáticas que determina.

Todas estas circunstancias originan que los epipedones de laderas de umbría tengan un mayor contenido en materia orgánica, lo cual permite un mayor desarrollo de la agregación y, por tanto, una elevada capacidad de infiltración (CERDÀ, 1995).

En este sentido, el mismo autor considera que, aunque la orientación de las laderas no tiene una influencia directa sobre la infiltración, puede condicionar, indirectamente, las características de los suelos y favorecer la aparición de comportamientos hidrológicos contrastados. Por tanto, considera, al respecto, que existe una clara influencia de la exposición sobre la hidrología de los suelos.

Por su parte, López y Mintegui (1986) establecen que en las exposiciones de solana suele existir una mayor escorrentía que en las de umbría, lo cual explica aludiendo a la mayor oxidación y descomposición de los restos vegetales en las exposiciones de solana.

Calvo et al. (1994) observa la existencia de una mayor estabilidad en los agregados de las laderas con un balance climático más húmedo, concluyendo en sus investigaciones que la fracción de agregados estables de fracción inferior a 0,105 mm. es mayor en suelos con exposición de umbría que en los de solana.

Todas las influencias que ejerce la exposición sobre las características del suelo condicionan que el tipo y la densidad de vegetación sean diferentes en ambas laderas, existiendo, por tanto, un mayor desarrollo de la vegetación en las laderas de umbría (CHURCHILL, 1982).

1.2.3.2. La litología.

La litología es un factor que ejerce una importante influencia sobre las propiedades de los suelos (DENT y YOUNG, 1981), ya que no en vano constituye el material originario o roca madre a partir de la cual se desarrolla el suelo.

La influencia de la litología sobre los suelos es tan variada como variada es la naturaleza de las rocas de la superficie de la tierra, de ahí que diferentes tipos de rocas determinen diferentes características en éstos. Las principales influencias del factor litología se manifiestan sobre la textura, estructura, composición química y mineralógica de los suelos.

La litología determina la textura y la estructura del suelo, lo cual tiene importantes consecuencias sobre el comportamiento del suelo frente a los fluidos y condiciones de drenaje al influir sobre las propiedades físicas de éstos (densidad aparente, porosidad, capacidad de infiltración, etc.), como se ha visto anteriormente.

La diferente composición mineralógica y química que pueden tener los distintos tipos de rocas influye sobre la génesis y las características de los suelos.

La composición mineralógica de las rocas, así como su génesis, condicionan la velocidad de alteración de las mismas, lo que influye sobre la propia génesis de los suelos.

Mientras que, la composición química determina el tipo y la cantidad de macro y microelementos que puede contener el suelo, lo que influye, a su vez, sobre el pH y la vegetación, entre otras propiedades y características.

Entre las influencias de orden químico más importantes para los objetivos planteados, hay que destacar que la litología rica en carbonato cálcico da lugar a suelos de carácter calcáreo, con las importantes consecuencias que se derivan sobre las propiedades físicas del suelo y que se pusieron de manifiesto cuando se analizó el factor carbonato cálcico.

1.2.3.3. El relieve.

En relación a este factor destacan las influencias que ejercen la exposición y la pendiente sobre las propiedades físicas del suelo.

Las influencias de la exposición sobre las propiedades físicas del suelo ya han sido analizadas en el epígrafe del clima.

La pendiente de la ladera tiene importantes implicaciones sobre las propiedades físicas del suelo al influir sobre el comportamiento hidrológico superficial de estos.

Por una parte, se entiende, normalmente, que la mayor pendiente favorece la formación de escorrentía y con ello la reducción de las tasas de infiltración, ya que la mayor pendiente de una ladera hace disminuir el tiempo de permanencia del agua sobre la superficie por lo que disminuye el tiempo que se dispone para la infiltración.

Sin embargo, existe en este sentido una importante controversia, puesta de manifiesto por Cerdà (1995), en la relación que existe entre pendiente e hidrología, con respecto a las tasas de infiltración que se registran en un suelo. Sobre este tema no se entrará por no ser un objetivo específico del trabajo, sin embargo, como, definitivamente, esta variable se convertirá en factor de

diagnóstico del suelo, paralelamente a los objetivos reales del trabajo se evaluará la importancia de la pendiente no sólo en relación a las propiedades hidrológicas de los suelos si no en relación a un importante número de propiedades físicas.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que este factor tiene importantes repercusiones sobre un amplio número de factores, todos ellos relacionados con las propiedades hidrológicas del suelo, como la conservación de la textura y estructura del estrato superficial de los suelos.

1.2.3.4. La vegetación.

El factor vegetación ejerce una influencia determinante sobre las propiedades físicas del suelo, pudiéndose diferenciar, por una parte, una acción directa a través de la incorporación de materia orgánica y la acción de las raíces y, por otra parte, una acción indirecta, a través de su función como pantalla frente a la radiación solar, la lluvia y el viento.

Una de las acciones directas de la vegetación sobre el suelo se ejerce a través de la incorporación de materia orgánica, concretamente de los desechos vegetales que provienen tanto de las partes aéreas de las plantas como de la propia descomposición de las raíces. Este hecho contribuye a mejorar la estructura lo que permite una mayor circulación de agua en el suelo.

Como se vio en el apartado referente al papel de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo, el desarrollo de la estructura y la propia estabilidad estructural están estrechamente relacionadas con el contenido en materia orgánica del suelo, lo cual se puede relacionar, a su vez, con el tipo de vegetación.

En este sentido, Mchenry y Newell (1947, citado por Knoll y HOPKINS, 1959) encontraron mayor agregación en suelos bajo pastos que en las parcelas cubiertas de matorral.

Tomanek (1948) y Hopkins (1954), citados ambos por Johnston (1962), encontraron que existe una relación entre la cantidad de restos vegetales y el contenido de humedad en los suelos de pastizal.

La zona del suelo que rodea a las raíces (rizosfera) se caracterizan por ser muy activas desde el punto de vista biológico. Estas zonas suministran el aporte energético que necesitan los microorganismos para su proliferación (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

La acción de las raíces de las plantas se manifiesta de forma notable en la capa superficial de los suelos bajo prado. Las herbáceas anuales mejoran la estructura porque cuando las raíces se descomponen dejan una red de canales entre los agregados que favorece el flujo de agua a través del suelo.

Si el sistema radicular es denso proporciona al suelo numerosos canalillos que favorecen la porosidad, facilitando, al mismo tiempo, el movimiento del agua con una componente vertical, reduciendo el flujo lateral.

Duley y Domingo (1949) y Rauzi (1960), citados ambos por Johnston (1962), encontraron que el factor cobertura vegetal, incluyendo tanto a las plantas como a los desechos vegetales sobre la superficie, ejercen una influencia sobre la tasa de infiltración más importante que el tipo de planta o el tipo de suelo.

En los epipedones de estos suelos se puede observar una estructura granular con agregados de dimensiones milimétricas, muy favorable desde el punto de vista hidrológico.

En este sentido, hay que destacar que, aunque la vegetación permanente tiene una acción también favorable sobre el suelo, al aumentar la capacidad de infiltración de agua en el mismo, el efecto de las herbáceas anuales es todavía más importante.

Se debe considerar, por tanto, que las comunidades de pastizal con predominio de las especies herbáceas anuales aportan más materia orgánica al suelo que las comunidades de matorral, ya que las primeras se incorporan anualmente al suelo como aporte de materia orgánica, hecho que no ocurre en el caso de las especies perennes.

Las influencias indirectas de la vegetación sobre el suelo se derivan de su acción como pantalla frente a la radiación solar, el agua de lluvia, la escorrentía superficial y el viento (HYCKA, 1993; CERDÀ, 1995; PORTA et al., 1999), lo que afecta al régimen de humedad del suelo, la infiltración, la escorrentía y la erosión. Las influencias citadas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- a) Protege de la radiación solar al regular la temperatura, la evaporación y el régimen de humedad. Esta acción crea un microclima particular al influir sobre la humedad y la temperatura del suelo.
- b) Protege el suelo de la lluvia al interceptar las gotas, lo que evita el impacto directo, disminuyendo la erosión por salpicadura.
- c) Regula la escorrentía superficial al frenar la velocidad del agua de escorrentía, lo que hace aumentar la infiltración y disminuye la erosión.
- d) Protege del viento al frenar la erosión eólica y además intercepta el material transportado por este agente.
- e) Las raíces de las plantas ejerce una acción mecánica al sujetar el suelo, por lo que se evita la erosión.

Algunas de las funciones señaladas ya fueron analizadas en los apartados precedentes. Sólo se va a destacar aquí la importancia que tiene la cubierta vegetal sobre las tasas de infiltración.

En este sentido, Cerdà (1995) encuentra una clara correlación entre el nivel de cubierta vegetal y la infiltración, es más, considera que la capacidad de infiltración de los suelos en el Mediterráneo están en gran medida determinadas por este factor. Observa además que la variabilidad es importante dependiendo de los valores de la cubierta vegetal.

Encuentra así que, con valores altos de cubierta vegetal, no existe gran variabilidad, debido a que intervienen positivamente sobre los resultados otros

factores, como son la hojarasca, el contenido en materia orgánica, etc.; mientras que, con bajos valores de vegetación, la interrelación con factores negativos, como el encostramiento, la degradación del suelo y la interacción con procesos erosivos, entre otros, da lugar a un aumento de variabilidad en las tasas de infiltración.

La cobertura y los tipos de plantas que componen las asociaciones de matorral ejercen además, su particular influencia sobre las propiedades físicas del suelo.

En relación a este aspecto, son numerosos los autores (PATÓN et al., 1993; FERNÁNDEZ et al., 1996) que han puesto de manifiesto los efectos de la cobertura y la especie que compone el matorral sobre el estrato herbáceo.

Patón et al. (1993) establece como causa de la práctica inexistencia de estrato herbáceo bajo los matorrales compuestos por especies de jarales, a la elevada densidad de estas especies vegetales y al efecto inhibidor que estas formaciones tienen sobre otras plantas.

Fernández et al. (1996) establece la existencia de una relación negativa entre la cantidad de biomasa y cobertura total de las herbáceas con la proximidad al matorral de escoba blanca (*Cytisus multiflorus*), existiendo por esta regla una escasa cobertura herbácea bajo la superficie de proyección de la citada leguminosa.

La importancia que se ha dado al estrato herbáceo en los párrafos anteriores justifica las implicaciones que tienen sobre las propiedades del suelo los efectos citados.

La influencia de la vegetación sobre las propiedades físicas del suelo pone de manifiesto el necesario estudio de este parámetro. En este sentido, se ha considerado pertinente diferenciar las distintas asociaciones de vegetación, distinguiendo entre comunidades de pastizal, matorral y arbórea, así como las asociaciones mixtas que se puedan dar.

1.2.3.5. La actividad humana.

La actividad humana sobre el medio, aunque sea el factor que se cita en último lugar, no es este el que le correspondería por la importancia de sus repercusiones sobre la superficie del suelo y más concretamente sobre las características hidrológicas de los suelos.

Para mantener un suelo con unas propiedades físicas adecuadas es necesario mantener una estructura favorable. Para Henin et al. (1972) esta circunstancia depende no sólo de la acción de los factores naturales, sino también de las técnicas de trabajo del suelo, de ahí la importancia de este factor.

Para Calvo et al. (1994) la influencia de las actividades humanas sobre las propiedades físicas del suelo son determinantes, de ahí que cite como causa de una baja proporción de microagregados en el suelo al pastoreo y a los incendios forestales.

La influencia que ejerce el factor antrópico sobre las propiedades físicas del suelo es a través de sus prácticas, tanto agrícolas como ganaderas. En ambos casos, la acción de pisoteo, ya sea por la circulación de vehículos pesados o el paso de ganado, provoca serios procesos de compactación de la superficie del suelo, lo cual disminuye la capacidad de infiltración de los mismos, especialmente en los de textura arcillosa.

Es muy importante hacer un inciso sobre el diferente sentido que tiene la carga ganadera sobre la respuesta hidrológica según las condiciones hídricas del suelo.

Para Porta et al. (1999), la resistencia del suelo a la deformación está controlado por una serie de factores, entre los que destaca la textura, la materia orgánica y el contenido de agua del suelo. Mientras que, sobre los dos primeros el margen de actuación del ganadero es reducido, no ocurre así con el tercero de ellos, ya que las salidas al campo se pueden limitar a los momentos en los que el suelo se encuentra seco, evitando el pastoreo inmediatamente después de la conclusión de los eventos pluviométricos.

El pastoreo realizado sobre un suelo mojado influye sobre determinadas propiedades físicas como la densidad aparente, la conductividad hidráulica y la estabilidad estructural, como se verá seguidamente en los apartados que se dedican al análisis de estos parámetros.

Para WARREN (1987) existe un diferente comportamiento del suelo frente a la carga ganadera dependiendo del estado de humedad en el que se encuentra. En relación a este aspecto el autor citado compara el efecto del pisoteo sobre un suelo seco y sobre un suelo húmedo:

- a) El pisoteo sobre suelo seco, con una tasa de pastoreo creciente, causa un incremento en la alteración de los agregados del suelo, lo que desemboca en una compactación de la superficie.
- b) El pisoteo sobre suelo húmedo y a elevadas cargas ganaderas causa una progresiva deformación de los agregados existentes, lo que conduce a la creación de una costra, capa superficial impermeable compuesta de densos e inestables terrones.

Para Moreira (1995) en el caso de que el suelo tenga gran cantidad de agua, el pastoreo rotacional es más perjudicial que el continuo, porque aumenta la compactación. Un pastoreo con rebaño de elevada densidad, aumenta la compactación porque hay más posibilidad de que los animales pisen en el mismo sitio, con lo cual la repercusión sobre la compactación se incrementa.

Para Pérez y Díaz-Fierros (1988) los efectos de compactación que puede provocar el ganado son, principalmente, fruto de las prácticas de pastoreo en un suelo que se encuentra con exceso de humedad.

Estos autores establecen en sus investigaciones unos intervalos de humedad críticos a partir del cual la presión de la pezuña excede a la capacidad portante del suelo. En esos momentos el suelo es susceptible de deformarse y desplazarse.

Por todo ello, es evidente que con una buena gestión se pueden evitar alteraciones graves de la estructura.

La densidad aparente.

Son numerosos los autores que consideran que la densidad aparente de un suelo se incrementa en el mismo sentido con el que aumenta la carga ganadera (KNOLL y HOPKINS, 1959; WIND y SHOTHORST, 1964; RHOADES et al., 1964; MULLEN et al., 1974; WILLATT y PULLAR, 1984).

Cabe destacar igualmente que la densidad aparente además de correlacionarse con la textura y la materia orgánica se relaciona significativamente con la humedad del suelo (LINNARTZ et al., 1966; LAYCOCK y CONRAD, 1967; WARREN et al., 1986; PÉREZ y DÍAZ-FIERROS, 1988; TABOADA y LAVADO, 1988; RUBIO y LAVADO, 1990; ALCONADA y LAVADO, 1993).

Entre los trabajos más significativos caben destacar los de Linnartz et al. (1966) que estudia los impactos que provoca el pastoreo sobre las propiedades físicas de los suelos forestales y establece, tras 10 años de investigación que, las diferencias que se obtienen tanto en la densidad aparente como en la porosidad de suelos secos y sometidos a distinta carga son relativamente pequeñas, matizando, en este sentido que, si el pastoreo se realiza durante la estación lluviosa, los suelos pueden encontrarse saturados de agua lo que provoca importantes efectos de compactación.

Siguiendo con esta misma línea de trabajo, se pueden citar las obras de Taboada y Lavado (1988), Rubio y Lavado, (1990) y Alconada y Lavado (1993). En los trabajos citados se estudia la densidad aparente de suelos sometidos a pastoreo de ganado vacuno y afectados por períodos alternativos de inundación y desecación en la Pampa deprimida de Argentina.

En estas investigaciones se obtienen unas variaciones de densidad aparente por cambios en la carga ganadera muy poco significativas. Hecho que se ve alterado cuando cambian las condiciones de humedad en el suelo, ya que una vez que se produce la recesión de las aguas que inundaban los suelos estudiados, los que estaban sometidos a pastoreo experimentaron un leve incremento de la densidad aparente; mientras que, en las mismas condiciones, lo que se produce en los suelos no pastoreados es un significativo decremento.

La densidad aparente es un parámetro que depende estrechamente del contenido de humedad en el suelo. El hecho de obtener valores más elevados en las fechas siguientes a los períodos con alta humedad edáfica, evidencia que existe una mayor sensibilidad mecánica del suelo a la compactación en estas condiciones.

Los mismos autores anteriores concluyen que las variaciones de la densidad aparente causadas por el pastoreo se superponen a aquellas producidas por el clima y las propias características del suelo y subrayan, en este sentido, la importante interacción que existe entre los efectos del uso del suelo y las condiciones ambientales particulares de cada zona concreta sobre los cambios en la densidad aparente.

La capacidad de infiltración.

Las implicaciones hidrológicas del pastoreo se han tratado desde muy diversas perspectivas, quizás las dos más importantes sean las que relacionan las tasas de infiltración con los sistemas de pastoreo y las que analizan el significado de las diferentes cargas ganaderas.

De antemano se sabe que el sistema de pastoreo en la explotación objeto de estudio es constante, variando tan sólo la carga ganadera entre los distintos espacios, de ahí que la revisión bibliográfica realizada se haya centrado en este último aspecto.

En este sentido, cabe destacar que para Warren (1987) la carga ganadera, en términos hidrológicos, puede tener más importancia que el sistema de pastoreo. A similares conclusiones llegaron McMeekan y Walshe (1963) en sus estudios sobre los efectos de la carga ganadera y el sistema de pastoreo.

Todos los autores consultados ponen de manifiesto la existencia de una relación inversamente proporcional entre la carga ganadera y la capacidad de infiltración de los suelos (KNOLL y HOPKINS, 1959; RAUZI, 1963; McMEEKAN y WALSHE, 1963; RHOADES et al., 1964; LINNARTZ et al., 1966; RAUZI y SMITH, 1973; GIFFORD y HAWKINS, 1978; WILLAT y PULLAR, 1983; BLACKBURN, 1984; WARREN et al., 1986; WARREN, 1987), es decir, a medida que la carga aumenta se reducen las tasas de infiltración.

Así, por ejemplo, Linnartz et al. (1966) establece que las tasas de infiltración de los suelos forestales que estudia se reduce con el incremento de la carga ganadera. De esta forma, establece que en los suelos no pastoreados la capacidad de infiltración es máxima y ésta se va reduciendo a medida que aumenta la carga.

Sin embargo, no todos los autores entienden que exista una progresión lineal entre todos los intervalos de carga.

Para Gifford y Hawkins (1978) las tasas de infiltración en pastizales sometidos a unas cargas ganaderas ligeras y moderadas son difíciles de

diferenciar; mientras que, las diferencias sí que son importantes cuando se comparan los anteriores intervalos con las cargas elevadas.

Para Warren et al. (1986) las diferencias hidrológicas entre las cargas ganaderas elevadas y muy elevadas no resultan significativas, aunque sí encuentra importantes diferencias entre éstas y las moderadas.

La estabilidad estructural.

Son numerosos los autores que relacionan la estabilidad de los agregados con la acción mecánica del pisoteo del ganado (KNOLL y HOPKINS, 1959; MULLEN et al., 1974; WARREN et al., 1986; ALCONADA y LAVADO, 1993).

Mullen et al. (1974) observa que el comportamiento de la estabilidad estructural bajo la influencia del paso del ganado es similar a la que experimenta la densidad aparente. En sus investigaciones llega a la conclusión que la estabilidad de los agregados se reduce considerablemente en los suelos que están sometidos a un pastoreo con elevada carga. El autor explica esta reducción por los efectos de la compactación y la reducción de la aireación en la estructura. En este sentido, Warren et al. (1986) matiza que la estabilidad de los agregados se reduce especialmente cuando el suelo está húmedo.

Knoll y Hopkins (1959) en sus investigaciones obtienen una mayor estabilidad estructural en los suelos no pastoreados en detrimento de las praderas moderada y fuertemente pastoreadas, donde la estabilidad decrecía progresivamente.

La falta de estabilidad estructural en las áreas fuertemente pastoreadas es para el autor anterior la causa que explica las bajas tasas de infiltración en las mismas zonas.

En relación a los sistemas de pastoreo, Alconada y Lavado (1993) encuentran que existe una mayor dispersión en los agregados de los suelos que se encuentran sometidos a un pastoreo continuo en relación con el pastoreo rotacional.

1.2.4. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES DE MUESTREO PARA CARACTERIZAR LOS SUELOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS.

El estudio de las propiedades físicas del suelo implica la necesidad de tener en cuenta todas las variables citadas anteriormente, de las cuales se han seleccionado los parámetros que se consideran necesarios para caracterizar los suelos desde este punto de vista.

Las variables se han agrupado en las mismas categorías diferenciadas anteriormente:

De los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo se han extraído las mismas variables especificadas anteriormente:

1. Textura.
2. Tipo de estructura.
3. Materia orgánica.
4. Cationes de cambio: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} .
5. Hierro libre.
6. Carbonato cálcico y caliza activa.

Igualmente, de los parámetros macromorfológicos del suelo se han extraído las mismas variables especificadas:

1. Pedregosidad superficial.
2. Afloramientos rocosos.
3. Profundidad efectiva del suelo.

En relación a los factores formadores del suelo se han seleccionado las siguientes variables:

1. El clima influye a través de la vegetación, la pendiente y la exposición, por lo que su análisis se circunscribe a estos factores.
2. Del relieve se han extraído la pendiente y exposición de ladera.
3. En relación a la litología se va a tener en cuenta la diferente composición mineralógica y el carácter silíceo o calcáreo de las rocas.
4. De la vegetación se extraen las variables formación vegetal y cobertura, tanto total como por estratos.
5. En relación a la influencia humana por pastoreo se tienen en cuenta todos los aspectos relacionados con la gestión del ganado en pastoreo, atendiendo principalmente a la carga ganadera.

La influencia humana, aunque se cita como factor formador, es más un factor distorsionador de la evolución normal de los suelos. Dada la importancia de este factor para los objetivos planteados se trata en un capítulo aparte.

1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Con el objetivo de elaborar un mapa de suelos a nivel de fase que responda a las necesidades planteadas, se ha diseñado una metodología de trabajo que se estructura en las siguientes 6 etapas:

1. Fase preliminar. Estudio de los factores del medio físico.
2. Fase de prospección de campo I. Metodología de trabajo y realización de los perfiles de suelo.
3. Fase de determinación de los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo.
4. Fase de prospección de campo II. Muestreo complementario.
5. Fase de determinación de los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros macromorfológicos y los factores formadores del suelo.
6. Fase de realización del mapa de suelos a nivel de fase. Hipótesis de trabajo.

En la primera fase el objetivo es elaborar un mapa de unidades ambientales homogéneas que sirva de base para la cartografía de suelos. Este mapa se elabora a partir del análisis de los factores formadores del suelo, de ahí que la primera tarea sea el estudio de las características físicas del medio. Algunos de los elementos que se van a tener en cuenta coinciden precisamente con los factores que influyen sobre las propiedades físicas del suelo y que han sido enumerados con anterioridad.

En la segunda etapa se realiza el levantamiento de los perfiles de suelos más característicos de la zona de estudio. En total se estudian 18 perfiles en los que se realiza una descripción y una toma de muestras de cada uno de los horizontes para su análisis posterior de laboratorio.

En esta misma etapa se realizan, por una parte, los análisis físicos y químicos relacionados con las propiedades físicas del suelo, enumeradas anteriormente y, por otra parte, también se realizan los análisis convencionales que se utilizan para caracterizar los suelos para su clasificación.

En la tercera fase se determinan los factores de diagnóstico del suelo relacionados con los parámetros y propiedades físicas y químicas determinados anteriormente.

Se utiliza para este fin, como técnica estadística, el análisis factorial de los datos extraídos de los 18 perfiles de suelos analizados, incluyendo tan sólo los parámetros que se han marcado por su especial incidencia sobre las propiedades físicas del suelo, además de otros de fácil determinación en trabajo de campo rutinario.

En la cuarta fase se realiza la segunda prospección de campo, utilizando como herramienta de trabajo las observaciones mediante sondeos. Se utiliza para ello el mapa de unidades ambientales homogéneas, elaborado en la primera fase de la metodología.

El objetivo es realizar una base de datos con la que se pretende caracterizar, en primer lugar, los suelos de la zona de estudio desde el punto de vista de los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros y propiedades físicas y químicas, definidos en la etapa anterior, junto con los datos necesarios para realizar el segundo análisis factorial y obtener, de esta forma, los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros macromorfológicos y los factores formadores del suelo.

En la quinta fase se determinan precisamente los factores de diagnóstico del suelo relacionados con los parámetros macromorfológicos y los factores formadores del suelo, utilizando para ello el análisis factorial de los datos obtenidos en el muestreo de la etapa anterior.

En la sexta y última fase se elabora el mapa de suelos a nivel de fase, al que se adjunta una memoria explicativa de las unidades resultantes.

La información extraída en las 2 fases de prospección del suelo sirven para dividir el territorio en áreas homogéneas en función de los 6 factores de diagnóstico del suelo definidos anteriormente.

Las unidades resultantes se consideran que presentan un comportamiento homogéneo en relación a las propiedades físicas del suelo.

2. FASE PRELIMINAR. ESTUDIO DE LOS FACTORES DEL MEDIO FÍSICO.

2.1. LOS FACTORES DEL MEDIO QUE CONSTITUYEN EL MAPA DE SUELOS.

La cartografía de suelos parte del análisis y representación cartográfica integrada de los factores del medio, conocidos como factores formadores, ya que hay que pensar que los límites geográficos de los suelos suelen coincidir con los límites donde cambian algunos de estos factores (DENT y YOUNG, 1981).

En este sentido, se entiende fácilmente que el suelo constituya un reflejo de las condiciones ecológicas del medio, lo que equivale a decir que éste es el resultado de la relación causa-efecto que se establece entre múltiples factores (Tudela et al., 1993).

Antes de seguir se ha de aclarar que el objetivo de esta fase es elaborar un mapa de suelos. Para ello se van a analizar en este capítulo los factores del medio necesarios, los cuales, pueden o no coincidir con los factores edáficos o extraedáficos que influyen sobre las propiedades físicas del suelo.

Más tarde en una etapa posterior se definen las fases del mapa de suelos que son las que hacen funcional al citado mapa para los objetivos planteados. Estas fases son precisamente las que se definen a partir de los factores edáficos y extraedáficos analizados anteriormente.

En este apartado se analizan, por una parte, los factores del medio que van a servir de base para confeccionar el mapa de suelos y, por otro lado, los elementos que si bien no van a formar parte de dicho mapa si se deben tener en cuenta porque van a servir para análisis posteriores.

Se está haciendo alusión concretamente al clima y a la vegetación. El primero va a servir para analizar las variaciones anuales de la gestión ganadera; mientras que, el segundo es uno de los factores formadores que se va a utilizar en la definición de las fases de suelos.

La elección de los elementos del medio que van a constituir el mapa de suelos se realiza nuevamente a partir de una revisión bibliográfica. Por ello, cada uno de los factores se justifica tan sólo desde la óptica de la cartografía de suelos, con el riesgo de que estos comentarios puedan resultar, en algunos casos, redundantes con el análisis efectuado anteriormente de los factores formadores que influyen sobre las propiedades físicas del suelo.

El objetivo de este capítulo es realizar un mapa de unidades ambientales homogéneas que pueda servir de borrador o mapa base de suelos. Éste se confecciona a partir de la interpretación de los elementos que caracterizan al territorio, analizándose, lo que tradicionalmente se conocen como factores

formadores, concretamente, el clima, la litología, el relieve, la vegetación y el uso del suelo.

Por tanto, el análisis de los factores formadores y su cartografía integrada debe suministrar una serie de unidades que se pueden considerar a priori homogéneas en cuanto a los suelos.

Para no confundir los objetivos de esta introducción metodológica, se va a dejar para más adelante la selección de los factores que van a constituir el citado mapa de unidades ambientales homogéneas, porque antes es necesario analizar los factores formadores del suelo en el área de estudio, teniendo en cuenta, en todo momento que, aunque, este análisis se va a efectuar de forma independiente para cada uno de los factores, hay que tener presentes las posibles relaciones entre ellos, acción que va a marcar realmente la génesis y evolución de los suelos de una zona.

Esto quiere decir que se va a analizar el medio físico desde la perspectiva de los factores formadores del suelo, con el objetivo final de elaborar un documento que permita llegar a una comprensión de la distribución de los suelos en el territorio.

2.2. METODOLOGÍA Y ESCALA DE TRABAJO.

Una vez que se conocen con precisión los límites del área de estudio, fruto del trabajo paralelo realizado con el objetivo de analizar la gestión ganadera, es necesario abrir un apartado metodológico que sirva de base para el desarrollo del capítulo.

Por una parte, se cita la metodología de trabajo seguida para analizar a cada uno de los factores del medio anteriores y, por otro lado, se elige la escala de trabajo y de representación cartográfica de los resultados.

La metodología que se ha utilizado para el estudio de los factores del medio consta de las siguientes fuentes y técnicas de trabajo:

- a) Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica tanto de la zona de estudio como aledañas.
- b) Fotointerpretación.
- c) Trabajo de campo.

En relación a las fuentes bibliográficas habría que destacar, en primer lugar, el escaso número de trabajos que existen sobre la zona de estudio y, en segundo lugar, la reducida utilidad de las fuentes que existen ya que, por una parte, al tratarse éste de un tema muy específico de investigación requiere determinados parámetros, muchos de los cuales no son nada convencionales en los trabajos clásicos de investigación y, por otra parte, las escalas de trabajo son significativamente muy diferentes, con lo que se crea un nuevo handicap.

La interpretación de suelos a partir de las fotografías aéreas se basa en el análisis de las relaciones del suelo con los factores formadores (DENT y YOUNG, 1981). Así mismo, dichos autores advierten que la utilidad de la fotointerpretación en cartografía de suelos decrece a medida que aumenta la escala del mapa.

Para Vink (1963, citado por CEOTMA, 1998) los beneficios, cuantificados en ganancias de tiempo y dinero, que se generan al utilizar la fotografía aérea en trabajos de escala elevada (1:10.000) es muy reducida, tan sólo el 10%; éste aumenta hasta el 20% a escala 1:20.000 y no se llega a alcanzar el óptimo hasta una escala 1:50.000, con una ganancia del 70%.

El autor citado considera que la fotointerpretación alcanza su mayor eficacia para escalas comprendidas entre 1:50.000 y 1:250.000.

Por su parte, Nieves et al. (1985) establecen que cuando la escala se encuentra comprendida entre 1:25.000 y 1:200.000, la fotoedafología puede llegar a reducir significativamente el trabajo de campo.

En este mismo sentido, Vink (1963, citado por CEOTMA, 1998) considera que la densidad de observaciones para una cartografía a escala 1:10.000 es la misma, ya sea con o sin fotointerpretación previa; mientras que a partir de una escala 1:25.000 la intensidad de muestreo disminuye en los casos en los que se utiliza dicha técnica. Por tanto, y para el caso que nos interesa como se verá más adelante, la utilización de la fotografía aérea en prospecciones a escala 1:10.000 pierde parte de su significado, convirtiéndose el trabajo de campo en preponderante.

El trabajo de campo, como se puede entrever de las referencias anteriores, ha sido la herramienta fundamental de trabajo, que ha servido de base para la elaboración de la mayor parte de los documentos cartográficos. En unos casos, se ha basado exclusivamente en esta herramienta; mientras que, en otros ha servido de complemento insoslayable de la fotointerpretación.

Los tipos de mapas son diferentes según la finalidad, el detalle requerido y la escala de trabajo (DENT y YOUNG, 1981; NIEVES et al., 1985; PORTA et al., 1999).

En este sentido, es lógico pensar que la escala de los mapas viene determinada por los objetivos que se persiguen. Obviamente, el valor predictivo de un mapa aumenta a medida que se pasa a escalas más grandes, pero por razones prácticas es necesario buscar un equilibrio entre la representatividad del mapa y las posibilidades de lectura y de utilización que ofrece (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Todos los autores consultados (DUCHAUFOR, 1975; FOURNIER, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987; PORTA et al., 1999) coinciden en señalar como mapas detallados los comprendidos entre una escala 1:10.000 y 1:5.000, llegando incluso hasta 1:20.000 en el caso de Duchaufour (1975) y 1:25.000, en el caso de Fournier (1975).

Los mapas a esta escala se realizan con objetivos prácticos, como la evaluación de las capacidades de uso y la ordenaciones del territorio, aludiendo Porta et al. (1999), en este sentido, que estos mapas sólo están justificados en los casos de estudios en fincas experimentales.

Se trata, en definitiva, de mapas del tipo analítico, en los que las unidades cartográficas que se representan pueden llegar a aproximarse a las fases de suelo (DUCHAUFOR, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987), constituyendo, por tanto, el instrumento de base para los planificadores y gestores, ya que en la toma de decisiones es necesario conocer características específicas del suelo (FOURNIER, 1975).

Para Bonneau y Souchier (1987) la escala de los borradores de campo deben ser mayores que las previstas para los mapas definitivos. En este caso, se ha elegido una cartografía a escala detallada, concretamente a 1:10.000 para los borradores de campo; mientras que, la cartografía definitiva se ha realizado a una escala algo inferior por razones de ajuste al formato de representación final, concretamente a 1:11.000 para los formatos en los que sólo aparece 1 mapa y a 1:12.000 en los casos en los que se representan 2 mapas. En este sentido, hay que indicar que la reducción de la escala de representación no ha tenido ninguna repercusión sobre el resultado final.

2.3. EL CLIMA.

La homogeneidad climática de la zona de estudio es un hecho evidente, dada la escasa superficie (175,58 has.) y el poco contraste altitudinal, lo que motiva la inexistencia de algún tipo de climosecuencia (mapa 1).

Estas características provocan que la importancia del clima como factor formador, para los objetivos de este trabajo, pierda parte de su significado porque, como se sabe, este factor influye gradualmente creando las llamadas distribuciones zonales de suelos (DENT y YOUNG, 1981), influencia que se ejerce de forma gradual en grandes distancias.

2.3.1. LOS FACTORES DETERMINANTES DEL CLIMA.

Los factores que determinan el clima de la comarca de la Axarquía y Montes de Málaga, en la que se encuentra la explotación ganadera objeto de estudio, se pueden diferenciar atendiendo al carácter geográfico o dinámico de los mismos.

Para Capel (1981) los factores geográficos son la latitud, el balance de insolación, la influencia marítima, la posición continental y el relieve; mientras que, los factores dinámicos son el Jet Polar, los centros de acción dinámicos y térmicos y las masas de aire.

A continuación se van a analizar cada uno de ellos, con referencia expresa a la zona de estudio.

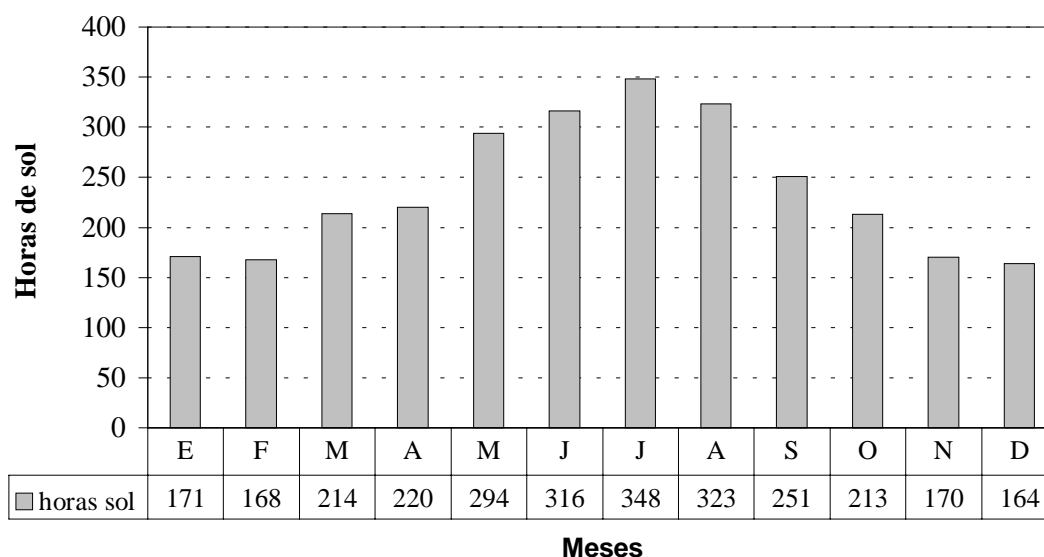
En relación a la **latitud**, la comarca se encuentra, aproximadamente, entre los paralelos 36° 45' y 36° y 54° de latitud norte, encontrándose la explotación objeto de estudio en torno al paralelo 36° y 52'.

Las masas de aire polar y ártico tienen su origen alrededor del paralelo 65°N.; mientras que, las masas de aire subtropical marítimo y continental lo tienen hacia el paralelo 30°N. La zona de estudio se encuentra, por su latitud, en el radio de acción de ambas masas de aire. Aunque hay que dejar claro que las características termodinámicas de las masas de aire subtropicales, por su mayor proximidad, son las que influyen de manera especial, en detrimento de las masas de aire polar marítimo y más raramente las de aire polar continental (CAPEL, 1981; GÓMEZ, 1987).

El **balance de radiación solar** es elevado. El total anual asciende a 2.852 horas de sol en las estación de Málaga (aeropuerto), siendo ésta la estación más próxima al área de estudio. La serie de años estudiada está comprendida entre 1961 y 1990. Las horas de sol mensuales se han representado en el gráfico 1.

Este balance de radiación viene determinado por la baja latitud de la zona. Esta posición induce a que se den, por término general, elevados registros de insolación, tanto mensuales como anuales. A esta latitud la oblicuidad de los rayos solares todavía no es acusada, hecho que permite menos pérdidas de radiación y, por ello, un mayor aporte por unidad de superficie.

GRAFICO 1. INSOLACIÓN MEDIA MENSUAL



FUENTE:
Estación Málaga (aeropuerto). Serie: 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorología.

La **influencia marítima** es también importante. El agua del mar tiene la propiedad de calentarse o enfriarse más lentamente que la superficie terrestre. La explicación está en el diferente valor del calor específico que caracteriza a ambos elementos, más elevado en el agua. Cuanto más elevado es este valor, más lenta resulta la modificación de la temperatura, al requerir, tanto para el ascenso como para el descenso, mayor cantidad de calor.

El Mediterráneo es un mar cerrado donde se mantienen elevadas temperaturas durante todo el año, siendo las temperaturas más cálidas en invierno y más frescas en verano que las que se dan en el interior peninsular. Estas características climáticas suavizadoras se dejan sentir en la superficie terrestre más en contacto con las aguas, por lo que en la comarca de la Axarquía y Montes de Málaga, con una disposición paralela a la costa, se manifiestan dichas influencias.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que la compartimentación del relieve, como se vio en los apartados anteriores, provoca muchos tipos de matizaciones en relación a las influencias térmicas que proporciona el Mediterráneo, ya que es únicamente en las zonas de solana de la comarca citada donde la suavidad térmica se nota particularmente, en contra de lo que pasa en las zonas de umbría.

La zona de estudio se encuentra enclavada en la cumbre de los Montes de Málaga, en zona de macroexposición de umbría, a una altitud variable entre 650 y 977 m. y a una distancia del mar en línea recta de aproximadamente 16 km. Estas características de emplazamiento motivan que la entrada de vientos desde el mar

se encuentre muy restringida, con lo que la suavización térmica que estos vientos proporciona se encuentre también, lógicamente, muy limitada.

Esta circunstancia le da al clima de la zona de estudio un rasgo de semicontinentalidad, lo cual se refleja en el balance termopluviométrico, como se verá más adelante. Capel (1981) distingue para las cotas más elevadas de la comarca, en la cual se encuentra la explotación, un clima continental mediterráneo.

La **posición continental** del área de estudio tiene como característica más relevante la relativa proximidad a Africa. Capel (1981) sostiene que la proximidad de la península al N. de Africa hace que se extiendan aquí las características climáticas que tienen su origen en el continente vecino. Es decir, la proximidad de la comarca al desierto tropical sahariano la hace partícipe de las características térmicas y dinámicas del N. de Africa.

El **relieve** es otro de los factores geográficos que se han considerado. Aquí, tiene un valor especial ya que el ámbito de estudio es un relieve montañoso que, paralelamente a la costa, se eleva rápidamente hasta alcanzar los 1000 m. de altitud en poco más de 10 km. en línea recta.

Por motivos tales como la diferente altitud, orientación y pendiente, los accidentes del relieve se caracterizan por presentar, en sus diferentes vertientes, unas temperaturas y precipitaciones muy contrastadas, matizando además, la incidencia de los anteriores factores.

Como es bien sabido, la ganancia de altitud se comporta, en relación a las temperaturas y a las precipitaciones, de forma inversa y directamente proporcional, respectivamente. Nuestra comarca, en este sentido, no es una excepción a esta regla.

Las influencias del relieve sobre el clima ya fueron analizadas en el apartado dedicado a estudiar los factores formadores que influyen sobre las propiedades físicas del suelo por lo que no se volverá a incidir nuevamente.

Los factores de origen dinámico están muy ligados a algunos factores geográficos, de los cuales depende. Así, por ejemplo, la incidencia del Jet polar, del anticiclón de Azores o de las borrascas atlánticas sobre una zona depende de la posición latitudinal en la que se encuentre.

La **corriente en chorro polar** o jet polar tiene su límite inferior de acción en la Península Ibérica, rebasando sólo ocasionalmente el paralelo de Gibraltar. Es por ello por lo que, aunque el jet puede afectar directamente a la Península, son en realidad sus bifurcaciones o desprendimientos, de la corriente principal, las que con mayor asiduidad nos frecuentan. La corriente en chorro tiene una gran importancia en la dinámica atmosférica de nuestra zona, porque, la penetración de los ciclones atlánticos hasta nuestras latitudes, depende muy estrechamente del desplazamiento meridiano del jet polar o, más concretamente de sus bifurcaciones.

Los **centros de acción de origen dinámico** afectan directamente y de forma particular al clima de nuestro ámbito de estudio.

El anticiclón de Azores es el centro rector y de mayor trascendencia para la climatología de nuestra comarca. Sabiendo que su desplazamiento llega hasta los paralelos 45 y 50° Norte en verano y 35° Norte en invierno, es evidente que con este radio de acción la Axarquía y Montes de Málaga (mapa 1) quede totalmente bajo la influencia de este centro de acción que trae consecuencias muy particulares sobre la comarca: estabilidad atmosférica derivada de la dinámica subsidente, con la consiguiente ausencia de nubes y precipitaciones.

Las borrascas atlánticas, muy ligadas a los desplazamientos meridianos de los vórtices de la corriente en chorro polar, no afectan de manera intensa y constante a la comarca de la Axarquía, haciéndolo sólo en circunstancias especiales cuando, por la estación del año, la corriente en chorro polar se encuentra en una posición muy meridional al igual que el anticiclón de Azores, con lo que las borrascas atlánticas tienen el camino abierto para llegar hasta la península, aunque dejan sentir más sus influencias en las tierras septentrionales de la península.

Cuando éstas llegan aquí, traen un tiempo inestable y en la mayoría de las ocasiones con importantes precipitaciones. Sin embargo, las borrascas atlánticas que logran penetrar en el Mediterráneo occidental sólo representan el 9% de las borrascas que afectan al Mediterráneo (BARRY, 1985).

La depresión de Azores, muy relacionada con el desplazamiento meridiano de las bifurcaciones de la corriente en chorro polar, se identifican con los centros de acción ciclónicos de componente S.O. y S., que traen a Andalucía intensas precipitaciones. La trayectoria más seguida para entrar en el Mediterráneo es la vía del Golfo de Cádiz-Gibraltar-Mediterráneo.

Los **centros de acción de origen térmico** afectan a la comarca esporádicamente y de manera mucho menos intensa que los de origen dinámico. Estos son, los anticiclones y las depresiones térmicas.

Los anticiclones térmicos se producen en un aire estacionado durante tiempo suficiente sobre una superficie a muy baja temperatura. Las influencias de estos anticiclones sobre la Axarquía son muy restringidas y se reducen a los inviernos y, especialmente, a los momentos en los que los grandes anticiclones centroeuropeos canalizan sus influencias hacia latitudes más meridionales con lo que, aunque llegan bastante desnaturalizados, el descenso de la temperatura se hace evidente. Hay que indicar, no obstante que el carácter compartimentado de esta comarca propicia una especial protección contra esas inclemencias térmicas.

Las depresiones térmicas se originan durante el verano, momento en el que son frecuentes los fuertes recalentamientos superficiales, apareciendo bajas térmicas de evolución diurna formadas tras las horas de más calor, que se difuminan al atardecer. Se trata, por tanto, de depresiones superficiales que, si coinciden en altura con aire cálido y subsidente, se reactivan acentuándose sus efectos.

Todas las ocasiones en las que se producen estas circunstancias no tienen que desembocar en precipitaciones, ya que sólo se producirán en los momentos en los que el caldeo de las capas de aire superficiales sea tan intenso que de ocasión a perforar el techo de inversión, desencadenándose en estas circunstancias, lluvias de corta duración y de escasa cantidad, acompañadas de fuerte aparato eléctrico. Esta es la causa principal de las escasas precipitaciones veraniegas. Escasas, porque el efecto suavizador del mar y las importantes diferencias térmicas, determinadas por la compartimentación del relieve, provocan que los caldeos de aire no sean tan intensos y que sólo se reduzcan a escasas superficies sin una incidencia general sobre toda la comarca.

Las **masas de aire** que afectan a la Axarquía tienen diversas procedencias, de ahí que una de las características sea el carácter alóctono de las mismas, aunque eso sí, una vez que estas masas de aire se interrelacionan con el medio, se contaminan de las particularidades climáticas de la comarca, las cuales están determinadas por su latitud.

De todas las masas de aire que llegan son las tropicales marítimas las que tienen una mayor incidencia por su elevada frecuencia. La comarca debido a la latitud en la que se encuentra se ve sometida a la influencia del campo de acción del Anticiclón de Azores, ya que ésta es la fuente impulsora de dichas masas de aire.

La consecuencia es un clima caracterizado por una elevada estabilidad atmosférica, unos índices de humedad también elevados, motivado por el recorrido oceánico de estas masas de aire, y unas altas temperaturas durante todo el año.

2.3.2. LAS VARIABLES CLIMÁTICAS.

El objetivo planteado es analizar los elementos climáticos primarios: temperaturas y precipitaciones, centrándose en este sentido en un análisis de su distribución estacional.

El estudio de estas variables se ha realizado utilizando los datos correspondientes a la estación termopluviométrica de Torrijos, a 36° 50' de latitud Norte y 4° 22' de longitud Oeste.

Esta estación se encuentra muy próxima al área de estudio, aproximadamente 6 kilómetros de distancia en línea recta, participando, ambas zonas, de características fisiográficas comunes. La macroexposición es de umbría y la altitud de la explotación ganadera está comprendida entre 650 y 977 m.s.n.m., estando Torrijos en el mismo intervalo, concretamente a 780 m.

El período de registro de los datos es de 43 años, estando comprendida la serie entre 1956 y 1999. La serie estudiada corresponde al Centro Meteorológico de Andalucía Oriental, Cuenca 6, Indicativo 162, Torrijos. También se ha utilizado la ficha de Torrijos de Elías y Beltrán (1977), con una serie de registros

que van desde 1956 hasta 1969. Además de ciertos parámetros extraídos del SINAMBA, cuya serie está comprendida entre 1956 y 1992.

2.3.2.1. Las temperaturas.

CUADRO 2. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES

	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
tm	7,5	8,8	10,3	11,9	14,9	18,6	22,6	22,6	19,6	15,4	10,8	8,2	14,2
T'	19,7	20,9	23,4	24,8	28,6	33,1	36,2	35,1	32,2	27,5	23,1	19,7	37,9
T	12,8	14,2	16,1	18,0	21,8	26,0	30,2	29,6	26,2	21,2	16,0	13,4	20,6
t'	-3,5	-2,0	0,0	1,5	3,7	6,7	9,5	10,1	7,8	5,1	0,5	-1,8	-4,2
t	2,2	3,3	4,6	5,8	8,0	11,3	14,9	15,5	13,0	9,6	5,7	3,0	7,9

LEYENDA:

tm: temperatura media

T': temperatura media de las máximas absolutas.

T: temperatura media de las máximas.

t': temperatura media de las mínimas absolutas.

t: temperatura media de las mínimas.

El clima se caracteriza por unas temperaturas medias moderadas, las cuales se tornan más extremas si se tienen en cuenta las máximas y mínimas absolutas, ya comentadas. Los 5 parámetros térmicos se han representando en el gráfico 2.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 22,6°C de máxima en julio y agosto y los 7,5°C de mínima en enero, siendo, por tanto, la amplitud térmica de 15,1°C. Estos valores indican que el verano es bastante templado y, desde el punto de vista climatológico, no existe invierno ya que la mínima no baja de los 7°C.

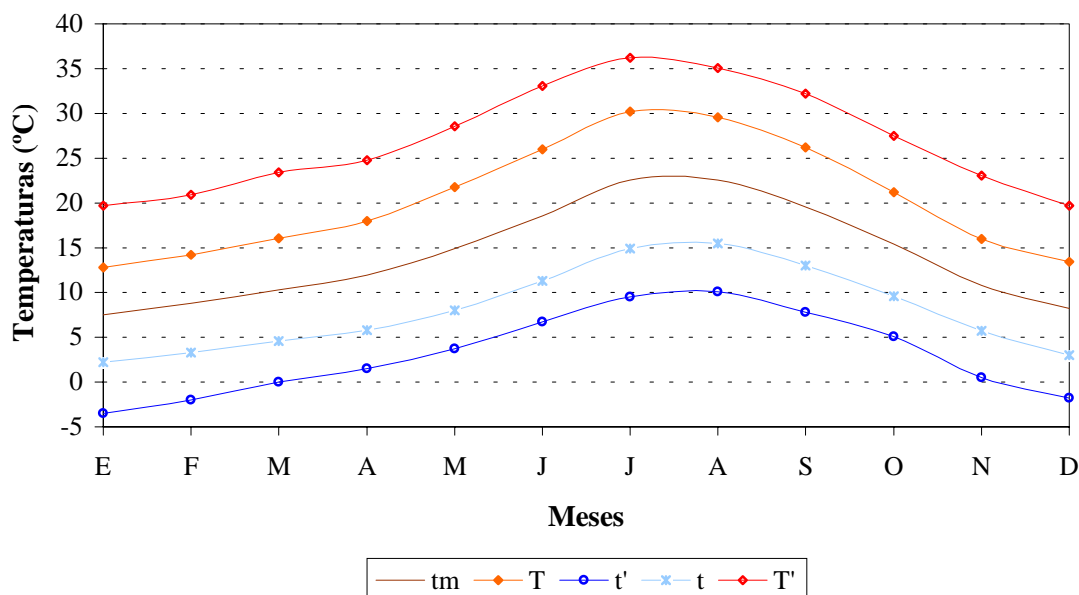
Las temperaturas medias máximas y mínimas, así como también las absolutas, no son tan benignas como a primera vista podrían inducir los registros anteriores.

Las temperaturas medias de las máximas (T) se dan en verano y llegan a ascender hasta los 30,2°C en julio; la máxima absoluta (T') se incrementa considerablemente y para el mismo mes se eleva hasta los 36,2°C.

Las temperaturas medias de las mínimas (t) se dan en invierno, registrándose la mínima en enero con 2,2°C. Las mínimas absolutas son todavía más extremas, alcanzando valores negativos, la mínima se da nuevamente en enero con -3,5°C. Los registros bajo cero se inician a finales de otoño y se prolongan durante todo el invierno.

Teniendo en cuenta los valores anteriores y siguiendo el criterio de Emberger ⁵ (DE LEÓN, 1989) se pueden diferenciar un período frío de un período cálido.

GRAFICO 2. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES



El período frío es muy largo ya que se prolonga desde mediados de otoño hasta mediados de primavera, concretamente desde noviembre hasta abril. Los registros de este período pueden llegar a ser rigurosos, ya que la temperatura media de las mínimas absolutas anuales alcanzan un valor medio de $-2,4^{\circ}\text{C}$ para el período comprendido entre los meses de diciembre, enero y febrero.

El período cálido, por el contrario, es muy corto ya que es el mes de julio el único que supera los 30°C de temperatura media de las máximas, aunque el mes de agosto, con $29,6^{\circ}\text{C}$ está muy próximo al límite. Sin embargo, si se tienen en cuenta las temperaturas medias de las máximas absolutas, como de hecho se suelen utilizar para efectuar una valoración más ajustada, la rigurosidad térmica de los meses de verano puede llegar a ser importante. Entre junio, julio y agosto se registra una media para el período de $34,8^{\circ}\text{C}$.

El régimen térmico, desde el punto de vista de la clasificación de Papadakis, es templado cálido, con un tipo de invierno avena cálido (Av) y un tipo de verano arroz (O).

⁵ El período frío es aquel en el que las temperaturas medias de las mínimas (t) son inferiores a 7°C . El período cálido es aquel que agrupa a los meses que registran unas temperaturas medias de las máximas (T) superiores a 30°C .

Las influencias derivadas de la exposición de umbría en la que se encuentra la zona de estudio se dejan notar en los registros comentados. Esta influencia queda bien patente cuando se comparan estaciones con diferente macroexposición. Así, por ejemplo, las temperaturas máximas y mínimas absolutas de Málaga capital, a 8 m. de altitud y con exposición de solana, oscilan entre los 37,6°C de julio y los 21°C de enero para las máximas y entre los 18,9°C de agosto y los 3,9°C de enero para las mínimas. Estos registros contrastan significativamente con los datos analizados anteriormente.

Los contrastes entre la macroexposición de solana y umbría y las diferentes altitudes de la comarca de la Axarquía y Montes de Málaga es indudable. Estos aspectos han sido puestos de manifiesto en trabajos previos (JUSTICIA, 1988; BLANCO, 1993) por lo que no se incidirá aquí de nuevo, ya que no es el objetivo.

2.3.2.2. Las precipitaciones.

CUADRO 3. PRECIPITACIONES MEDIAS Y CARACTERÍSTICAS HÍDRICAS MENSUALES

	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
P	97	82,5	69,5	64,3	42,3	22,6	2,1	12,3	25,4	64,6	117,1	119,6	701,4
ETP	23,1	30,2	34,0	41,2	58,2	75,6	100,	105,	87,3	63,9	38,3	26,2	683,8
VR	0,0	0,0	0,0	0,0	-15,9	-53	-31,1	0,0	0,0	0,7	78,8	20,5	-
R	100	100	100	100	84,1	31,1	0,0	0,0	0,0	0,7	79,5	100	-
ETR	23,1	30,2	34,0	41,2	58,2	75,6	33,2	12,3	25,4	63,9	38,3	26,2	461,6
DA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,6	92,7	61,9	0,0	0,0	0,0	222,2
EA	73,9	52,3	35,5	23,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,4	278,2
LL	7	8	8	6	4	2	0	1	2	5	7	9	59

CL. THORNTHWAITE	Im: 15,56	Ia: 32,49	Ih: 35,06	C: 41,15%
-------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

CL. PAPADAKIS	Ln: 357,7 mm. (52,31% ETP anual)	Ih: 1,02
----------------------	----------------------------------	----------

LEYENDA:

P: precipitación media mensual (mm).

ETP: evapotranspiración potencial media mensual (mm).

VR: variación de la reserva (mm).

R: reserva (mm).

ETR: evapotranspiración real (mm).

DA: déficit de agua (mm).

EA: exceso de agua (mm).

LL: número medio de días de lluvia

Im: índice hídrico anual.

Ia: índice de aridez anual.

Ih: índice de humedad anual.

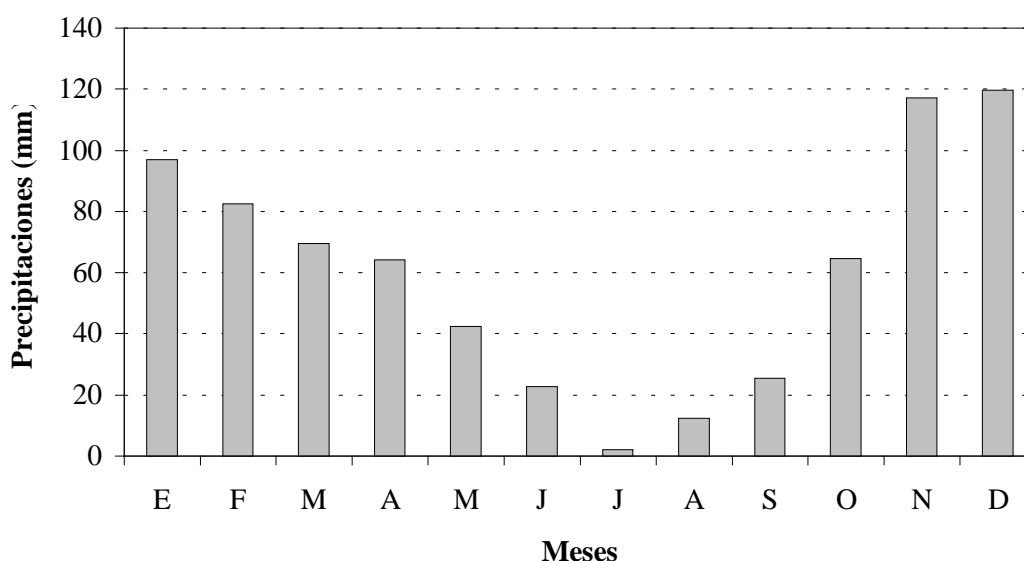
C: eficacia térmica estival (%).

Ln: agua de lavado (mm).

Las características pluviométricas indican que se trata de un ambiente seco, aunque en realidad no se debe al valor total de las precipitaciones que son relativamente importantes, 701,4 mm., sino al escaso número de días de precipitaciones que asciende a 59 y a que éstas se concentran temporalmente, pudiéndose diferenciar un período seco de otro húmedo. En el gráfico 3 se representan las precipitaciones medias mensuales.

Las precipitaciones máximas se alcanzan a finales del otoño, concretamente

GRAFICO 3. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES



en noviembre con 117,1 mm. y diciembre con 119,6 mm. son los meses más lluviosos. Durante el verano se asiste a una sequía casi total, registrándose leves precipitaciones ocasionales, sobre todo en junio con 22,6 mm. de media mensual, siendo julio el mes más seco con 2,1 mm. de media.

En relación al exceso o déficit de humedad del clima, las variaciones siguen un recorrido intraanual, ya que desde diciembre hasta abril hay un exceso de agua de 278,2 mm., que se torna a déficit, con un total de 222,2 mm., entre los meses de julio y septiembre.

La evapotranspiración potencial asciende a 683 mm. de media anual. Los valores más elevados se alcanzan en los meses de verano, ya que es la estación con mayor radiación solar. El máximo se registra en agosto con 105 mm. de media mensual; mientras que las mínimas son invernales, concretamente en diciembre y enero con 26,2 y 23,1 mm., respectivamente.

En relación al régimen de humedad se han diferenciado 3 períodos, uno seco, uno húmedo y un tercero intermedio (cuadro 4). Para ello se han utilizado los métodos de De León (1989) y Thornthwaite (1948, citado por De León, 1989).

Atendiendo a los valores de ambos índices se pueden diferenciar 3 períodos en relación al carácter húmedo o seco de los meses del año. Se ha distinguido un período seco que se extiende entre los meses de julio y septiembre, siendo los meses de mayo y junio difíciles de encajar si se tienen en cuenta conjuntamente ambas clasificaciones. Son estos, precisamente, los meses que se deben considerar intermedios entre las estaciones de primavera a verano, en los cuales las características de ambos momentos se confunden. El período húmedo se extiende desde octubre hasta los meses intermedios de abril-mayo.

En relación al índice de humedad anual, ambas clasificaciones establecen que el régimen es húmedo.

CUADRO 4. INDICES DE HUMEDAD MENSUALES

MESES	Método de DE LEON		Método THORNTHWAITE	
	P + R – ETP (mm)	TIPO DE MES	Ih (P/ETP)	TIPO DE MES
Enero	173,9	Húmedo	4,19	Húmedo
Febrero	152,3	Húmedo	2,73	Húmedo
Marzo	135,5	Húmedo	2,04	Húmedo
Abril	123,1	Húmedo	1,56	Húmedo
Mayo	68,2	Húmedo	0,72	Intermedio
Junio	-21,9	Relativamente seco	0,29	Seco
Julio	-98,7	Seco	0,02	Seco
Agosto	-92,7	Seco	0,11	Seco
Septiembre	-61,9	Seco	0,29	Seco
Octubre	1,4	Húmedo	1,01	Húmedo
Noviembre	158,3	Húmedo	3,05	Húmedo
Diciembre	193,4	Húmedo	4,56	Húmedo
AÑO	17,6	Húmedo	1,02	Húmedo

El agua de lavado obtenida de la diferencia entre las precipitaciones anuales y la ETP durante la estación húmeda es de 357,7 mm., siendo superior al 20% de la ETP anual, ya que asciende al 52,31%. El régimen de humedad, como resultado de los parámetros analizados, es de tipo mediterráneo húmedo (ME).

El período de exceso de agua en el suelo transcurre desde diciembre hasta abril. Pese a que la evapotranspiración real es superior a las precipitaciones en los meses siguientes, mayo y junio, no hay déficit de agua porque la vegetación utiliza la que todavía está acumulada. En este período se sigue utilizando la reserva pero ya no hay suficiente agua en el suelo como para que evapotranspiración potencial se iguale a la real por lo que a partir de julio comienza el déficit de agua en el suelo. A partir de esta fecha ya no hay reserva de agua y el déficit se extiende, en términos reales, desde julio hasta septiembre.

Entre octubre y noviembre el suelo se vuelve a recargar de humedad, por lo que a partir de ese momento la evapotranspiración real se vuelve a igualar a la

potencial. A partir de diciembre vuelve a existir en el suelo un exceso de agua, comenzando de nuevo el ciclo hídrico anual.

Según la clasificación de Papadakis, el tipo climático de la zona es mediterráneo templado, caracterizado por un régimen térmico templado cálido y un régimen de humedad mediterráneo húmedo.

Desde el punto de vista de la clasificación climática de Thornthwaite, la zona de estudio se encuentra en un clima con la siguiente nomenclatura: C_2, B_1', s_2, a' . La región de humedad es de tipo subhúmedo (C_2); la eficacia térmica anual, fundada en los valores de ETP anuales, es del tipo Mesotérmico I (B_1'), siendo la eficacia térmica estival del 41,15% (a'). El índice de humedad se eleva a 35,06, lo que quiere decir que existe un exceso de agua elevado en invierno (s_2).

2.4. LA LITOLOGÍA.

2.4.1. LA IMPORTANCIA DE LA LITOLOGÍA EN LA CARTOGRAFÍA DE SUELOS.

La litología constituye un elemento pasivo en la edafogénesis, sobre el que actúan otros factores que lo transforman (PORTA et al., 1999).

Por regla general, a igualdad de los demás factores formadores (clima, relieve, vegetación, tiempo, etc.), las variaciones de roca madre dan lugar a diferentes tipos de suelos.

En estos casos, existe una estrecha relación entre la litología y la distribución de los suelos en el territorio, por lo que se entiende que el mapa litológico es un requisito esencial en todo trabajo de cartografía edafológica.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que son frecuentes los casos en los que existe una estrecha relación entre litología y relieve, por lo que el patrón de variación de la litología en el medio se puede predecir a través de la fotografía aérea (DENT y YOUNG, 1981), junto con los diferentes tipos de suelos que se pueden asociar a dichas variaciones.

En estos casos, la delimitación de los suelos puede llegar a ser relativamente fácil.

La zona de estudio se caracteriza por una litología de componente contrastado producto de una agitada historia geológica⁶, ya que se han diferenciado tanto rocas de carácter calcáreo como silíceo. Este hecho motiva la necesidad de realizar una cartografía en la que se diferencien unidades lo más homogéneas posibles, debido a que este factor determina, tanto diferentes tipos de suelos, como diferentes propiedades en los mismos.

2.4.2. LA REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA LITOLOGÍA. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

La metodología de realización del mapa litológico (mapa 2) sigue las fases que se relacionan a continuación:

⁶ La historia geológica del complejo maláguide, con referencia expresa al tramo correspondiente a la zona de estudio, comienza con una importante sedimentación marina pelítica con esporádicas intercalaciones detríticas finas y algún nivel calcáreo. Hacia techo la formación presenta un nivel conglomerático lentejónar de gran continuidad en toda la serie. Por el carácter azoico de la serie no ha sido imposible su datación cronológica, pese a ello se ha incluido desde el precámbrico hasta principios del silúrico.

Durante el silúrico-devónico se produce una sedimentación alternante de materiales carbonatados, pelíticos y grauwáquicos. Al parecer esta deposición se produjo en un ambiente inestable, quizás indicativo de una tectónica embrionaria y más cercana a la costa que la serie anterior.

A partir del devónico aumenta el carácter detrítico de la sedimentación, compuesta por grauwacas y conglomerados, persistiendo tan solo localmente la sedimentación calcárea (IGME, 1039), pero esta serie ya no está representada en la zona de estudio.

- a) Fase de recopilación de la información cartográfica y reconocimiento previo del territorio.
- b) Fase de trabajo de campo: muestreo.

2.4.2.1. Fase de recopilación de la información cartográfica y reconocimiento previo del territorio.

El objetivo fundamental de esta primera fase es recopilar la información litológica existente de la zona de estudio.

La única información disponible es el Mapa Geológico de España, concretamente la hoja de Colmenar (1039) a escala 1:50.000.

Se confecciona un mapa esquemático con las principales series litológicas distinguidas en dicho documento cartográfico y se traslada a un mapa topográfico a escala 1:10.000.

El mapa obtenido se somete a una comprobación en el campo por el que se observan, por una parte, la precisión en cuanto a límites y, por otra, la veracidad de las diversas litologías dentro de cada serie.

El mapa primitivo se rectifica una vez realizado el reconocimiento previo y se considera como mapa borrador de la litología. Este documento se utilizará como base para el muestreo posterior. No se ha considerado oportuna la inclusión de este mapa en el trabajo.

2.4.2.2. Fase de trabajo de campo: muestreo.

La fase anterior de comprobación ha permitido observar que las diversas litologías que constituyen las series distinguidas se encuentran muy intercaladas. Las combinaciones litológicas que plantea el documento utilizado no se corresponden en su totalidad con la realidad existente en la zona de estudio. Este hecho ha motivado que se deba realizar una nueva fase de campo, pero esta vez más exhaustiva en la que se realizará un muestreo.

La metodología de muestreo utilizada es de dos tipos:

- a) Muestreo aleatorio estratificado mediante cuadrículas, para dividir las unidades de muestreo.
- b) Muestreo no aleatorio, por simple observación de los afloramientos rocosos.

La superficie objeto de estudio, 175,58 ha., se divide en cuadrículas de 1 y 0,5 cm. de lado. Para evitar la pérdida de información en las zonas de borde, esta superficie se ha ampliado, generando un perímetro exterior paralelo al original de 1 centímetro de anchura.

El resultado es un total de 272 y 1088 cuadrículas en el primer y segundo caso. La densidad de observaciones resultante es de 1 a 4 observaciones por cada centímetro cuadrado del mapa.

El muestreo, por tanto, se realiza cuadrícula a cuadrícula, utilizando un tamaño u otro según la intensidad de muestreo necesaria en cada zona. La cuadrícula de mayor tamaño se utiliza cuando la zona es homogénea; mientras que, la segunda, se utiliza cuando la variabilidad es considerable y, sobre todo, en las zonas de contacto litológico claro, donde se hace necesario una mayor intensidad de muestreo.

El trabajo de campo se realiza mediante itinerarios, los cuales se establecen describiendo bandas paralelas que siguen las curvas de nivel.

Los puntos muestrales se seleccionan de forma no aleatoria. Con el objetivo de contemplar la variabilidad litológica de la zona de estudio, que es, por otra parte, la característica más importante de este espacio, ha provocado que el muestreo se realice anotando todas la litologías que aparecen en cada cuadrícula o unidad de muestreo, indicando cuál es la más representativa. Este procedimiento se ha considerado como el más idóneo porque cualquiera de los muestreos de tipo aleatorio mediante puntos tan sólo permitiría recopilar referencias sobre una sola litología, sin llegar a contemplar mediante dicho procedimiento la variabilidad expresada anteriormente.

Las observaciones se han realizado utilizando los afloramientos rocosos y los cortes de las pistas forestales, reservando las observaciones mediante excavación para los casos en los que no se podía contar con dichos elementos.

El mapa 2 es el resultado de esta fase de muestreo.

2.4.3. EL MAPA DE LITOLOGÍA. DESCRIPCIÓN DE LAS SERIES Y FACIES DISTINGUIDAS.

La información recopilada en el muestreo ha servido para individualizar las 2 series que existen en la zona de estudio:

- a) Calizas, filitas y grauwacas.
- b) Filitas y grauwacas con intercalaciones de diques de diabasas.

2.4.3.1. Serie de calizas, filitas y grauwacas.

En esta serie las 3 facies distinguidas aparecen normalmente íntimamente mezcladas. Esta disposición de los materiales aflorantes se debe a la particular tectónica de mantos que afectó a la zona. Esta circunstancia ha imposibilitado una mayor homogeneidad de dichas unidades. Esto sólo se puede conseguir en ciertos casos y siempre y cuando se utilice una cartografía más detallada (IGME, 1039).

2.4.3.2. Serie de filitas y grauwacas con intercalaciones de diques de diabasas.

Las filitas aunque pueden aparecer de forma independiente, lo más normal es que se encuentren junto a éstas las grauwacas sin posibilidad alguna de separación. Son numerosos los diques de diabasas que cortan a estas facies. Éstos pueden llegar a tener dimensiones métricas aunque generalmente son de reducidas dimensiones. En algunos puntos aparecen retazos de calizas alabeadas de escasa importancia superficial y sin posibilidad de cartografiar por sus reducidas dimensiones. Se pueden citar los casos de ciertas zonas en torno al lagar de Cuella.

Las filitas cuando aparecen en asociación con las grauwacas siguen el mismo sentido de la estratificación, ya sea horizontal o con algún grado de buzamiento; mientras que, las diabasas, cuando aparecen, lo hacen cortando a éstas, con una disposición más o menos vertical y en menor grado horizontal.

Las dos series distinguidas se pueden caracterizar, a grandes rasgos, por una distribución topográfica concreta. La serie de calizas filitas y grauwacas se distribuyen ocupando, principalmente, las zonas más altas; mientras que la otra presenta una disposición a media y baja ladera, principalmente.

La mayor resistencia a la erosión de las calizas en relación a las filitas y grauwacas ha provocado que la mayor incidencia de la erosión se dé en la litología silíceo-calcareo, de ahí que las zonas más altas estén ocupadas por la serie silíceo-calcareo, donde el mayor predominio de las calizas confiere al paquete litológico una mayor resistencia a la erosión.

Sin embargo esta diferente competencia frente a la erosión no se manifiesta en las formas del relieve. Los procesos de erosión fluvial son los verdaderos causantes de las formas del relieve del área de estudio.

2.4.3.3. Descripción de las facies litológicas.

Las series distinguidas anteriormente presentan las siguientes facies:

Calizas alabeadas silúrico-devónicas.

Las calizas alabeadas, también llamadas tableadas, son rocas de grano fino. Presentan frecuentes los filones de calcita blanca de orden milimétrico y las intercalaciones de calcofilitas grises, así como piritas y calcopiritas. Sólo excepcionalmente son ligeramente marmóreas con débil metamorfismo. Presentan un color azul oscuro en corte fresco que se torna a gris en alteración. El nombre de alabeada le viene de su estilo particular de plegamiento.

Filitas silúrico-devónicas.

Las filitas presentan color gris azulado oscuro, con tonos violáceos en superficie. Tienen normalmente un tipo de fractura en forma de lascas muy

regulares que, en algunos casos, pasa a una fractura en astillas o en forma de bloques. En muchos puntos son calcofilitas. Estas filitas presentan pequeños niveles de calizas recristalizadas oscuras, así como otras arenosas (IGME, hoja 1039). Pueden presentar además filones de cuarzo lechoso.

Grauwacas silúrico-devónicas.

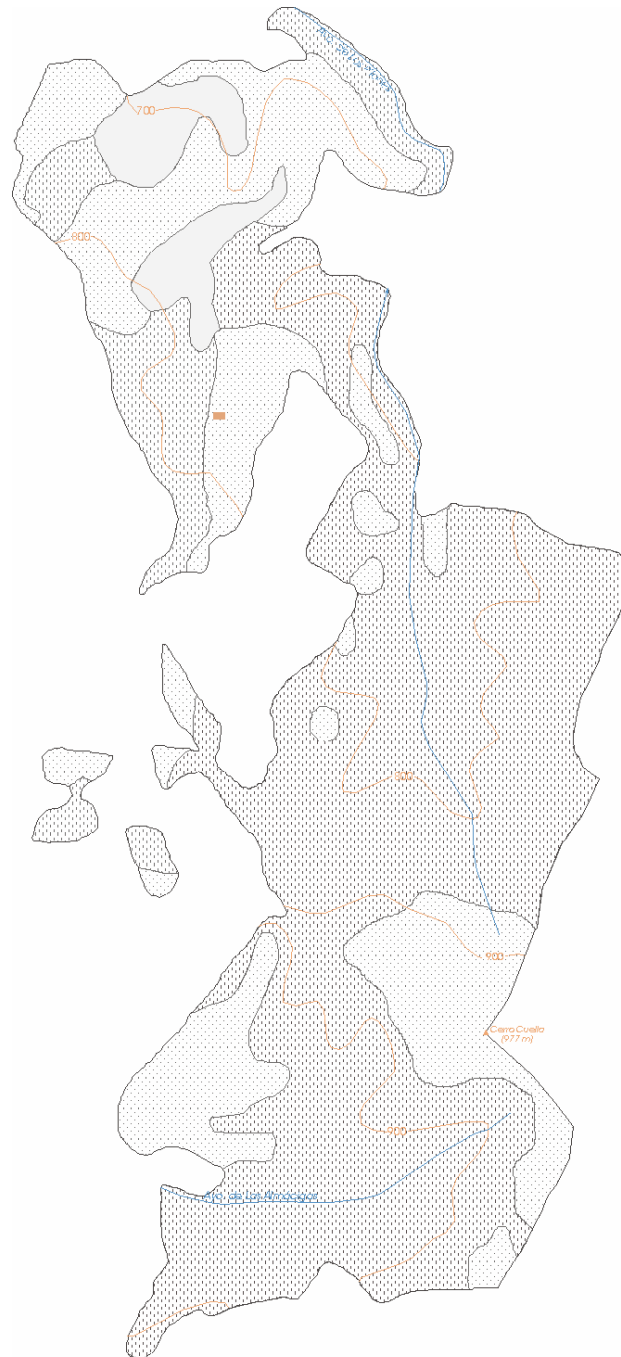
Las grauwacas aparecen en cambio lateral de facie con respecto a las calizas alabeadas (IGME, hoja 1039), aunque las experiencias de campo sugieren más bien que las grauwacas se intercalan con las facies de filitas.





Estas rocas son poco o nada esquistosas y presentan tonos verdosos y gris verdosos en corte fresco y amarillos y marrones en superficie. Están constituidas por clastos, generalmente subangulosos, de cuarzo, plagioclasa, mica blanca y biotita; la matriz es cuarzo-sericítica-clorítica de grano fino. Los filones de cuarzo lechoso en algunas facies puede llegar a ser frecuentes.

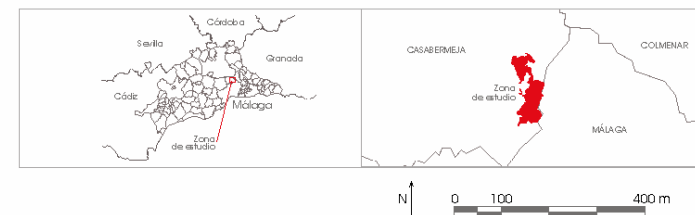
Diabasas.

Las diabasas son rocas ígneas básicas de grano fino. En su composición mineral se identifican plagioclasas básicas, augita diopsídica y hornblenda pardoverdosa, de ahí los tonos que presentan cuando está alterada (IGME, 1053-1067). Aparecen en diques cortando a las filitas y a las calizas alabeadas. Su composición química hace suponer que derivan directamente del manto por inyección a través de la corteza. Color normalmente verdoso, sobre el cual influye esencialmente su quimismo ya que la alteración del piroxeno en clorita le confiere a la roca dicha tonalidad. Las superficies alteradas por oxidación secundaria puede provocar tonos rojizos o amarronados.

Estas rocas cuando se encuentran en superficie están generalmente fuertemente alteradas. Presentan una típica meteorización en exfoliación de las capas superficiales, dando lugar a escamas concéntricas, denominadas por Porta (1999) disyunción esferoidal o en capas de cebolla. Debido a los cambios de temperatura, la termoclastia es el mecanismo de rotura de estas rocas, aunque hay que considerar que la interacción con los procesos químicos hace más eficaz la desintegración de la roca (PORTA, 1999).



-  Calizas, filitas y grauwacas
-  Filitas y grauwacas con intercalaciones de diques de diabasas
-  Cultivos
-  Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 2

LITOLOGÍA

2.5. EL RELIEVE.

2.5.1. LA IMPORTANCIA DEL RELIEVE EN LA CARTOGRAFÍA DE SUELOS.

Hay numerosas razones para usar el relieve como base del mapa de suelos. Entre las más importantes cabe destacar que entre el relieve y los suelos existen una importante relación junto con el hecho que este elemento del medio físico determina las características hidrológicas de los suelos.

Existe una estrecha relación entre la distribución de los suelos y el relieve (DENT y YOUNG, 1981; BRIGGS y SHISHIRA, 1985; HALL y OLSON, 1991; HARTUNG et al., 1991, SSS, 1993; PORTA et al., 1999).

La distribución de los suelos en el territorio no es aleatoria (HARTUNG et al., 1991). La comprensión de las relaciones entre suelo y relieve en una determinada zona sirven para establecer los modelos de distribución de suelos, lo que facilita su cartografía (HALL y OLSON, 1991; HARTUNG et al., 1991, DENT y YOUNG, 1981; PORTA et al., 1999). Este hecho determina que este factor se pueda utilizar como base predictiva de los suelos.

Muchos elementos del relieve tienen la ventaja que pueden ser delimitados con cierta facilidad, no ofreciendo dudas ante posibles ambigüedades y, dependiendo de la escala, es posible su delimitación utilizando la fotografía aérea (BRIGGS y SHISHIRA, 1985; HALL y OLSON, 1991).

En este sentido, tanto Dent y Young (1981) como Briggs y Shishira (1985) y Hartung et al. (1991) señalan que, gran parte de los límites cartográficos de los suelos se pueden definir a partir de las formas de relieve. Este hecho explica que uno de los criterios más utilizados en la delimitación de las unidades cartográficas para el estudio de los suelos sea el factor relieve.

La superficie del territorio, desde el punto de vista geomorfológico, es dinámica, evolución que va aparejada con la del suelo. Las características de un suelo en la actualidad reflejan esta dimensión dinámica que, para ser entendida, debe relacionarse con la posición que ocupa el suelo en el territorio, de ahí la importancia del estudio del relieve (PORTA et al., 1999).

La cartografía de suelos requiere, por tanto, que la edafología y la geomorfología caminen juntas.

De esta estrecha relación surge el concepto de toposecuencia, cadena o catena de suelo, que se puede definir como la sucesión de diferentes suelos como consecuencia de las diferentes formas del relieve.

Por otra parte, también se puede destacar la estrecha relación que existe entre el relieve y las características hidrológicas de los suelos (DENT y YOUNG,

1981; BRIGGS y SHISHIRA, 1985; SSS, 1993), dependientes éstas de las mismas propiedades físicas del suelo.

El movimiento del agua es uno de los agentes más importantes en los procesos relacionados con la génesis y variabilidad de suelos en el medio.

El estudio de los flujos de agua en el suelo es importante, tanto como factor determinante de los procesos edafogénicos como factor responsable de su potencialidad, ya que este aspecto determina un diferente comportamiento del suelo frente a determinados usos (HALL y OLSON, 1991). Se entiende, por ello, que conocer el modelo hidrológico del área de estudio es un imperativo para entender la distribución de los suelos en el espacio.

Los flujos de agua que tienen lugar en el suelo suelen realizarse siguiendo una doble componente. Por una parte, tiene lugar un flujo de agua en el interior del suelo, junto con un drenaje o escorrentía superficial. Para Hall y Olson (1991) el movimiento del agua en el suelo, tanto superficial como subsuperficial, es uno de los agentes más importantes de variabilidad de suelos en el medio.

El movimiento de agua a lo largo de la superficie puede ser motivo de procesos de erosión. El agua se carga de materiales en solución y en suspensión, generalmente de las partes altas de la ladera, y los deposita, bien en las partes bajas de la misma o en el fondo de los cursos de agua, alimentando de sedimentos posibles corrientes de agua de mayores dimensiones que trasladarán los materiales muy lejos de su lugar de procedencia.

En este sentido, Stoops (1997) observa que las zonas altas de ladera están sujetas a erosión; mientras que, las zonas a pie de ladera, las cuales reciben dichos materiales, presentan suelos con diferencias importantes tanto en las características físicas como químicas.

En relación a dichas consideraciones, dicho autor cita las conclusiones a las que llega Utami (1992, citado por Stoops, 1997). Este autor encuentra diferentes valores en las propiedades físicas y químicas, dentro de los mismos taxones de suelos según la posición en la que se encuentren, diferenciando, en este sentido, las zonas de ladera alta y de pie de ladera. Así, por ejemplo, en las zona de pie de ladera, el pH es más elevado, hay una mayor proporción de arcillas, la CEC es más elevada y, sobre todo, la saturación en bases se incrementa considerablemente, aunque se mantiene más o menos equilibrada la proporción de arenas y el limo es significativamente más abundante en las zonas altas de ladera.

Teniendo en cuenta estos resultados, se puede afirmar que los suelos según la posición en la que se encuentren se convierten en exportadores o importadores de materiales.

El agua de drenaje interno puede cargarse de materiales solubles, los cuales se depositan bien en capas más profundas del suelo o bien van a parar a flujos de agua más importantes que los llevan a otros destinos sin ninguna relación con el suelo de donde provenían. Hall y Olson (1991) encuentran que uno

de los factores más importantes de variabilidad en los suelos de las zonas montañosas es el agua de infiltración.

El agua también desempeña un papel muy importante para el crecimiento de las plantas, por lo que se espera que exista una interrelación entre las características hidrológicas de cada una de las unidades de relieve, los suelos y la productividad vegetal (HALL y OLSON, 1991).

Las unidades de relieve, dependiendo de sus características morfológicas, van a tener diferentes comportamiento hidrológicos. Este hecho va a determinar diferencias contrastadas en las características de los propios suelos. Es necesario, por tanto, estudiar cuidadosamente el relieve, especialmente en el caso de las predicciones de las condiciones de drenaje (SSS, 1993).

2.5.2. LOS ELEMENTOS DEL RELIEVE.

La terminología usada para describir el relieve con el objetivo de establecer el patrón de distribución de los suelos en el medio es muy variada, dependiendo realmente de los criterios utilizados por los propios autores.

En el cuadro 5 se esquematizan los elementos del relieve usualmente utilizados por los autores consultados a este respecto, señalándose los elementos que utilizan cada uno de ellos.

CUADRO 5. ELEMENTOS DEL RELIEVE UTILIZADOS POR DIVERSOS AUTORES

Elementos del relieve	RUHE (1960) ⁽¹⁾	VAN ZUIDAM et al. (1979)	DENT y YOUNG (1981)	PENNOCK et al. (1987)	HALL y OLSON (1991)	CEOTMA (1998)	PORTA et al. (1999)
Altura relativa			SI				
Altitud		SI	SI			SI	
Pendiente	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Exposición		SI	SI			SI	SI
Unidades de relieve	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

⁽¹⁾citado por Hall y Olson (1991)

La **altitud** y **altura relativa** son los elementos del relieve menos utilizados por los autores consultados.

Este aspecto deja de tener importancia en la zona de estudio del presente trabajo, debido a que tanto la altitud como la altura relativa no tienen especial relevancia ya que se trata de un espacio de reducidas dimensiones, 175,58 has., en las que no hay posibilidades de encontrar contrastes edáficos por esta causa. Los

estudios a escala de detalle sobre zonas muy concretas reducen la variabilidad de resultados que se pueden deber a este factor.

La **pendiente** es uno de los elementos del relieve que ha recibido, en todos los casos analizados, una especial atención. Para la SSS (1993) es importante clasificar el territorio en función de la pendiente, ya que ésta va a tener diferente significado en cuanto a uso y manejo del suelo.

Esta variable influye en el suelo de muy diversas formas. Por una parte, influye sobre la distribución de los suelos en el territorio. Para Dent y Young (1981) las roturas de pendiente suelen indicar límites de suelos, aunque los autores advierten que no en todos los casos suele darse esta relación. Matizando esta reflexión, quizás, más que diferentes tipos de suelos, lo que se dé con mayor frecuencia sean diferentes propiedades y estados de conservación de los mismos suelos, es decir, conservando el mismo taxón, lo que variarían son las propiedades de los suelos.

Por otra parte, la pendiente del terreno influye al determinar el comportamiento hidrológico superficial de los suelos. Este tema ya fue abordado en el apartado correspondiente al análisis y definición de los factores formadores que influyen sobre las propiedades físicas del suelo por lo que no se volverá a entrar.

La importancia de este parámetro viene avalada por las consideraciones a las que se llegó en el citado apartado por lo que parece lógica su determinación en el presente trabajo.

La **exposición**, a través de los efectos de solana y umbría, ejerce una influencia destacada tanto sobre los tipos de suelos como sobre las propiedades y características que éstos presentan. Estos aspectos, al igual que en el caso de la pendiente, ya fueron analizados en el mismo apartado anterior, por lo que no se volverá a incidir.

Como se pudo comprobar en el citado apartado, las distintas exposiciones de ladera presentan un comportamiento diferente frente a los procesos edafológicos. Todo esto condiciona que se puedan dar diferentes suelos en laderas al norte o al sur sobre materiales geológicos similares (SSS, 1993).

En relación al factor **unidades de relieve**, los autores consultados distinguen, normalmente, una serie de unidades principales: cumbre, ladera y fondo de valle. Además de éstas, también se suelen diferenciar las terrazas y los microrrelieves, en los casos en los que estas formas son frecuentes.

Todas estas unidades se suelen describir utilizando, para ello, una serie de aspectos, los cuales varían en función de las distintas unidades.

Tanto las unidades de cumbre como de fondo de valle se describen en función de la forma que presentan, como se verá en el apartado correspondiente.

Las laderas, por su complejidad, son las unidades del relieve a las que se les ha dedicado mayores esfuerzos descriptivos. Éstas se suelen analizar en términos de altura relativa, forma y longitud de la ladera.

La altura relativa de las laderas es un factor que va a tener una marcada incidencia sobre los distintos procesos que ocurren en el suelo. Así, un suelo situado a diferente posición de relieve va a condicionar comportamientos dispares frente a la erosión y deposición de materiales, condiciones de drenaje, profundidad y estacionalidad de la capa freática, entre otros.

Pennock et al. (1987) y Hall y Olson (1991) al comprobar que el movimiento y la acumulación de agua a distintas alturas es diferente, observan también diferencias en las propiedades y características de los suelos, como grosor de los epipedones, variación del contenido de carbonato cálcico a lo largo del perfil, etc.

Tudela et al. (1993) encuentran importantes diferencias en los suelos dependiendo de la altura relativa que presenten, de esta forma observan en sus investigaciones diferencias en la profundidad de los suelos y en el lavado lateral del carbonato cálcico.

Además, son numerosos los autores que ponen de manifiesto una estrecha relación entre este elemento y la calidad y composición botánica de los recursos vegetales (BASTARDO et al., 1993; RUANO et al., 1996).

Las formas de ladera determinan los procesos que tienen lugar sobre estas unidades de relieve. Concretamente, marcan una diferente susceptibilidad a la acción de los procesos erosivos, condicionando, de esta forma, las características de los suelos que se desarrollan sobre éstas.

En este sentido, Perles (1995, 1997) considera a la forma de la ladera como un factor de riesgo de pérdida de suelos, condicionando la intensidad de los procesos que se producen sobre los suelos, más concretamente los procesos de denudación o sedimentación de partículas.

La estrecha relación que existe entre forma de ladera y procesos erosivos, condiciona la propia génesis y evolución del suelo y, en síntesis, su estado actual de conservación.

Moreira (1991) define la longitud de la ladera bajo la óptica de los flujos de agua sobre la superficie, como la distancia desde el punto de origen del flujo de agua hasta el punto donde la pendiente disminuye lo suficiente como para que se produzca, bien la sedimentación de partículas en suspensión, o bien, hasta que la escorrentía llegue hasta un canal definido.

Esta variable ha sido tradicionalmente relacionada con el potencial erosivo (PERLES, 1995); sin embargo, otros autores como Moreira (1991), Neboit (1983, citado por Perles, 1995) y Torrent et al. (1983, citado por Perles, 1995) no encuentran una incidencia real en las pérdidas de suelos por incremento de la longitud de la ladera. En este sentido, Djorovic (1977, citado por Perles, 1995) se acerca a una posición intermedia al afirmar que la inclinación de la pendiente afecta mucho más a la erosión que la longitud de la misma.

La SSS (1993) considera útil, desde el punto de vista de la cartografía de los suelos, la obtención de este parámetro. Sin embargo, no se va a tener en cuenta

porque el área de estudio es homogénea en relación a este factor. La longitud media de las laderas es de aproximadamente 90 m., oscilando entre un máximo de 120 y un mínimo de 70 m.

Los elementos del relieve que se han seleccionado para analizar este factor son los siguientes:

1. Pendiente.
2. Exposición.
3. Unidades de relieve.

2.5.3. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PENDIENTE DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Perles (1995) pone de manifiesto la existencia de una importante variedad de clasificaciones de pendientes utilizadas hasta el momento.

Este hecho abre una reflexión sobre el verdadero significado de las clasificaciones que se han venido utilizando.

Parece que los autores no se ponen todavía de acuerdo en la definición de unos intervalos determinados para explicar procesos concretos, lo que significa que actualmente no está clara la relación que existe entre determinados valores de pendiente y los distintos procesos sobre los que se cree que inciden. La duda se justifica al considerar que quizás no se pueda dar un determinado valor para diferenciar zonas en las que ocurren o no unos determinados procesos.

La existencia de ciertos procesos, que se achacan normalmente a los distintos valores de pendiente, dependen, en realidad, de otros muchos factores, además de éste.

En el caso de los riesgos de pérdidas de suelos por erosión la influencia de la pendiente es evidente. Pero el hecho de que se utilice un determinado valor de pendiente para diferenciar el inicio de un proceso erosivo, debe variar en relación a los demás factores que influyen en dicho proceso. Por esta causa, sólo se justificaría el uso general de dicho valor, si el resto de los factores fuesen homogéneos: clima, vegetación, forma y longitud de la pendiente, textura, estructura y micromorfología del horizonte superficial, entre otros.

Todos estos hechos, por sí solos, desvelan la imposibilidad de ajuste de un territorio a una sola clasificación de pendientes. Valgan como ejemplos las siguientes consideraciones a las que llegan ciertos autores:

La SSS (1993) encuentra que los suelos de cultivo, en un determinado clima, sólo están libres de erosión en pendientes del 1 ó, a lo sumo, del 2%; mientras que, en las regiones tropicales húmedas ciertos suelos no están sujetos a erosión intensa incluso en pendientes superiores al 40%.

Van der Kevie (1976, citado por Van Zuidam et al., 1979) pone de manifiesto que los fenómenos erosivos no se desarrollan de igual forma en latitudes diferentes. Por ello, confecciona una clasificación de la susceptibilidad a la erosión, diferenciando intervalos de pendiente muy contrastados, para los mismos

procesos y en zonas climáticas diferentes, como los ambientes desérticos, áridos y semiáridos y las zonas templadas. Así, por ejemplo, encuentra que una erodibilidad severa se daría a más de 30, 16 y 8% de pendiente, respectivamente, para cada zona climática.

Haciendo referencia más concreta a la relación suelo-respuesta hidrológica, el factor pendiente, en relación a este hecho, tiene una importancia destacada. En este sentido, se pueden establecer tantos intervalos de pendiente como tipos de suelos en relación a su respuesta hidrológica. Esta dificultad determina que dichos parámetros haya que establecerlos en un sentido amplio, atendiendo a las características y los comportamientos medios.

Todas estas consideraciones hacen pensar que la definición de una clasificación de pendientes es un hecho muy controvertido. No hay reglas para definir intervalos concretos de pendientes que se puedan generalizar a todas las situaciones (SSS, 1993). En realidad, la definición de una clasificación concreta se debe hacer de acuerdo con los objetivos concretos de cada investigación.

En el caso de las propiedades físicas del suelo no existen, hasta el momento, unos intervalos de pendiente definidos por su diferente comportamiento frente a éstas, de ahí que, finalmente se haya optado por unos intervalos obtenidos por ajustes medios con los procesos que estos determinan, teniendo siempre presentes las salvedades consideradas.

Con el objetivo de elegir unos intervalos de pendiente adecuados a los objetivos planteados, se ha realizado una revisión bibliográfica de las clasificaciones de pendiente. Ésta aparece en el apéndice 1 de este capítulo.

Una vez que se conocen los intervalos de pendiente y los criterios utilizados por numerosos autores, se va a analizar seguidamente la clasificación que se ha propuesto en este trabajo.

Volviendo a la idea de que no se debe clasificar el territorio mediante la aplicación de intervalos que no estén suficientemente justificados, Perles (1995) contempla, en este sentido, el encubrimiento de procesos que se puede ocasionar por la agrupación de diferentes valores de pendientes.

Este hecho, unido a la dificultad, señalada anteriormente, de elección de unos intervalos concretos y justificados en función de la génesis de los procesos que se consideran, conduce a no clasificar, en un principio, el territorio en intervalos. Por esta razón y siguiendo a Perles (1995) se calculó la pendiente real de cada una de las unidades de ladera individualizadas.

Estas unidades se delimitan en el mapa topográfico a escala 1:10.000, siguiendo el criterio de agrupación de laderas con la misma distancia entre curvas de nivel y asignando a cada una de ellas el valor real de inclinación de la vertiente.

Mediante este procedimiento se obtiene un mapa en el que se puede optar por la agrupación en intervalos más adecuada en función de los objetivos planteados.

En este caso, se pretenden ajustar las clases de pendientes a los procesos hidrológicos, los cuales van a condicionar la evolución y el estado de conservación de los suelos.

Una vez elaborado dicho mapa se clasifican las pendientes del terreno por intervalos, los cuales se establecen teniendo en cuenta las características morfológicas del territorio, así como las premisas que se quieren poner de manifiesto.

Para seleccionar los límites de los intervalos de pendiente se ha utilizado el criterio seguido por Perles (1995), de combinar la media y la desviación típica de las pendientes reales de la zona de estudio.

Se ha agrupado la superficie de la zona de estudio por intervalos de pendiente, concretamente cada cinco unidades. Se calcula la media y la desviación típica para datos agrupados y se realizan las siguientes operaciones: $\bar{X} \pm \sigma$ y la $\bar{X} \pm 2\sigma$.

CUADRO 6. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LOS INTERVALOS DE PENDIENTE

INTERVALOS DE PENDIENTE	SUPERFICIE (Ha)
<5	0,58
5-10	2,82
10-15	3,20
15-20	15,86
20-25	11,20
25-30	11,18
30-35	14,52
35-40	23,42
40-45	28,52
45-50	16,68
50-55	14,54
55-60	19,00
60-65	8,82
>65	6,24
TOTAL	175,58
$\bar{X} = 40,57\%$ $\sigma = 15,14$ $\bar{X} \pm \sigma = 55,71 - 25,43$ $\bar{X} \pm 2\sigma = 70,85 - 10,29$	

Estas operaciones han permitido obtener los valores de pendiente más representativos de la zona de estudio. Los resultados se presentan en el cuadro 6 y en el gráfico 4.

Estos resultados indican que el 68% de los valores de pendiente que caracterizan al territorio se encuentran entre el 25 y el 55%; mientras que, a un 95% de probabilidad, la pendiente se encuentra entre el 10 y el 70%.

Atendiendo a estos resultados se han elegido los valores de pendiente 10%, 25% y 55% para determinar los intervalos de clase. Se ha desechado el valor 70% por no ser representativo de la zona de estudio.

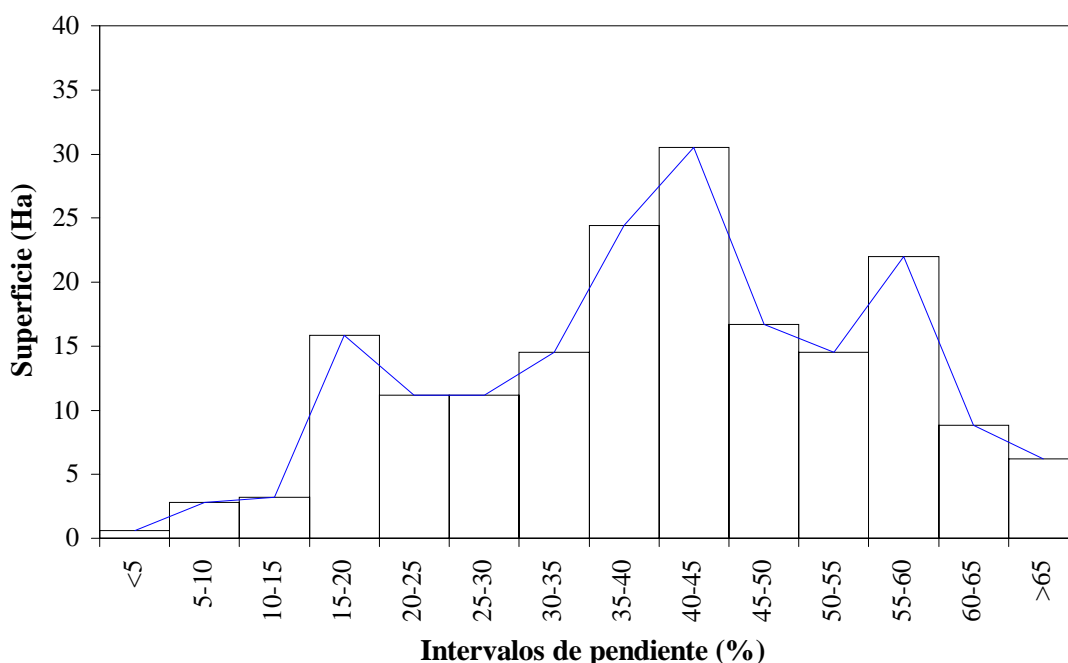
Entre el 25 y el 55% hay un recorrido elevado por lo que se ha optado por establecer un nuevo intervalo entre ambos valores, estableciendo en el 40% el límite entre ambas clases de pendiente.

En el cuadro 7 se pueden observar los intervalos que se han obtenido, junto con la superficie que representan. La representación cartográfica de las pendientes en los intervalos seleccionados se ha realizado en el mapa 3.

CUADRO 7. INTERVALOS DE CLASE DE PENDIENTE

CLASE	INTERVALOS PENDIENTE (%)	SUPERFICIE	
		Ha	%
1	<10	3,4	1,93
2	10-25	30,26	17,23
3	25-40	49,12	27,97
4	40-55	58,74	33,45
5	>55	34,06	19,39
TOTAL		175,58	100

GRÁFICO 4. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LOS INTERVALOS DE PENDIENTE



2.5.3.1. Análisis de los intervalos atendiendo a las consideraciones de la bibliografía especializada.

El primer intervalo (<10%) representa tan sólo el 1,93% de la superficie del territorio, lo que pone de manifiesto la importancia del relieve en la zona de estudio. Este intervalo se caracteriza porque:

- a) Agrupa a las 3 primeras clases de la clasificación FAO (1990): 0-2%, 2-5%, 5-10%.
- b) Aproximadamente se corresponde con las 2 primeras clases distinguidas por Dent y Young (1981): 0-4% y 4-9%.; lo mismo que Pedraza (1996) que establece en pendientes inferiores al 9% una susceptibilidad baja a la erosión. Scholz (1972, citado por Pedraza, 1996) establece entre el 4 y el 9% el inicio de la erosión en regueros y a partir del 9% el inicio de los deslizamientos y otros movimientos en masa.
- c) Coincide con la primera clase de la clasificación de Edeso et al. (1995): 0-10%.
- d) La SSS (1993) establece entre el 10 y el 16% los intervalos para diferenciar la escorrentía lenta a mediana de la escorrentía rápida.

El segundo intervalo (10-25%) agrupa al 17,23% de la superficie de la explotación ganadera y se caracteriza por los siguientes aspectos:

- a) El valor del 25% coincide con el límite entre las clases 4 y 5 de la FAO (1977): 13-25% y 25-55%; coincide con el límite entre las clases 4 y 5 de la clasificación de Icona (citado por Perles, 1996): 18-24% y 24-55%; y vuelve a coincidir también, con el límite entre las clases 4 y 5 de la USLE (citado por Edeso et al., 1995): 18-24% y 24-35%.
- b) Corresponde prácticamente con el mismo intervalo que utiliza Perles (1997): 12-25%.
- c) La SSS (1993) establece el límite entre el 20 y el 30% para diferenciar los suelos aptos para el pastoreo de los aptos para uso forestal y ocasionalmente pastoreo.
- d) Miller y Summerson (1960, citado por Fairbridge, 1968) establecen el límite de reposo del material no consolidado en un 25% de pendiente. Si como material no consolidado se considera al suelo, resulta muy interesante establecer el valor del 25% como límite de uno de los intervalos de clase que se van a utilizar.

El tercer intervalo (25-40%) agrupa al 27,97% el territorio y se caracteriza por las siguientes reflexiones:

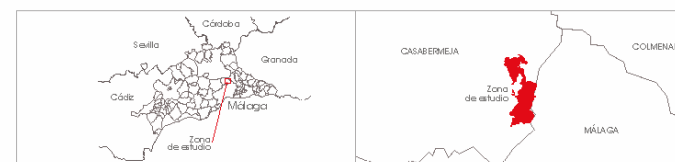
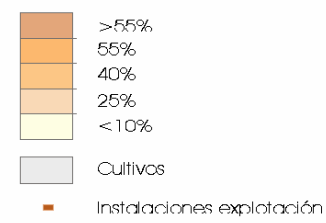
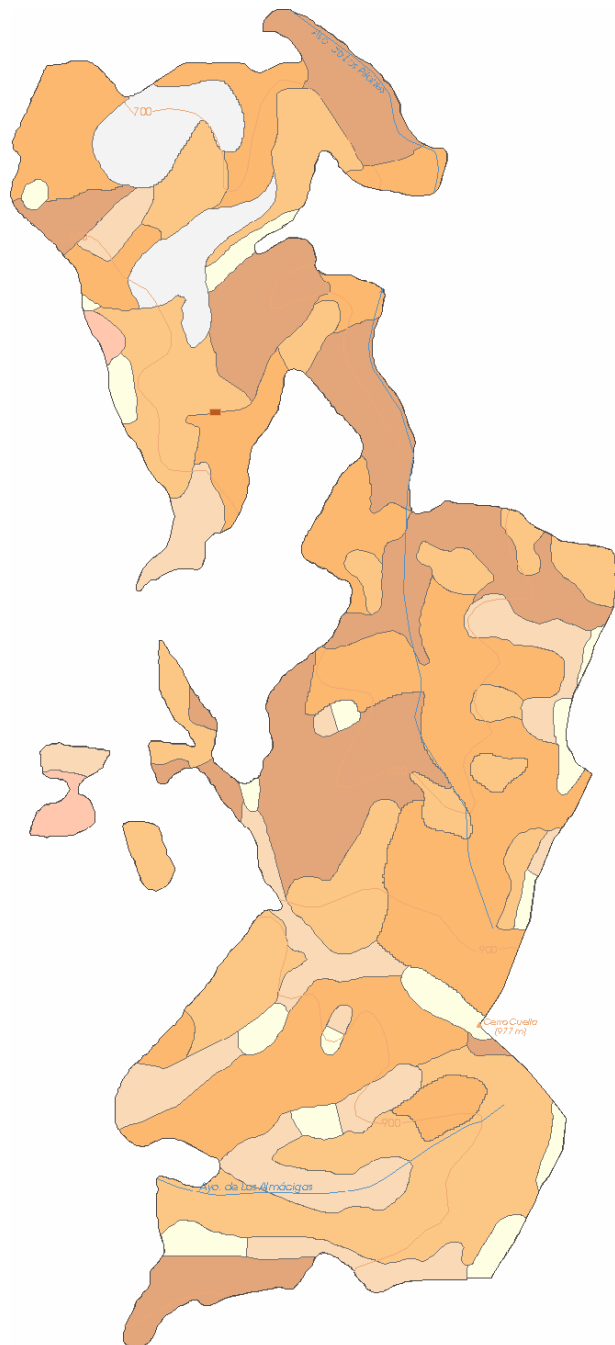
- a) Sancho (1997) establece el límite del 40% para un riesgo alto a muy alto de movimiento en masa en todos los tipos de litologías consideradas. Por debajo de este valor el riesgo es alto a medio dependiendo de los materiales.

- b) Un valor aproximado fue utilizado por Pedraza (1997). Este encuentra que la susceptibilidad a la erosión en pendientes superiores al 47% es muy alta.

Los intervalos cuarto y quinto (40-55%) (>55%), agrupan al 33,45 y 19,39% del territorio, respectivamente. En total, el 52,84% de la superficie se caracteriza por encontrarse con una pendiente superior al 40%.

Estos intervalos se caracterizan por los siguientes aspectos:

- a) El valor del 55% coincide con el límite entre las clases 5 y 6 de la FAO (1977): 25-55% y >55%; el mismo valor que utiliza Van Zuidam et al. (1979) para establecer el límite entre los intervalos 5 y 6 de su clasificación: 21-55% y 56-140%.
- b) Dent y Young (1981) establece el límite entre las clases 5 y 6 en un valor muy parecido al considerado aquí, el 58%: 33-58% y 58-100%.
- c) La SSS (1993) establece el límite entre el 45 y el 65% para diferenciar sus clases E y F. El primer caso se corresponde con suelos afectados por una escorrentía muy rápida; mientras que, el segundo, representa a los suelos ocasionalmente fértiles y con escasas potencialidades de uso.



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 3

PENDIENTES

2.5.4. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El tratamiento que le han dado los diferentes autores a este elemento del relieve es diferente según los autores consultados. Así, mientras unos no lo tienen en cuenta, otros sí que lo hacen aunque de diferente forma.

Van Zuidam et al. (1979) distingue 8 exposiciones respecto a los puntos cardinales: norte, noroeste, oeste, suroeste, sur, sureste, este y noroeste; mientras que, Dent y Young (1981) considera suficiente una descripción de la exposición general del relieve, distinguiendo, tan sólo, tres tipos de orientaciones:

- a) Relieve sin orientación preferente.
- b) Relieve ligeramente orientado.
- c) Relieve fuertemente orientado

En este trabajo se ha optado por una solución intermedia entre los dos criterios citados. Se ha resumido la clasificación de Van Zuidam et al. (1979) y se ha pasado de delimitar las exposiciones intermedias a agruparlas en los cuatro puntos cardinales.

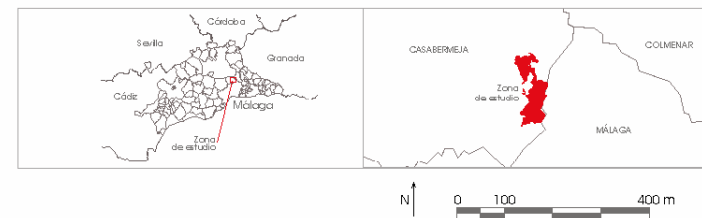
Se han distinguido 4 exposiciones, junto con la referencia “indefinida” para indicar que las zonas de cumbre, por su planitud, no tienen una orientación preferente:

- a) Indefinida: zona sin orientación preferente.
- b) Norte: de 315° NO a 45° NE.
- c) Este: de 45° NE a 135° SE.
- d) Sur: de 135° SE a 225° SO.
- e) Oeste: de 225° SO a 315°NO.

La representación cartográfica de este elemento del relieve (mapa 4) pone de manifiesto que la zona de estudio se caracteriza por dos hechos muy concretos. Por una parte, un desarrollo principalmente meridiano y, por otra, una macroexposición de umbría, al situarse en la cara norte de los Montes de Málaga. Estas dos características motivan que las exposiciones este y oeste, junto con la norte, sean las más abundantes. Las áreas con orientación sur son escasas y se concentran al sur de la propia explotación ganadera; mientras que, las zonas indefinidas se reparten puntualmente por toda la zona de estudio, sin una localización preferente.



- Norte
- Sur
- Este
- Oeste
- Cultivos
- Indefinida (cumbre)
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 4

2.5.5. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE RELIEVE DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Las unidades del relieve que se van a distinguir son las siguientes:

- a) Unidades de cumbre: cumbres de lomas y cumbres de interfluvios secundarios.
- b) Unidades de ladera.
- c) Unidades de fondo de valle.

Dentro de las unidades de cumbre se van a distinguir entre cumbres de lomas y cumbres de interfluvios secundarios.

Las primeras son las cumbres de los lomos de elefante. Corresponden, bien con los niveles de cumbre del antiguo anticlinorio alpino, o bien con los antiguos niveles de aplanamiento de los arroyos que disectan la zona de estudio. Se trata de zonas llanas o con una pendiente muy reducida (<10%).

Las cumbres de los interfluvios secundarios se diferencian de las unidades anteriores por dos criterios, uno morfológico y el otro relativo a la pendiente.

Desde el punto de vista morfológico estos interfluvios secundarios son también lomos de elefante pero, a diferencia con el caso anterior, éstos forman parte de una unidad mayor.

Desde el punto de vista de la pendiente que registran, estas unidades se van a diferenciar de las primeras porque van a presentar una pendiente superior al 10% e inferior al 40%. El primer límite las va a diferenciar de las cumbres de lomas y el segundo de las unidades de ladera.

Todas las unidades se van a describir en función de la forma que presentan.

Las unidades de cumbre se diferencian por su forma redondeada, plana o angular (DENT y YOUNG, 1981).

Las unidades de fondo de valle se van a describir, distinguiendo entre fondos de valle abierto, en forma de U y en forma de V (VAN ZUIDAM et al., 1979; PORTA et al., 1999), lo que equivale a las formas plana, redondeada y angular, respectivamente, de Dent y Young (1981).

Las laderas se van a analizar atendiendo a la altura relativa y a la forma.

En relación a la altura relativa, se distingue entre ladera alta o somital, media o central y baja o basal (RUHE, 1960, citado por Hall y Olson, 1991; VAN ZUIDAM et al., 1979; DENT y YOUNG, 1981; PENNOCK et al., 1987; PORTA et al., 1999).

Sin embargo, no existe un procedimiento eficaz para delimitar estos elementos sobre el mapa por lo que se ha optado por no representarlos cartográficamente, aunque sí se tendrán en cuenta en todas las fases de muestreo, con el objetivo de poner de manifiesto la influencia de este aspecto del relieve, bien, sobre la diferenciación de taxones de suelos, o bien, sobre la diferenciación de propiedades y características particulares que éstos pueden presentar.

En lo que respecta a la forma se pueden distinguir dos sistemas de clasificar las laderas. La primera es aquella en la que se distingue tan sólo las formas del perfil, es decir, la forma que presenta el tramo longitudinal, desde la parte somital hasta la parte basal (RUHE, 1960, citado por Hall y Olson, 1991; VAN ZUIDAM et al., 1979; DENT y YOUNG, 1981; PORTA et al., 1999); mientras que, la otra es la que combina las formas longitudinales y transversales de la ladera, diferenciándose, por tanto, el perfil y el contorno. Ambas se describen usando los términos cóncavo, convexo, rectilíneo y mixto (PENNOCK et al., 1987; HALL y OLSON, 1991).

La clasificación elegida es la segunda y se justifica por criterios hidrológicos, ya que las formas que se distinguen tienen importantes implicaciones sobre los flujos de agua en los suelos de las laderas (HALL y OLSON, 1991).

La leyenda del mapa de unidades de relieve (mapa 5) es numérica y el significado de estos códigos se puede interpretar en el cuadro 8.

CUADRO 8. UNIDADES DE RELIEVE DIFERENCIADAS POR SU FORMA.

UNIDADES	FORMA		CÓDIGO MAPA	AGRUPAMIENTO
	CONTORNO	PERFIL		
CUMBRE LOMA	-	-	1	1
CUMBRE DE INTERFLUVIO SECUNDARIO	Convexo	Convexo	2	
		Cóncavo	3	
		Convexo-cóncavo	4	
LADERA	Convexo	Convexo	5	2
		Cóncavo	6	
		Rectilíneo	7	
	Cóncavo	Convexo	8	3
		Cóncavo	9	
		Rectilíneo	10	
	Rectilíneo	Rectilíneo	11	4
	Cóncavo-convexo	Cóncavo	12	5
		Rectilíneo	13	

La combinación de formas ha dado lugar a un total de 13 tipos diferentes, agrupados en torno a las unidades de cumbre y las de ladera.

Las unidades de relieve de fondo de valle presenta forma de V, por lo que se trata de zonas con escaso desarrollo transversal. Hecho que no ha permitido su representación cartográfica a la escala de trabajo utilizada. Estas zonas, además, tienen un escaso interés para los objetivos de este trabajo porque se trata de unidades exportadoras de materiales en las que el sustrato litológico se encuentra aflorante.

Las unidades de cumbre de loma se caracterizan, en su totalidad, por una forma eminentemente redondeada, por lo que se ha obviado en la cartografía todo tipo de referencia a este aspecto.

Las cumbres de interfluvios secundarios presentan, obviamente un contorno convexo y un perfil que puede ser convexo, cóncavo o mixto, predominando en este último caso las formas convexo-cóncavas.

Las laderas son las unidades que presentan una mayor complejidad. Las formas del contorno varían entre convexas, cóncavas, rectilíneas y mixtas, concretamente cóncavo-convexas; mientras que, el perfil puede variar entre formas convexas, cóncavas y rectilíneas.

Dentro de las unidades de cumbre las 3 primeras son las predominantes, aunque su importancia se reduce considerablemente si se compara con las unidades de ladera. Este hecho hace que la zona de estudio se caracterice por un paisaje de laderas, predominando, sobre todo, las que presentan tanto un contorno como un perfil convexas, relegando a las demás a una presencia mucho más reducida. El mapa 5 del apéndice cartográfico corresponde con el mapa de unidades de relieve.

El mapa 5 presenta las 13 unidades distinguidas; sin embargo, para su posterior tratamiento en la realización del mapa de unidades ambientales homogéneas, el citado mapa se ha homogeneizado debido a que presenta una elevada variedad de casos.

Para ello, las 13 clases iniciales se han reagrupa en 5, utilizando como criterio la forma del contorno de las laderas. Se ha seguido, en este sentido, a Pennock et al. (1987). Este autor identifica 7 formas de relieve en función de un patrón complejo de movimiento del agua en las laderas. Los elementos del relieve que le sirven para distinguir este diferente comportamiento son tanto la altitud relativa como la forma del contorno de la ladera, distinguiendo las formas convergentes de las divergentes y rectilíneas, lo que equivale, respectivamente, a las formas cóncavas, convexas y rectilíneas, que se han a utilizado en este trabajo.

La primera clase distinguida agrupa a las 4 primeras precedentes, constituyendo una unidad de cumbre en la que varían las formas del perfil de la ladera, entre convexo, cóncavo y mixto.

La segunda agrupa a las primigenias clases 5, 6 y 7. Se caracteriza por ser una unidad de ladera que mantiene constante la forma del contorno convexo y variable la forma del perfil, entre convexo, cóncavo y rectilíneo.

La tercera agrupa a las antiguas clases 8, 9 y 10. Esta nueva unidad es como la anterior pero, en este caso, con un contorno de forma cóncava.

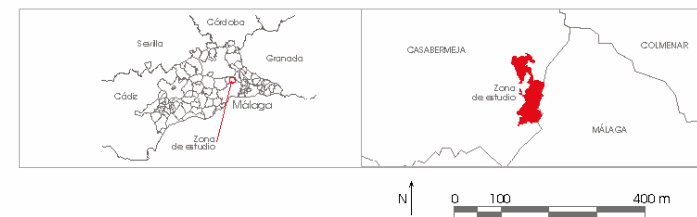
La cuarta corresponde con la unidad 11 anterior. Ésta se caracteriza por ser una unidad de ladera, de contorno y perfil rectilíneos.

La quinta y última agrupa a las clases precedentes 12 y 13. Es una unidad de ladera con contorno de forma mixta (cóncavo-convexo) y de perfil variable, entre cóncavo y rectilíneo.



UNIDADES	FORMA		
	CONTORNO	PERFIL	
CUMBRE LOMA	-	-	1
CUMBRE DE INTERFLUVIO SECUNDARIO	Convexo	Convexo	2
		Cóncavo	3
		Convexo-cóncavo	4
LADERA	Convexo	Convexo	5
		Cóncavo	6
		Rectilíneo	7
	Cóncavo	Convexo	8
		Cóncavo	9
		Rectilíneo	10
	Rectilíneo	Rectilíneo	11
	Cóncavo-convexo	Cóncavo	12
		Rectilíneo	13

- C-E Cultivos
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 5

2.6. LA VEGETACIÓN.

2.6.1. LA IMPORTANCIA DE LA VEGETACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA DE SUELOS.

En cartografía de suelos, con objetivos específicamente de descripción y distribución de los suelos en el espacio, se presta una especial atención al estudio de la vegetación.

Este elemento del medio físico cumple dos funciones muy importantes; por una parte, no hay que olvidar que es, en si misma, uno de los factores formadores del suelo. En este sentido, Birkeland (1984) advierte que la importancia del factor vegetación en la edafogénesis es difícil de evaluar debido a que ésta depende tanto del clima como del propio suelo.

Por otra parte, este factor permite delimitar con precisión los límites de las unidades de suelos, ya que normalmente existe una excelente correlación entre las asociaciones naturales de vegetación y los tipos de suelos (SSS, 1993). Dent y Young (1981) matizan esta relación diciendo que si la vegetación no ha sido alterada por el hombre puede servir como guía para la cartografía de suelos porque ésta, normalmente, responde a las diferencias de humedad, profundidad, reacción, salinidad y otras propiedades del suelo.

Por esta causa, la vegetación natural, a través de la presencia de especies indicadoras, se puede utilizar como fuente de información sobre las características de los suelos (DENT y YOUNG, 1981; PORTA et al., 1999).

Para Dent y Young (1981) y para el Soil Survey Staff (1993) el estudio de la vegetación con objetivos edáficos se debe hacer en los siguientes términos:

- a) Descripción de las asociaciones vegetales, aludiendo, además, a las especies con mayor dominancia y a la importancia relativa de cada uno de los estratos de vegetación.
- b) Cuantificación de las coberturas de los estratos arbóreos, matorral y herbáceos.

En relación a los objetivos específicos planteados en este trabajo, hay que considerar que la vegetación es uno de los factores ambientales con implicaciones más importantes sobre los parámetros físicos del suelo, como ya se puso de manifiesto en el capítulo dedicado al análisis del mapa de suelos al nivel de fase.

La cartografía de la vegetación debe realizarse siguiendo las pautas marcadas en dichas reflexiones, las cuales, a grandes rasgos, coinciden con las mismas premisas que se suelen estudiar para la representación cartográfica de los suelos con objetivos generales, aunque, en este caso, se prestará más atención a ciertos parámetros vegetales por su especial incidencia sobre los objetivos marcados.

Las características de orden cuantitativo que se relacionan con estos objetivos son las siguientes:

- Estructura de la vegetación. Se diferencian los estratos arbóreos, matorral y herbáceos.
- Cobertura total (%). Se refiere al grado de recubrimiento del suelo, distinguiéndose entre formaciones dispersas, abiertas y cerradas.
- Cobertura de los diferentes estratos de vegetación: arbolado, matorral y herbáceas (%).

Existen diversos métodos de clasificación de la vegetación. Por una parte, los que dan prioridad a los aspectos formales o fisionómicos y, por otra, los que se basan en la composición florística. Un método intermedio es el que se basa en las especies dominantes.

Todos ellos son igualmente válidos para el estudio de la vegetación y utilizar uno u otro depende de la finalidad, características de la vegetación y escala de trabajo, entre otros motivos (FERRERAS y FIDALGO, 1991).

Las clasificaciones basadas en el estudio florístico de la vegetación utilizan un método de aproximación que conduce al estudio de las comunidades y asociaciones vegetales, es decir a la fitosociología; mientras que, las clasificaciones basadas en la estructura de la vegetación utilizan los criterios fisionómicos: estratos herbáceos, caracteres de las hojas, etc.

La clasificación que se ha utilizado es estructural, porque, si bien los criterios florísticos son los utilizados para clasificar la vegetación desde el punto de vista de la alimentación del ganado, los objetivos de este trabajo, al partir de planteamientos edáficos, requieren un análisis de la vegetación bajo esta perspectiva.

El estudio de la vegetación debe atender a los objetivos particulares planteados en este trabajo, concretamente el análisis de las propiedades físicas del suelo.

Por esta razón, el estudio de la vegetación se ha realizado distinguiendo las formas de organización de las plantas en relación a su estratificación vertical, para lo cual se diferencian las formaciones por su predominio arbóreo, matorral o herbáceo y todas las combinaciones posibles entre estratos. Esta primera relación se completa con información referente a las tasas de cobertura de cada estrato y el grado de estratificación horizontal.

En relación a la cobertura se ha utilizado la clasificación propuesta por Van Zuidam et al. (1979). Esta se compara con la, siempre utilizada, clasificación de Margalef (1974, citado por CEOTMA, 1998), para apreciar que la única diferencia estriba en los límites de clase de los dos primeros intervalos (cuadro 9).

En relación a la estratificación horizontal de la vegetación se han utilizado los criterios de orden cualitativo establecidos por el CEOTMA (1998), debido a que las pautas que se utilizan son fácilmente observables en el campo, sin necesidad de utilizar métodos cuantitativos (cuadro 10).

CUADRO 9. CLASIFICACIONES DE COBERTURA VEGETAL.

MARGALEF (1974)		VAN ZUIDAM ET AL. (1979)	
GRADO	COBERTURA(%)	GRADO	COBERTURA(%)
1	<5	1	<10
2	2-25	2	10-25
3	25-50	3	25-50
4	50-75	4	50-75
5	>75	5	>75

CUADRO 10. IDENTIFICACIÓN DEL GRADO DE ESTRATIFICACIÓN HORIZONTAL DE LA VEGETACIÓN SEGÚN CEOTMA (1998)

GRADO ESTRATIFICACIÓN HORIZONTAL	CRITERIOS CUALITATIVOS DE IDENTIFICACIÓN
Cerrada	Cuando los individuos tienen algún contacto entre si.
Abierta	Cuando existe espacio entre los individuos.
Dispersa	Cuando hay gran cantidad de espacio sin vegetación entre los individuos de la comunidad.

Una vez establecidas las unidades estructurales se pueden hacer estudios florísticos, pero esta fase no tiene ningún interés práctico porque se aparta de los objetivos planteados, aunque en el futuro está previsto realizar algún tipo de estudio relacionado con este tema y con la colaboración de expertos en fitosociología.

Los criterios que estas clasificaciones suelen utilizar están más o menos asociados a los factores del medio. Este método de aproximación conduce al estudio de las formaciones vegetales, constituyendo ésta la unidad fisionómica de la clasificación. Estos conceptos se definen de la forma que se detalla a continuación.

Se denomina *formación vegetal* a las unidades de vegetación reales, cartografiables, que se reconocen fácilmente por un biotipo dominante o por varios biotipos (CEOTMA, 1998).

La *unidad fisionómica* es una noción que describe a un objeto geográfico que se inscribe en el paisaje, presenta unos límites bien definidos y se puede correlacionar con los demás elementos del medio (FERRERAS y FIDALGO, 1991). Se emplea este término porque cada formación se define por las propiedades de la vegetación, pudiéndose añadir incluso las características del medio para ampliar las descripciones.

2.6.2. LA REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VEGETACIÓN. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

La metodología de trabajo para el estudio y cartografía de la vegetación consta de 4 fases, las cuales se detallan a continuación y se analizan seguidamente.

- a) Fase de fotointerpretación.
- b) Fase de trabajo de campo: muestreo.
- c) Fase de gabinete y análisis estadístico.
- d) Fase de comprobación.

2.6.2.1. Fase de fotointerpretación.

La fotografía aérea es la fuente de información utilizada en esta primera fase. Los fotogramas utilizados son del año 1992 y tienen una escala 1:20.000. Esta delimitación se ha realizado sobre la base topográfica a escala 1:10.000 que se ha venido utilizando en el resto de las representaciones cartográficas.

Se es consciente del desfase que existe entre ambas escalas pero la imposibilidad de obtener una fotografía aérea de mayor detalle ha provocado que finalmente se haya tenido que optar por trabajar en dichas condiciones.

La delimitación provisional de las unidades o manchas de vegetación que se consideran homogéneas se ha realizado a partir de criterios estructurales y grado de estratificación horizontal.

Se han diferenciado 3 formaciones vegetales compuestas por distintas combinaciones de arbolado⁷ y matorral junto con una sola de pastizal. En cuanto a la estratificación horizontal, la fotografía aérea a la escala utilizada no permite disponer de un grado de precisión tan elevado como para distinguir las 3 clases citadas en el cuadro 10. Por este motivo se han diferenciado 2 de ellas, la cerrada y la abierta.

Se han delimitado, por tanto, 4 grandes unidades que pasan a ser 6 si se diferencian por el grado de estratificación horizontal (cuadro 11).

Dentro de algunas de las asociaciones vegetales distinguidas se han podido observar por fotointerpretación distintas tonalidades. Por ello, se ha realizado, paralelamente a la diferenciación general de unidades, una nueva subdivisión en función de dichas variaciones

Estas distintas tonalidades intrínsecas se pueden deber a diferencias de cobertura herbácea pero su identificación exacta se realizará en la fase de muestreo. Por ello, las nuevas parcelas que se han delimitado en trazo discontinuo, conservan el mismo código que se asignó al conjunto de la asociación vegetal, a la espera de efectuar la fase de muestreo en la que se podrán analizar las posibles causas.

⁷ Con el término arbolado se indica la presencia de masas de encinar y encinar-alcornocal que, al no ser identificables por fotointerpretación, se ha optado por emplear el citado término ambiguo.

**CUADRO 11. ESQUEMA DE UNIDADES
RESULTANTES DEL PROCESO DE FOTOINTERPRETACIÓN**

Nº	ESTRUCTURA VEGETAL	ESTRATIFICACION HORIZONTAL
1	I. Arbolado con matorral	Abierto
2	II. Matorral con arbolado	Cerrado
3		Abierto
4	III. Matorral sin arbolado	Cerrado
5		Abierto
6	IV. Pastizal	-

Una vez terminada la fotointerpretación del área de estudio y antes de comenzar con la fase de muestreo, se realiza una serie de reconocimientos previos del territorio sobre las distintas unidades preestablecidas con el objetivo de observar la variabilidad interna de cada una de ellas. En los casos en los que se han observado notables diferencias se han separado, formando nuevas parcelas que se han reagrupado en alguna de las 6 unidades diferenciadas.

El resultado obtenido es un mapa borrador de vegetación (mapa 6.1) compuesto por 6 unidades al nivel de estratificación horizontal que se encuentran desagregadas en un total de 50 polígonos. Cada uno ellos tiene asignado un código que hace referencia a una leyenda provisional.

2.6.2.2. Fase de trabajo de campo: muestreo.

El sistema de muestreo utilizado es el estratificado, ya que se parte de la estratificación que se estableció en la fase anterior, al haber delimitado las unidades homogéneas mediante criterios fotointerpretativos.

El trabajo de campo se aborda estableciendo diversos itinerarios en los que se cubren todas las unidades delimitadas.

Se ha utilizado el método del transecto para el muestreo de la vegetación. Es un método de muestreo lineal, por lo que carece de superficie real, pero es muy apropiado para los objetivos que se persiguen, ya especificados anteriormente.

Los métodos de muestreo mediante transectos son los que normalmente se emplean en las evaluaciones de ofertas forrajeras, selvicultura y evaluación forestal. Es además, un método que se adapta bien a los estudios de comunidades de matorral y resulta relativamente fácil de aplicar (HIDALGO, 1993).

El método elegido es el “line Intercept”, desarrollado por Canfield y adoptado por Hidalgo (1994) y Pinilla et al. (1995), el primero, en sus estudios sobre recursos apícolas en la Sierra de Mijas, contabilizando la cobertura de las especies y, el segundo, en la realización del reconocimiento de la vegetación del P.N. Sierra de Hornachuelos, estudiando unidades de vegetación.

El método “line intercept” consiste en medir, utilizando una cinta métrica, la distancia en línea recta ocupada por cada especie interceptada por la cinta. El procedimiento de muestreo sigue las pautas que se detallan a continuación:

- a) Se sitúa una cinta métrica a la altura del matorral.
- b) La cinta métrica se coloca en el sentido de la pendiente.
- c) Se hacen las siguientes anotaciones:
 - Inicio y final, en centímetros, de la distancia que ocupan cada una de las especies vegetales que quedan bajo la cuerda.
 - Estrato al que pertenece la especie: arbóreo, matorral o pasto y la especie a la que pertenece. Los estratos de arbolado y de matorral son fácilmente identificables; mientras que, las especies del estrato herbáceo, por el elevado número de especies diferentes y la necesidad de ser especialista no se han podido identificar. De todas formas, hay que señalar que este no es el objetivo del estudio, siendo suficiente con determinar la cobertura herbácea.
 - Altura de las especies interceptadas.
 - Perímetro del tronco a la altura del pecho, sólo para el caso de los árboles.

Con el objetivo de elegir la longitud de los transectos y la intensidad y el tamaño del muestreo se han efectuado varias consultas previas a especialistas que han trabajado con este método.

La longitud del transecto es de 20 metros, con ciertas matizaciones, como se verá más adelante. Esta distancia se ha considerado adecuada para estudiar unidades de vegetación preferentemente de matorral.

Se considera suficiente para el estudio de la vegetación a escala 1:10.000 una intensidad de muestreo de 25 a 50 transectos de vegetación por cada 100 has., dependiendo dicha cifra de la heterogeneidad vegetal de la zona de estudio. El tamaño de la muestra dentro de cada unidad sigue dependiendo, obviamente, de la variabilidad vegetal intrínseca, estimándose que, como mínimo éste ha de ser de, al menos, 3 transectos por unidad de fisionómica de vegetación.

En el caso de la presente investigación se ha optado por una intensidad intermedia por lo se ha elegido un total de 35 transectos por cada 100 has.

El tamaño de la muestra para cada unidad de vegetación distinguida en la fase de fotointerpretación se ha establecido en función de la superficie que representan (cuadro 12). Finalmente, se ha realizado un redondeo al alza en las unidades más pequeñas, asignando como mínimo 3 transectos por unidad, por lo que el número total de éstos asciende a 64.

El muestreo se ha llevado a cabo a finales de primavera y principios del verano. En la elección de esta fecha hay que tener en cuenta que la mayor parte del territorio está compuesto por un matorral serial, cuya cobertura permanece estable a lo largo del año, siendo el estrato herbáceo el que experimenta las variaciones más importantes. Debido a esta causa se ha considerado adecuado muestrear en un período intermedio como el señalado anteriormente. Así se

consigue cubrir el momento de transición entre el período de máxima cobertura vegetal y el período crítico estival.

CUADRO 12. TAMAÑO DEL MUESTREO EN CADA UNIDAD.

UNIDAD	SUPERFICIE		Nº transectos/unidad	Redondeo al alza. Total nº transectos
	Ha	%		
1	5,62	3,20	1,95	3
2	13,02	7,41	4,52	5
3	40,72	23,19	14,14	14
4	26,78	15,25	9,30	9
5	85,40	48,63	29,67	30
6	4,04	2,30	1,40	3
TOTAL	175,58	100	61	64

En los transectos se han diferenciado el estrato herbáceo cubierto por los estratos superiores del descubierto porque la cobertura real de herbáceas, ya sean cubiertas o no por el matorral, es uno de los parámetros que van a tener una mayor incidencia sobre las propiedades físicas del suelo, siendo éste el interés principal de su cuantificación. Este hecho ha provocado que la longitud real del transecto no tenga los 20 m. especificados anteriormente. Por tanto, se debe aclarar que esta longitud ha sido variable, dependiendo de la cuantía de cobertura herbácea bajo el matorral.

Se ha confeccionado una plantilla de muestreo, cuyo modelo aparece en el apéndice correspondiente.

2.6.2.3. Fase de gabinete y análisis estadístico.

En esta fase se analiza la información recogida en cada uno de los transectos. Para ello, se realiza una base de datos geo-referenciada con el borrador de campo. El análisis estadístico se ha efectuado utilizando el software SPSS 8.0.

Las técnicas que se han utilizado son las habituales medidas de tendencia central y de dispersión, concretamente han sido la media, desviación típica, coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos.

2.6.2.4. Fase de comprobación.

En esta última fase, se realizan nuevas salidas al campo en las que se establecen una serie de itinerarios para comprobar los resultados obtenidos en la fase anterior.

Los objetivos son, por una parte, corregir los posibles errores que se hayan podido originar en la caracterización de unidades de la fase previa y, por otra parte, comprobar los límites entre unidades.

Una vez concluida esta etapa se puede considerar que se obtiene el documento cartográfico definitivo (mapa 6.2) junto a la leyenda que se asocia al mismo.

Para concluir, citar tan sólo que, del análisis conjunto de la metodología se desprende que han sido 2 las herramientas fundamentales de trabajo: la fotointerpretación y el trabajo de campo.

2.6.3 EL MAPA DE VEGETACIÓN Y LAS UNIDADES FISIONÓMICAS RESULTANTES.

Las unidades fisionómicas que se han distinguido se denominan atendiendo, en primer lugar, al nombre de la estructura vegetal que lo caracteriza y, en segundo lugar, se expresa la importancia de la cobertura herbácea. Esta última referencia se hace debido al especial interés que tienen las comunidades de pastizal sobre las propiedades de los suelos (SAN MIGUEL et al., 1996).

Se ha utilizado para clasificar la cobertura herbácea la misma escala utilizada en el caso de la cobertura total. El resultado se esquematiza en el cuadro 13.

CUADRO 13. CLASIFICACIÓN DE LA COBERTURA HERBÁCEA

GRADO	COBERTURA HERBÁCEA (%)	DENOMINACIÓN
1	<10	Muy baja
2	10-25	Baja
3	25-50	Media
4	50-75	Elevada
5	>75	Muy elevada

Se han distinguido 7 unidades fisionómicas, una más que en el mapa base de vegetación porque se han diferenciado dentro de las unidades de matorral abierto a cerrado dos coberturas herbáceas bajas, una de <10% y otra entre el 10 y el 25%. Las unidades distinguidas se relacionan a continuación:

- a) Unidad 1. Encinar abierto a cerrado con cobertura herbácea baja (10-25%).
- b) Unidad 2. Matorral abierto a cerrado con encinas dispersas y cobertura herbácea media (25-50%).
- c) Unidad 3. Matorral abierto a cerrado con cobertura herbácea media (25-50%).
- d) Unidad 4. Matorral abierto con cobertura herbácea media (25-50%).
- e) Unidades 5 y 6. Matorral abierto a cerrado con cobertura herbácea baja (10-25%) y (<10%).
- f) Unidad 7. Pastizal con matorral abierto y cobertura herbácea muy elevada (50-75%).

Las unidades fisionómicas diferenciadas se han analizado siguiendo los 3 epígrafes siguientes:

- a) Características cuantitativas.
- b) Variabilidad de comunidades vegetales.
- c) Distribución espacial.

En el primero de los epígrafes se describen todos aquellos parámetros vegetales de orden cuantitativo que van a caracterizar e individualizar a cada una de las unidades. Se han incluido dos técnicas para medir la dispersión de las muestras, la desviación típica y el coeficiente de variación. En relación a esta última técnica se ha empleado durante el comentario el mismo criterio que utiliza Martínez (1996) a la hora de expresar los resultados de forma cualitativa: a) variabilidad baja ($CV < 10\%$); b) variabilidad media ($CV = 10-50\%$); c) variabilidad alta ($CV > 50\%$).

En el segundo epígrafe se analiza la variabilidad de comunidades vegetales que se pueden observar en la unidad⁸. Por último, en el tercero, se indica la distribución espacial de la unidad, atendiendo a las características de exposición, relieve, litología, etc.

A continuación se analizan cada una de las unidades distinguidas.

UNIDADES DE BOSQUE.

UNIDAD 1. ENCINAR ABIERTO A CERRADO CON COBERTURA HERBÁCEA BAJA (10-25%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha, %)		5,62 has (3,20%)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	90,89	37,03	33,00	20,84
σ	6,09	6,62	9,56	12,96
CV (%)	6,70	17,89	28,98	62,22
Maximo (%)	100	45,50	42,71	34,74
Minimo (%)	83,70	30,18	22,89	3,74

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura total del 90%, oscilando entre el 83 y el 100%. Tanto la desviación típica como el coeficiente de variación son reducidos, lo que atestigua la elevada homogeneidad de cobertura total existente en la unidad.

⁸ Se citan las especies arbóreas, arbustivas y de matorral, excepto las herbáceas que se enumeran únicamente al final.

La proporción de cobertura herbácea es reducida, ya que asciende al 20% y varía entre el 3 y el 34%, siendo su coeficiente de variación bastante elevado, lo que significa que existe una elevada variabilidad en cuanto a la proporción de cobertura herbácea existente en las distintas parcelas de la unidad.

El estrato arbóreo ocupa una superficie media del 37% y suele oscilar entre el 30 y el 45%, la desviación típica no es muy elevada y el coeficiente de variación es característico de una variabilidad de tipo medio. La proporción de matorral que existe en la unidad asciende al 33%, fluctuando entre el 22 y el 42%, tanto la desviación típica como el coeficiente de variación son algo más elevados que en el caso anterior, aunque la variabilidad sigue siendo media.

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

La vegetación climácica de esta zona es el encinar termófilo con alcornoques (NIETO et al., 1991), de ahí que la encina (*Quercus rotundifolia* L.) sea la especie dominante en los retazos de bosque que todavía subsisten, acompañándoles a éstas algunos ejemplares de alcornoques (*Quercus suber* L.).

Las encinas son generalmente maduras y de gran porte, aunque no faltan los ejemplares jóvenes que llegan a predominar en ciertas parcelas, principalmente las que sufrieron algún tipo de aprovechamiento agrícola, más o menos reciente; o bien, las que se caracterizan por un suelo de escasa profundidad y frecuentes afloramientos rocosos. En estos casos, las encinas se caracterizan por las siguientes dimensiones: 1 a 3 m. de altura y 20 a 80 cm. de perímetro del tronco. Por otra parte, en los ejemplares más maduros, por sus elevadas dimensiones, no ha sido posible tomar in situ las medidas correspondientes.

Bajo esta cubierta arbórea se desarrolla, en ciertos casos, un coscojar de sustitución del encinar muy degradado, compuesto principalmente por coscojas (*Quercus coccifera* L.) y espino albar (*Crataegus monogyna* Jacq.). A un nivel inferior se encuentra un matorral dominado por la jara estepa (*Cistus albidus* L.), aunque, en algunos tramos, este predominio se vea restado por la aulaga (*Ulex parviflorus* Pourret). De forma general, la jara estepa se suele asociar con la aulaga y la bolina (*Genista umbellata* (L'Her.) Poiret), formando asociaciones mixtas de aulagar-jaral de jara estepa y bolinar-jaral de jara estepa.

Se pueden observar otras especies de matorral, aunque ya menos frecuentes. Destacan los matagallos (*Phlomis purpurea* L.), cantuesos (*Lavandula stoechas* L.) y torviscos (*Daphne gnidium* L.). También son esporádicas las manchas de brotes de encinas, llegando a ser frecuentes en ciertos tramos.

En algunas parcelas todavía subsisten algunos pies de olivos, prueba fehaciente de un pasado agrícola intenso.

Resumiendo, esta formación se puede considerar el típico bosque mediterráneo, aunque se encuentra seriamente degradado, conservando todavía los rasgos típicos del bosque esclerófilo: formación boscosa de escasa altura, 10-15 m., prácticamente monoespecífica a nivel arbóreo a no ser que aparezcan los ejemplares de alcornoques residuales que todavía subsisten, conserva aún una cierta riqueza de especies en los estratos arbustivos y subarbustivos; mientras que, como en el típico bosque mediterráneo, el estrato herbáceo está poco desarrollado.

c) Distribución espacial.

Se localiza de forma aislada en ciertas cumbres de lomas y rellanos con pendiente suave y en exposiciones de umbría. La litología en la que se dan es tanto silíceo-calcareo. La superficie de esta unidad es de 5,62 has., lo que representa el 3,2% de la superficie total, de ahí que en ningún caso alcance grandes superficies.

En algunas parcelas y sobre rellanos de reducida pendiente, se observan unos suelos de escasa profundidad, lo que unido a la elevada cantidad de afloramientos rocosos ha provocado que estas unidades estuvieran protegidas del arado. Estas deficiencias para la agricultura ha motivado que estas zonas hayan permanecido como rodales aislados de bosque.

En este sentido, hay que destacar la enorme capacidad de asentamiento de las encinas. Estos árboles rústicos son capaces de vivir en condiciones extremas de disponibilidad de suelos.

En el caso de que el sistema radicular se vea afectado por estos factores limitantes, las plantas tienen lo que se conoce como “capacidad de crecimiento compensatorio”, es decir se produce mayor crecimiento de la parte del sistema radicular que está situado en la parte del suelo más favorable. Esta facultad de las plantas puede llegar a compensar un crecimiento global reducido y el crecimiento de la parte aérea no se ve afectado (PORTA et al., 1999).

Las dos formas constatadas en la zona de estudio son las siguientes:

- a) Las raíces se extienden verticalmente hasta donde termina el suelo y pasan a tener un desarrollo horizontal a partir de ese punto.
- b) Las raíces aprovechan los diques de diabasas. Estas rocas intrusivas están muy alteradas al encontrarse en la superficie y, por ello, son fácilmente penetrables por las raíces.

En ciertas parcelas, las encinas, en su mayor parte jóvenes comparten el espacio con antiguos cultivos de olivar. Esta situación pone de manifiesto una rápida regeneración de la vegetación mediterránea tras el abandono del cultivo. Esta circunstancia se observa más claramente en zonas de ladera baja donde se ha producido una acumulación generalizada de materiales procedentes de las partes altas de la ladera, paliando así la degradación edáfica a la que ha estado sometida durante su pasado agrícola.

UNIDADES DE MATORRAL.

UNIDAD 2. MATORRAL ABIERTO A CERRADO CON ENCINAS DISPERSAS Y COBERTURA HERBÁCEA MEDIA (25-50%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha, %)		1,1 has (0,62%)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	92,26	20,96	43,75	27,47
σ	3,72	8,65	9,79	4,47
CV (%)	4,03	41,29	22,39	16,30
Maximo (%)	96,50	29,62	54,87	32,58
Mínimo (%)	89,50	12,31	36,38	24,21

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura media total del 92%, variando entre el 89 y el 96%, las medidas de dispersión obtenidas atestiguan una variabilidad muy reducida.

La cobertura del estrato herbáceo se ha incluido en la clase media (25-50%), aunque el 27% que caracteriza a la unidad se encuentre prácticamente en el límite con la clase anterior. La variabilidad de resultados es mediana.

Las coberturas del resto de los estratos de vegetación se reparten de la siguiente forma: el estrato arbóreo tiene una cobertura media del 21% con un margen de variación que oscila entre el 12 y el 29%, el coeficiente de variación es elevado, aunque todavía se puede hablar de una variabilidad media, lo que atestigua que este estrato no es continuo en toda la unidad. La cobertura de matorral es el estrato más importante, con un 43% de la superficie, variando entre el 36 y el 54%, el coeficiente de variación es ahora más reducido aunque la variabilidad sigue siendo media.

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

Bajo una cubierta de encinas muy achaparradas y de escaso porte (25-30 cm. de perímetro y un máximo de 3,4 metros de altura) se desarrolla un estrato de matorral con una estratificación horizontal que se puede calificar como abierta a cerrada. Esta es la unidad con las dimensiones más reducidas ya que se eleva a 1,1 has., lo que representa tan sólo el 0,62% de la superficie total.

Las principales especies que componen la unidad son el cantueso (*Lavandula stoechas* L.), la jara estepa (*Cistus albidus* L.) y el matagallo (*Phlomis purpurea* L.), formando combinaciones mixtas de jaral de jara estepa-cantuesal y jaral de jara estepa-cantuesal-matagallar. Ya con menor frecuencia aparecen la jara pringosa (*Cistus ladanifer* L.), aulaga (*Ulex parviflorus* Pourret), bolina (*Genista umbellata* (L'Her.) Poiret), gayomba (*Spartium junceum* L.) y torvisco (*Daphne gnidium* L.). El estrato arbustivo está poco representado, apareciendo

raramente algún espino albar (*Crataegus monogyna Jacq.*), además de diversas manchas rastreras de brotes de encinas.

La apertura boscosa de esta formación ha provocado la entrada de luz sobre los estratos inferiores, hecho que se manifiesta en un cierto desarrollo de la vegetación herbácea.

c) Distribución espacial.

La unidad tan sólo se encuentra representada en una única parcela, a media ladera del cerro de Güella, en exposición de solana y en el contacto de las 2 series litológicas.

UNIDAD 3. MATORRAL ABIERTO A CERRADO CON COBERTURA HERBÁCEA MEDIA (25-50%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha, %)		52,84 has. (30,09%)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	93,37	3,98	47,98	41,97
σ	3,45	8,43	9,17	7,75
CV (%)	3,70	211,75	19,12	18,47
Maximo (%)	100	28,83	61,37	63,04
Mínimo (%)	85,50	0	28,65	27,10

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura media total del 93%. Este valor oscila entre el 85 y el 100%. La desviación típica y el coeficiente de variación muestran la elevada homogeneidad de los resultados.

La cobertura del estrato herbácea se eleva al 42%, oscilando entre el 27 y el 63%. La variabilidad de los resultados es mediana.

Las coberturas del resto de los estratos de vegetación se reparten de la siguiente forma: el estrato arbóreo tiene una cobertura media del 4%, con un margen de oscilación muy elevado, ya que puede variar entre el 0 y el 28%, el coeficiente de variación es muy elevado, lo que indica la presencia de un estrato arbóreo con elevada variabilidad, formado principalmente por árboles que se disponen de forma aislada. La cobertura de matorral es el estrato más importante, con un 48% de la superficie media total, variando entre el 28 y el 61%, el coeficiente de variación entra de nuevo en los márgenes normales de variabilidad media.

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

La unidad se caracteriza principalmente por un matorral pluriespecífico, aunque no están totalmente ausentes los matorrales compuestos por una sola especie.

Como matorrales monoespecíficos destacan el aulagar, el bolinar, el retamar y el jaral de jara estepa, aunque lo más frecuente es ver matorrales mixtos como el aulagar-bolinar, aulagar-matagallar, aulagar-jaral de jara estepa, bolinar-jaral de jara estepa, retamar-bolinar, jaral de jara estepa-matagallar y jaral de jara estepa-bolinar-matallar, entre otras combinaciones.

Con menor frecuencia aparecen otras especies arbustivas y de matorral, como la coscoja (*Quercus coccifera* L.) que llega a alcanzar en algunos ejemplares los 95 cm. de altura, espino blanco (*Crataegus monogyna* Jacq.), con una altura media de 30 a 35 cm., llegando a superar en algunas parcelas los 3 m., gayomba (*Spartium junceum* L.), torvisco (*Daphne gnidium* L.), cantueso (*Lavandula Stoechas* L.), jaguarzo (*Cistus monspeliensis* L.) y jara pringosa (*Cistus ladanifer* L.).

En ciertas parcelas todavía subsisten en pie antiguos cultivos de almendro, junto con el olivo y la vid, de forma más esporádica. Actualmente se encuentran abandonados y colonizados por un matorral serial compuesto por las asociaciones citadas anteriormente.

El encinar es prácticamente residual. Existen tan solo ejemplares aislados que, se unen localmente, para formar una pequeña mancha arbolada, sin ningún significado especial sobre el resto de la unidad. Estas encinas tienen unas dimensiones medias de 25 a 65 cm. de perímetro por 0,9 a 3 m. de altura, aunque también existen algunas encinas muy maduras y de grandes dimensiones. Existen, no obstante en algunos sectores, frecuentes brotes de encinas.

c) Distribución espacial.

Es una de las unidades con mayor superficie dentro de la explotación, ya que asciende a 52,84 has., lo que representa el 30,09% de la superficie total.

Las asociaciones de matorral se distribuyen de forma aleatoria dentro de la unidad, sin seguir ninguna distribución marcada por los factores del medio, por ello se puede observar tanto en exposiciones de solana como de umbría y tanto en litologías con predominio silíceo como silíceo-calcáreo. Tan sólo el aulagar, junto a sus asociaciones mixtas, se distribuyen principalmente en laderas orientadas al norte, siendo aquí, además, donde se registran las tasas de cobertura más elevadas.

UNIDAD 4. MATORRAL ABIERTO CON COBERTURA HERBÁCEA MEDIA (25-50%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha)		92,72 has. (52,80%)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	80,22	1,9	32,84	45,46
σ	9,38	2,64	7,08	4,13
CV (%)	11,70	138,27	21,57	9,10
Maximo (%)	90,82	5,30	44,31	49,73
Minimo (%)	70,64	0	25,8	38,59

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura media total del 80%, variando entre un 90 y un 70%. La variabilidad se puede calificar entre media-baja.

La cobertura del estrato herbácea es de tipo media (25-50%) ya que se eleva a un 45% y oscila en torno a un 38-49%. La variabilidad es en este caso baja por el coeficiente de variación del 9%.

Las coberturas del resto de los estratos de vegetación se reparten de la siguiente forma: el estrato arbóreo tiene una cobertura media del 2%, con un margen de oscilación muy bajo, ya que puede variar entre el 0 y el 5%, aunque la variabilidad es muy elevada con un CV que asciende al 138%. Este resultado, al igual que en el caso de la unidad anterior, atestigua la existencia una elevada variabilidad arbórea, lo que pone de manifiesto que las encinas tan sólo se disponen en pequeños rodales. La cobertura de matorral es moderada, ya que recoge el 32% de la superficie media total, variando en torno al 25-44%. La variabilidad de estos resultados se puede considerar de tipo medio

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

La unidad se caracteriza por estar compuesta, en algunos tramos, por un matorral monoespecífico, concretamente un bolinar, un retamar o un aulagar.

Junto a dichas comunidades monoespecíficas suelen aparecer el cantueso, la jara estepa e incluso el espino albar que, en ciertos tramos, se generalizan para formar las frecuentes comunidades mixtas que caracterizan a la unidad. Destacan las combinaciones de retamar-bolinar, retamar-jaral de jara estepa, retamar-matagallar y aulagar-retamar-matagallar e incluso, en algunos tramos, un espino albar-aulagar-matagallar.

El espino albar (*Crataegus monogyna* Jacq.) puede llegar a tener porte arbóreo, con más de 4 m. de altura.

También existen ejemplares de coscoja (*Quercus coccifera* L.) de aspecto achaparrado y de hasta 1,6 m. de altura, torvisco (*Daphne gnidium* L.) y gayomba (*Spartium junceum* L.), aunque son poco frecuentes.

Las encinas (*Quercus rotundifolia* L.) aparecen de forma residual. Aunque existen ejemplares muy maduros y de gran porte, en su mayoría son árboles de pequeñas a medianas dimensiones, alrededor de 40 a 80 cm. de perímetro. Los brotes de encina llegan a ser frecuentes en algunos tramos.

La unidad ha sufrido una elevada erosión lo que se puede constatar por la importante proporción de afloramientos rocosos que se observan bajo los pies de las encinas.

Los cultivos de almendro y olivar fueron los últimos usos agrícola de la unidad. Hoy esta dedicación se ha abandonado y, por tanto, la zona ha sido colonizada por el matorral citado anteriormente.

Existen además ciertas unidades con cultivos de almendro, aparentemente semiabandonados que, esporádicamente, son aradas. En ellas, se mantiene, por tanto, un cierto aprovechamiento agrícola; no obstante, se trata de zonas aprovechadas por la ganadería en pastoreo.

c) Distribución espacial.

Esta es la unidad con más amplia representación superficial dentro de la explotación, ya que asciende a 90,72 has., lo que representa el 52,8% de la superficie total.

La distribución de esta unidad es muy amplia, localizándose en las diversas situaciones de relieve y litología que caracteriza a la zona. En el caso concreto de la exposición se observa que, aunque se localiza, principalmente, en laderas con exposiciones Sur, Este y Oeste, en menor proporción, también se dan con orientaciones de umbría, concretamente, en zonas asociadas a una carga ganadera elevada. Este es el caso de ciertas áreas cercanas a las instalaciones de la explotación.

UNIDADES 5 y 6. MATORRAL ABIERTO A CERRADO CON COBERTURA HERBÁCEA BAJA (10-25%) y (<10%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha, %)		21,08 has. (12,00)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	91,77	3,28	72,21	16,27
σ	7,09	6,56	13,17	7,44
CV (%)	7,73	199,94	18,25	45,76
Maximo (%)	100	20,72	93,33	24,2
Mínimo (%)	76,71	0	49,71	0

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura media total del 91%, variando entre un 100 y un 76%. La variabilidad es reducida lo que significa que la unidad se caracteriza por una cobertura total bastante homogénea.

La cobertura del estrato herbáceo es baja ya que la media de la unidad se eleva a un 16%, oscilando entre el 0 y el 24% de cobertura. El coeficiente de variación se eleva al 45%, lo que atestigua una elevada variabilidad de cobertura herbácea dentro de la unidad. Se han distinguido, por esta causa, dos unidades, la número 5 que engloba a las parcelas con cobertura herbácea entre el 10 y el 25% y la número 6, con valores por debajo del 10%.

Las coberturas del resto de los estratos de vegetación se reparten de la siguiente forma: el estrato arbóreo tiene una cobertura media del 3%, con un margen de oscilación relativamente importante, ya que puede variar entre el 0 y el 20%, por lo que el coeficiente de variación asciende al 199% lo que, de nuevo, atestigua una elevada variabilidad y un estrato arbóreo compuesto por ejemplares aislados o en pequeños rodales. La cobertura que proporciona el matorral es la más importante, ya que asciende al 72% de la superficie media total, variando en torno al 49-93%, siendo el coeficiente de variación de tipo medio.

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

La unidad se caracteriza por estar compuesta por un matorral de cistáceas, ya sea monoespecífico como mixto.

El jaral de jara estepa y el jaral de jara pringosa aunque forman comunidades monoespecíficas, también se suelen asociar a otras especies, formando comunidades de jaral de jara estepa-aulagar-matagallar, jaral de jara estepa-cantuesal, jaral de jara pringosa-jara estepa y jaral de jara pringosa-aulagar.

No obstante, también se han incluido en esta unidad otras combinaciones como ciertos aulagares que se asocian con los jarales para formar un aulagar-jaral de jara estepa y un aulagar-matagallar, así como otras de bolinar-jaral de jara estepa y bolinar-cantuesal que cumplen las mismas características de cobertura que los jarales.

Otras especies arbustivas y de matorral, pero más raramente representadas, son la coscoja (*Quercus coccifera* L.), con una altura que puede llegar hasta 1,7 m., el espino albar (*Crataegus monogyna* Jacq.) llega a superar los 3 m., alcanzando en esos casos el porte arbóreo, el torvisco (*Daphne gnidium* L.), el jaguarzo (*Cistus monspeliensis* L.), la gayomba (*Spartium junceum* L.) y la retama (*Retama sphaerocarpa* L.).

Los efectos del matorral sobre el estrato herbáceo es un tema que se trató en el apartado de análisis de las fases del mapa de suelos, tan sólo se va a recordar aquí que ciertas especies de matorral junto con la elevada densidad que pueden presentar favorecen un estrato herbáceo muy reducido.

En este caso, la unidad está compuesta por un matorral de cistáceas muy denso que llega a abrirse tan sólo en algunos tramos. La elevada densidad de este matorral motiva que el estrato herbáceo se encuentre inhibido por las influencias del matorral.

En ciertas parcelas de la unidad se observan antiguos cultivos arbóreos que se encuentran en la actualidad abandonados. Al igual que en las otras unidades, el matorral serial ha terminado colonizando dichas zonas.

Las encinas suelen aparecer pero de forma aislada. Las dimensiones son reducidas, constatándose la juventud de dichas especies, alrededor de 30-60 cm. de perímetro y 3 m. de altura; sólo en ciertos casos, se observan encinas maduras. No obstante, existen numerosos brotes de esta especie vegetal formando manchas rastreras.

c) Distribución espacial.

Esta unidad se caracteriza por un radio de distribución muy amplio, aunque se localiza principalmente en laderas con orientación N, siendo aquí, donde se dan las coberturas de vegetación más elevadas. Desde el punto de vista litológico, la unidad se encuentra representada tanto en las asociaciones silíceas como silíceo-calcáreas, presentes en la explotación.

UNIDADES DE PASTIZAL.

UNIDAD 7. PASTIZAL CON MATORRAL ABIERTO Y COBERTURA HERBÁCEA MUY ELEVADA (50-75%).

a) Características cuantitativas.

SUPERFICIE (Ha, %)		2,22 has. (1,29%)		
COBERTURA TOTAL		COBERTURA POR ESTRATOS VEGETALES		
		ARBOREO	MATORRAL	HERBÁCEO
Media (%)	96,67	0	24,15	72,51
σ	1,19	-	4,59	4,40
CV (%)	1,23	-	19,03	6,07
Maximo (%)	97,89	0	29,20	75,30
Minimo (%)	95,50	0	20,20	67,43

LEYENDA:

σ = desviación típica

CV = coeficiente de variación.

La unidad se caracteriza por una cobertura media total del 96%, variando en un corto porcentaje, que va entre un 95 y un 97%, de ahí que se de aquí la desviación típica y el coeficiente de variación más reducidos de todas las series analizadas.

La cobertura del estrato herbácea es la más elevada de todas las unidades ya que la media asciende al 72%, oscilando entre un 75 y un 67%. El coeficiente de variación es reducido, lo que indica la elevada homogeneidad de la unidad con respecto a este parámetro.

Las coberturas del resto de los estratos de vegetación se reparten de la siguiente forma: el estrato arbóreo no está representado, aunque sí el matorral que proporciona una cobertura que asciende al 24% de la superficie media total,

variando entre el 20 y el 29%. El coeficiente de variación revela que la serie se caracteriza por una variabilidad media.

b) Variabilidad de comunidades vegetales.

La unidad se caracteriza por un predominio de las especies herbáceas sobre el resto de los estratos de vegetación.

El matorral está compuesto por un bolinar y un retamar, en el que se pueden observar otras especies de escasa frecuencia como el cantueso (*Lavandula stoechas* L.), matagallo (*Phlomis purpurea* L.) y jara estepa (*Cistus albidus* L.). El espino albar y los brotes de encina son esporádicos.

También existen algunas encinas aisladas, no representadas en el cuadro anterior, por ser poco relevantes.

c) Distribución espacial.

La unidad tiene una escasa importancia superficial ya que representa tan sólo el 1,29% de la superficie. Su distribución en el espacio se puede considerar aleatoria.

VEGETACIÓN RIPARIA.

Los cursos de agua dentro de la zona de estudio se caracterizan por ser intermitentes. Pese a ello, el balance de humedad de esta zona es positivo, favorecido por la presencia de unos niveles freáticos más elevados, lo que permite el desarrollo de especies vegetales riparias.

La unidad presenta una vegetación arbórea de ribera compuesta por olmos (*Ulmus minor* Miller), sauces (*Salix alba* L.), chopos (*Populus nigra* L.) y álamos (*Populus alba* L.) que, si bien pueden aparecer formando comunidades monoespecíficas, también lo hacen en comunidades mixtas.

Junto a esta vegetación arbórea aparece la orla de zarzales de bosque ripario, entre las que destacan, especies como, la zarzamora (*rubus ulmifolius* Schott), zarzaparrilla (*Smilax aspera* L.), madreselva (*Lonicera implexa* Aiton) y rubia silvestre (*Rubia peregrina* L.), entre otras.

Esta vegetación se encuentra en prácticamente todos los arroyos de 2º y 3º orden y en algunos de 1º orden.

La delimitación cartográfica de esta unidad no ha sido posible por las reducidas dimensiones de las parcelas a la escala de trabajo utilizada.

2.6.4. RELACIÓN DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El estrato arbóreo está compuesto por las siguientes especies:

- a) Vegetación climatófila de suelos zonales:
 1. Encina (*Quercus rotundifolia* Lam.).
 2. Alcornoque (*Quercus suber* L.).
- b) Vegetación edafófila de suelos azonales.
 3. Olmo (*Ulmus minor* Miller).
 4. Sauce (*Salix alba* L.).
 5. Chopo (*Populus nigra* L.).
 6. Alamo (*Populus alba* L.).

El estrato arbustivo y subarbustivo está compuesto por diferentes especies, entre las más abundantes se pueden destacar las siguientes:

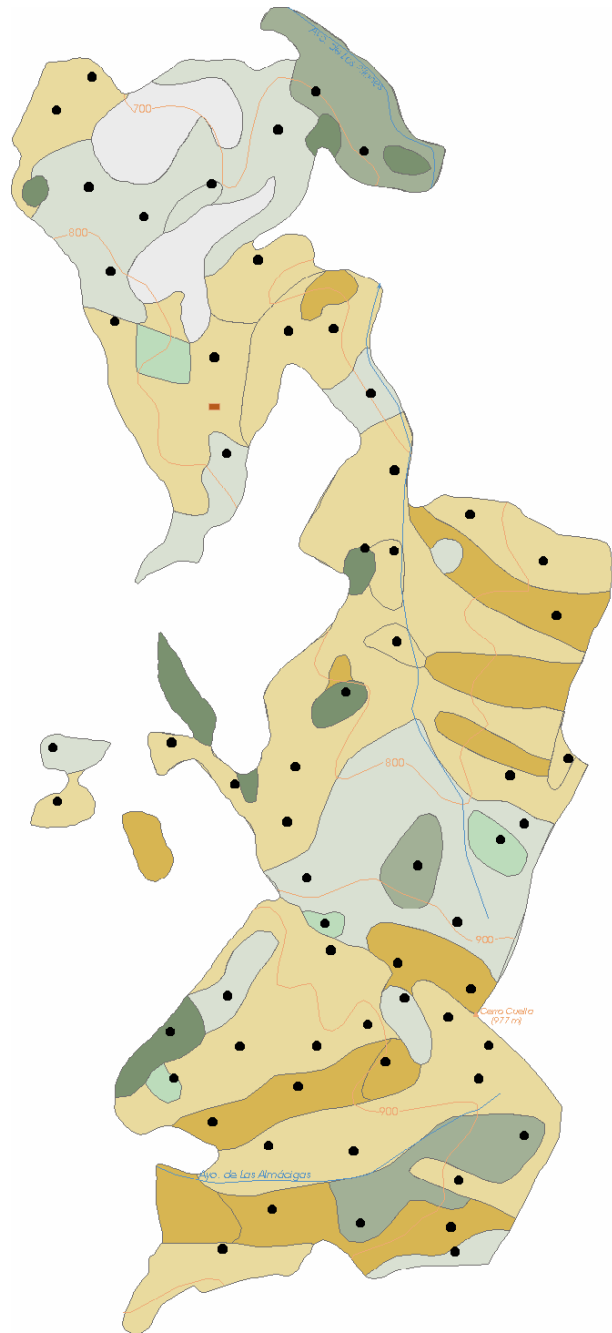
1. Coscoja (*Quercus coccifera* L.).
2. Espino albar (*Crataegus monogyna* Jacq.).
3. Torvisco (*Daphne gnidium* L.).
4. Gayomba (*Spartium junceum* L.).
5. Retama (*Retama sphaerocarpa* L.).
6. Cantueso (*Lavandula stoechas* L.).
7. Matagallos (*Phlomis purpurea* L.).
8. Aulaga (*Ulex parviflorus* Pourret).
9. Bolina (*Genista umbellata* (L'Her.) Poiret).
10. Jara pringosa (*Cistus ladanifer* L.).
11. Jara estepa (*Cistus albidus* L.).
12. Jaguarzo (*Cistus monspeliensis* L.).
13. Altabaca (*Inula viscosa* (L.) Aiton).
14. Esparraguera (*Asparagus acutifolius* L.).
15. Zarzaparrilla (*Smilax aspera* L.).
16. Zarzamora (*Rubus ulmifolius* Schott).
17. Madreselvas (*Lonicera implexa* Aiton).
18. Rubia silvestre (*Rubia peregrina* L.).

Cuando el bosque desaparece se desarrolla un tapiz herbáceo, evidentemente discontinuo, con plantas, en su mayoría, de ciclo anual que llegan a iniciar su crecimiento con las primeras lluvias de otoño.

Existe, como se puede ver en la siguiente relación, una gran variedad de especies herbáceas, tanto anuales como perennes. Su determinación ha corrido a cargo de la D^a M^a Angeles Alonso Vargas, profesora asociada del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales de la Universidad de Alicante.

1. *Anchusa azurea* Miller
2. *Arenaria hispanica* Sprengel
3. *Biscutella baetica* Boiss & Reuter
4. *Calendula arvensis* L.
5. *Cardaria draba* (L.) Desv
6. *Cerastium glomeratum* Thuill

7. *Cynoglossum cheirifolium* L.
8. *Cynosurus elegans* Desf.
9. *Erodium moschatum* (L.) L'Hèr
10. *Eruca sativa* Miller subsp. *longirostris* (Uechtr.) Jahaudier & Maire
11. *Euphorbia exigua* L.
12. *Euphorbia peplus* L.
13. *Fedia scorpioides* Ruffesna
14. *Fumaria parviflora* Lam.
15. *Galium verrucosum* Hudson
16. *Geranium molle* L.
17. *Gladiolus italicus* Miller
18. *Hirschfeldia incana* (L.) Lagrèze-Fossat
19. *Lamium amplexicaule* L.
20. *Lavandula stoechas* L.
21. *Medicago minima* (L.) Bortal
22. *Papaver rhoeas* L.
23. *Paronychia argentea* Lam.
24. *Phagnalon saxatile* (L.) Coss
25. *Plantago lanceolata* L.
26. *Scabiosa arthropurpurea* L.
27. *Scandix pecten-veneris* L.
28. *Sherardia arvensis* L.
29. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke
30. *Sonchus oleraceus* L.
31. *Stellaria media* (L.) Vill
32. *Trifolium* sp.
33. *Vicia sativa* L. subsp. *cordata* (Wulfen ex Hoppe) Ascherson & Graebner



MAPA BASE DE VEGETACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO (TRANSECTOS)

Mapa 6.1

- Arbolado con matorral
- Matorral cerrado con arbolado
- Matorral abierto con arbolado
- Matorral cerrado sin arbolado
- Matorral abierto sin arbolado
- Pastizal
- Cultivos
- Puntos de muestreo
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

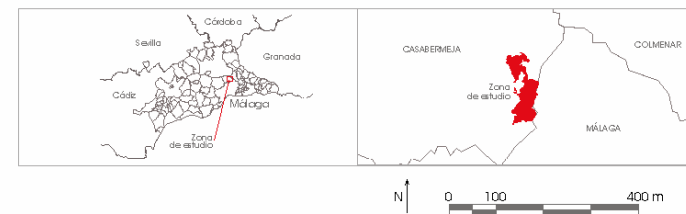
Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 6.1

MAPA BASE DE VEGETACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO (TRANSECTOS)



- Encinar abierto a cerrado con cobertura arbórea baja (10-25%)
- Matorral abierto a cerrado con encinar disperso y cobertura herbácea media (25-50%)
- Matorral abierto a cerrado con cobertura herbácea media (25-50%)
- Matorral abierto con cobertura herbácea media (25-50%)
- Matorral abierto a cerrado con cobertura herbácea baja (10-25% y <10%)
- Pastizal con matorral abierto y cobertura herbácea muy elevada (50-75%)
- Cultivos
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 6.2

2.7. CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO EN UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

Los parámetros que se utilizan para definir las unidades ambientales son diferentes dependiendo de los objetivos que se persiguen, es decir, la realización de este documento exige una selección previa de aquellas características del medio que tienen un marcado significado sobre los objetivos que se persiguen.

No es necesario, por tanto, utilizar en todas las clasificaciones del territorio a todos y a cada uno de los parámetros de análisis que, a nivel general, se emplean (VAN ZUIDAM et al., 1979).

En este sentido, hay que destacar que, normalmente, la interpretación se basa principalmente en el análisis del relieve exclusivamente, o sobre la combinación entre relieve y vegetación, por una parte, o sobre la relación entre clima, relieve y litología, dependiendo de la escala del trabajo (Dent y Young, 1981).

Para Briggs y Shishira (1985) la realización de este documento se basa principalmente en criterios geomorfológicos. Mientras que, para Porta et al. (1999) destaca la pendiente, la forma del terreno y la frecuencia de inundación, como parámetros esenciales.

En todos los casos citados, parece que son el relieve y la litología los factores del medio que se utilizan con más frecuencia. Se ha seguido esta misma línea y se ha optado por seleccionar la cartografía temática que se relaciona a continuación:

- a) Mapa litológico.
- b) Mapa de pendientes.
- c) Mapa de exposiciones.
- d) Mapa de unidades del relieve.

2.7.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Una vez analizados todos los factores del medio que tienen algún tipo de interés se ha realizado la superposición de los diferentes mapas temáticos resultantes de dicho análisis. Este procedimiento se ha realizado utilizando, para ello, las herramientas que existen para este fin en los Sistemas de Información Geográfica.

La integración de mapas de diferente temática suele provocar que, entre las parcelas de mayores dimensiones, aparezcan otras de reducido tamaño.

Estas se han eliminado, siguiendo los criterios marcados por numerosos autores que sugieren un área mínima cartografiable y que Nieves et al. (1985) denomina, “unidad cartográfica de base”.

Se estima que el tamaño mínimo que debe tener una unidad en un mapa de suelos ha de ser de, al menos, 25 mm², se trata, por tanto, de un cuadrado de 5 mm. de lado o círculo de 2,8 mm. de radio (NIEVES et al., 1985). Además, si la

forma del área es alargada, se debe conservar una distancia entre los límites de al menos 2 mm. (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Se admite, por lo general, que no es posible individualizar sobre un mapa, unidades inferiores a dicho tamaño (DUCHAUFOR, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987; NIEVES et al., 1985).

A dicha superficie le corresponde, al menos, un pedón, lo que implica una observación sobre el terreno (NIEVES et al., 1985).

Duchaufour (1975) sugiere que, ante la presencia de pequeñas superficies, se pueden seguir 2 posibles soluciones, por una parte, se pueden eliminar directamente, lo que se ha de mencionar en la memoria del mapa; o bien, se puede solucionar creando, en lugar de unidades simples, unidades complejas.

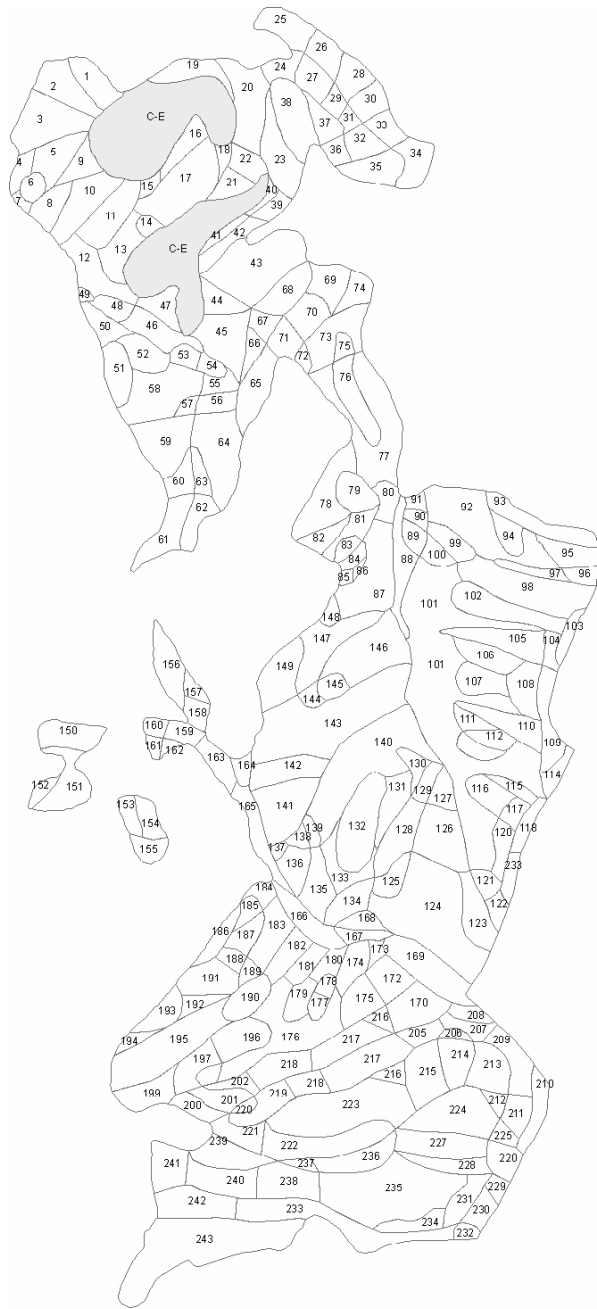
Utilizando los criterios anteriores, a una escala de trabajo 1:10.000 le correspondería la eliminación de polígonos de 2.500 m². Pero, teniendo en cuenta el nivel de precisión al que se quiere llegar y, sabiendo que tras el muestreo de suelos se van a agrupar las unidades que presenten las mismas características, se ha actuado en función de dichos criterios. En este sentido, se ha reducido el tamaño de los polígonos a eliminar a 1.000 m², lo que equivale, a esta escala de trabajo, con un cuadrado de 3,16 mm. de lado.

El proceso de eliminación de polígonos se ha realizado, dependiendo de los casos, de la forma que se señala a continuación:

- a) En los casos en los que los polígonos se encuentran entre otros de mayor entidad, se ha trazado una línea media entre las parcelas implicadas.
- b) En los casos en los que los polígonos se encuentran dentro de otros de mayor tamaño, éstos se han adscrito a los mismos.
- c) En los casos en los que los polígonos de forma alargada tienen un diámetro inferior a 2 mm., aunque presenten una superficie mayor de la considerada como mínima, se han adscrito al polígono colindante de mayor entidad y afinidad.

La cartografía integrada obtenida se ha denominado mapa de unidades ambientales homogéneas. El resultado de la eliminación de polígonos se ha plasmado en el mapa 7.1, siendo el 7.2 el documento definitivo.

El mapa obtenido constituye, como ya se puso de manifiesto, al principio de este capítulo, el borrador de campo del mapa de suelos. Éste se puede considerar como el documento de trabajo inicial para realizar la cartografía edafológica y poder analizar, de esta forma, la distribución de los suelos en el territorio, ya que éste permite organizar la prospección y establecer la densidad y localización de las observaciones (DUCHAUFOR, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987).



UNIDADES AMBIENTALES RESULTANTES DE LA SUPERPOSICIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS CONSIDERADOS CON ELIMINACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE SUPERFICIE INFERIOR A 1000 m²

Mapa 7.1

- 243 Número de polígonos resultantes
- Cultivos
- Instalaciones explotación

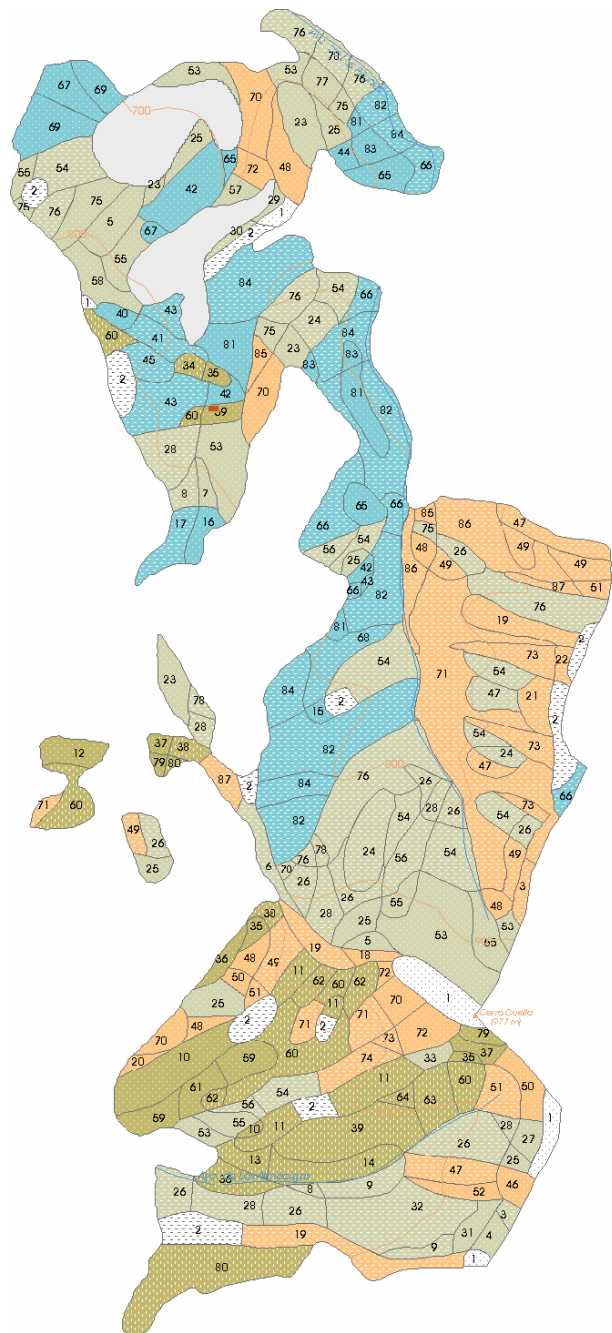


Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 7.1

UNIDADES AMBIENTALES RESULTANTES DE LA SUPERPOSICIÓN DE LOS FACTORES FÍSICOS CONSIDERADOS CON ELIMINACIÓN DE LOS POLÍGONOS DE SUPERFICIE INFERIOR A 1000 m²

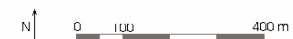


UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

Mapa 7.2

UNIDAD	UNIDAD RELIEVE	PENDIENTE (M)	EXPOSICIÓN	USO LOGÍA
1			Indefinido	Calizas, filitas,
2	Cumbrera			Filitas, grauwacas
3		< 10		Calizas, filitas, grauwacas
4	Cumbrera intermedia secundario		Norte	Calizas, filitas, grauwacas
5				Filitas, grauwacas
6	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
7				Filitas, grauwacas
8				Calizas, filitas,
9	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
10	Cumbrera intermedia secundario		Sur	Calizas, filitas,
11				Filitas, grauwacas
12	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
13				Filitas, grauwacas
14	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwacas
15	Ladera cóncava	10-25	Este	Calizas, filitas, grauwacas
16	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
17	Cumbrera intermedia secundario		Oeste	Calizas, filitas,
18				Filitas, grauwacas
19	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
20				Filitas, grauwacas
21	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
22				Filitas, grauwacas
23	Cumbrera intermedia secundario			Calizas, filitas,
24				Filitas, grauwacas
25	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
26				Filitas, grauwacas
27	Ladera cóncava		Norte	Calizas, filitas,
28				Filitas, grauwacas
29	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
30	Ladera rectilínea			Filitas, grauwacas
31	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
32	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
33	Cumbrera intermedia secundario			Calizas, filitas,
34			Sur	Filitas, grauwacas
35	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
36				Filitas, grauwacas
37	Ladera cóncava	25-40		Calizas, filitas,
38				Filitas, grauwacas
39	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
40	Cumbrera intermedia secundario			Filitas, grauwacas
41	Ladera cóncava		Este	Calizas, filitas,
42				Filitas, grauwacas
43	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
44				Filitas, grauwacas
45	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
46	Cumbrera intermedia secundario			Filitas, grauwacas
47			Oeste	Calizas, filitas,
48	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
49				Calizas, filitas,
50	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
51				Calizas, filitas,
52	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
53	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
54			Norte	Filitas, grauwacas
55	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
56	Ladera rectilínea			Filitas, grauwacas
57	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
58	Ladera cóncava			Filitas, grauwacas
59	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
60			Sur	Filitas, grauwacas
61	Ladera cóncava	40-55		Calizas, filitas,
62				Filitas, grauwacas
63	Ladera rectilínea			Filitas, grauwacas
64	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
65				Filitas, grauwacas
66	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
67				Filitas, grauwacas
68	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
69				Filitas, grauwacas
70	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
71			Norte	Filitas, grauwacas
72	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
73				Filitas, grauwacas
74	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
75				Filitas, grauwacas
76	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
77				Filitas, grauwacas
78	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
79				Filitas, grauwacas
80	Ladera cóncava	> 55	Sur	Calizas, filitas,
81				Filitas, grauwacas
82	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
83				Filitas, grauwacas
84	Ladera cóncava		Este	Calizas, filitas,
85				Filitas, grauwacas
86	Ladera cóncava			Calizas, filitas,
87			Oeste	Filitas, grauwacas

- Norte
- Sur
- Este
- Oeste
- Cultivos
- Indefinido
- Filitas y grauwacas
- Calizas, filitas y grauwacas
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 7.2

UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

2.7.2. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS.

Se han obtenido un total de 87 unidades ambientales homogéneas. En el cuadro 14 se expone la relación de unidades caracterizadas por cada uno de los factores que se han utilizado, junto con la superficie, en hectáreas y en %, que representan.

Tan sólo existen 8 unidades que superan las 5 has. de superficie, representando en total el 33,65% de la superficie de la zona de estudio. Dichas unidades, por orden superficial, son las numeradas con los códigos 82, 54, 71, 76, 26, 53, 84 y 2. Todas ellas son unidades de ladera, a excepción de la última que es de cumbre de loma.

El comentario de las unidades señaladas debe ser indicativo de las características generales de la zona de estudio en cuanto a los factores analizados.

Hay que destacar, en primer lugar, que las unidades de ladera tienen un contorno convexo, a excepción de la 84 que se caracteriza por ser cóncavo. Este hecho pone de manifiesto la importancia que tienen estas formas del relieve que, en conjunto, representan la mayor parte de la superficie de la zona de estudio. Esta conclusión ya fue apuntada durante el análisis individual del mapa de unidades de relieve.

De las 8 unidades destacadas, 6 de ellas se sitúan por encima del 40% de pendiente, lo que viene a corroborar la elevada inclinación que caracteriza a las laderas de la zona de estudio. Las unidades 26 y 2 son las que bajan de esa cifra, siendo la última la que presenta un valor por debajo del 10%, propio de las zonas de cumbre.

A excepción de la unidad de cumbre que presenta una exposición indefinida, el resto de las unidades tienen una exposición Norte, Este y Oeste, predominando en todos los casos la primera, ya que se eleva hasta aproximadamente el 17% de la superficie, frente al 8,66 y 4,86% a que ascienden las otras dos orientaciones, respectivamente. La exposición Sur no está representada entre estas 8 unidades con mayor superficie de la explotación.

En cuanto a la litología hay que destacar un hecho muy significativo, tan sólo una unidad se encuentra en la serie de calizas, filitas y grauwacas, concretamente la 53 con el 3,66% de la superficie considerada; el resto, se caracteriza por presentar una litología exclusivamente silíceo ya que se encuentra en la serie de filitas y grauwacas. Estos resultados ponen de manifiesto la mayor importancia superficial dentro de la zona de estudio de las unidades con litología silíceo frente a las silíceo-calcáreas.

Como conclusión se puede decir que si hubiese que elegir las características más representativas de la zona de estudio, éstas corresponderían a una unidad de ladera con perfil convexo, con una pendiente elevada, superior al 40%, orientada al Norte y con litología silíceo, concretamente filitas y grauwacas.

CUADRO 14. UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

UNIDAD	UNIDAD RELIEVE	PENDIENTE (%)	EXPOSICIÓN	LITOLOGÍA	SUPERFICIE		
					Ha	%	
1	Cumbre loma	<10	Indefinida	Calizas, filitas, grauwac.	2,28	1,29	
2				Filitas, grauwacas	5,38	3,06	
3			Cumbre interfluvio secundario	Norte	Calizas, filitas, grauwac.	0,58	0,33
4	Calizas, filitas, grauwac.				0,28	0,16	
5	Filitas, grauwacas				1,52	0,86	
6	Filitas, grauwacas				0,94	0,53	
7	Ladera convexa				Calizas, filitas, grauwac.	0,36	0,20
8	Filitas, grauwacas				0,64	0,36	
9	Ladera cóncava-convexa			1,20	0,68		
10	Cumbre interfluvio secundario		10-25	Sur	Calizas, filitas, grauwac.	2,24	1,27
11		Filitas, grauwacas			2,74	1,56	
12	Ladera convexa	Calizas, filitas, grauwac.			0,76	0,43	
13	Filitas, grauwacas	0,50			0,28		
14	Ladera cóncava-convexa			1,72	0,98		
15	Ladera convexa	Este		Calizas, filitas, grauwac.	0,28	0,16	
16	Ladera cóncava-convexa			Filitas, grauwacas	0,58	0,33	
17	Ladera cóncava-convexa			0,86	0,49		
18	Cumbre interfluvio secundario	Oeste		Calizas, filitas, grauwac.	0,38	0,21	
19				Filitas, grauwacas	4,24	2,41	
20	Ladera convexa			Calizas, filitas, grauwac.	0,40	0,22	
21	Filitas, grauwacas			0,68	0,38		
22	Ladera cóncava				0,34	0,19	
23	Cumbre interfluvio secundario			25-40	Norte	Calizas, filitas, grauwac.	2,46
24		Filitas, grauwacas	2,30			1,30	
25	Ladera convexa	Calizas, filitas, grauwac.	3,34			1,90	
26		Filitas, grauwacas	6,64			3,78	
27	Ladera cóncava	Calizas, filitas, grauwac.	0,50			0,28	
28		Filitas, grauwacas	3,98			2,26	
29	Ladera rectilínea	Calizas, filitas, grauwac.	0,28			0,16	
30		Filitas, grauwacas	0,36			0,20	
31	Ladera cóncava-convexa	Calizas, filitas, grauwac.	0,40			0,22	
32		Filitas, grauwacas	3,14			1,78	
33	Cumbre interfluvio secundario	Calizas, filitas, grauwac.	0,40			0,22	
34		Filitas, grauwacas	0,38			0,21	
35	Ladera convexa	Sur	Calizas, filitas, grauwac.			0,72	0,41
36			Filitas, grauwacas			1,54	0,87
37	Ladera cóncava		Calizas, filitas, grauwac.		0,66	0,37	
38			Filitas, grauwacas		0,60	0,34	
39	Ladera cóncava-convexa		2,52		1,43		
40	Cumbre interfluvio secundario	Este	Calizas, filitas, grauwac.		0,36	0,20	
41			Filitas, grauwacas		0,78	0,44	
42	Ladera convexa		Calizas, filitas, grauwac.		2,42	1,37	
43			Filitas, grauwacas		2,34	1,33	
44	Ladera cóncava		Calizas, filitas, grauwac.		0,26	0,14	
45			Filitas, grauwacas		0,64	0,36	
46	Cumbre interfluvio secundario	Oeste	Calizas, filitas, grauwac.		0,58	0,33	
47			Filitas, grauwacas		2,96	1,68	
48	Ladera convexa		Calizas, filitas, grauwac.		2,48	1,41	
49			Filitas, grauwacas		2,90	1,65	
50	Ladera cóncava		Calizas, filitas, grauwac.		1,26	0,71	
51			Filitas, grauwacas		1,44	0,82	
52	Ladera cóncava-convexa				0,72	0,41	

CUADRO 14 (continuación). UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

UNIDAD	UNIDAD RELIEVE	PENDIENTE (%)	EXPOSICIÓN	LITOLOGÍA	SUPERFICIE		
					Ha	%	
53	Ladera convexa	40-55	Norte	Calizas, filitas, grauwac.	6,44	3,66	
54				Filitas, grauwacas	8,78	5,00	
55	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwac.	3,14	1,78	
56				Filitas, grauwacas	1,74	1,00	
57	Ladera rectilínea				0,36	0,20	
58	Ladera cóncava-convexa			Calizas, filitas, grauwac.	1,02	0,58	
59	Ladera convexa		Sur		1,92	1,09	
60				Filitas, grauwacas	4,50	2,56	
61	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwac.	0,64	0,36	
62				Filitas, grauwacas	1,16	0,66	
63	Ladera rectilínea				1,02	0,58	
64	Ladera cóncava-convexa				0,22	0,12	
65	Ladera convexa		Este	Calizas, filitas, grauwac.	1,54	0,87	
66				Filitas, grauwacas	3,38	1,92	
67	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwac.	1,08	0,61	
68				Filitas, grauwacas	1,32	0,75	
69	Ladera rectilínea			Calizas, filitas, grauwac.	2,18	1,24	
70	Ladera convexa				4,04	2,30	
71			Oeste	Filitas, grauwacas	8,54	4,86	
72	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwac.	1,48	0,84	
73				Filitas, grauwacas	2,62	1,49	
74	Ladera cóncava-convexa				0,92	0,52	
75	Ladera convexa		>55	Norte	Calizas, filitas, grauwac.	1,98	1,12
76					Filitas, grauwacas	8,14	4,63
77	Ladera cóncava	Calizas, filitas, grauwac.			0,56	0,31	
78		Filitas, grauwacas			1,24	0,70	
79		Sur		Calizas, filitas, grauwac.	0,50	0,28	
80				Filitas, grauwacas	3,54	2,01	
81	Ladera convexa	Este		Calizas, filitas, grauwac.	2,52	1,43	
82				Filitas, grauwacas	9,36	5,33	
83	Ladera cóncava			Calizas, filitas, grauwac.	0,96	0,54	
84				Filitas, grauwacas	5,86	3,33	
85	Ladera convexa	Oeste		Calizas, filitas, grauwac.	0,62	0,35	
86				Filitas, grauwacas	2,92	1,66	
87	Ladera cóncava				1,08	0,61	
TOTAL					175,58	100	

3. FASE DE PROSPECCIÓN DE CAMPO I. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELOS.

3.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y DE MUESTREO.

La metodología seguida para realizar el trabajo de campo consta de 2 técnicas de prospección de suelos, las calicatas y las observaciones complementarias mediante sondeos (BONNEAU y SOUCHIER, 1987; PORTA et al., 1999).

Las calicatas se han realizado con el objetivo del levantamiento de perfiles de suelos. Éstas han servido para establecer los suelos característicos de la zona de estudio, de los cuales se ha realizado una descripción y una toma de muestras de cada uno de los horizontes.

Las calicatas son perforaciones abiertas en el suelo con dimensiones variables que suelen oscilar entre 1 y 1,5 metros de ancho por 1 y 1,80 m. de alto, medidas que llegan a ser suficientes en condiciones ambientales mediterráneas (HODGSON, 1987; PORTA et al., 1999). Estas deben estar bien orientadas, abriéndose principalmente frente al sol o en dirección de la luz máxima (HODGSON, 1987).

Las observaciones complementarias se realizan con el objetivo de completar el muestreo de suelos y verificar cuál es la extensión y homogeneidad de las unidades cartográficas, además de definir los límites entre unidades.

Las observaciones complementarias se suelen realizar utilizando los cortes de carreteras, cortes naturales o bien mediante sondeos con barrena. La profundidad de los sondeos puede ser desde 1,5 m. de profundidad con extracciones cada 10 cm. (CEOTMA, 1998) hasta 3 ó 4 m. (BONNEAU y SOUCHIER, 1987). Estas medidas teóricas se deben adaptar a cada una de las situaciones de trabajo. En este caso, se han realizado las observaciones siguiendo estas premisas:

- a) Se abre en el suelo una caja rectangular, que se ha denominado caja de muestreo, de aproximadamente 35 cm. de largo \times 25 cm. de ancho y hasta 25 cm., como mínimo, de profundidad o antes si se encuentra la roca madre compacta. Si la profundidad del suelo es superior a las posibilidades de observación de la caja se utiliza la barrena, extrayendo muestras cada 20 cm., ya que estas son las dimensiones del hueco de la barrena.

Las medidas elegidas son fácilmente explicables. La longitud y la anchura se deben simplemente a una medidas que se han considerado suficientes para trabajar con holgura; mientras que, la profundidad de 25 cm. es porque esta es la potencia máxima de los leptosoles, siguiendo los criterios de clasificación de suelos de la FAO (1998), de ahí el interés por llegar, como mínimo hasta esta profundidad.

- b) Antes de empezar a cavar se extrae la primera capa de suelo con unas dimensiones equivalentes a la de la caja, en la que se integra vegetación, restos orgánicos y una primera sección de suelo que puede coincidir con el horizonte A. La sección es de aproximadamente 10-15 cm.

El objetivo es, una vez realizado el muestreo y depositado el material extraído, se vuelva a colocar la primera porción de suelo de manera que el lugar quede aparentemente restaurado.

En relación a la intensidad de muestreo que se ha utilizado hay que tener en cuenta que la escala de análisis planteada en este trabajo es 1:10.000 y la superficie muestreable asciende a 175,58 has.

Los resultados que se obtienen de la aplicación de las densidades de observaciones que aconsejan los diferentes autores consultados para una escala de trabajo detallada se exponen en el cuadro 15.

CUADRO 15. DENSIDAD DE OBSERVACIONES EN EL MUESTREO DE SUELOS

AUTOR	ESCALA	DENSIDAD DE OBSERVACIONES	DENSIDAD RESULTANTE (en 175,58 has.)
Porta et al. (1999)	1:5.000 a 1:15.000	25 Observaciones /100 has.: 5 calicatas y 20 sondeos.	TOTAL observaciones: 43 8 calicatas y 35 sondeos
Porta et al. (1999)	1:10.000	50 Observaciones /100 has.: 10 calicatas y 40 sondeos.	TOTAL observaciones: 88 18 calicatas y 70 sondeos
Porta et al. (1999)	1:5.000 a 1:15.000	100 Observaciones /100 has.: 20 calicatas y 80 sondeos.	TOTAL observaciones: 175 35 calicatas y 140 sondeos
Bonneau y Souchier (1987)	1:10.000	1 calicata / 10 a 50 has. 1 sondeo / 1 a 5 has.	3 a 17 calicatas; 35 a 175 sondeos.
Vink (1963) ¹	1:10.000	100-500 observaciones / 100	Observaciones: 175 a 877

LEYENDA:

¹ Citado por CEOTMA (1998).

La intensidad de muestreo varía en función de la escala y de una serie de factores, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- La heterogeneidad ambiental de la zona (DUCHAUFOR, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987).
- El grado de precisión deseado, el cual está condicionado por los objetivos que se pretenden alcanzar (DUCHAUFOR, 1975; BONNEAU y SOUCHIER, 1987; PORTA et al., 1999).
- El conocimiento que el prospector de suelos haya adquirido del medio durante la fase preparatoria. Si éste tiene un conocimiento completo de las unidades geomorfológicas, la distribución de la vegetación y de los tipos de suelos que se dan en cada una de las posibles combinaciones de factores ambientales se puede definir con ciertas garantías las unidades de suelos. Todas ellas se caracterizan por un tipo de suelo determinado.

Cuando existe una clara relación entre paisaje y suelo es más fácil resolver el problema de la definición y distribución de las unidades de suelos, porque estará ligado al de las unidades ambientales; es decir, los límites de cada una de ellas, serán los mismos que el de las unidades de suelos (DUCHAUFOR, 1975).

Sabiendo que, en relación a los dos niveles de observaciones, Vink (1963) y Nieves et al., (1985) establecen que, en general, en las prospecciones edafológicas convencionales el 80% de las observaciones sobre el terreno sirven para delimitar correctamente las unidades de suelos; mientras que, el 20% restante se utilizan para la descripción de los perfiles de los distintos suelos, se establece una relación 1:4 entre calicatas y sondeos.

De la consideración conjunta de todos los factores expuestos se ha considerado apropiada la densidad de 50 observaciones por cada 100 has. propuesta por Porta et al. (1999).

Dicha intensidad de muestreo se corresponde con la densidad de 0,5 observaciones por centímetro cuadrado del mapa, como aconsejan numerosos autores (PORTA et al., 1999; DORRONSORO et al., 1999). A escala 1:10.000, 1 cm² del mapa equivale a 1 hectárea en la realidad, lo que quiere decir que la densidad de muestreo empleada es de 1 observación por cada 2 hectáreas. El resultado es una prospección de 88 observaciones que, repartidas en una relación calicatas-sondeos (1:4), se obtiene un total de 18 calicatas y 70 sondeos

Las cifras resultantes se pueden considerar viables desde el punto de vista económico y temporal.

En relación a la metodología de muestreo se van a analizar, previamente, las técnicas que se utilizan normalmente en los procesos de reconocimiento del territorio y en cartografía edafológica. Este aspecto requiere cierta atención dada la importancia que tiene la elección del o los métodos de muestreo más apropiados.

El interés parte del hecho de considerar que las características de un perfil o la descripción de una observación de campo son de escaso valor si no hay suficientes garantías de que ambas fuentes de información sean representativas de la unidad de suelos a la que representan.

Hodgson (1987) está de acuerdo con esta idea y señala que como una pequeña cata debe representar a una superficie muy extensa, ésta se debe realizar con suficientes garantías de fiabilidad. Por ello, es muy importante que el punto donde se realiza la descripción del perfil se seleccione cuidadosamente, de ahí el interés de las técnicas de muestreo.

Dependiendo de la escala de trabajo, así como de los criterios barajados por los diversos autores, se pueden distinguir diferentes metodologías para situar las observaciones de campo.

Porta et al. (1999) distingue, a grandes rasgos, 4 métodos de muestreo claramente diferenciados: el sistema de malla, el sistema de libre elección, un

sistema mixto que utiliza una solución intermedia entre los dos métodos anteriores y el método de los transectos.

El **sistema de malla**, como su nombre indica, emplea una malla de puntos muestrales u observaciones más o menos rígida. Este es el muestreo aleatorio de Barbancho (1980), Rodríguez (1993) y Peña (1995), que equivale al muestreo espacial por puntos descrito por Estébanez y Bradshaw (1979).

El muestreo se realiza mediante sondeos, catas, zanjas y cortes naturales o artificiales, entre otros métodos de trabajo.

Se emplea para escalas muy grandes, cuando no se dispone de equipos de prospección experimentados y cuando las relaciones suelo-paisaje pueden resultar muy complejas o no resultan visibles (PORTA, 1999), es decir, en todos aquellos casos en los que el modelo de distribución de los suelos sea muy complejo. Se utiliza a una escala de trabajo detallada, en las ocasiones que sea necesario, y muy detallado, en todos los casos.

Dorronsoro et al. (1999) sólo recomienda la malla de puntos cuando se realizan cartografías a escalas muy detalladas y se abarcan zonas muy pequeñas.

Vink (1963) (citado por CEOTMA, 1998) piensa que casi en ningún momento es necesaria una red rígida y sistemática de observaciones, y menos aún si se recurre a la interpretación de las fotografías aéreas. Considera también que la cantidad de observaciones por unidad de superficie no debe ser necesariamente la misma para todos los sectores de un mapa de suelos, la intensidad será mayor en aquellas zonas más complejas donde la variabilidad en los factores formadores asegura una complicada relación suelo-paisaje.

La cuadrícula se suele utilizar en los estudios de un carácter o propiedad concreta del suelo. Para ello, se subdivide el área de estudio en cuadrículas, se extrae la información necesaria y se trazan las isolíneas (DORRONSORO et al., 1999).

El sistema que utiliza el **criterio de libre elección** sitúa libremente las observaciones en función del modelo de distribución de los suelos en el paisaje. Este es el método no aleatorio de Barbancho (1980).

Se emplea cuando se dispone de buenos y experimentados equipos y cuando existen buenas relaciones suelo-paisaje (PORTA et al., 1999). El método se apoya en la fotointerpretación y en el conocimiento del territorio y se utiliza a las escalas de trabajo semidetallada y detallada.

Este sistema es el que se ha utilizado tradicionalmente. Aquí el prospector utiliza su experiencia en clasificación de suelos para seleccionar los perfiles más representativos de manera intuitiva. Esta forma de aproximación es considerada por Hodgson (1987) uno de los mejores sistemas de muestreo de suelos con fines clasificatorios en los casos en los que las zonas presentan una gran variabilidad de

suelos y sólo se pueden describir, por razones obviamente prácticas, unos pocos perfiles. Pese a ello, el mismo autor reconoce que el método presenta grandes limitaciones debido a que es una técnica muy arbitraria.

Existen otros casos en los que pueden ser interesantes utilizar un sistema que combine los métodos aleatorios y no aleatorios, descritos anteriormente. Este es el **método mixto** que equivale al método de muestreo semialeatorio recogido por Barbancho (1980).

Por último, el **método de los transectos** o muestreo espacial mediante líneas, recogido por Estébanez y Bradshaw (1979).

Los autores citados distinguen 2 procedimientos de muestreo mediante transectos: muestreo mediante transectos paralelos y equidistantes y muestreo mediante transectos transversales elegidos aleatoriamente.

En el primer caso se trazan una serie de líneas paralelas y equidistantes en la superficie objeto de estudio.

En el segundo caso, se seleccionan aleatoriamente dos puntos (A y B) en la zona de estudio y se traza una línea recta que une esos dos puntos. El proceso se repite tantas veces como sea necesario.

Tradicionalmente los muestreos utilizados para realizar los mapas de suelos han sido los transectos, trazados aleatoriamente sobre cada una de las unidades cartográficas (BRUBAKER y HALLMARK, 1991; NORDT et al., 1991; YOUNG et al., 1991). Normalmente se pueden utilizar transectos simples o bien varios de ellos dispuestos de forma ortogonal u oblicua a partir del primero (UPCHURCH y EDMONDS, 1991).

En Edafología este método se utiliza en estudios a escala de reconocimiento.

Dadas las condiciones ambientales de extrema variabilidad que se dan en la zona de estudio, los métodos citados se han ido utilizando según las necesidades del momento, como se irá especificando.

3.2. LEVANTAMIENTO DE LOS PERFILES DE SUELOS. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y ANÁLISIS DE LABORATORIO.

Teniendo en cuenta que las condiciones ambientales de la zona de estudio se caracterizan por una elevada variabilidad se han utilizado una combinación de distintos métodos de muestreo.

La selección de los lugares para realizar las calicatas se ha efectuado mediante una serie de observaciones preliminares utilizando el método del transecto. El método ha consistido en establecer una serie de itinerarios por cada una de las unidades ambientales homogéneas más representativas desde el punto de vista superficial, efectuándose en cada una de ellas una serie de observaciones,

realizadas tanto mediante sondeos con barrena como en los cortes de las pistas forestales.

Una vez completado este muestreo preliminar se seleccionaron los suelos más representativos y se levantaron los perfiles oportunos, realizándose una descripción morfológica y una toma de muestras de cada uno de los horizontes para su posterior análisis de laboratorio.

La descripción morfológica de los perfiles de suelos se ha realizado desde el punto de vista cualitativo, utilizando para ello la guía para la descripción de perfiles de suelos de la FAO (1990).

De todos los parámetros determinados la pedregosidad superficial y los afloramientos rocosos son los únicos que se han cuantificado.

El método utilizado para cuantificar la pedregosidad superficial consiste en una cinta métrica de 2 metros de longitud que se coloca en la superficie del suelo. Se anota cada 10 centímetros el número de veces que se toca un fragmento grueso. Cada anotación equivale a un 5% de pedregosidad.

El método utilizado para cuantificar los afloramientos rocosos es una adaptación del procedimiento de muestreo utilizado en vegetación. Consiste en una cinta métrica de 10 metros de longitud que se coloca en la superficie del suelo. Se cuantifica en ese trayecto la longitud que representan los afloramientos rocosos, teniendo en cuenta que los 10 metros equivalen al 100% de la superficie.

Los análisis de laboratorio efectuados han ido encaminados a determinar, tanto los parámetros y propiedades necesarias para caracterizar las propiedades físicas del suelo, como los parámetros convencionales que normalmente se realizan en los estudios de perfiles.

Los parámetros analizados son los siguientes:

1. Análisis granulométrico (%).
2. Materia orgánica (%).
3. Nitrógeno (%).
4. Carbonato cálcico (%).
5. Caliza activa (%).
6. Hierro libre (%).
7. Humedad a -33 kPa (capacidad de campo) y -1500 kPa. (punto de marchitamiento permanente).
8. pH.
9. Bases de cambio (meq/100 gr.): Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .
10. Capacidad de intercambio catiónico (CEC) (meq/100 gr.).
11. Tasa de saturación (V) (%).
12. Conductividad eléctrica (ds/m.).
13. Fósforo de cambio (mg/100 gr.).
14. Potasio de cambio (mg/100 gr.).

Además de los parámetros citados se ha calculado la reserva de agua en el suelo (mm). Para ello se utiliza la fórmula de Henin (1972), en la que se tiene en cuenta, además, el factor tierra fina.

$$R = (CC - PMP) Da \times P \times Ftf$$

R: reserva (mm)

CC: capacidad de campo (%)

PMP: punto de marchitamiento permanente (%)

Da: densidad aparente.

P: profundidad de enraizamiento.

Ftf = factor tierra fina (100 – gravas (%) / 100).

De todos los parámetros citados tan sólo 4 se han determinado en el laboratorio del propio departamento de Geografía de la Universidad de Málaga. Los métodos utilizados son los siguientes:

1. Textura. Método de tamizado en seco para las arenas y de la pipeta de Robinson para las fracciones limo y arcilla.
2. Carbonato cálcico. Método calcímetro de Bernard.
3. pH. Suspensión de tierra fina y agua en una relación 1:2 y lectura con pH-metro con electrodo de vidrio.
4. Conductividad eléctrica. Pasta de suelo saturada en una proporción 1:1 y medida con conductivímetro.

El resto de los análisis realizados se encargaron al departamento de Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Córdoba. Los métodos utilizados son los siguientes:

1. Carbono orgánico total. Se ha utilizado el método de Sims y Haby (1975, descrito por el AEQUA-GAC, 1995). El contenido en materia orgánica (M.O.) se deduce del carbono orgánico (C) usando el factor 1,724 de Van Bemmelen (PORTA et al., 1986).

$$\%M.O. = \%C \times 1,724$$

2. Nitrógeno total. Se ha utilizado el método de KJELDAHL propuesto por GUITIAN y CARBALLAS (1976).
3. Caliza activa. Se ha utilizado el método de Drouineau (1959, descrito por el AEQUA-GAC, 1995).
4. Hierro libre. Se ha utilizado el método de Mehra y Jackson (1960) y Barrón y Torrent (1986, descrito por el AEQUA-GAC, 1995).
5. Retención de agua a la capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente. Se ha utilizado el método descrito por el Ministerio de Agricultura (1971, descrito por el AEQUA-GAC, 1995).
6. Bases de cambio. Se ha utilizado el método de Bower et al. (1952, descrito por el AEQUA-GAC, 1995).
7. Capacidad de intercambio catiónico (CEC). Se ha utilizado el método de Bower et al. (1952, descrito por el AEQUA-GAC, 1995).
8. Fósforo asimilable. Se ha utilizado el método descrito por Guitian y Carballas (1976).
9. Potasio asimilable. Se ha utilizado el método descrito por Guitian y Carballas (1976).

En el cuadro 16 se resumen las características del entorno más importantes de los perfiles realizados y en el apéndice 2 de este capítulo se encuentran las fichas descriptivas y analíticas de cada uno de los perfiles de suelo.

En el mapa 8.1 se localizan los perfiles de suelos en el mapa de unidades ambientales homogéneas.

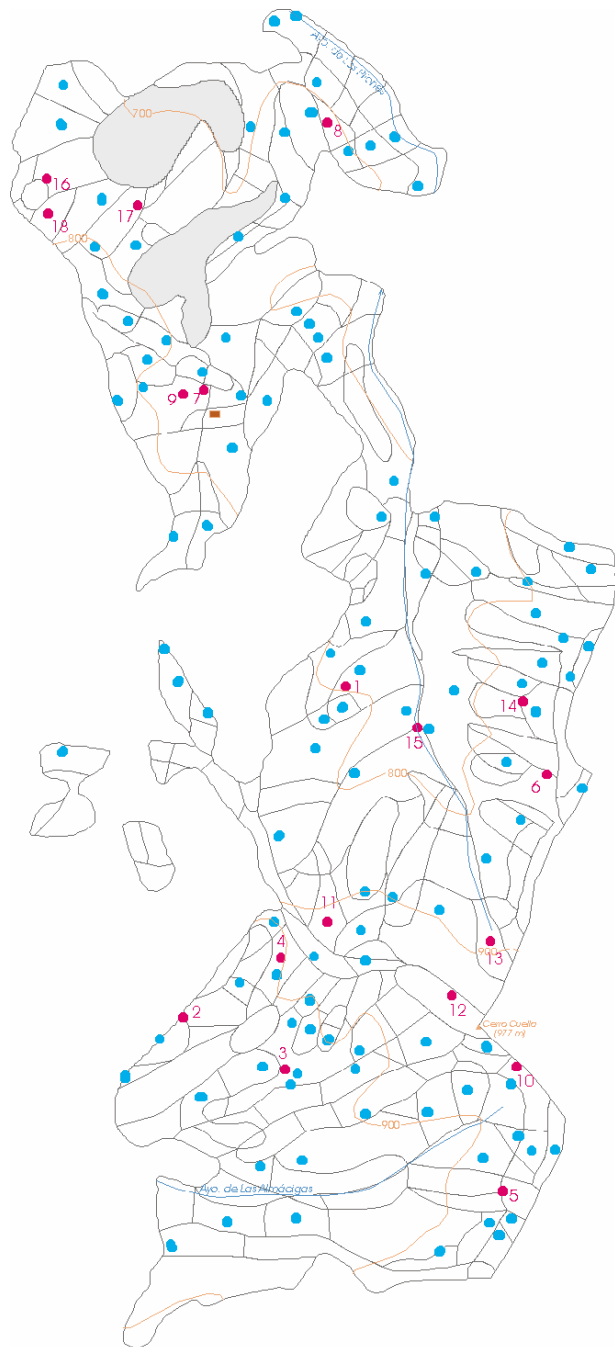
**CUADRO 16. PERFILES DE SUELOS ANALIZADOS.
CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO**

N° PERFIL	LITOLOGÍA	UNIDAD DE RELIEVE	Pendiente	Exposición	CLASIFICACIÓN
1	Grauwacas	Ladera alta convexa	58%	N	Luvisol crómico
2	Brecha calcárea	Ladera baja convexa	35%	NO	Regosol calcárico
3	Filitas y grauwacas	Ladera baja convexa	45%	SE	Luvisol crómico
4	Filitas	Cumbre convexa	32%	O	Leptosol eútrico
5	Diabasas	Ladera alta convexa	55%	SO	Cambisol eútrico
6	Diabasas	Ladera alta convexa	50%	O	Regosol léptico
7	Coluvión (filitas)	Ladera baja convexa	40%	NE	Regosol eútrico
8	Filitas	Ladera media convexa	70%	NE	Calcisol háplico
9	Filitas	Ladera media convexa	40%	NE	Luvisol crómico
10	Grauwacas	Ladera alta convexa	40%	SO	Cambisol eútrico
11	Coluvión sobre diabasas	Ladera alta cóncava	30%	N	Regosol eútrico
12	Filitas y grauwacas	Cumbre redondeada	8%	N	Leptosol eútrico
13	Diabasas	Ladera media convexa	65%	N	Luvisol crómico
14	Grauwacas	Cumbre convexa	32%	O	Cambisol léptico
15	Coluvión sobre filitas	Ladera baja convexa	28%	N	Regosol eútrico
16	Filitas y grauwacas	Cumbre redondeada	15%	N	Regosol léptico
17	Grauwacas	Cumbre convexa	22%	NE	Calcisol háplico
18	Filitas y grauwacas	Ladera convexa	30%	N	Calcisol háplico

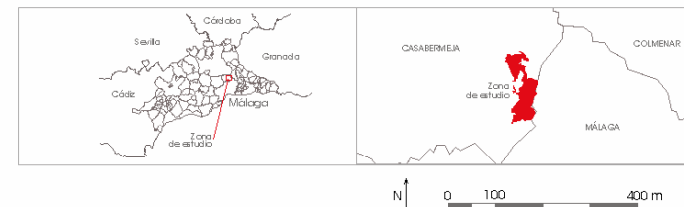
Las observaciones complementarias no se han realizado en este apartado, por lo que su descripción se dejará para el momento oportuno, que coincidirá una vez que se hayan establecido los criterios de muestreo en función de los objetivos.

LOCALIZACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO Y LAS OBSERVACIONES MEDIANTE SONDEOS EN EL MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

Mapa 8.1



- Observaciones mediante sondeos
- Perfiles de suelo analizados
- Cultivos
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 8.1

LOCALIZACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO Y LAS OBSERVACIONES MEDIANTE SONDEOS EN EL MAPA DE UNIDADES AMBIENTALES HOMOGÉNEAS

3.3. UNIDADES TAXONÓMICAS DE SUELOS.

3.3.1. PROCESOS CONDICIONANTES DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SUELOS. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El objetivo de este primer apartado es analizar las características generales de los suelos de la zona de estudio, atendiendo a los procesos que los han afectado y sus consecuencias, para terminar valorando su estado actual.

La erosión es el proceso más importante que ha afectado a la evolución de los suelos de la zona y ha determinado el panorama edáfico actual.

Todos los suelos que forman parte de la zona de estudio sufrieron, en algún momento, intensos procesos de erosión. La elevada pendiente del terreno unida a la escasa cubierta vegetal que ha existido tradicionalmente en esta zona, a causa de una agricultura que antaño aró prácticamente la totalidad de estas tierras, ha provocado que la erosión haya sido muy intensa.

La consecuencia inmediata de este proceso fue la denudación de la mayor parte de los suelos de cumbres de lomas y laderas, así como de laderas de altura relativa alta, con el consiguiente depósito de materiales en las laderas de cota baja, engrosando así un perfil de elevada profundidad.

Es un hecho prácticamente generalizado en toda la zona de estudio que los horizontes superiores sean de origen alóctono. Se trata de una capa de suelo que puede presentar diferentes potencias, aunque en la mayoría de los casos estos horizontes no llegan a aislar a los antiguos suelos sobre los que se ha depositado, ya que tienen una profundidad comprendida entre 10 y 40 cm.

Se trata de suelos en los que se han producido superposiciones de materiales. Este proceso fue definido por Duchaufour (1977) como suelos complejos, lo que equivale al concepto de discontinuidad, definido por la FAO (1990), como los suelos en los que existen, bien un cambio significativo en la distribución de las partículas del suelo o un cambio mineralógico. Esto se traduce en una diferencia litológica y/o de edad en los materiales que constituyen los distintos horizontes del perfil de suelo.

La metodología de trabajo que se ha utilizado para determinar la presencia de suelos con discontinuidades edáficas ha sido la siguiente:

- a) Estudio de la naturaleza litológica de la fracción gruesa de cada uno de los horizontes del perfil. La presencia de fragmentos litológicos de diferente naturaleza que la roca subyacente pone de manifiesto el origen alóctono de los materiales que lo constituyen.
- b) Cuantificación de los fragmentos gruesos de los horizontes del perfil. Un mayor contenido de fragmentos gruesos en los horizontes superiores indican la existencia de depósitos de materiales de origen alóctono. Complementario a esta cuantificación sería describir la

forma, el tamaño y el grado de alteración de los cantos, ya que pueden ser indicativos del origen del material. Concretamente, el tamaño de los fragmentos y su distribución vertical en el perfil, proporciona una importante información sobre las condiciones bajo las que se formó el depósito.

- c) La forma de los límites y el color de los horizontes del perfil. Un límite neto y un cambio de color significativo entre el coluvión y el suelo enterrado son indicios para determinar la existencia de una discontinuidad edáfica.

Los suelos de la zona de estudio se caracterizan por la presencia de discontinuidades edafológicas, debido a la intervención de diferentes procesos evolutivos que se superponen en el tiempo y que vienen marcados principalmente por el clima y la erosión. Dichas discontinuidades corresponden con depósitos más o menos recientes, que se acumularon, bien sobre un suelo antiguo, o bien, directamente sobre una roca o material que, normalmente, es de diferente naturaleza y/o de diferente edad que el material de aporte.

Normalmente, el suelo subyacente se encuentra truncado por la erosión, llegando a perder incluso varios de los horizontes que constituyen el perfil. En muchos casos se puede observar una clara manifestación de dicho truncamiento por la presencia de una acumulación de piedras (stone line) en la base del suelo suprayacente.

Se pueden distinguir 2 tipos de discontinuidades según el grosor de los materiales superpuestos:

- a) Suelos que presentan discontinuidades edáficas en las que el material superpuesto (suprayacente) es de escaso espesor.
- b) Suelos que presentan discontinuidades edáficas en las que el material suprayacente es de gran espesor.

Se ha considerado una potencia media de materiales de 50 cm. para diferenciar los 2 tipos de discontinuidades. Se ha optado por esta cifra porque se considera que un depósito de materiales de 50 cm. prevalece sobre el material subyacente, ya que tiene espesor suficiente como para condicionar por si mismo a la vegetación, tenga o no algún tipo de influencia los materiales que se encuentran bajo la discontinuidad.

En relación a la clasificación de los suelos, se ha utilizado, en el primer caso, el perfil completo; mientras que, en el segundo tipo, prevalece el material suprayacente a la hora de clasificar el suelo.

En la primera de las discontinuidades, el horizonte A es de carácter alóctono. Este puede tener, bien propiedades calcáreas cuando provienen de laderas altas donde predominan las series litológicas silíceo-calcáreas, o bien propiedades silíceas cuando las calizas alabeadas no aparecen en las asociaciones litológicas.

Las dos capas de materiales suelen estar separadas por un límite plano, ya sea inclinado o no en el sentido de la pendiente, aunque también son frecuentes

los horizontes A de límite ondulado con el horizonte subyacente. Las causas suelen ser antiguas cárcavas, excavadas por la erosión en el pasado y rellenadas posteriormente de materiales procedentes de las partes superiores de la ladera.

La segunda de las discontinuidades equivale a una simple superposición de materiales, en la que el suelo o material antiguo tan sólo sirve de soporte al suelo actual. Se trata, en la mayoría de los casos, de suelos truncados por la erosión, en los que se observa la pérdida generalizada de uno o más horizontes del perfil. Hay que señalar que estas discontinuidades son menos frecuente que las anteriores.

En la actualidad la erosión parece que no es muy intensa, sobre todo, en aquellas zonas donde la cubierta vegetal es elevada lo que ocurre, principalmente, en las unidades de ladera con exposición Norte.

En estas zonas se puede observar la existencia de un horizonte superficial de aproximadamente 5 cm. de espesor, compuesto por restos vegetales en descomposición.

Este incipiente horizonte se puede interpretar como indicador de la actual estabilidad de las laderas que se ha producido a raíz del abandono de las prácticas de arado que destruían la estructura natural del suelo y, además de precipitar los terrones de suelo hacia las partes bajas de la ladera, dejaban la superficie sin protección contra la lluvia.

Pese a la frecuencia de este hecho, también existe un rejuvenecimiento de los horizontes superficiales por erosión en aquellas zonas donde la cobertura vegetal es más reducida y se deja sin protección frente a la erosión amplias áreas de suelo.

Esto ocurre principalmente en las unidades de cumbre y en las laderas de exposición Sur junto con las unidades orientadas al Este y Oeste.

Como conclusión, se puede decir que el panorama taxonómico de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de unos suelos poco evolucionados, ya sea por la erosión o por la acumulación de materiales.

3.3.2. UNIDADES TAXONÓMICAS DE SUELOS.

Los taxones de suelos representativos de la zona de estudio se describen a continuación.

3.3.2.1. Leptosoles.

Existen 3 tipos de leptosoles a nivel de unidad de suelo: leptosoles líticos, eútricos y calcáricos.

En todos los casos se caracterizan por ser suelos afectados por una importante erosión. Actualmente parece que se han estabilizado los procesos erosivos ya que se ha formado un pequeño horizonte superficial con un elevado

contenido en materia orgánica, concretamente un 5,3% en el perfil 12 y un 7,3% en el perfil 4. Pese a ello el horizonte A se clasifica como ócrico por no cumplir los requisitos de profundidad de los mólicos.

La textura del horizonte A puede ser muy variable, normalmente entre franca y franco-arcillosa. normalmente tienen un pH neutro, a no ser que se trate de cumbres de lomas donde el pH pasa a ser mediana a ligeramente ácido. El complejo de cambio está dominado por el calcio, al que le sigue a gran distancia el magnesio. La mayor parte de los suelos presentan una tasa de saturación del 100%, a excepción de los suelos situados en las citadas cumbres de lomas donde este se reduce por los procesos de lavado de las bases.

Se localizan principalmente en cumbres de lomas y laderas. También suelen aparecer en las unidades de laderas, concretamente en aquellas zonas donde la erosión ha sido más intensa.

3.3.2.2. Regosoles.

Estos son los suelos más representativos de la zona de estudio. Aparecen en prácticamente todas las unidades cartografiadas, en las que suelen constituir los suelos nominales.

Existen en la zona de estudio los siguientes regosoles, clasificados al nivel de unidad: regosoles lépticos y regosoles eútricos sobre materiales silíceos y regosoles léptico-calcáricos y regosoles calcáricos sobre materiales de carácter calcáreo.

a) Regosoles lépticos y regosoles léptico-calcáricos.

Se trata de suelos que están afectados por la erosión. El perfil 6 es un regosol léptico formado sobre diabasas. Pese a que su estadio potencial es el luvisol, como es el caso del perfil 13, la acción generalizada de la erosión ha provocado que se retrase su evolución.

El horizonte superior en todos los casos analizados está formado por materiales de litología variada (diabasas, filitas y grauwas) y de origen alóctono.

La textura del horizonte A suele ser franca. El pH aunque normalmente es neutro, no siempre es así ya que en las cumbres de lomas este parámetro se reduce considerablemente, llegando a ser medianamente ácido, como en el caso del perfil 16. El complejo de cambio está dominado por el calcio, aunque en el caso de las cumbres de lomas el magnesio también se hace importante. La misma relación se puede observar en la tasa de saturación en bases, ya que aunque normalmente es del 100%, en los suelos de cumbres de lomas ésta se reduce considerablemente.

El perfil 16 es un suelo poco desarrollado debido a la erosión. Su localización, sobre un antiguo rellano u hombrera de escasa a moderada

pendiente, y la acción de la erosión ha provocado que la pérdida de bases sea muy elevada, por lo que la tasa de saturación es tan sólo del 55,1%, hecho que contrasta con la alta saturación que caracteriza al resto de los suelos de la zona.

b) Regosoles eútricos.

Los perfiles de suelos analizados y clasificados como regosoles eútricos son los números 7, 11 y 15.

Se trata de suelos de diverso origen, aunque la mayor parte de ellos han estado afectados por la acumulación de materiales de aporte que provienen de la ladera. Sobre este proceso no se volverá a incidir porque ya ha sido descrito anteriormente.

El perfil 11 se ha clasificado como regosol porque el material parental es un coluvión compuesto por fragmentos de filitas tamaño grava. El coluvión está depositado sobre un antiguo suelo formado a partir de un dique de diabasas de disposición horizontal y bajo este aparecen la serie de las filitas y grauwas, ambas constituyen discontinuidades con respecto a los materiales suprayacentes.

Estos suelos se caracterizan por presentar un perfil homogéneo, desprovisto de horizontes y por una elevada porosidad debido a que el suelo está constituido por una mezcla caótica de materiales finos y gruesos. La textura del suelo, dependiendo del horizonte que se trate, suele ser tanto franca, franco-arcillosa como franco-arcillo-arenosa. El pH oscila en todos los casos entre neutro y moderadamente básico. El complejo de cambio sigue dominado por el calcio y aunque la tasa de saturación en bases es normalmente del 100%, puede pasar que en los regosoles de origen coluvial dicha tasa se reduzca, aunque no de forma significativa.

Estos suelos se localizan principalmente en las unidades de ladera de cota media y baja, que son las zonas que han recibido los aportes constantes de materiales procedentes de cotas más altas durante la ajetreada historia geomorfológica que han padecido todas las laderas de la zona de estudio.

c) Regosoles calcáricos.

Estos suelos se caracterizan por una textura franco-arcillo-arenosa. El pH es moderado a fuertemente básico. El complejo de cambio sigue dominado por el calcio, aunque en este caso el magnesio se encuentra a escasa distancia. La tasa de saturación en bases es del 100%.

Como regosol calcárico se ha analizado el perfil 2. Este suelo se caracteriza por estar desarrollado sobre una brecha calcárea depositada en pie de monte que no ha llegado a consolidarse.

Actualmente, parece ser que la erosión es muy reducida ya que los horizontes están estabilizados, prueba de ello es que el horizonte A recibe una gran cantidad de materia orgánica en forma de restos vegetales, lo que ha provocado que se eleve el contenido de materia orgánica al 4,5%. Este horizonte se ha clasificado como ócrico al no cumplir el requisito de profundidad que exigen los horizontes móllicos.

3.3.2.3. Calcisoles.

A nivel de unidad existen tan sólo en la zona de estudio, calcisoles háplicos. Se trata de los perfiles 8, 17 y 18.

Estos suelos se caracterizan por una textura muy variada ya que puede ser, dependiendo de los horizontes, arcillo-limosa, franco-arcillosa, franco-limosa, franco-arcillo-limosa y franca. El pH oscila entre moderado a fuertemente básico. El complejo de cambio sigue dominado por el calcio y la tasa de saturación en bases es del 100%.

El origen de estos suelos es muy diverso, aunque hay que destacar que predominan los calcisoles formados por la evolución de antiguos depósitos coluviales.

El perfil 8 es un suelo que ha sufrido paulatinos depósitos de materiales, prueba de ello son las numerosas líneas de piedras que aparecen jalonando el pedión. El horizonte A, ha sido el último de los horizontes del suelo en quedar estabilizado frente a la erosión. Este debió continuar sufriendo procesos de erosión, de ahí que tenga una proporción de gravas más elevada que el horizonte subyacente.

En las zonas de piedemonte, concretamente en la base de las pendientes, relacionadas con las series litológicas silíceo-calcáreas, son frecuentes los horizontes de acumulación de caliza más o menos endurecidos, es decir se trata de horizontes petrocálcicos. En todos los calcisoles analizados se han observado estas manifestaciones.

El perfil 18 es un suelo complejo en el que se puede adivinar como la activa evolución geomorfológica del entorno ha quedado patente en la configuración actual de los horizontes que lo componen. En dicho suelo se pueden identificar dos procesos erosivos y otros dos procesos de depósito, sucediéndose alternativamente en el tiempo.

En un primer proceso erosivo, el perfil de la ladera debería encontrarse en la posición actual del pequeño horizonte petrocálcico; a éste le sucede un proceso de acumulación de materiales de naturaleza silícea, concretamente filitas y grauwas. En esta etapa, el suelo evoluciona hacia un calcisol debido al lavado del carbonato cálcico que procede de las partes altas de la ladera, donde se encuentran las series de filitas, calizas y grauwas, de ahí la naturaleza calcárea de los horizontes. En este momento se forma también el horizonte de acumulación

de carbonato cálcico en el contacto con la antigua superficie de la ladera, ya que el agua cargada de carbonatos cuando llega a este contacto la única salida que tiene es lateral de ahí que aquí precipiten los carbonatos, dando lugar a un horizonte cálcico que, al endurecerse, constituye un horizonte petrocálcico.

A este episodio le sucede un nuevo proceso de erosión, fórmándose una serie de cárcavas a lo largo de la superficie, como lo atestigua la ondulación en el límite entre los horizontes Ap y Bwb. La evolución geomorfológica del entorno concluye con el depósito de materiales, igualmente de naturaleza silíceo, sobre la superficie de erosión anterior, rellenando las cárcavas producidas en dicha etapa.

3.3.2.4. Cambisoles.

Clasificados al nivel de unidad son varios los cambisoles que existen: cambisoles lépticos, léptico-crómicos, eútricos y crómico-eútricos.

Los perfiles de suelos analizados y clasificados como cambisoles corresponden a los números 14, 5 y 10.

La textura de estos suelos puede ser muy variada, normalmente es franca, franco-arcillosa, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa. El pH oscila entre ligeramente ácido y fuertemente básico. El complejo de cambio sigue estando saturado por el calcio. La tasa de saturación es del 100% o próxima a esta cifra. Es precisamente en las cumbres de laderas, caso del perfil 14, donde la tasa de saturación no llega al 100%, debido a los procesos de lavado de las bases.

Estos suelos se caracterizan por una textura muy variada ya que puede ser, dependiendo de los horizontes, arcillo-limosa, franco-arcillosa, franco-limosa, franco-arcillo-limosa y franca. El pH oscila entre moderado a fuertemente básico. El complejo de cambio sigue dominado por el calcio y la tasa de saturación en bases es del 100%.

La génesis de los cambisoles se puede asociar a dos procesos, por una parte, a la alteración por edafización de las diabasas y, por otro lado, a la evolución de depósitos coluviales, siendo frecuentes además los cambisoles afectados por la erosión, de ahí el carácter léptico de una parte importante de ellos.

Los cambisoles lépticos y léptico-crómicos son suelos que se encuentran muy degradados por la erosión que afectó a la zona, sufriendo posteriormente, en la mayoría de los casos, un rejuvenecimiento parcial por acumulación de materiales alóctonos procedentes de zonas más elevadas.

Los cambisoles eútricos y crómico-eútricos son suelos que pueden tener diverso origen. Unos, se pueden asociar a la evolución de antiguos regosoles o a la evolución de las diabasas; otros, sin embargo, son antiguos cambisoles degradados por la erosión sobre los que se ha depositado una capa de materiales de origen alóctono, perteneciendo todavía al taxón primitivo.

En el primer caso, hay que destacar que son frecuentes, en ciertas zonas, los cambisoles que han evolucionado a partir de regosoles situados en unidades ladera de cota baja.

El perfil 5 es un suelo formado a media ladera. El perfil ha sufrido una contaminación secundaria de los carbonatos procedentes de las calizas alabeadas que se sitúan por encima del perfil.

El horizonte A ha sufrido una erosión continua, de ahí que la naturaleza de los fragmentos gruesos sea variada (diabasas, filitas y grauwacas); mientras que, el resto de los horizontes del perfil están compuestos exclusivamente por fragmentos de diabasas, hecho que es sintomático de una evolución in situ. Se ha considerado, por lo tanto, que el horizonte A es de carácter alóctono, ya que está compuesto por materiales que provienen de la parte alta de la ladera, los cuales vienen cargados de carbonatos.

El horizonte A tiene un límite con el horizonte subyacente con forma ondulada. La causa es una antigua cárcava fruto de la erosión en el pasado que fue rellenada posteriormente de materiales procedentes de las partes superiores de la ladera.

El perfil 10 es un cambisol que se ha clasificado al nivel de subunidad como eútrico y no como calcáreo, pese a tener un horizonte A con un 11% de carbonato cálcico, porque no cumple la condición de ser calcáreo entre 20 y 50 cm. a partir de la superficie, quedándose tan sólo en el límite de los 20 cm. Este suelo sufrió la decapitación del horizonte superficial que, posteriormente fue reemplazado por materiales procedentes de la parte superior de la ladera. Prueba de ello es el límite abrupto y el mayor contenido de gravas que contiene el horizonte A con respecto al subyacente. En este caso la naturaleza litológica de los materiales no varía entre horizontes.

3.3.2.5. Luvisoles.

Existen un sólo tipo de luvisol clasificado al nivel de unidad: luvisol crómico. Los perfiles 1, 3, 9 y 13 son los suelos analizados y clasificados en este taxón.

Estos suelos se caracterizan por presentar un perfil AB_tC. El horizonte árgico, afectado por la rubificación, presenta un color rojizo con un matiz elevado. En este proceso, los óxidos de hierro han sufrido una deshidratación provocado por la presencia de un período seco acentuado. Este horizonte se caracteriza por un proceso de iluviación de arcillas. La relación de las arcillas de este horizonte con el suprayacente oscila entre 1,4 y 1,7. Este proceso se manifiesta en forma de cutanes de arcilla revistiendo las unidades estructurales del horizonte, pero éstos no son apreciables a simple vista y es necesario un estudio micromorfológico en láminas delgadas de suelo.

Los cutanes de presión son frecuentes. Se trata de superficies pulidas producidas por la presión de unos agregados con otros debido al cambio de volumen del suelo. La característica estructura prismática del horizonte árgico

sufre una variación estacional de volumen por contracción y expansión de las grietas debido a los importantes cambios estacionales en el contenido de humedad.

La textura de este suelo suele ser franca, franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa o arcillo-arenosa en el horizonte A, manteniéndose arcillosa para el resto de los horizontes. El pH varía entre neutro y moderadamente básico, bajando incluso en algunos casos hasta medianamente ácido. El complejo de cambio está dominado por el calcio, aunque el magnesio es aquí bastante importante, llegando incluso, en algunos casos, a situarse al mismo nivel que el primero. La tasa de saturación en bases es del 100% o próximo a esta cifra.

La génesis de los luvisoles al igual que la de los cambisoles se puede asociar a dos procesos, por una parte a la evolución de los diques de diabasas, siendo ésta la forma más normal y, por otro lado, a la evolución in situ de depósitos coluviales, como ha sido el caso de los perfiles 1, 3 y 9.

El perfil 13 es el único luvisol crómico analizado que se ha formado a partir de la alteración de las diabasas.

El perfil 1 es un suelo desarrollado a partir de un depósito de pie de monte que ha evolucionado in situ hacia luvisol. La fracción gruesa de los horizontes árgicos está compuesta por fragmentos de filitas y grauwas, pese a que el material que sirve de base a estos materiales está compuesto exclusivamente por grauwas, lo que demuestra la naturaleza alóctona de los materiales donde se ha desarrollado el perfil analizado.

En estos suelos, normalmente, el horizonte A es todavía más reciente ya que tiene su origen en la acumulación de materiales procedentes de la erosión de las partes superiores de la ladera. Estos horizontes pueden estar formados por materiales de igual o diferente naturaleza que el resto del suelo, conteniendo en todos los casos una proporción más elevada de fracción gruesa en relación a los horizontes subyacentes.

Se debe resaltar el hecho de que existen numerosos árboles autóctonos asociados al desarrollo de ciertos suelos. Este es el caso, precisamente, de numerosas encinas que aprovecharon la delezabilidad de las diabasas para su instalación. Las raíces siguen el desarrollo de los diques de estos materiales, llegándose a desarrollar en ellos suelos evolucionados que gracias a la acción del árbol se han mantenido protegidos de la erosión.

4. FASE DE DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO RELACIONADOS CON LOS PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.

4.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.

Las técnicas estadísticas de análisis multivariante, concretamente el análisis factorial han sido consideradas por numerosos autores (ALIAS et al., 1993; SÁNCHEZ-MARAÑÓN et al., 1996; TUDELA, 1998) como unas herramientas muy útiles en la determinación de los factores de diagnóstico del suelo, ya que con esta técnica se identifican un número relativamente pequeño de factores que representan la relación existente en un conjunto de variables correlacionadas entre sí (VISAUTA, 1998).

En este caso, el análisis factorial es la técnica estadística que se ha utilizado para determinar los factores de diagnóstico que presentan una destacada influencia sobre las propiedades físicas del suelo y, a través de éstas, sobre la evaluación de suelos para usos ganaderos.

El análisis factorial se ha realizado siguiendo los mismos procedimientos utilizados por Alias et al. (1993), Sánchez-Marañón et al. (1996) y Tudela (1998), los cuales se detallan a continuación.

El procedimiento de análisis factorial utilizado es el de componentes principales. El método consiste en reducir un número determinado de variables intercorrelacionadas a un número inferior de factores no correlacionados (VISAUTA, 1998).

Se seleccionan aquellos factores con autovalores o valores propios (eigenvalues) superiores iguales a la unidad. Se eliminan de la matriz aquellas variables con cargas inferiores a 0,250, como aconsejan Barahona et al. (1982) y Donkin y Fey (1991), citados ambos trabajos por Sánchez-Marañón et al. (1996).

Se obtiene la matriz de componentes principales, sobre la que se realiza posteriormente una transformación ortogonal mediante el método de rotación Varimax. El objetivo de la rotación es poder interpretar mejor el sentido y significado de los factores si no ha quedado claro en la matriz de componentes principales o pesos factoriales no rotada. Se obtiene, de esta forma, la matriz de componentes principales rotados, analizándose tanto una como otra.

Los resultados se expresan en una matriz, en la que cada variable aparece estandarizada en términos de los factores del modelo. Para ello, se utilizan unos coeficientes que suelen recibir diferentes nombres, “pesos factoriales”, “cargas”, “ponderaciones factoriales” o “saturaciones factoriales” (VISAUTA, 1998). Los coeficientes indican la carga de cada variable en cada factor. Para el citado autor,

lo ideal es encontrar un modelo en el que todas las variables se saturan en algún factor, es decir presenten pesos factoriales altos en un factor y bajos en el resto.

En este sentido, el análisis efectuado tiene en cuenta, principalmente, los pesos factoriales más elevados, concretamente los que corresponden a las variables que se saturan en alguno de los factores. Por ello, se han marcado en cada una de las matrices los coeficientes en los que se saturan las variables consideradas.

Se ha utilizado para este tratamiento estadístico el programa SPSS 8.0.

4.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS FACTORIAL.

Como ya se hizo referencia en el apartado que recoge la metodología de trabajo, en este primer análisis factorial se agrupan las variables correspondientes a los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo.

Esta diferenciación del resto de las variables que influyen sobre las propiedades físicas del suelo obedece a la dificultad que entraña determinar el primer grupo de variables especificadas, ya que todas ellas requieren análisis de laboratorio y, por tanto, se hace necesaria una infraestructura que, en algunos casos, llega a suponer un elevado coste económico.

Por ello y tal como se especificó en el apartado metodológico, los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo determinadas en cada uno de los horizontes de los 18 perfiles analizados son los que se someten a un análisis factorial con el objetivo de establecer qué tipo de correlación existe entre ellos y ver la posibilidad de establecer un número menor de variables para definir el espacio en función de los objetivos planteados con un elevado grado de fiabilidad.

El número de perfiles realizados se puede considerar representativo, atendiendo a dos razones fundamentales. En primer lugar, porque existe una escasa variabilidad de taxones en el área de estudio, 5 en total y, en segundo lugar, porque dicho número se estableció considerando la superficie de la zona de estudio, como ya se vio en el apartado correspondiente a la prospección de campo. Por tanto, los resultados obtenidos se pueden considerar perfectamente generalizables al conjunto de la población.

En el análisis factorial se han utilizado, además de los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo, otras de fácil determinación en trabajo de campo rutinario. Todas estas variables se han extraído de los perfiles de suelos realizados.

Las variables utilizadas en el análisis factorial son las siguientes:

1. Textura.
2. Tipo de estructura.
3. Materia orgánica.
4. Índice de saturación en calcio.

5. Hierro libre
6. Carbonato cálcico.
7. Caliza activa.
8. Índice de enrojecimiento (Rr).
9. Potencial matricial a –33 kPa.
10. Potencial matricial a –1500 kPa.

De todas las variables especificadas necesitan tan sólo justificación el índice de saturación en calcio, el índice de enrojecimiento y los potenciales de agua a –33 y –1500 kPa., por ser las únicas variables que no se especificaron en la relación expuesta en el apartado que definía las variables de muestreo para caracterizar los suelos desde el punto de vista de las propiedades físicas.

En relación a los cationes de cambio hay que tener en cuenta que el calcio es el que predomina en el complejo de cambio del suelo, concretamente y para los suelos analizados, el 71% de los cationes que forman este complejo está constituido por el calcio.

Por ello se ha considerado conveniente utilizar un índice en el que se ponga de relieve este hecho. Éste se ha denominado índice de saturación en calcio (Ica), en el que se relaciona el calcio de cambio con el total de bases cambiables, es decir con el sumatorio de todas las bases de intercambio, incluida el calcio.

La expresión matemática de este índice es la siguiente:

$$Ica = \frac{Ca^{2+}}{S} \times 100$$

Ica: índice de saturación en calcio.

Ca²⁺: calcio de cambio (meq/100 gr.).

S: sumatorio de las bases de cambio (meq/100 gr.).

El color es un parámetro de gran utilidad porque además de ser fácilmente determinable en el campo, presenta una elevada correlación con otras variables y propiedades del suelo como el contenido en materia orgánica y arcilla, desarrollo de la estructura y estado de oxidación-reducción, entre otras, lo que permite clasificar e interpretar mejor el suelo.

Se ha utilizado el índice de enrojecimiento (Rr) de Hurst (1977, citado por McFadden y Hendricks, 1985) en el que se ponen en relación los 3 parámetros que se utilizan usualmente en las determinaciones del color del suelo. La expresión matemática es la siguiente:

$$Rr = \frac{Hue \times Chroma}{Value}$$

Rr: índice de enrojecimiento.

Hue: matiz de color del suelo.

Value: brillo del color del suelo.
Chroma: intensidad del color del suelo.

La retención de agua a -33 y -1500 kPa son en realidad propiedades físicas del suelo, por lo que estrictamente no tendría sentido introducirlas en un análisis factorial en el que se pretende analizar los parámetros y propiedades del suelo que influyen sobre las propiedades físicas que se van a analizar: densidad aparente, porosidad, retención de agua a la capacidad de campo, capacidad de infiltración y estabilidad estructural.

Hay que tener en cuenta además que, para muchos autores la retención de agua a -33 kPa equivale a la capacidad de campo, como se puede observar en el apéndice 1 del capítulo 3, apartado 3 (capacidad de retención de agua en el suelo a la capacidad de campo).

Pese a todo ello, se ha considerado adecuado introducir en el análisis factorial los resultados obtenidos en relación a dichas propiedades para establecer qué tipo de correlación existe con los parámetros y propiedades físicas que se han diferenciado.

Las unidades de medida utilizadas para clasificar los resultados son diferentes dependiendo de la naturaleza de cada variable.

Para las variables de carácter numérico como la materia orgánica, carbonato cálcico, caliza activa, índice de saturación en calcio, potencial matricial a -33 y -1500 kPa e hierro libre se han utilizado los mismos valores obtenidos en los análisis de laboratorio o de campo.

Mientras que, para las variables de carácter alfabético como la textura, la estructura y el índice de enrojecimiento se han utilizado una tabla de correspondencia con valores numéricos.

Los valores tomados para el brillo (value) y chroma (intensidad) se toman directamente de la tabla Munsell ya que son de tipo numérico; mientras que, el matiz (hue) al presentar valores alfanuméricos se ha utilizado una tabla de correspondencias numéricas, asignando los valores utilizados por McFadden y Hendricks (1985) y que se recogen en el cuadro 17.

CUADRO 17. CLASIFICACIÓN DEL MATIZ (HUE) DEL SUELO PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL

MATIZ (HUE)	VALOR ASIGNADO
10 YR y menor	0,0
7,5 YR	2,5
5 YR	5,0
2,5 YR	7,5
10 R	10,0
7,5 R	12,5
5 R	15,0

Los valores asignados a la textura (cuadro 18) se correlacionan positivamente con el incremento en el contenido en arcillas, es decir a medida que aumenta el valor se pasa de texturas más equilibradas hacia texturas más pesadas.

CUADRO 18. CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL

TEXTURA	VALOR ASIGNADO
Franca	1
Franco-arcillo-arenosa Franco-limosa	2
Franco-arcillo-limosa Franco-arcillosa	3
Arcillo-limosa Arcillo-arenosa	4
Arcillosa	5

Los valores asignados a la estructura (cuadro 19) se correlacionan positivamente con el tamaño de los agregados.

CUADRO 19. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL

ESTRUCTURA	VALOR ASIGNADO
Granular	1
Bloques <2cm.	2
Bloques >2cm.	3
Prismática <5cm.	4
Prismática >5cm.	5

4.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El sistema ha agrupado a las 10 variables consideradas en 3 factores (cuadro 20). Todos ellos explican el 77,39% de la variabilidad total, lo que se puede considerar significativo si se tiene en cuenta que los resultados obtenidos se encuentran en el margen de varianza acumulada obtenida por Sánchez-Marañón et al. (1996) y que oscila entre el 88,3% y el 68,5%.

El factor 1 en la matriz de componentes rotados es el “**factor carbonatos**”, donde se explica el 29,41% de la varianza (cuadro 20).

Está compuesto por 4 variables con cargas elevadas. El carbonato cálcico y la caliza activa están directamente relacionadas con el índice de saturación en calcio, es decir, a medida que aumenta el contenido en carbonato cálcico y en caliza activa aumenta el contenido en el suelo del citado catión.

CUADRO 20. ANÁLISIS FACTORIAL DE LOS PARÁMETROS Y PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO.

VARIABLES	Matriz de componentes			Matriz de componentes rotados		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Textura	0,667	0,604	-	-	0,701	0,524
Estructura	-	0,878	-	0,386	-	0,805
Materia orgánica	-	-0,672	0,560	-	-	-0,851
Carbonato cálcico	-0,729	0,428	0,265	0,854	-	-
Caliza activa	-0,745	0,456	0,257	0,872	-	-
Ica	-0,523	0,275	0,396	0,711	-	-
Potencial -33kPa	0,609	0,292	0,691	-	0,964	-
Potencial -1500 kPa	0,823	-	0,469	-0,324	0,891	-
Rr	0,645	0,526	-0,268	-0,425	0,429	0,633
Hierro libre	0,723	-	-0,275	-0,675	0,305	-
Varianza explicada (%)	38,36	24,30	14,72	29,41	26,12	21,84
Varianza acumulada (%)	38,36	62,66	77,39	29,41	55,54	77,39

LEYENDA:

Ica: índice de saturación en calcio.

Rr: índice de enrojecimiento.

Con menor carga y en sentido inverso destaca la relación que existe entre el contenido de carbonatos y el hierro libre y el índice de enrojecimiento. En este sentido, se correlaciona el descenso de carbonatos con una mayor liberación de hierro y un mayor enrojecimiento del suelo

También se puede observar una cierta relación directa, aunque con escasa carga, entre el carbonato cálcico y la estructura, en el sentido que la presencia de este elemento en el suelo favorece las estructuras más desarrolladas y los agregados de mayor tamaño.

La variable carbonato cálcico, por presentar el peso más elevado, se ha elegido como factor de diagnóstico para el grupo de variables que constituyen este factor.

El componente 2 en la matriz de componentes rotados es el “**factor retención de agua**”. Está compuesto por 3 variables con elevada carga que explican el 26,12% de la varianza.

Los potenciales de retención de agua en el suelo a -33 kPa y -1500 kPa presentan unas cargas muy elevadas y de la misma magnitud, es decir a medida que aumenta la retención de agua en uno de los potenciales también lo hace en el otro, lo que indica la existencia de una proporción equilibrada de poros de diferente tamaño.

Las variables de retención de agua están directamente correlacionadas con la textura, existiendo en dicha relación una elevada carga; es decir, a medida que aumenta la proporción de arcillas aumenta el contenido de agua en el suelo a

dichos potenciales. Obviamente, los potenciales de retención de agua en el suelo se comportan como variables dependientes de la textura.

También existe una relación positiva, aunque ya con menor peso, entre las variables anteriores y el índice de enrojecimiento y el contenido en hierro libre. Esta relación es lógica, ya que viene a decir que a medida que en la textura va cobrando mayor importancia la fracción arcillosa, el color es más rojizo, ya que los procesos de formación de arcillas y liberación de hierro van asociados.

La variable textura es la que se ha considerado como representativa del resto de parámetros que constituyen el componente y la que se ha elegido como factor de diagnóstico.

El tercero de los factores es el “**factor humificación-meteorización**”. Está compuesto por 2 variables con elevado peso, más otras 2 con unas cargas algo menos significativas. En conjunto el factor explica el 21,84% de la varianza.

En este factor la reducción del contenido en materia orgánica está altamente correlacionada con el aumento del tamaño de los agregados y el paso de la estructura de tipo granular a la de tipo prismática, pasando antes por la estructura en bloques.

A su vez, la estructura está relacionada de forma directa tanto con el índice de enrojecimiento como con la textura. El citado índice se asocia al grado de evolución del suelo, observándose un mayor enrojecimiento con el desarrollo de las estructuras de mayor tamaño y el incremento de las fracciones arcillosas.

En este factor, se puede observar una relación muy estrecha entre la meteorización de la fracción mineral del suelo y el desarrollo de la estructura. Es decir, a medida que el proceso de meteorización de la fracción mineral del suelo es más importante se incrementa el contenido en arcillas y se liberan óxidos de hierro, confiriéndole al suelo tonos cada vez más rojizos. Todo ello favorece el desarrollo de la estructura, incrementándose de esta forma el tamaño de los agregados.

La estructura, por ser una variable con gran peso en este factor, además de ser fácilmente determinable en el campo, se ha elegido como factor de diagnóstico.

5. FASE DE PROSPECCIÓN DE CAMPO II. MUESTREO COMPLEMENTARIO.

5.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO Y DE MUESTREO.

La metodología de trabajo que se ha utilizado ya fue definida en la primera fase de la prospección de campo.

En relación a la intensidad y metodología de muestreo, las observaciones se han distribuido en función de la superficie de cada una de las unidades ambientales homogéneas, resultantes de la superposición de todos los factores del medio que tienen alguna implicación en la distribución de los suelos en el territorio.

En el cuadro 21 se realiza la distribución de las observaciones de campo. El resultado es que tan sólo a la mitad de las unidades llegan a corresponderle al menos una observación complementaria; mientras que, la otra mitad no llega siquiera a la unidad. Por todo ello, se ha efectuado un redondeo al alza en el número de observaciones para así completar el muestreo en todas las unidades con, al menos, una.

De esta forma, de las 70 observaciones complementarias establecidas a priori a partir de la escala de trabajo considerada, se asciende a 105, lo que equivale a un incremento de la intensidad de muestreo de un 150%. Los objetivos planteados y la escala de detalle utilizada exigen el citado incremento del muestreo.

Se ha utilizado el método de muestreo no aleatorio descrito en el apartado metodológico de la primera fase de prospección de campo.

La causa es la elevada heterogeneidad edáfica que existe, debido, por una parte, a la importante variabilidad de factores formadores que se suceden en un escaso margen de espacio y, por otro lado, a la variación local en la intensidad de los procesos erosivos.

La erosión diferencial que se produce dentro de una misma unidad afecta a los suelos, no solo en sus características morfológicas sino también taxonómicas, inhibiendo el proceso de evolución de éstos.

Por todo ello se ha realizado un muestreo en el que ha sido necesario realizar varios sondeos por unidad para poder establecer qué suelos son los más representativos, así como describir los diferentes procesos asociados a los mismos.

**CUADRO 21. DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS POR UNIDADES
EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE**

UNIDADES	SUPERFICIE		N° DE OBSERVACIONES/UNIDAD	
	Ha	%	REPARTO 70 OBSERVACIONES	REDONDEO AL ALZA
82	9,36	5,33	3,73	4
54	8,78	5,00	3,50	3
71	8,54	4,86	3,40	3
76	8,14	4,63	3,24	3
26	6,64	3,78	2,64	3
53	6,44	3,66	2,56	2
84	5,86	3,33	2,33	2
2	5,38	3,06	2,14	2
60	4,50	2,56	1,79	2
19	4,24	2,41	1,69	2
70	4,04	2,30	1,61	2
28	3,98	2,26	1,58	2
80	3,54	2,01	1,41	1
66	3,38	1,92	1,34	1
25	3,34	1,90	1,33	1
32	3,14	1,78	1,25	1
55	3,14	1,78	1,25	1
47	2,96	1,68	1,18	1
86	2,92	1,66	1,16	1
49	2,90	1,65	1,15	1
11	2,74	1,56	1,09	1
73	2,62	1,49	1,04	1
39	2,52	1,43	1,00	1
81	2,52	1,43	1,00	1
48	2,48	1,41	0,98	1
23	2,46	1,40	0,98	1
42	2,42	1,37	0,96	1
43	2,34	1,33	0,93	1
24	2,30	1,31	0,91	1
1	2,28	1,29	0,90	1
10	2,24	1,27	0,89	1
69	2,18	1,24	0,87	1
75	1,98	1,12	0,79	1
59	1,92	1,09	0,76	1
56	1,74	0,99	0,69	1
14	1,72	0,98	0,68	1
36	1,54	0,87	0,61	1
65	1,54	0,87	0,61	1
5	1,52	0,86	0,60	1
72	1,48	0,84	0,59	1
51	1,44	0,82	0,57	1
68	1,32	0,75	0,52	1
50	1,26	0,71	0,50	1
78	1,24	0,70	0,49	1
9	1,20	0,68	0,47	1
62	1,16	0,66	0,46	1

**CUADRO 21 (continuación). DISTRIBUCIÓN DE SONDEOS POR UNIDADES
EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE**

UNIDADES	SUPERFICIE		N° DE OBSERVACIONES/UNIDAD	
	Ha	%	REPARTO 70 OBSERVACIONES	REDONDEO AL ALZA
67	1,08	0,61	0,43	1
87	1,08	0,61	0,43	1
58	1,02	0,58	0,40	1
63	1,02	0,58	0,40	1
83	0,96	0,54	0,38	1
6	0,94	0,53	0,37	1
74	0,92	0,52	0,36	1
17	0,86	0,49	0,34	1
41	0,78	0,44	0,31	1
12	0,76	0,43	0,30	1
35	0,72	0,41	0,28	1
52	0,72	0,41	0,28	1
21	0,68	0,38	0,27	1
37	0,66	0,37	0,26	1
8	0,64	0,36	0,25	1
45	0,64	0,36	0,25	1
61	0,64	0,36	0,25	1
85	0,62	0,35	0,24	1
38	0,60	0,34	0,24	1
3	0,58	0,33	0,23	1
16	0,58	0,33	0,23	1
46	0,58	0,33	0,23	1
77	0,56	0,31	0,22	1
13	0,50	0,28	0,20	1
27	0,50	0,28	0,20	1
79	0,50	0,28	0,20	1
20	0,40	0,22	0,16	1
31	0,40	0,22	0,16	1
33	0,40	0,22	0,16	1
18	0,38	0,21	0,15	1
34	0,38	0,21	0,15	1
7	0,36	0,20	0,14	1
30	0,36	0,20	0,14	1
40	0,36	0,20	0,14	1
57	0,36	0,20	0,14	1
22	0,34	0,19	0,13	1
4	0,28	0,16	0,11	1
15	0,28	0,16	0,11	1
29	0,28	0,16	0,11	1
44	0,26	0,14	0,10	1
64	0,22	0,12	0,08	1
TOTAL	175,58	100	70	105

Concretamente, se han realizado de 2 a 5 sondeos en cada observación, dependiendo de la variabilidad edafológica intrínseca de cada unidad. En los casos en los que se ha dispuesto de cortes naturales o cortes artificiales por pistas forestales en los que el suelo no estaba alterado por influencia humana se han aprovechado para realizar las observaciones. En todos los casos, se describen el/los sondeo/s más representativo/s.

En el mapa 8.1 se localizan, junto a los perfiles de suelos, las observaciones complementarias realizadas.

Este procedimiento ha permitido definir las asociaciones e inclusiones de suelos, así como determinar su estado de conservación.

5.2. REALIZACIÓN DEL MUESTREO DE CAMPO COMPLEMENTARIO.

El objetivo de este muestreo complementario es realizar una base de datos con la que se pretende caracterizar, en primer lugar, los suelos de la zona de estudio desde el punto de vista de los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros y propiedades físicas y químicas, definidos en la etapa anterior, junto con los datos necesarios para realizar el segundo análisis factorial y obtener, de esta forma, los factores de diagnóstico relacionados con los parámetros macromorfológicos y los factores formadores del suelo.

La obtención de estos últimos factores requieren un muestreo más exhaustivo que el realizado hasta ahora y que abarque la totalidad de las unidades ambientales definidas.

Los datos que se disponen hasta el momento corresponden tan sólo a los 18 perfiles de suelos analizados. El reducido tamaño del muestreo, 18 muestras, evidentemente es insuficiente para caracterizar las 175,58 has. de la zona de estudio en su conjunto, de ahí la necesidad de esta segunda fase de prospección.

Junto con el muestreo de los factores y parámetros anteriores se extrae también toda la información necesaria para proceder posteriormente a la clasificación y caracterización de las unidades de suelos.

Los métodos que se han usado para la determinación de cada una de las variables, dado el gran volumen de muestras que hay que obtener, son en la mayoría de los casos descriptivos y, a lo sumo, semicuantitativos utilizando en estos casos métodos sencillos de determinación.

El muestreo espacial de ciertas propiedades del suelo choca normalmente contra dos dificultades, por una parte, la necesidad de una infraestructura experimental de la que no siempre se dispone y, por otra, la necesidad de extraer un importante volumen de muestras.

Tales dificultades llevan, en muchas ocasiones, a realizar muestreos de tamaño inferior al aconsejable por lo que no se logra una adecuada representatividad y generalización espacial de los resultados. En este sentido

cobran especial interés las técnicas de estimación sencillas que permiten realizar muestreos de gran tamaño.

Por tanto, como alternativas a las técnicas de laboratorio se han utilizado en este trabajo una serie de técnicas de estimación en el campo.

A continuación se especifican los parámetros de muestreo junto con los métodos de trabajo utilizados:

Parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo:

1. Textura. Determinación semicuantitativa: método al tacto (LLORCA, 1991).
2. Tipo de estructura. Determinación descriptiva (FAO, 1990).
3. Carbonato cálcico. Estimación mediante reacción al CIH diluido (10%) (FAO, 1977, 1990).

Parámetros macromorfológicos del suelo:

1. Pedregosidad superficial. Método especificado en el apartado de análisis de la primera prospección de campo.
2. Afloramientos rocosos. Método especificado en el apartado de análisis de la primera prospección de campo.
3. Obstáculos mecánicos en el interior del perfil. Se considera la existencia de contactos líticos, así como la presencia de algún tipo de encostramiento superficial y subsuperficial. Determinación descriptiva.
4. Profundidad efectiva del suelo. Determinación descriptiva.

Factores formadores del suelo:

1. Pendiente. Determinación en el mapa de pendientes.
2. Exposición de ladera. Determinación en el mapa de unidades de relieve.
3. Formación vegetal y cobertura, tanto total como por estratos. Determinación en el mapa de vegetación.

Otros parámetros:

1. Potencia de cada horizonte. Determinación descriptiva.
2. Color de cada horizonte. Método: Munsell Soil Color Chart (1988).
3. Erosión: evidencias de erosión hídrica y evidencias de movimientos en masa. Determinación descriptiva.

6. FASE DE DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO RELACIONADOS CON LOS PARÁMETROS MACROMORFOLÓGICOS Y LOS FACTORES FORMADORES DEL SUELO

6.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.

La metodología de análisis utilizada es la misma que se especificó para la realización de los factores de diagnóstico relacionados con las propiedades físicas y químicas del suelo.

6.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS FACTORIAL.

Los parámetros macromorfológicos y los factores formadores muestreados en la fase correspondiente a la segunda prospección de campo se someten a un análisis factorial con el mismo objetivo que se definió en la fase dedicada a la determinación de los anteriores factores de diagnóstico.

El tamaño del muestreo se eleva a las 105 muestras determinadas en la fase anterior, a las que hay que unir las correspondientes a los 18 perfiles analizados, lo que hace que el total de muestras ascienda a 123.

Las variables utilizadas en el análisis factorial son las siguientes:

1. Pedregosidad superficial.
2. Afloramientos rocosos.
3. Profundidad efectiva del suelo.
4. Pendiente.
5. Exposición.
6. Estructura vegetal.
7. Cobertura total.
8. Cobertura herbácea.

En el análisis factorial se ha prescindido de ciertos parámetros de muestreo obtenidos en la fase de prospección de campo anterior, como los obstáculos mecánicos en el interior del perfil porque con la profundidad efectiva del suelo ya se hace referencia a las limitaciones de las raíces a consecuencia de dichos obstáculos.

En relación a la vegetación, se han seleccionado la estructura vegetal porque hace referencia al número de estratos presentes, lo que es indicativo del grado de evolución vegetal; junto con la cobertura total y herbácea, porque se han considerado las variables más significativas en relación a las propiedades físicas, como se desprende del apartado que analiza las influencias de los factores formadores sobre dichas propiedades.

Las unidades de medida utilizadas para valorar los parámetros de análisis dependen de la naturaleza de cada variable. Para las variables de carácter numérico se utilizan los mismos valores obtenidos en el trabajo de campo; mientras que, para determinar las 2 únicas de carácter alfabético, la exposición y la estructura vegetal, se han utilizado unas tablas de correspondencias en las que a cada categoría se les ha asignado un valor.

Los valores asignados a la exposición (cuadro 22) se relacionan con el paso de las zonas de cumbre y de exposición Sur a las zonas con exposición Norte, pasando antes por las laderas orientadas al Este y Oeste, que se han considerado intermedias.

Esta gradación hace referencia a un aumento progresivo de la profundidad efectiva del suelo, hecho que se ha constatado durante la fase de prospección anterior y como habrá ocasión de analizar más adelante, cuando se aborde el estudio de la influencia de la exposición sobre la distribución de los suelos en el territorio (gráfico 5 del apartado 7.3.1).

CUADRO 22. CLASIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL

EXPOSICIÓN	VALOR ASIGNADO
Indefinida y Sur	1
Este y oeste	2
Norte	3

Los valores asignados a la estructura vegetal (cuadro 23) se relacionan con el número de estratos de vegetación que presentan cada una de las formaciones distinguidas. De esta forma, al bosque se le asigna el valor 3 al tener presentes los estratos arbóreo, matorral y herbáceo; el matorral tiene el valor 2 porque el estrato arbóreo ha desaparecido y, finalmente, el estrato herbáceo con 1 porque tan sólo está presente el estrato que le da nombre a la formación vegetal.

CUADRO 23. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA VEGETAL PARA EL ANÁLISIS FACTORIAL

ESTRUCTURA VEGETAL	VALOR ASIGNADO
Unidades de pastizal	1
Unidades de matorral	2
Unidades de bosque	3

6.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

El sistema ha agrupado a las 8 variables consideradas en 3 factores (cuadro 24). Todos ellos explican el 59,80% de la variabilidad total. En relación al análisis factorial que se realizó con respecto a los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo, hay que destacar que la varianza explicada que se obtiene aquí es menos significativa.

CUADRO 24. ANÁLISIS FACTORIAL DE LOS PARÁMETROS MACRO-MORFOLÓGICOS Y LOS FACTORES FORMADORES DEL SUELO

VARIABLES	Matriz de componentes			Matriz de componentes rotados		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Cobertura herbácea	-0,530	-0,649	-	-0,816	-	-
Estructura vegetal	0,411	0,642	-	0,761	-	-
Cobertura total	0,614	-	0,304	0,592	-	0,293
Pedregosidad	-0,471	0,390	0,538	-	0,762	0,284
Afloramientos roc.	-0,534	0,529	-	-	0,710	-
Exposición	0,770	-	-	0,491	-0,605	-
Profundidad efectiva	0,372	-0,449	-	-	-0,517	0,272
Pendiente	-	-0,439	0,773	-	-	0,891
Varianza explicada (%)	25,98	21,05	12,76	23,07	22,53	14,19
Varianza acumulada (%)	25,98	47,04	59,80	23,07	45,60	59,80

El factor 1 en la matriz de componentes rotados es el “**factor cobertura herbácea**”. Está compuesto por 3 variables con elevada carga que explican el 23,07% de la varianza.

La cobertura herbácea mantiene una relación inversamente proporcional con la estructura vegetal y la cobertura total, es decir, el descenso de la cobertura herbácea se relaciona positivamente con el desarrollo de la estructura vegetal y la cobertura total. En este factor se pone de manifiesto el efecto inhibitor, comentado en el apartado dedicado al estudio de la vegetación, de los estratos arbóreos y de matorral sobre el desarrollo herbáceo.

En la matriz de componentes se pone de manifiesto esta misma relación, pero en este caso en el segundo factor, donde se correlaciona también con los afloramientos rocosos. En este sentido, se está relacionando el descenso de la cobertura herbácea y el desarrollo de la estructura vegetal con el aumento de los afloramientos rocosos, lo que ocurre, de hecho, en las zonas calcáreas. Aquí es donde el estrato arbóreo, a nivel general, está más desarrollado y la mayor proporción de afloramientos rocosos de estas zonas es fruto de la mayor resistencia a la erosión de esta litología.

En este factor se correlaciona el aumento de la estructura vegetal con el descenso de la profundidad efectiva del suelo. Este hecho, a priori incongruente,

ya fue puesto de manifiesto durante el análisis de la vegetación. En dicho apartado se especificó que la mayor parte del estrato arbóreo que se conserva en la zona de estudio se asocia a zonas de cumbre, donde existe una dinámica geomorfológica exportadora de materiales, lo que ha provocado que, en estas unidades, el espesor de suelo se encuentre muy reducido. Esta circunstancia motivó que no se considerase rentable la roturación de dichas zonas para la agricultura, por lo que se ha propiciado la conservación de la estructura vegetal arbórea.

La variable cobertura herbácea, por presentar el peso más elevado, se ha elegido como factor de diagnóstico para el grupo de variables que constituyen este factor.

El factor 2 en la matriz de componentes rotados es el “**factor pedregosidad y afloramientos rocosos**”. Está compuesto por 4 variables con elevada carga que explican el 22,53% de la varianza.

La pedregosidad y los afloramientos rocosos se relacionan positivamente entre ellos y negativamente con la exposición y la profundidad efectiva.

Este factor indica que en las zonas de exposición de solana y en las zonas de cumbre son más elevados los porcentajes de pedregosidad y afloramientos rocosos y la profundidad efectiva que presenta el suelo es más reducida, al contrario de lo que ocurre en las exposiciones de umbría. Esta diferencia debido a la exposición se explica por el balance de humedad del suelo, más pobre en las zonas de solana, lo que se traduce en una cobertura vegetal más reducida y una menor protección frente a la erosión.

El factor 1 de la matriz de componentes, viene a corroborar las conclusiones a las que se ha llegado, ya que la exposición Norte se relaciona negativamente con los afloramientos y la pedregosidad y positivamente con la cobertura total, poniendo de manifiesto, por tanto, la mayor protección de estas zonas frente a la erosión.

De todas las variables relacionadas en este factor se selecciona la exposición por ser un factor muy significativo y de fácil determinación, ya que no requiere ningún tipo de trabajo de campo.

El factor 3 en la matriz de componentes rotados es el “**factor pendiente**”. El escaso peso que mantienen todas las variables en este factor indican que la pendiente no mantiene una relación estrecha con ninguna de ellas.

Por el contrario, en la matriz de componentes, la pendiente presenta una relación positiva con la pedregosidad, es decir, a medida que aumenta la pendiente la pedregosidad es más elevada, sin embargo, hay que tener en cuenta que en este factor la varianza explicada es reducida, ya que asciende tan sólo al 12,76%.

De esta factor, lógicamente, se extrae la pendiente como factor de diagnóstico.

7. FASE DE REALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

“A soil map is itself only an interpretation of the landscape”
Dent y Young (1981)

Se ha escogido esta idea de Dent y Young para encabezar la última fase del estudio del medio físico porque se quiere hacer énfasis en las limitaciones de estos documentos. En este sentido el mapa de suelos se ha de considerar tan sólo como una mera aproximación a la distribución real de los suelos en el territorio. Por esta causa, es necesario siempre la máxima prudencia a la hora de efectuar las interpretaciones que se pueden derivar de estas representaciones cartograficas.

7.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO E HIPÓTESIS DE PARTIDA.

A partir de los 6 factores de diagnóstico del suelo⁹, definidos en las fases anteriores, es posible dividir el territorio en áreas homogéneas que, a priori, se deben caracterizar por un comportamiento homogéneo en relación a las propiedades físicas del suelo.

Para ello se utiliza toda la información extraída en las 2 fases de prospección del suelo del área de estudio.

Aunque más adelante se analizará con mayor profundidad, es necesario tener en cuenta, en este momento, que la compactación por uso ganadero se produce en los primeros centímetros de suelo. Por esta causa, se han utilizado los datos correspondientes a los 10 primeros centímetros del suelo, lo que se ha venido a denominar “sección de control”.

En algunos casos los suelos presentan una sección de control que no es homogénea, es decir, los primeros 10 cm. de suelo no pertenecen al mismo horizonte.

La causa de esta escasa potencia es la intensa acción erosiva a la que están sometidos los suelos de la zona de estudio.

En estos casos se ha obtenido un valor representativo y proporcional en función de la profundidad de cada uno de los horizontes hasta 10 cm. Por ejemplo, un perfil A-Bw-C, donde el horizonte A tiene tan sólo 6 cm. de profundidad, se entiende que el 60% de las características del suelo en la sección de control de 10 cm. que se ha considerado vienen representadas por el primer tramo de suelo, quedando reservado el 40% restante para el horizonte cámbico.

⁹ Carbonato cálcico, tipo de estructura, textura, cobertura herbácea, exposición y pendiente.

La metodología de trabajo se orienta a partir de las siguientes hipótesis de partida:

- a) Como hipótesis fundamental hay que destacar que se pretende demostrar que los factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo, diferenciados en las fases anteriores, se pueden utilizar para evaluar el suelo para uso ganadero.
- b) En función de esta hipótesis y partiendo de la base de la revisión bibliográfica efectuada en el primer apartado de este capítulo, se ha realizado una primera valoración de los factores de diagnóstico en función de su aptitud para el uso ganadero del suelo.
- c) Esta misma revisión bibliográfica permite vislumbrar que, de todos los factores de diagnóstico considerados, el carbonato cálcico y la exposición son los que de una forma destacada van a tener una mayor influencia sobre las propiedades físicas del suelo y, por tanto, sobre su aptitud para el uso ganadero. Esta circunstancia ha motivado que el territorio se haya dividido en 3 niveles de fase en función de dichos factores.

7.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO.

La clasificación que se va a efectuar parte del hecho de considerar que los factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo se van a poder utilizar para evaluar el suelo para uso ganadero, de ahí que éstos se clasifiquen teniendo en cuenta dichos objetivos.

Todos los factores de diagnóstico se clasifican en una escala de 1 a 5, considerándose más favorable para el uso ganadero del suelo a medida que el valor es más elevado. Se ha optado por una clasificación numérica para evitar hacer cualquier alusión cualitativa sobre aptitud.

En relación al carbonato cálcico la clasificación propuesta (cuadro 25) mantiene los mismos 5 intervalos que propone la FAO (1990).

CUADRO 25. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO CARBONATO CÁLCICO

DENOMINACIÓN	CLASIFICACIÓN
1. No calcáreo	1
2. Ligeramente calcáreo	2
3. Moderadamente calcáreo	3
4. Fuertemente calcáreo	4
5. Extremadamente calcáreo	5

En la segunda columna del citado cuadro se relacionan los valores asignados para realizar la clasificación. El sentido de los valores es ascendente a medida que el contenido en carbonato cálcico aumenta, considerando a priori que, a medida que asciende dicho contenido, aumenta la estabilidad de la estructura del

suelo. Esta hipótesis será demostrada más adelante, constituyendo, por tanto, uno de los objetivos del presente trabajo.

La estructura del suelo se ha clasificado en 5 intervalos, utilizando la nomenclatura de la Fao (1990), en una relación ascendente con la disminución del tamaño de los agregados (cuadro 26). Dicha clasificación evalúa, a priori, la capacidad de carga ganadera del suelo en función de la estructura, entendiéndose que esta es más favorable a medida que aumenta el valor.

CUADRO 26. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO ESTRUCTURA

ESTRUCTURA	CLASIFICACIÓN
Prismática >5cm.	1
Prismática <5cm.	2
Bloques >2cm.	3
Bloques <2cm.	4
Granular	5

LEYENDA:

En negrita: las texturas existentes en la zona de estudio.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que tan sólo las 2 estructuras que se han rotulado en negrita, son las únicas que se encuentran representadas en los 10 primeros centímetros de suelo de la zona de estudio, que se han utilizado como sección de control en el muestreo.

Si se compara la clasificación propuesta para la estructura con los valores asignados en el análisis factorial de los parámetros y propiedades físicas y químicas del suelo, correspondiente a este mismo capítulo, se observa que la relación de estructuras es la misma, cambiando tan sólo el valor asignado, por los motivos que se especifican en cada apartado.

En la zona de estudio se identifican 8 clases de textura. Éstas son valoradas de diferente forma dependiendo de los autores. En el cuadro 27 se han seleccionado las clasificaciones que, de una forma u otra, tienen especial interés para los objetivos del presente trabajo.

Las distintas clasificaciones citadas tienen distintos objetivos. La clasificación de Riquier et al. (1970) evalúa la textura en función de la productividad para pasto y bosque; mientras que, la de De la Rosa y Paneque (1977) agrupa las texturas en función de su influencia sobre la disponibilidad de agua, oxígeno y nutrientes para las plantas. Ambas temáticas tienen gran interés para los objetivos planteados.

En todos los casos, las texturas se agrupan en 5 clases. Las clasificaciones de De la Rosa y Paneque (1977) y el SSS (1993) coinciden en el agrupamiento de las texturas; mientras que, la de Riquier et al. (1970) no lo hace de igual forma, aunque las diferencias no son sustanciales. Por todo ello, las 3 clasificaciones citadas se deben considerar muy parecidas.

Las clases texturales que aparecen en la zona de estudio se han agrupado en 5 intervalos (cuadro 28). La clasificación es ascendente, pasando de texturas arcillosas hacia texturas más equilibradas. Dicha clasificación evalúa, a priori, la capacidad de carga ganadera del suelo en función de la textura, entendiéndose que ésta es más favorable a medida que aumenta el valor.

De nuevo, ocurre igual que en el caso de la estructura. Se ha utilizado la misma relación de texturas utilizadas en el análisis factorial, a las que sólo se les ha cambiado el sentido del valor asignado.

CUADRO 27. CLASIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO SEGÚN DIVERSOS AUTORES

TEXTURAS	RIQUIER (1970)				DE LA ROSA y PANEQUE (1977)				SSS (1993)				
Arenosa	10-30				L				G				
Arenosa-franca		40-50			L				G				
Franco arenosa		40-50				M-L				M-G			
Arcillosa			50-80				P				F		
Arcillo-limosa			50-80				P				F		
Arcillo-arenosa				80-90			P				F		
Limosa				80-90				M-E					M
Franco arenosa				80-90		M-L				M-G			
Franco-arcillo-limosa				80-90				M-P					M-F
Franco-arcillosa				80-90				M-P					M-F
Franco-arcillo-arenosa					100			M-P					M-F
Franco-limosa					100				M-E				M
Franca					100				M-E				M

LEYENDA:

L: textura ligera; P: textura pesada; M-P: textura media-pesada; M-L: textura media-ligera; M-E: textura media-equilibrada.

G: textura gruesa; F: textura fina; M-F: textura media-fina; M-G.: textura media-gruesa; M: textura media.

En negrita: las texturas existentes en la zona de estudio.

CUADRO 28. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO TEXTURA

TEXTURA	CLASIFICACIÓN
Arcillosa	1
Arcillo-limosa	2
Arcillo-arenosa	
Franco-arcillo-limosa	3
Franco-arcillosa	
Franco-arenosa	
Franco-arcillo-arenosa	4
Franco-limosa	
Franca	5

En relación a la cobertura herbácea se ha utilizado la misma clasificación que se utilizó en el apartado de caracterización de la vegetación de la zona de estudio (cuadro 29).

Como se vio en el apartado correspondiente al análisis de los parámetros que influyen sobre las propiedades físicas del suelo, este factor de diagnóstico tiene una gran importancia, de ahí que las puntuaciones sean ascendentes a medida que la cobertura es más elevada.

CUADRO 29. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO COBERTURA HERBÁCEA

COBERTURA HERBACEA (%)	CLASIFICACIÓN
<10	1
10-25	2
25-50	3
50-75	4
>75	5

Se ha observado una importante homogeneidad en cuanto a las propiedades que presentan los suelos en relación a ciertas exposiciones.

Hay que tener en cuenta que el factor exposición, como se verá más adelante es, junto con el carácter silíceo o calcáreo de los suelos, uno de los factores que van a definir las unidades de suelos en los primeros niveles de fase. Por esta causa y con el objetivo de evitar la atomización en exceso del territorio se procedió a la homogeneizando de las exposiciones que presentaron durante el muestreo de campo características edáficas semejantes.

La clasificación que se ha realizado consta de 4 intervalos, con valor ascendente a medida que la exposición es más favorable, por lo que se pasa de una exposición indefinida propia de las zonas de cumbre y una exposición Sur con los valores más bajos, a una exposición Norte con el máximo valor, pasando antes por la Este y Oeste, las cuales se han unificado y se consideran, a priori, intermedias.

CUADRO 30. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO EXPOSICIÓN

EXPOSICIÓN	CLASIFICACIÓN
Indefinida	1
Sur	2
Este y oeste	3
Norte	4

La inexistencia de una clasificación de pendiente que evalúe la potencialidad del suelo para el uso ganadero ha provocado que la clasificación propuesta (cuadro 31) sea la misma que se utilizó en el apartado correspondiente al análisis y clasificación de los factores ambientales, cuya justificación de intervalos de clase se utiliza para realizar a priori dicha clasificación.

CUADRO 31. CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE DIAGNÓSTICO PENDIENTE

PENDIENTE (%)	CLASIFICACIÓN
>55	1
40-55	2
25-40	3
10-25	4
<10	5

7.1.2. CRITERIOS DE DELIMITACIÓN CARTOGRÁFICA DE LOS SUELOS A NIVEL DE FASE.

De todos los factores de diagnóstico, se considera, a priori, que el carbonato cálcico y la exposición son los que van a tener una importancia más destacada sobre las propiedades físicas del suelo. Por ello, el territorio se ha dividido en 3 niveles de fase.

En el primer nivel de fase se diferencian los suelos por su carácter silíceo o calcáreo.

En el segundo nivel, las unidades anteriores, se diferencian por la exposición.

Finalmente, en el tercero se diferencian los suelos partiendo del nivel anterior y teniendo en cuenta el resto de los factores de diagnóstico.

Durante el proceso de agrupamiento de las unidades y con el objetivo de no atomizar en exceso la cartografía resultante se han fundido las unidades siguiendo el criterio de unificar a aquellas unidades próximas en las que varíen un máximo de 2 clases por cada uno de los factores.

El resultado obtenido se resume en el cuadro 32 en el que se pueden observar los siguientes niveles:

- a) El primer nivel de fase está formado por 2 unidades de suelo, una en fase silíceo y la otra en fase carbonatada. Se han señalado con números romanos en negrita en la primera columna del cuadro. Los casilleros de la primera unidad se han señalado con unos tonos grises; mientras que, a los casilleros de la segunda se les ha dado una trama rayada.

- b) El segundo nivel está formado por 7 unidades en fase de carbonato cálcico y exposición. A éstas les corresponde el número romano que figura en la segunda columna del cuadro.
- c) Por último el tercer nivel está formado por 24 unidades en fase de carbonato cálcico, exposición, textura, cobertura herbácea, exposición y pendiente. A las cuales les corresponde la numeración arábica de la tercera columna del cuadro.

En la representación cartográfica realizada a tal efecto se delimitan las unidades de suelos en el tercer nivel de fase (mapa 8.2).

La descripción de las unidades de suelos se realiza partiendo del segundo nivel de fase, aunque durante el transcurso del análisis se caracterizan a cada una de las unidades de suelo del tercer nivel.

Las unidades de suelos en el segundo nivel de fase son las siguientes:

- a) Unidad I. Suelos de carácter silíceo con exposición Este y Oeste.
- b) Unidad II. Suelos de carácter silíceo con exposición Norte.
- c) Unidad III: Suelos de carácter silíceo con exposición Sur.
- d) Unidad IV: Suelos de carácter silíceo con exposición indefinida (zonas de cumbre).
- e) Unidad V: Suelos de carácter calcáreo con exposición Este y Oeste.
- f) Unidad VI: Suelos de carácter calcáreo con exposición Norte.
- g) Unidad VII: Suelos de carácter calcáreo con exposición Sur.

Una vez obtenido el mapa de suelos a nivel de fase y antes de proceder a la descripción de las unidades se realizó un reconocimiento previo de cada una de ellas.

Con este objetivo se establecieron una serie de itinerarios en los que se cubrieron la totalidad de las unidades definidas en la cartografía. En cada uno de los puntos de observación, establecidos a priori, se observaron todos y cada uno de los 6 factores de diagnóstico que definen a las unidades.

CUADRO 32. SUELOS A NIVEL DE FASE.

UNIDADES SUELO (nivel fase)			CARBONATO CÁLCICO					ESTRUC TURA		TEXTURA					COBERTURA HERBÁCEA (%)				EXPOSICIÓN				PENDIENTE (%)					
			NC	LC	MC	FC	EC	B	G	1	2	3	4	5	<10	10-25	25-50	50-75	E-O	N	S	I	>55	40-55	25-40	10-25	<10	
I	I	1																										
		2																										
		3																										
	II	4																										
		5																										
		6																										
		7																										
		8																										
	III	9																										
		10																										
		11																										
	IV	12																										
		13																										
II	V	14																										
		15																										
		16																										
		17																										
		18																										
	VI	19																										
		20																										
		21																										
		22																										
	VII	23																										
		24																										

LEYENDA:

CARBONATO CÁLCICO. NC: no calcáreo; LC: ligeramente calcáreo; MC: moderadamente calcáreo; FC: fuertemente calcáreo; EC: extremadamente calcáreo. **ESTRUCTURA:** B: bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm.; G: granular. **TEXTURA.** 1: arcillosa; 2: arcillo-limosa, arcillo-arenosa; 3: franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa, franco-arenosa; 4: franco-arcillo-arenosa, franco-limosa; 5: franca. **EXPOSICIÓN:** E-O: este u oeste; N: norte; S: sur; I: indefinida.



SUELOS A NIVEL DE FASE

Mapa 8.2

UNIDADES SUELO	CARBONATO CÁLCICO					ESTRUCTURA		TEXTURA					COBERTURA HERBÁCEA (%)				EXPOSICIÓN				PENDIENTE (%)					
	NC	LC	MC	FC	EC	B	G	1	2	3	4	5	≤10	10-25	25-50	50-75	E-O	N	S	I	≥55	40-55	25-40	10-25	≤10	
I	1																									
I	2																									
I	3																									
II	4																									
II	5																									
II	6																									
II	7																									
II	8																									
III	9																									
III	10																									
III	11																									
IV	12																									
IV	13																									
V	14																									
V	15																									
V	16																									
V	17																									
V	18																									
VI	19																									
VI	20																									
VI	21																									
VI	22																									
VII	23																									
VII	24																									

LEYENDA:
 CARBONATO CÁLCICO: NC: no calcáreo; LC: ligeramente calcáreo; MC: moderadamente calcáreo; FC: fuertemente calcáreo; EC: extremadamente calcáreo. ESTRUCTURA: B: bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm.; G: granular. TEXTURA: 1: arcillosa; 2: arcilla-limosa, arcilla-arenosa; 3: franco-arcilla-limosa, franco-arcilla, franco-arcilla-arenosa; 4: franco-arcilla-arenosa, franco-limosa; 5: franca. EXPOSICIÓN: E-O: este u oeste; N: norte; S: sur; I: indefinida.

- Cultivos y edificaciones
- Instalaciones explotación



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 8.2

7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE SUELOS A NIVEL DE FASE.

La descripción de las unidades se ha realizado siguiendo los apartados que se detallan a continuación:

- a) Características generales.
- b) Características edáficas.

En el primer apartado se describen los factores de diagnóstico que caracterizan a la unidad y se diferencian las distintas unidades de suelo en el tercer nivel de fase que se distinguen.

En este mismo apartado se han elaborado una serie de cuadros en los que se resumen las características más importantes que definen a la unidad.

En el primero de ellos se indica el tamaño en hectáreas de la unidad y el tamaño del muestreo, especificando el número de muestras tomadas.

El segundo es un esquema de los factores de diagnóstico característicos de la unidad.

El tercero de los cuadros es complementario de éste último. En él aparecen una serie de parámetros que, por su interés, se han seleccionado para caracterizar a cada unidad en cuestión. Se han empleado la media como medida de tendencia central, el valor máximo y mínimo de la serie y como medidas de dispersión de las muestras, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Los criterios que se han utilizado para analizar el significado del coeficiente de variación son los mismos que se emplearon en el análisis de la vegetación.

Los parámetros que se han seleccionado son pendiente, cobertura herbácea, cobertura total, profundidad efectiva, afloramientos rocosos y pedregosidad. Los 2 primeros corresponden con factores de diagnóstico y aunque ya fueron expuestos en el cuadro anterior, se vuelven a citar aquí para aportar un mayor detalle de ellos.

El último de los cuadros es un esquema de los suelos representativos de la unidad y de los porcentajes que representan cada uno de ellos en el conjunto de las asociaciones.

La clasificación taxonómica de suelos utilizada corresponde con la versión de la FAO (1998). Los suelos se clasifican al nivel de grupo y unidad. Estos suelos se codifican utilizando las siglas establecidas por el mismo organismo (FAO, 1998). En el cuadro 33 se relacionan los códigos de los grupos y unidades de suelos representativos de la zona de estudio.

En el segundo apartado se analizan las asociaciones de suelos y las inclusiones, apuntándose, además, los valores sobre profundidad efectiva, pedregosidad y afloramientos rocosos que caracterizan a la unidad.

**CUADRO 33. CÓDIGOS TAXONÓMICOS DE SUELOS
A NIVEL DE GRUPO Y UNIDAD**

GRUPOS DE SUELOS		UNIDADES DE SUELOS	
LP	Leptosol	li	Lítico
RG	Regosol	le	Léptico
CL	Calcisol	ca	Calcárico
CM	Cambisol	cr	Crómico
LV	Luvisol	eu	Eútrico
		ha	Háplico

Debido a la complejidad de la distribución de los suelos en el territorio tan sólo ha sido posible diferenciar asociaciones de suelos. Para Dent y Young (1981) las asociaciones son unidades compuestas o complejas que están constituidas por más de un taxón de suelo, en las que es posible establecer las pautas de distribución en el territorio.

Se ha utilizado durante la descripción de las unidades los términos suelo nominal e inclusión.

El primer término es el que da nombre a la unidad, ya que se trata del suelo dominante. Éste debe representar, al menos, el 75% de la superficie, llegándose a reducir en zonas muy heterogéneas hasta el 50% (DORRONSORO et al., 1999).

Se denomina impureza o inclusión a toda superficie que tenga una representación menor que la unidad cartográfica de base (PORTA et al., 1999). Para Dorronsoro et al. (1999) estos son suelos ocasionales dentro de las unidades, que no deben ocupar más del 25% de la superficie.

La proporción entre los suelos nominales y las inclusiones da pie para hablar sobre el grado de pureza que debe caracterizar a un mapa de suelos.

Porta et al. (1999) consideran de calidad un mapa de suelos en los que el grado de pureza o proporción que representan los suelos nominales frente a las inclusiones se mantenga entre el 65 y el 90%.

Bonneau y Souchier (1987) son, en este caso, más explícitos y diferencian el grado de pureza de las unidades de suelos en función de la escala del mapa. Por ejemplo, para la escala de este trabajo (1:10.000) admite un grado de pureza que debe rondar el 80-95%.

Para Dent y Young (1981) la pureza de las unidades cartográficas debe ser de al menos el 85%, aunque advierte que en la mayoría de los casos, ésta no llega a superar el 50 ó 65%.

Por su parte, Nordt et al. (1991) habla de pura teoría haciendo referencia a los valores anteriores y advierte que, en numerosos trabajos, la pureza de las unidades cartográficas es inferior al 50%, siendo pocos los mapas con un grado de pureza superior al 85%. Por esta razón, el autor citado permite inclusiones superiores al 50% en los casos en los que éstas tienen un comportamiento similar con el taxón de referencia que da nombre a la unidad, es decir, el suelo nominal.

UNIDAD I. SUELOS DE CARÁCTER SILÍCEO CON EXPOSICIÓN ESTE Y OESTE.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	56,78 (32,34%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	30
----------------------------	----------------	----------------------------	----

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCÍCO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
1	No calcáreo	Bloques <2mm	F-A-Ar; F-L; F	25-50%	Este-Oeste	40-55%
2			F	50-75%		>55%
3			F-A-L; F-A; F-Ar; F-A-Ar; F-L	10-25%		25-40%
				25-50%		

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcillosa; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBÁCEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	44,90	91,01	47,31	35,70	5,52	23,33
MAXIMO	62,50%	100%	63,04%	60,00cm.	15,00%	50,00%
MINIMO	28,50%	85,50%	31,58%	5,00cm.	0,00%	3,00%
σ	10,15	4,50	6,61	14,42	4,60	13,08
CV (%)	22,60	4,95	13,97	40,40	83,32	56,08

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
RGl _e + RGe _u + LPe _u + (CMle-cr) + (CMcr-eu) Asociación de regosoles lépticos y eútricos y leptosoles eútricos con inclusiones de cambisoles léptico-crómicos y crómico-eútricos.
RGl _e : 35%
RGe _u : 20%
LPe _u : 15%
Inclusiones (CMle-cr; CMcr-eu; Cmeu; LVcr): 30%

Esta es la unidad con mayor extensión superficial, en la que se ha efectuado un muestreo de tamaño n=30. El muestreo se reparte entre 3 perfiles analizados al completo y 27 observaciones mediante sondeos. Se trata de los perfiles 4, 7 y 14.

La unidad se encuentra repartida por toda la zona, aunque principalmente se localiza en el centro de la explotación, a ambos lados del arroyo de los Pilonos,

debido al desarrollo meridiano de esta vaguada, la cual busca el camino más corto para verter sus escasas aguas en el río Guadalmedina, a su paso por el flysch de Colmenar.

Los factores de diagnóstico que caracterizan a la unidad se mantienen constantes a excepción de la pendiente y la textura.

La exposición es Este u Oeste y la cobertura herbácea media asciende al 47% y oscila entre el 31 y el 63%. El valor medio se encuentra prácticamente en el límite entre dos de las clases establecidas y, aunque algunas parcelas llegan a superar el 50% de cobertura su presencia es meramente anecdótica, por lo que se puede considerar que la unidad se encuentra representada en el intervalo que oscila entre el 25 y el 50%.

Los suelos son todos de carácter silíceo y la estructura es de tipo bloques subangulares de tamaño inferior a 2mm.

La pendiente media que caracteriza a la unidad se eleva al 45%, con un máximo del 62% y un mínimo del 28%, presentando una variabilidad moderada como lo atestigua el coeficiente de variación del 22%. Estos valores señalan que este factor se mueve en los tres intervalos comprendidos entre el 25 y más del 55%.

La textura se mueve también en tres de los intervalos considerados, concretamente entre la textura franca y las texturas franco-arcillo-limosa y franco-arcillosa, pasando antes por las franco-arcillo-arenosa, franco-limosas y franco-arenosas.

En el tercer nivel de fase se diferencian las siguientes unidades de suelos:

- a) **Unidad 1.** Se caracteriza, a igualdad de los factores constantes anteriores, por presentar una textura que puede ser franco-arcillo-arenosa, franco-limosa o franca y una pendiente comprendida en el intervalo del 40-55%, aunque, en algunos tramos, se llegue a superar dicho margen, no siendo representativo en ningún caso de la subunidad.
- b) **Unidad 2.** Se caracteriza, a igualdad de los factores constantes anteriores, por presentar una textura franca, una cobertura herbácea entre el 10-25%, aunque en la mayoría de los casos predomina el intervalo comprendido entre el 25-50% y la pendiente alcanza tanto los intervalos 10-25% como 25-40%, aunque es este último el que predomina.
- c) **Unidad 3.** Presenta las mismas características que la anterior, a excepción de la textura que pasa a ser franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa o franco-arenosa, incluyendo también el grupo de las franco-arcillo-arenosas o franco-limosas.

De las tres unidades diferenciadas es la primera la que ocupa una mayor superficie, apareciendo las otras dos en una proporción muy inferior, siendo su localización puntual ya que se extiende en pequeñas parcelas por toda la explotación.

b) Características edáficas.

Desde el punto de vista taxonómico la unidad se caracteriza por la asociación de regosoles lépticos y eútricos y leptosoles eútricos con inclusiones de cambisoles léptico-crómicos y crómico-eútricos, dejándose ver, además, entre éstos los luvisoles crómicos.

El regosol léptico es el suelo predominante en la unidad ya que representa el 35% de los casos sondeados en el muestreo, que asciende al 55% si se incluyen también los regosoles eútricos. Los leptosoles eútricos, por su parte, representan el 15% de los suelos de la unidad.

Como inclusiones se pueden citar los cambisoles y luvisoles, destacando por su mayor frecuencia, los cambisoles léptico-crómicos y crómico-eútricos.

Estos suelos se caracterizan por la ausencia de horizontes de diagnóstico, a excepción de los suelos que aparecen como inclusiones.

La característica esencial de estos suelos es la escasa profundidad efectiva que presentan. Las cifras son muy expresivas: profundidad media de 35 cm., oscilando entre 5 cm. como valor mínimo y 60 cm. como profundidad efectiva máxima. La intensa erosión sufrida por estos suelos ha provocado que tengan actualmente la escasa potencia que se manifiesta en dichas cifras, de ahí que, en ciertos casos, los afloramientos lleguen hasta el 15%, existiendo una media del 5% para toda la unidad, por lo que se la puede considerar moderadamente rocosa. La pedregosidad es elevada ya que al tener un valor medio del 23% y oscilar entre un 5 y un 50% se puede considerar que la unidad es muy pedregosa.

Los regosoles lépticos pasan a regosoles eútricos cuando el perfil alcanza una mayor profundidad, lo que ocurre, principalmente, en las zonas bajas de ladera. En estas zonas, pese a que también existen regosoles lépticos de escasa profundidad, ya que la erosión también ha actuado intensamente, son importantes los regosoles de moderada a elevada profundidad de ahí que pierdan el carácter léptico y se clasifiquen como eútricos. El perfil 7 es un suelo de este tipo.

Normalmente los continuos aportes de materiales han provocado un rejuvenecimiento constante de estos perfiles, pero esta regla no se ha cumplido en todos los casos, ya que pueden llegar a ser frecuentes los cambisoles crómico-eútricos, fruto de la evolución de los citados suelos.

Allí donde la erosión ha sido intensa y se ha reducido, consecuentemente, la profundidad de los perfiles, los regosoles lépticos se han degradado hacia leptosoles eútricos, caso del perfil 4, perteneciente a esta unidad. Este proceso ocurre principalmente hacia las zonas altas de la ladera. Aquí, precisamente, los

afloramientos rocosos son más importantes, apareciendo asociados a ellos leptosoles líticos.

Por el contrario, en las zonas donde la erosión no ha sido extrema, aparecen los cambisoles léptico-crómicos. El perfil está compuesto por un antiguo horizonte B cámbico muy degradado y un horizonte A de acumulación, separados por un límite abrupto.

Los luvisoles crómicos aparecen de forma esporádica en la unidad. La mayor parte de ellos se asocian a los diques de diabasas y con menor frecuencia a la evolución de antiguos coluviones.

UNIDAD II. SUELOS DE CARÁCTER SILÍCEO CON EXPOSICIÓN NORTE.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	55,08 (31,37%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	28
----------------------------	----------------	----------------------------	----

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCÍCO	ESTRUCTURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
4	No calcáreo	Bloques Granular	F-A-Ar; F-L; F	10-25%	Norte	40-55%
5		Bloques		25-50%		>55%
6		<2mm	F-A-L; F-A; F-Ar	25-50; 50-75%		25-40%
7		Granular		<10%		40-55%
8		Bloques <2mm		>55%		

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcillosa; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBÁCEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	44,36	91,68	36,81	44,77	3,85	17,67
MAXIMO	62,50%	100%	74,80%	80,00cm.	10,00%	40,00%
MINIMO	14,20%	76,71%	0,00%	15,00cm.	0,00%	3,00%
σ	11,70	4,29	16,53	17,66	3,49	12,71
CV (%)	26,38	4,68	44,91	39,45	90,74	71,93

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
RGle + RGeu + LPeu + CMcr-eu + (LVcr) + (CMle-cr) Asociación de regosoles lépticos y eútricos, leptosoles eútricos y cambisoles crómico-eútricos Con inclusiones de luvisoles crómicos y cambisoles léptico-crómicos
RGle: 25% RGeu: 20% LPeu: 15% CMcr-eu: 15% Inclusiones (LVcr; CMle-cr; Lpli; CLha): 25%

La unidad está ampliamente distribuida por toda la zona de estudio, aunque se reparte de forma irregular. Pese a ello, se pueden destacar varias zonas representativas. La mayor extensión se alcanza en el centro de la explotación, concretamente en la cabecera del arroyo de los Pilonés. Con menor extensión

existen también parcelas al norte, en las inmediaciones de la zona conocida como La Lagareta, y al Sur, en la margen izquierda del arroyo de Las Almacigas.

El muestreo que se ha efectuado en la unidad tiene un tamaño de $n=28$ muestras, que se reparten entre 8 perfiles y 20 observaciones mediante sondeos. Los perfiles analizados en la unidad son los siguientes: 1, 9, 6, 11, 13, 15, 17, 18.

Los factores de diagnóstico que caracterizan a la unidad y se mantienen constantes son la exposición de componente Norte y el carácter síliceo de todos los suelos que la comprenden. Mientras que, el resto de los factores son variables, siendo precisamente esta variabilidad intrínseca la que determina las unidades de suelo en el tercer nivel de fase.

La cobertura herbácea media asciende al 36%, teniendo un coeficiente de variación moderado a elevado (45%), lo que viene a indicar el amplio margen de oscilación de la serie de valores, concretamente los extremos son 0 y 74%. La unidad, por tanto, se mueve entre todos los intervalos que se han considerado, aunque, de todos ellos, el que oscila entre el 25 y el 50% es el más representativo, reduciéndose el resto a pequeñas parcelas sin amplia difusión espacial dentro de la unidad, de ahí que no aparezca el intervalo del 10-25% en el cuadro de los factores de diagnóstico de esta unidad.

La pendiente media de la unidad se eleva al 44%, con un máximo del 62% y un mínimo del 14%. La variabilidad es moderada, ascendiendo el coeficiente de variación al 26%. Estos valores señalan que este factor se mueve en los cuatro intervalos comprendidos entre el 10 y más del 55%. Los más representativos son los que oscilan entre el 25% y $>55\%$, siendo el de 10-25%, meramente anecdótico, por lo que no se han citado en ninguno de los cuadros que caracterizan a las unidades.

La estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2mm. es la que predomina, aunque también existe una pequeña parcela con estructura granular.

La textura se mueve en tres de los intervalos considerados, concretamente entre la textura franca y las texturas franco-arcillo-limosas, franco-arcillosas y franco-arenosas.

Las unidades que se han diferenciado en el tercer nivel de fase son las siguientes:

- a) **Unidad 4.** Se caracteriza, a igualdad de los factores constantes anteriores, por presentar una cobertura herbácea entre el 25 y el 50%, siendo pocos los casos en los que se reduce al 10-25%. La pendiente está comprendida entre los intervalos 40-55% y $>55\%$. La textura puede ser franca, franco-arcillo-arenosa y franco-limosa. La estructura es de bloques subangulares de tamaño $<2\text{mm.}$, aunque también se puede dar casos con textura granular. Su distribución es muy amplia, extendiéndose exclusivamente por unidades de ladera, tanto en posiciones altas, medias y bajas.

- b) **Unidad 5.** Mantiene las mismas características de la anterior, a excepción de la pendiente que, en este caso, se reduce hasta el 25-40%. Se localizan en las cumbres de laderas, coincidiendo con las pendientes más reducidas de la unidad.
- c) **Unidad 6.** Se caracteriza por los mismos factores anteriores, a excepción de la pendiente, ya que puede oscilar entre el 25-40% y el 10-25%, siendo el primero el intervalo que predomina. Se localizan en unidades de ladera, tanto a baja, media o elevada altura.
- d) **Unidad 7.** Mantiene constantes las mismas características texturales y de pendiente de la unidad 6, variando la estructura que es granular y la cobertura herbácea que se mueve entre los intervalos 25-50 y 50-75%,
- e) **Unidad 8.** Mantiene constantes la textura y la estructura de la unidad 6, diferenciándose por la cobertura herbácea que se reduce hasta <10% y por la pendiente que se caracteriza por unos valores superiores al 55%.

De las 5 unidades citadas, destacan las 3 primeras por su mayor extensión superficial. Las otras se reducen a 2 pequeñas parcelas, cuya representación cartográfica se ha hecho posible dada la escala detallada de la cartografía.

b) Características edáficas.

La unidad se caracteriza por la asociación de regosoles lépticos y eútricos, leptosoles eútricos y cambisoles crómico-eútricos con inclusiones de luvisoles crómicos y cambisoles léptico-crómicos.

Los regosoles lépticos y eútricos son los suelos predominantes en la unidad. Conjuntamente representan el 45% de los casos sondeados en el muestreo.

Los regosoles lépticos, como es el caso del perfil 6, se distribuyen principalmente en zonas de ladera media y cumbres de ladera. Estos se caracterizan por presentar una escasa a moderada profundidad efectiva en el perfil a causa de la erosión que tradicionalmente ha afectado a estos suelos.

Estos suelos pasan a regosoles eútricos cuando el perfil alcanza una mayor profundidad, lo que ocurre principalmente en unidades de ladera baja, como ocurre con el perfil 15, aunque tampoco se descartan en posiciones de ladera media aprovechando alguna pequeña rotura de pendiente que haya posibilitado el depósito de materiales, como de hecho ocurre en el caso del perfil 11.

Gran parte de estos suelos cuentan con un horizonte A compuesto por restos vegetales en descomposición, pudiendo llegar a alcanzar los 5 cm. de espesor en los regosoles lépticos y los 15 cm. en los regosoles eútricos. Este hecho se puede considerar un indicador de estabilidad del suelo frente a los procesos erosivos actuales.

La distribución de los cambisoles crómico-eútricos es frecuente en las zonas de ladera baja, donde, además, suelen aparecer los horizontes superiores orgánicos citados anteriormente.

Los cambisoles léptico-crómicos aparecen principalmente como inclusiones, distribuyéndose por las laderas de altura relativa media y alta. Como en casi todos los casos, son frecuentes los horizontes superiores de origen alóctono.

En los lugares donde la erosión ha seguido siendo intensa, la profundidad de los suelos se ha reducido, por lo que, los regosoles lépticos anteriores se degradan hacia leptosoles eútricos y leptosoles líticos, en última instancia, lo que ocurre principalmente hacia las cumbres de ladera y zonas altas de ladera.

Los luvisoles crómicos aparecen como inclusiones dentro de la unidad. Aunque este hecho se puede considerar representativo para la unidad al completo, se ha observado que en ciertas parcelas este suelo se generaliza y se puede llegar incluso a considerarlo como suelo nominal. Esto ocurre principalmente en las laderas del cerro de la casa de Godoy. En este caso particular se trata de la misma génesis de suelo para el caso del perfil 9, el cual se encuentra relativamente cerca de esta zona. Como en los casos anteriores, presenta un horizonte superior alóctono.

Los luvisoles que aparecen como inclusiones en esta unidad se asocian frecuentemente a los diques de diabasas, caso del perfil 13, y en menor proporción a una evolución de antiguos coluviones, como ocurre con los perfiles 1 y 9.

Existen, además algunos calcisoles háplicos en las inmediaciones de las unidades calcáreas, pero la ausencia de carbonato cálcico de los primeros 10 cm. de suelo muestreado ha hecho que se puedan incluir estos suelos dentro de las unidades silíceas. Los perfiles analizados son los números 17 y 18.

Los suelos de la unidad se caracterizan por presentar una profundidad efectiva que se puede considerar moderada. La media se eleva a 44 cm., oscilando entre 15 y 80 cm. como profundidades extremas.

Los afloramientos rocosos ascienden al 3%, con un máximo del 10 y un mínimo del 0%, por lo que la unidad se caracteriza por ser poco rocosa, según la clasificación de la FAO (1990). La pedregosidad superficial se eleva al 17% y, aunque se incluye en la clase muy pedregosa (FAO, 1990), dicho valor se aproxima al límite del 15% de la clase moderadamente pedregosa. Los valores oscilan entre el 3 y el 40%.

UNIDAD III. SUELOS DE CARÁCTER SILÍCEO CON EXPOSICIÓN SUR.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	20,82 (11,85%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	12
----------------------------	----------------	----------------------------	----

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCÍCO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
9	No calcáreo	Bloques <2 Granular	F-A-Ar; F-L; F	25-50%	Sur	>55% 40-55%
10		Bloques <2mm	F-A-L; F-A; F-Ar; F-A-Ar; F-L	10-25% 25-50%		25-40% 10-25%
11			F	10-25%		10-25%

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcillosa; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBÁCEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	35,59	90,15	43,57	34,00	5,05	32,50
MAXIMO	54,50%	94,81%	49,73%	70,00cm	13,00%	55,00%
MINIMO	20,00%	85,50%	17,31%	10,00cm	1,00%	20,00%
σ	10,61	2,88	9,94	18,67	3,59	10,60
CV (%)	29,81	3,20	22,83	54,93	71,16	32,63

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
LPeu + RGle + (RGeu) + (CMle-cr)+ (CMcr-eu) Asociación de leptosoles eútricos y regosoles lépticos con inclusiones de cambisoles crómico-eútricos y léptico-crómicos y regosoles eútricos.
LPeu: 30% RGle: 30% Inclusiones (RGeu; CMle-cr; CMcr-eu; LVcr): 40%

La unidad ocupa una importante extensión dentro de la explotación, aunque de menor cuantía que las anteriores. Esta se extiende principalmente al Sur de la explotación, precisamente donde se localiza la zona de macroexposición de solana.

El muestreo efectuado se eleva a un tamaño de n=12 muestras, correspondiendo todas ellas a observaciones mediante sondeos.

Los factores de diagnóstico constantes son la exposición Sur a la que se orientan todas las unidades de relieve y, de nuevo, el carácter silíceo de los suelos.

El resto de los factores son variables. La cobertura herbácea media asciende al 43% con un coeficiente de variación moderado ya que se eleva al 22%. Los valores de la serie varían entre el 17 y el 49%, lo que indica que la unidad oscila entre dos intervalos, aunque hay que destacar que la clase comprendida entre el 25 y el 50% es la más representativa, reduciéndose la otra a una de las subunidades distinguidas, sin amplia importancia superficial.

La unidad presenta un pendiente media del 35%, oscilando entre un máximo del 54% y un mínimo del 20%. La variabilidad es moderada, ya que el coeficiente de variación asciende al 29%. Los márgenes de pendiente anteriores indican que en la unidad se caracteriza por estar comprendida en 3 de los intervalos distinguidos, concretamente los que oscilan entre el 10 y el 55%. Los más representativos, desde el punto de vista superficial, son las clases 25-40% y 40-55%.

Predomina la estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2mm., aunque en algunas parcelas, principalmente en posiciones de ladera baja, destaque la estructura granular.

La textura se mueve en tres de los intervalos considerados, concretamente entre la textura franca y las texturas franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa y franco-arenosa, pasando antes por la franco-arcillo-limosa y franco-limosa.

Las unidades de suelos en el tercer nivel de fase son las siguientes:

- a) **Unidad 9.** Se caracteriza, a igualdad de los factores carbonato cálcico y exposición, que se mantienen constantes, por una estructura que puede ser tanto granular como en bloques subangulares de tamaño <2mm. La textura es franca a franco-arcillo-arenosa. La cobertura herbácea está comprendida entre el 25 y el 50% y la pendiente es del 40-55% y puede llegar a superar el 55%. Su distribución se reserva exclusivamente a unidades de ladera, tanto en posiciones altas, medias y bajas.
- b) **Unidad 10.** La estructura es ahora exclusivamente de bloques subangulares; mientras que, la textura pierde la clase franca, incrementándose el componente arcilloso, al aparecer las texturas de clase franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa y franco-arenosa junto con las franco-arcillo-arenosa y franco-limosa. En cuanto a la cobertura herbácea predomina el intervalo 25-50%, aunque también se pueden dar valores entre el 10-25%. La pendiente, en este caso, se reduce hasta los intervalos 25-40 y 10-25%, aunque predomina el primero de ellos. Su distribución es también predominante sobre las unidades de ladera.
- c) **Unidad 11.** Coincide con la anterior en la estructura y la cobertura herbácea, aunque varía en el resto de los factores. La textura es, en este

caso, exclusivamente franca y la pendiente se reduce considerablemente, situándose entre 10-25%. Esta unidad se localiza en las cumbres de laderas, de ahí que aquí se den las pendientes más reducidas de toda la unidad.

De todas las unidades consideradas, destacan las 2 primeras por su mayor representación superficial.

b) Características edáficas.

La unidad está constituida por leptosoles eútricos y regosoles lépticos con inclusiones de regosoles eútricos y cambisoles crómico-eútricos y léptico-crómicos.

Los leptosoles eútricos y regosoles lépticos son los suelos predominantes, ya que conjuntamente representan el 60% de los suelos de la unidad. El 40% restante forma parte de las inclusiones.

Los suelos nominales se localizan principalmente en cotas elevadas, concretamente en posiciones fisiográficas de ladera a altura media y alta y en cumbres de laderas. Aquí el efecto erosivo ha condicionado que el espesor del solum sea muy reducido, alrededor de 40 cm. para los regosoles y 15 cm. e incluso menos para los leptosoles. Estos suelos pueden aparecer asociados a cambisoles léptico-crómicos e incluso crómico-eútricos en zonas de ladera alta y media, aunque lo más frecuente es verlos formando parte de las inclusiones. Es frecuente observar sobre estos últimos una capa de materiales de origen alóctono de profundidad variable, ya que puede oscilar entre 10 y 40 cm.

Los regosoles eútricos se identifican en posiciones de ladera media y baja. Sobre la primera se observa que su distribución es irregular, desapareciendo lateralmente por la intensa erosión laminar y en pequeños surcos que en la actualidad sigue afectando a estas unidades, por este motivo no es extraño que los horizontes superiores se encuentren muy degradados. Sin embargo, en las posiciones bajas de ladera y, concretamente, allí donde existe una cobertura vegetal importante, se ha propiciado la formación de un incipiente horizonte A de carácter orgánico compuesto por restos vegetales en descomposición.

Los luvisoles crómicos aparecen esporádicamente asociados a la alteración de las diabasas. Presentan, como en el caso anterior, un horizonte A de carácter alóctono y con el mismo espesor especificado anteriormente.

Los suelos de la unidad se caracterizan por presentar una de las profundidades efectivas más bajas de todas, 34 cm. de media, de ahí el carácter léptico de la mayoría de sus suelos. El coeficiente de variación es elevado lo que supone la existencia de un amplio margen de variación en la profundidad de los suelos de la serie, éstos oscilan entre 10 y 70 cm.

La unidad se caracteriza por un contenido moderado de afloramientos rocosos, con una media que se eleva al 5% y un margen de oscilación que se mueve en torno al 13 y al 1%.

La pedregosidad superficial es una de las más elevadas, asciende al 32% y varía entre el 20 y el 55%. La unidad se ha clasificado como muy pedregosa.

UNIDAD IV. SUELOS DE CARÁCTER SILÍCEO CON EXPOSICIÓN INDEFINIDA (ZONAS DE CUMBRE).

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	10,66 (6,07%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	5
----------------------------	---------------	----------------------------	---

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCÍCO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
12	No calcáreo	Bloques <2 Granular	F-A-Ar; F-L; F	10-25% 25-50%	Indefinida	<10%
13		Bloques <2mm.	F-A-Ar; F-L; F	10-25% 25-50%		

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcillosa; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBÁCEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	4,60	89,32	26,11	12,83	13,50	22,00
MAXIMO	6,60%	93,34%	49,73%	25,00cm.	38,00%	50,00%
MINIMO	0,00%	88,39%	0,00%	10,00cm.	4,00%	6,00%
σ	2,34	1,96	25,90	5,98	12,76	16,23
CV (%)	51,07	2,20	99,22	46,60	94,57	73,79

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
LPl _i + LPe _u + (RGl _e) + (LVcr)
Asociación de leptosoles líticos y eútricos con inclusiones de regoles lépticos y luvisoles crómicos.
LPl _i : 40%
LPe _u : 40%
Inclusiones (RGl _e ; LVcr): 20%

La unidad tiene escasa representación superficial. Se extiende exclusivamente en las cumbres de las lomas de la zona de estudio.

El muestreo efectuado se eleva a un tamaño de n=5 muestras, de las cuales 2 corresponden a perfiles y las 3 restantes a observaciones mediante sondeos. Los perfiles analizados correspondientes a esta unidad son los números 12 y 16.

Los factores de diagnóstico constantes son la exposición, la pendiente, el contenido en carbonato cálcico y la estructura parcialmente.

La exposición característica de las posiciones fisiográficas donde se ubica esta unidad es indefinida, ya que la planitud o la ligera pendiente que a lo sumo presentan, no permite que exista una clara exposición hacia una orientación determinada.

La pendiente media de la zona es del 4%, con un valor máximo del 6%, siendo frecuentes además las zonas llanas. La unidad, por tanto, se ha incluido en la clase de pendiente inferior al 10%.

La unidad es de carácter silíceo y la estructura está compuesta por bloques subangulares de tamaño <2mm, aunque en algunos tramos ésta pase a ser granular.

Los factores textura y cobertura herbácea son variables.

La textura se mueve en 2 de los intervalos considerados, por un lado, la textura franca y, por otro, las texturas franco-arcillo-arenosa y franco-limosa.

La cobertura herbácea es la más baja de todas las unidades. La media se eleva al 26% con un coeficiente de variación muy elevado, dado el margen de oscilación tan importante que se aprecia entre los valores extremos (0 y 49%). Pese a que se incluyen 3 clases en este amplio intervalo, en la unidad sólo están presentes 2 de ellas, la de <10% y la comprendida entre 25-50%.

La variabilidad intrínseca observada en los factores de diagnóstico motiva que se puedan distinguir las siguientes unidades de suelos en el tercer nivel de fase:

a) **Unidad 12.** Se caracteriza, a igualdad de los factores considerados constantes por una textura franca, franco-arcillo-arenosa o franco-limosa y por una cobertura herbácea comprendida entre el 25 y el 50%, aunque también se llega a reducir al intervalo 10-25%. Es aquí donde la estructura puede llegar a ser granular. Esta unidad se localiza en las cumbres de lomas de litología silíceo-calcárea, aunque sus suelos no tienen carbonato cálcico en su matriz.

b) **Unidad 13.** Se diferencia de la anterior tan sólo porque la estructura es de tipo bloque de tamaño inferior a 2 mm.

De la observación de las dos unidades distinguidas se puede deducir un hecho destacable. Aunque no se observe en el cuadro, una de las diferencias más importantes entre las 2 unidades es que la primera presenta, a nivel general, una mayor proporción de cobertura herbácea que la segunda, lo que ha motivado una diferenciación apreciable en la estructura de los suelos, ya que mientras en la unidad 12 puede aparecer la estructura granular, en la 13 ya no ocurre esta circunstancia.

Ambas unidades se reparten aproximadamente por igual, desde el punto de vista superficial.

b) Características edáficas.

La unidad se caracteriza por la asociación de leptosoles líticos y eútricos con inclusiones de regosoles lépticos y luvisoles crómicos.

Las cumbres de las lomas presentan unos suelos marcados principalmente por una escasa profundidad efectiva y total, ya que dado el perfil tan reducido que existe coinciden aquí ambas medidas. En esta unidad se encuentran los suelos más esqueléticos de toda la zona de estudio, ya que la media es de tan sólo 12 cm. y las profundidades máximas y mínimas son de 25 y 10 cm., respectivamente.

Se trata de zonas muy antiguas desde el punto de vista geológico ya que se corresponden con los niveles de cumbre del antiguo manto maláguide y con los primeros niveles de aplanamiento de los arroyos de la zona.

Aquí la erosión ha sido muy intensa, pudiéndose observar tanto una erosión física como química. La erosión física es fácilmente observable porque la zona es moderadamente rocosa, dándose aquí la mayor proporción de afloramientos, 13% de media con un máximo del 38%. La elevada pedregosidad media, 22%, clasifica a la unidad como muy pedregosa. En relación a la erosión química, hay que destacar que los 2 perfiles analizados en esta unidad (perfiles nº 12 y 16) muestran una tasa de saturación en bases inferior al 100%, concretamente un 83,8% para el perfil 12 (subunidad 12) y un 55,1% para el perfil 16 (subunidad 13), lo que evidencia una destacada pérdida de bases en el suelo.

Ante estas circunstancias, no es de extrañar que los suelos nominales de la unidad sean los leptosoles líticos y los leptosoles eútricos, caso del perfil nº 12, representando en total el 80% de las observaciones realizadas. Los regosoles lépticos se suelen asociar en algunas parcelas a los anteriores. Se trata en realidad de los mismos suelos, pero lo que ocurre es que los regosoles se han formado sobre un material parental muy alterado lo que hace que el horizonte C del suelo se alargue algo más allá de los 25 cm. que diferencian a unos taxones de otros, tal y como ocurre con el perfil 16.

Los luvisoles crómicos aparecen en todos los casos como inclusiones, asociándose a la alteración de las diabasas.

UNIDAD V. SUELOS DE CARÁCTER CALCÁREO CON EXPOSICIÓN ESTE Y OESTE.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	21,84 (12,44%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	22
----------------------------	----------------	----------------------------	----

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBÓN. CALCÍCO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
14	Ligera	Granular	F	25-50%	Este-Oeste	40-55%
15	Fuerte	Bloques <2 Granular	F-A-Ar; F-L;	10-25%		10-25%
16	Fuerte Extrema	Bloques <2mm	F	25-50%		25-40%
17	Moderada		F	25-50%		>55%
18			A	10-25%		40-55%
				25-50%		

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcilloso; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBACEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	40,15	90,85	43,77	38,66	10,41	20,33
MAXIMO	57,14%	97,53%	63,04%	80,00cm.	25,00%	35,00%
MINIMO	16,60%	86,94%	21,47%	18,00cm.	0,00%	4,00%
σ	12,11	3,06	9,87	19,84	7,52	11,09
CV (%)	30,16	3,37	22,56	51,31	72,27	54,57

LEYENDA:

σ: desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
LPca + RGleca + RGca + (CMcacr)+ (CMeu) Asociación de leptosoles calcáricos, regosoles léptico-calcáricos y calcáricos con inclusiones de cambisoles calcárico-crómicos y eútricos.
LPca: 25% RGleca: 25% RGca: 20% Inclusiones (CMcacr; CMeu; CLle; LVcr; CMleca): 30%

La unidad tiene una moderada importancia superficial dentro de la explotación. Se distribuye tan sólo en los extremos Norte y Sur de la zona de estudio, en zonas con litología variada, aunque son las calizas alabeadas las que imprimen un carácter particular a los suelos de la unidad.

El muestreo realizado en la unidad tiene un tamaño de n=22 muestras, de las cuales 2 corresponden a perfiles completos y las otras 20 a observaciones mediante sondeos. Los perfiles analizados en la unidad son los números 5 y 10, correspondiendo ambos a cambisoles eútricos.

El único factor de diagnóstico que permanece constante es la exposición de la unidad que puede ser tanto Este como Oeste.

El resto de los factores son variables. La pendiente de la zona tiene un valor medio del 40%, con un máximo del 57 y un mínimo del 16%. Esta amplitud en la serie de valores provoca que en la unidad se den 4 de las 5 clases de pendientes consideradas, concretamente las que oscilan entre 10 y >55%.

La cobertura herbácea se mueve en torno al intervalo 25-50%, aunque también puede descender hasta 10-25%. La media para toda la unidad asciende al 43%; mientras que, los valores extremos se mueven entre el 21 y el 63%. Pese a que se sobrepasa en el extremo superior el 50% de cobertura hay que especificar que este valor no es representativo de la unidad, apareciendo tan sólo ocasionalmente.

La unidad es de carácter calcáreo y están representadas en ella los intervalos ligera, moderada y fuertemente calcáreo, quedando tan sólo el extremadamente calcáreo sin representación en la unidad.

La estructura puede ser tanto granular como en bloques subangulares de tamaño <2mm.

La textura de la unidad se mueve en 3 de los intervalos considerados, por un lado, la textura franca y texturas franco-arcillo-arenosa y franco-limosa y, por otro, la textura arcillosa, aunque ésta última se encuentra poco representada en el conjunto de la unidad.

Las unidades de suelos que se pueden distinguir al tercer nivel de fase son las siguientes:

- a) **Unidad 14.** Se caracteriza, a igualdad de los factores exposición y cobertura herbácea, por una pendiente elevada ya que oscila entre el 40 y el 55%; una ligera cantidad de carbonato cálcico; una estructura granular y una textura franca. Su ubicación se reduce tan sólo a una parcela en la falda Sur del cerro de Cuella.
- b) **Unidad 15.** Se caracteriza por una pendiente más reducida ya que está comprendida entre los intervalos 10-25 y 25-40%. El contenido en carbonato cálcico es ahora elevado, de ahí que los suelos sean fuertemente calcáreos. La estructura ha pasado de ser exclusivamente granular a estar formada también por bloques subangulares de tamaño <2mm. En cuanto a la textura, se conserva la clase franca a la que se añade la franco-arcillo-arenosa y franco-limosa. Se extiende en

pequeñas parcelas por toda la zona de estudio, existiendo parcelas en el cerro de la Aguililla, cerro de Los Saleros, entre otras.

- c) **Unidad 16.** Es igual a la anterior a excepción del contenido en carbonato cálcico ya que ahora oscila entre fuerte y extremadamente calcáreo. La pendiente es ahora más importante, al situarse entre el 40 y el 55%. Su localización es prácticamente contigua a la de la unidad anterior.
- d) **Unidad 17.** Se caracteriza por presentar el intervalo de pendiente mas elevado de toda la unidad, ya que sobrepasa el 55%. El contenido en carbonato cálcico es ahora moderado y la textura es exclusivamente franca, conservando en relación a la anterior la misma estructura en bloques. La localización de esta unidad se reduce exclusivamente a la ladera Este del cerro de Godoy.
- e) **Unidad 18.** Conserva el contenido en carbonato cálcico y la estructura de la unidad anterior. La textura es ahora arcillosa, la cobertura herbácea se encuentra entre el 10-25 y el 25-50% y la pendiente oscila entre el 40 y el 55%. Su localización se reduce a una parcela situada el Oeste del cerro de Godoy, extendiéndose además por las inmediaciones de las instalaciones de la explotación ganadera.

De todas las unidades distinguidas son las números 15 y 16 las que tienen una mayor importancia superficial, reduciéndose el resto de ellas a una única parcela.

b) Características edáficas.

La unidad se caracteriza por la asociación de leptosoles calcáricos, regosoles léptico-calcáricos y calcáricos con inclusiones de cambisoles calcárico-crómicos y eútricos.

Las asociaciones de leptosoles y regosoles representan el 70% de los suelos de la unidad.

La distribución de estos suelos es muy variada, ya que pueden aparecer a todas las alturas de ladera, aunque fundamentalmente se distribuyen a elevada y media altura, al igual que en las zonas bajas que se encuentran muy degradadas por la erosión.

Ocurre, además que, las asociaciones se modifican a medida que nos desplazamos en la ladera. Así, cuando se asciende se hacen dominantes los leptosoles calcáricos y son frecuentes, además, los afloramientos rocosos, fruto de una erosión más acusada en estas posiciones; mientras que, a medida que se desciende hacia posiciones bajas aparecen con mayor frecuencia los regosoles calcáricos, haciendo gala de un perfil de mayor potencia.

Los cambisoles calcárico-crómicos aparecen normalmente de forma aislada, aunque pueden llegar a predominar en algunas parcelas asociados a los regosoles calcáricos.

Los luvisoles crómicos aunque suelen aparecer como inclusiones, localmente llegan a convertirse en el suelo nominal de la asociación, como se ha constatado en la unidad 17. Se trata, en estos casos, de antiguos luvisoles decapitados por la erosión, sobre los que se ha depositado un coluvión con una matriz cargada de carbonatos pero como no tienen un horizonte cálcico entre 50 y 100 cm. a partir de la superficie, no se ha podido clasificar como luvisol cálcico-crómico.

En el resto de las unidades los luvisoles crómicos forman parte de inclusiones, apareciendo muy degradados por la erosión, sobre todo, en aquellas zonas que han estado cultivadas hasta épocas recientes.

Existen en esta unidad suelos que presentan horizontes petrocálcicos en el tránsito de los suelos hacia la roca madre.

También se ha constatado la existencia de coluviones de profundidad variable, entre 10 y 20 cm., depositados sobre los suelos de la zona.

La erosión ha afectado a esta unidad de forma intensa. Este hecho se constata por la presencia de una profundidad efectiva moderada, con una media de 38 cm. y un máximo que aunque llega hasta 80 cm., el mínimo desciende hasta 18 cm. y, sobre todo, por una elevada proporción de afloramientos rocosos, con una media del 10% y un máximo del 25%, siendo, por tanto, la unidad moderadamente rocosa.

Si en estos suelos, caracterizados por una escasa profundidad efectiva, existen horizontes petrocálcicos, como de hecho ocurre en algunos casos, se impone una nueva limitación para la prospección radicular de las raíces de las plantas.

De todas formas, el estado actual de los suelos de las distintas unidades puede llegar a ser muy diferente. Así, mientras, los suelos de la unidad 14, aunque estuvieron en el pasado afectados por una intensa erosión, en la actualidad parece que dicha dinámica se ha estabilizado, dando pie a la formación de un horizonte A rico en restos vegetales; mientras tanto, en la parcela del cerro de los Saleros, perteneciente a la unidad 15, los suelos se encuentran actualmente muy degradados sin síntoma de regeneración, constatándose además los afloramientos rocosos más elevados de toda la unidad.

La pedregosidad, por su parte, sigue siendo elevada, con una media del 20%, un máximo del 35% y un mínimo del 4%, por lo que la unidad se ha clasificado como muy pedregosa.

UNIDAD VI. SUELOS DE CARÁCTER CALCÁREO CON EXPOSICIÓN NORTE.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	5,32 (3,03%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	18
----------------------------	--------------	----------------------------	----

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCICO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
19	Ligera	Bloques <2mm	F-A-L; F-A; F-Ar	25-50%	Norte	40-55%
20	Extrema		A-L; A-Ar; F-A-L; F-A; F-Ar	10-25% 25-50%		25-40%
21	Fuerte		F-A-L-; F-A; F-Ar; F-A-Ar; F-L	25-50%		10-25% <10%
22			F	10-25%		25-40%

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcillosa; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBACEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	26,55	87,42	32,28	48,57	10,85	26,14
MAXIMO	44,40%	93,54%	44,15%	80,00cm.	15,00%	55,00%
MINIMO	5,00%	70,64%	12,61%	30,00cm.	5,00%	4,00%
σ	12,67	7,76	11,12	18,86	4,87	18,36
CV (%)	47,73	8,88	34,45	38,84	44,94	70,23

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
RGca + CLha + CMcacr + (LPca) + (CMlecr) Asociación de regoles calcáricos, calcisoles háplicos y cambisoles calcárico-crómicos Con inclusiones de leptosoles calcáricos y cambisoles léptico-calcáricos.
RGca: 40% CLha: 20% CMcacr: 20% Inclusiones (LPca; CMlecr; LVcr): 20%

La unidad tiene una reducida importancia superficial dentro de la explotación. Se distribuye en parcelas de pequeñas dimensiones a lo largo de la zona de estudio.

El muestreo realizado en la unidad tiene un tamaño de $n=18$ muestras, de las cuales 2 corresponden a perfiles completos, concretamente los nº 2 y 8, siendo 16 las observaciones mediante sondeos.

Los factores de diagnóstico que permanecen constantes en toda la unidad son la exposición y la estructura.

La exposición de la unidad es de componente Norte; mientras que, la estructura está formada por bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm.

El resto de los factores varían de la forma que se expone a continuación.

La cobertura herbácea se mueve en 2 de los intervalos distinguidos: 10-25 y 25-50%, sabiendo que los valores máximo y mínimo se elevan al 44 y al 12%, respectivamente. El valor medio que se distingue en la unidad es uno de los más bajos de toda la zona de estudio ya que asciende al 32%.

La pendiente de la zona tiene un valor medio moderado, 26%, aunque los valores extremos se mueven en un margen muy amplio, concretamente en un 44% de máximo y un 5% de mínimo. Esta amplio margen de variación provoca que en la unidad se den 4 de las 5 clases de pendientes consideradas, concretamente las que oscilan entre <10 y 40-55%.

La unidad es de carácter calcáreo, apareciendo en ella los intervalos ligera, fuerte y extremadamente calcáreo, quedando tan sólo la clase moderada sin estar representada en la unidad.

La textura de la unidad se mueve en 4 de los 5 intervalos que se han considerado en este factor, quedando tan sólo la clase arcillosa sin representación.

La variabilidad puesta de manifiesto en los factores citados hace que se hayan distinguido las 4 unidades de suelos en el tercer nivel de fase siguientes:

- a) **Unidad 19.** Se caracteriza, a igualdad de los factores exposición y estructura por una pendiente elevada ya que oscila entre el 40 y el 55%, una ligera cantidad de carbonato cálcico y una textura que puede ser franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa o franco-arenosa. Su ubicación se reduce a una parcela en las inmediaciones de las instalaciones de la explotación.
- b) **Unidad 20.** Se caracteriza por una pendiente más reducida ya que está comprendida en el intervalo del 25-40%. El contenido en carbonato cálcico se ha clasificado como extremadamente calcáreo, siendo la única unidad caracterizada por dicha clase. A la textura anterior hay que unir la arcillo-limosa y la arcillo-arenosa; mientras que, en cuanto a la cobertura herbácea esta se mueve entre el 10 y el 50%, uniendo, por tanto, a dos de las clases consideradas en este factor. Se extiende exclusivamente en 2 parcelas ubicadas en el cerro de Los Saleros.
- c) **Unidad 21** se caracteriza por presentar el intervalo de pendiente mas reducido de toda la unidad, ya que recoge las clases <10 y 10-25%. El

contenido en carbonato cálcico se ha clasificado como fuertemente calcáreo. La textura contiene a dos las clases consideradas, concretamente las que recogen a los tipos franco-arcillo-limoso, franco-arcilloso, franco-arenoso, franco-arcillo-arenoso y franco-limoso. La cobertura herbácea se mueve en torno al 25-50%. La localización de esta unidad se reduce exclusivamente a una parcela localizada en el cerro de La Aguililla.

- d) Unidad 22** conserva de la anterior el carácter fuertemente calcáreo, pero ahora la textura es exclusivamente franca, la cobertura herbácea se ha reducido al 10-25%, lo mismo que la pendiente que lo hace al intervalo del 25-40%. Esta unidad se reduce tan sólo a una parcela que se localiza aproximadamente en el centro de la explotación.

Ninguna de las unidades distinguidas destacan por su importancia superficial, quizás la número 20 es la que muestra una mayor superficie ocupada, sin llegar a tener, de todas formas, ninguna trascendencia sobre el resto de las unidades.

En este sentido hay que destacar que 3 de las 4 unidades que se han diferenciado son monoparceldarias, es decir están constituidas por una sola parcela, de ahí su escasa importancia superficial. El objetivo de clasificar el espacio en unos márgenes más o menos rígidos, como los que se están utilizando, no ha permitido llegar a homogeneizar las unidades de escasas dimensiones.

b) Características edáficas.

La unidad se caracteriza por la asociación de regoles calcáricos, calcisoles háplicos y cambisoles calcárico-crómicos con inclusiones de leptosoles calcáricos y cambisoles léptico-calcáricos.

Las asociaciones de regoles calcáricos (perfil 2), calcisoles háplicos (perfil 8) y cambisoles calcárico-crómicos reúnen el 80% de los suelos de la unidad, quedando el 20% restante reservado para los suelos de menor potencia en el perfil, como son los leptosoles calcáricos y los cambisoles léptico-crómicos.

Pese a que todos los suelos citados se pueden encontrar en muy diversas unidades de relieve, se observa una clara tendencia de los regosoles y cambisoles hacia las zonas bajas de las laderas, reservando las partes más altas para los leptosoles y cambisoles lépticos.

En esta unidad se constatan los suelos con la profundidad efectiva más elevada de toda la zona de estudio, ya que la media asciende a 48 cm., con un máximo que puede llegar hasta 80 cm. y el mínimo más elevado de todas las unidades, con 30 cm. de profundidad.

Pese a que en esta unidad existe aparentemente una mejor conservación de los suelos, los afloramientos rocosos son tan elevados como en la unidad anterior,

ya que se elevan al 10%, aunque el valor máximo no es tan alto, reduciéndose al 15%. La unidad, por tanto, se clasifica como moderadamente rocosa.

La erosión ha actuado de forma irreversible sobre la unidad, aunque la intensidad de este proceso ha sido localmente diferente. Es, sobre todo, en aquellas zonas que estuvieron sometidas al cultivo del olivar hasta fechas muy recientes las que manifiestan los procesos de erosión más importantes. El resto de las áreas donde la agricultura fue abandonada con anterioridad son las que actualmente muestran un horizonte superficial de aproximadamente 10-12 cm de espesor compuesto por fragmentos vegetales en descomposición.

Existen en ciertos suelos, aunque este hecho no se ha constatado de forma generalizada, horizontes petrocálcicos de las mismas características observadas en la unidad anterior.

La pedregosidad, con un 26% de media, provoca que la unidad se clasifique como muy pedregosa, destacando la presencia de un máximo muy elevado que asciende al 55%.

UNIDAD VII. SUELOS DE CARÁCTER CALCÁREO CON EXPOSICIÓN SUR.

a) Características generales.

SUPERFICIE [HA (%)]	5,08 (2,89%)	TAMAÑO MUESTREO (n)	8
----------------------------	--------------	----------------------------	---

FACTORES DE DIAGNÓSTICO CARACTERÍSTICOS DE LA UNIDAD						
UNIDADES	CARBON. CALCÍCO	ESTRUC TURA	TEXTURA	COBERT. HERBÁCEA	EXPOSICION	PENDIENTE
23	Ligera Moderada	Bloques <2mm	F-A-L; F-A; F-Ar; F-A-Ar; F-L	25-50%	Sur	40-55%
24	Ligera		F-A-Ar; F-L	25-50% 50-75%		10-25%

LEYENDA TEXTURAS:

F-A-L: franco-arcillo-limosa; F-A: franco-arcilloso; F-Ar: franco-arenosa; F-A-Ar: franco-arcillo-arenosa; F-L: franco-limosa; F: franca.

PARÁMETROS DE INTERÉS						
	PENDIENTE	COBERT. TOTAL	COBERT. HERBACEA	PROFUND. EFECTIVA	AFLORAMIENTOS	PEDREGOSIDAD
MEDIA (%)	36,62	89,68	45,45	31,25	12,00	21,00
MAXIMO	42,80%	92,90%	58,73%	55,00cm.	15,00%	30,00%
MINIMO	18,10%	88,61%	32,62%	10,00cm.	3,00%	4,00%
σ	12,35	2,14	8,55	22,12	6,00	11,57
CV (%)	33,72	2,39	18,82	70,80	50,00	55,12

LEYENDA:

σ : desviación típica; CV: coeficiente de variación (%).

CLASIFICACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD DE LOS SUELOS (%)
RGleca + LPca + CMcreu + (LVcr) Asociación de regoles léptico-calcáricos, leptosoles calcáricos y cambisoles crómico-eútricos con inclusiones de luvisoles crómicos.
Rgleca: 45% LPca: 20% CMcreu: 20% Inclusiones (LVcr): 15%

La unidad se encuentra poco representada desde el punto de vista superficial.

El muestreo realizado en la unidad tiene un tamaño de n=8 muestras, que se reparten entre 1 perfil de suelo completo y 7 observaciones mediante sondeos. El perfil analizado corresponde al número 3.

Los factores de diagnóstico que permanecen constantes son la exposición y la estructura.

La exposición de la unidad es de componente Sur y la estructura está formada por bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm.

El resto de los factores son variables. La pendiente de la zona tiene un valor medio del 36%, moviéndose los valores extremos entre el 42 y el 18%. Estos valores se clasifican en torno a 3 de los intervalos distinguidos, pero en esta unidad sólo se dan dos de ellos, concretamente las clases 10-25% y 40-55%.

La cobertura herbácea se mueve, principalmente, en torno al intervalo 25-50% aunque también puede elevarse hasta el 50-75%. La media es del 45%; mientras que, los valores máximos y mínimos ascienden al 58 y al 32%.

La unidad es de carácter calcáreo, apareciendo en ella los intervalos ligera y moderadamente calcáreo.

La textura de la unidad recoge 2 de los intervalos distinguidos, concretamente los que integran los siguientes tipos: franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa, franco-arenosa, franco-arcillo-arenosa y franco-limosa.

En la unidad se pueden distinguir 2 unidades en el tercer nivel de fase, cuyas características se especifican a continuación:

- a) **Unidad 23.** Se caracteriza, a igualdad de los factores constantes anteriores: exposición, cobertura herbácea y estructura, por una pendiente elevada ya que oscila entre el 40 y el 55%; una ligera a moderada cantidad de carbonato cálcico y una textura que recoge todos los tipos que se especificaron anteriormente. Su ubicación se reduce a una parcela en el cerro de La Aguililla.
- b) **Unidad 24** se caracteriza por una pendiente más reducida ya que está comprendida en el intervalo del 10-25%. Los suelos son ligeramente calcáreos y la textura se ha reducido a los tipos franco-arcillo-arenosa y franco-limosa. La cobertura herbácea predomina el intervalo 25-50%, aunque también se eleva ocasionalmente hasta el 50-75%. Su distribución es también, principalmente, por el cerro de La Aguililla.

Las 2 unidades distinguidas se caracterizan por ser poco representativas desde el punto de vista superficial.

b) Características edáficas.

La unidad se caracteriza por la asociación de regosoles léptico-calcáricos, leptosoles calcáricos y cambisoles crómico-eútricos con inclusiones de luvisoles crómicos.

Las asociaciones de regosoles léptico-calcáricos, leptosoles calcáricos y cambisoles crómico-eútricos recogen el 85% de los suelos de la unidad. Los 2 primeros aparecen, principalmente, en cotas altas, concretamente en cumbres y zonas altas de laderas y, aunque el primero también aparece en dichas zonas, éste es más importante a medida que se desciende hacia cotas más bajas.

Los luvisoles crómicos aparecen en todos los casos como inclusiones.

Estos suelos, en general, se caracterizan por presentar una de las profundidades efectivas medias más reducidas de toda la zona de estudio, ya que ésta asciende a 31 cm., con un máximo de 55 y un mínimo de 10 cm. Acompañando, lógicamente, a estos valores, los afloramientos rocosos son muy elevados ya que se elevan al 12% de media, con un 15% de valor máximo. La unidad, por tanto, se clasifica como moderadamente rocosa.

La pedregosidad de la unidad sigue siendo muy elevada, lo que se constata por el 21% de media y el 30% de máxima.

7.3. ESQUEMA GENERAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS EN EL TERRITORIO.

Los factores formadores ejercen una gran influencia sobre los diferentes procesos de evolución en el suelo.

En este sentido, hay que destacar la existencia en la zona de estudio de una cierta relación entre las distintas unidades y ciertos factores formadores. Estos son, principalmente, la litología y el relieve. En el primer caso se hace referencia al carácter silíceo o calcáreo de los suelos; mientras que, en segundo lugar, se diferencia la exposición y la posición fisiográfica.

Los factores litología y exposición son los que se van a analizar en primer lugar, para terminar, describiendo la toposecuencia de suelos que existe en la zona de estudio.

7.3.1. INFLUENCIA DE LA LITOLOGÍA Y LA EXPOSICIÓN SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS EN EL TERRITORIO.

La diferenciación del territorio en función de la litología y el relieve, tal y como se explicó en el apartado de metodología de esta misma fase, ha servido para realizar un mapa de suelos a nivel de fase (mapa 8.2). La importancia de estos factores formadores como factores de diagnóstico de las propiedades físicas del suelo queda postergada hasta el capítulo 4, en el que se analizan los resultados del muestreo de dichas propiedades. En este momento, tan solo se puede hacer una valoración de la importancia de estos factores sobre la distribución de los suelos en el territorio.

Se han seleccionado para analizar dicha influencia los parámetros que han resultado más significativos durante la caracterización anterior de las distintas unidades. Estos parámetros son los que se relacionan a continuación:

- a) Asociaciones de suelos.
- b) Profundidad efectiva.
- c) Afloramientos.
- d) Pedregosidad.
- e) Cobertura herbácea.

Los valores que alcanzan dichos parámetros se han representado en el cuadro 34. Las diferencias entre las distintas unidades queda bien patente si se comparan los parámetros citados.

En relación al primero de los parámetros citados, hay que indicar que la clasificación taxonómica de suelos utilizada, como se comentó en el apartado metodológico del presente capítulo, corresponde con la versión de la FAO (1998).

Dentro de las asociaciones de suelos los taxones que aparecen entre paréntesis funcionan como inclusiones; mientras que, los otros corresponden a los suelos nominales de las asociaciones.

El criterio que se ha utilizado para diferenciar los suelos por su grado de evolución ha sido la presencia o no de un horizonte de diagnóstico. Estos se definen como aquellos horizontes del suelo que presentan una serie de características determinadas que se utilizan para clasificar ciertos suelos a nivel de grupo. De esta forma, calcisoles, cambisoles y luvisoles con horizontes de diagnóstico cálcico, cámbico y árgico, respectivamente, son los suelos más desarrollados de la zona de estudio, en detrimento de leptosoles y regosoles que carecen de dichos horizontes.

CUADRO 34. CARACTERÍSTICAS DESTACADAS DE LAS UNIDADES DE SUELOS

PARAMETROS	UNIDAD I SILICEA ESTE-OESTE	UNIDAD II SILICEA NORTE	UNIDAD III SILICEA SUR	UNIDAD IV SILICEA INDEFINIDA	UNIDAD V CALCAREA ESTE-OESTE	UNIDAD VI CALCAREA NORTE	UNIDAD VII CALCAREA SUR
Asociación suelos	RGle+RGeu +LPeu+ (CMlecr)+ (CMcreu)	RGle+RGeu +LPeu+CM creu+(LVcr) +(CMlecr)	LPeu+RGle +(Rgeu)+ CMlecr)+ (Cmcreu)	LPli+LPeu+ (RGle)+ (LVcr)	LPca+Rglec a+RGca+ (CMcacr)+ (CMeu)	RGca+Clha +CMcacr+ (LPca)+ (CMlecr)	RGleca+ LPca+ CMcreu+ (LVcr)
Profundidad efectiva	^M	60,00	80,00	70,00	25,00	80,00	80,00
	^{Me}	35,70	44,77	34,00	12,83	38,66	48,57
	^m	5,00	15,00	10,00	10,00	18,00	30,00
Afloramientos rocosos	^M	15,00	10,00	13,00	38,00	25,00	15,00
	^{Me}	5,52	3,85	5,05	13,50	10,41	10,85
	^m	0,00	0,00	1,00	4,00	0,00	5,00
Pedregosidad	^M	50,00	40,00	55,00	50,00	35,00	55,00
	^{Me}	23,33	17,67	32,50	22,00	20,33	26,14
	^m	3,00	3,00	20,00	6,00	4,00	4,00
Cobert. herbácea	^M	63,04	74,80	49,73	49,73	63,04	44,15
	^{Me}	47,31	36,81	43,57	26,11	43,77	32,28
	^m	31,58	0,00	17,31	0,00	27,47	12,61

LEYENDA:

M: máximo; Me: media; m: mínimo.

Clasificación del suelo a nivel de grupo: RG: regosol; LP: leptosol; CL: calcisol; CM: cambisol; LV: luvisol.

Clasificación del suelo a nivel de unidad: le: léptico; eu: eútrico; cr: crómico; ca: calcárico; ha: háptico.

Las **asociaciones de suelos** que forman parte de las unidades de exposición indefinida están compuestas por leptosoles líticos y eútricos.

En las de exposición Sur, Este y Oeste, considerando conjuntamente las unidades silíceas y calcáreas, se integran, a las asociaciones anteriores, los regosoles, tanto lépticos y eútricos como léptico-calcáricos y calcáricos, siendo ahora más frecuentes las inclusiones de suelos más desarrollados, como cambisoles y luvisoles.

Las asociaciones más abundantes en las unidades con exposición Norte corresponden a los mismos taxones anteriores a los que hay que unir los cambisoles y calcisoles.

Aunque en éstas aparecen también leptosoles y regosoles lépticos, hay que destacar que ya los suelos más desarrollados han dejado de figurar exclusivamente como inclusiones para convertirse también en suelos nominales.

Como se puede observar en el cuadro 34 las diferencias entre taxones se traducen en un incremento de la **profundidad efectiva** de los suelos desde las unidades de exposición indefinida hacia las unidades Norte, pasando antes por las de exposición Sur, Este y Oeste.

En el gráfico 5 se refleja dicha tendencia. El coeficiente de determinación (R^2) de la recta de regresión para el valor medio es muy elevado, ya que se explica el 94% de la variación de la profundidad efectiva .

En cifras las diferencias son muy destacadas, ya que se mueven entre 12 cm. de media, con un máximo de 25 y un mínimo de 10 cm. en las unidades de cumbre.

Le siguen a gran distancia las exposiciones Sur, tanto silíceas como calcáreas, con un valor muy parecido, en torno a 31-34 cm. de media, 70 cm. de máxima y 10 cm. de mínima.

Ya, a escasa distancia se encuentran las unidades de exposición Este-Oeste con una media que oscila entre 35 y 38 cm. para las unidades silíceas y calcáreas respectivamente. Aquí, la profundidad máxima se eleva a 80 cm.; mientras que, la mínima desciende a 5 cm.

Sin embargo, las diferencias son más importantes cuando se comparan las cifras anteriores con las que se obtienen en las unidades de exposición Norte, donde se alcanzan las medias más elevadas: 44 para las unidades silíceas y 48 cm. para las calcáreas. El valor medio máximo coincide en 80 cm. en las dos unidades y el mínimo ya no baja de los 15 cm.

Aunque la relación no es tan evidente como la expuesta anteriormente, se puede observar, a excepción de las unidades de exposición Sur, unos valores de profundidad efectiva contrastados, según la naturaleza silíceo o calcáreo de las unidades, por una parte, entre las exposiciones Este y Oeste y por otra entre las exposiciones Norte.

Es decir, si se comparan las profundidades efectivas de las unidades calcáreas de las exposiciones citadas anteriormente con sus homólogas silíceas resulta que, aunque los valores medios no son muy diferentes, 38 frente a 35 cm. (exposición Este y Oeste) y 48 frente a 44 (exposición Norte), los valores extremos son los que cambian significativamente.

En las unidades de exposición Este y Oeste, y concretamente en las de carácter silíceo los valores máximos alcanzan los 60 cm.; mientras que, en la calcárea éste llega hasta los 80 cm. Lo mismo ocurre con los mínimos que ascienden en la primera tan sólo a 5 cm., frente a los 18 cm. que se alcanzan en la zona calcárea. En las unidades Norte, los máximos se mantienen, hecho que no ocurre con los mínimos que asciende a 15 cm. en la silíceo frente a los 30 cm., de la calcárea.

El resto de los parámetros considerados ayudan a entender las relaciones entre las distintas unidades con una visión más amplia, aunque no tan clara como

la que se ha puesto de manifiesto en el análisis de los dos primeros parámetros considerados.

Los **afloramientos rocosos** arrojan valores interesantes en cuanto a dos hechos. Por una parte, las unidades de exposición indefinida alcanzan los valores medios y máximos más elevados de toda la zona de estudio. Y, por otra parte, en las unidades calcáreas la media de afloramientos rocosos no baja del 10%, hecho que contrasta significativamente con sus homólogas silíceas, donde los valores se mueven en torno al 3-5%.

Esta relación se expresa, gráficamente, de forma muy significativa, con un coeficiente de determinación también muy elevado (gráfico 6).

La causa hay que buscarla en la mayor resistencia a la erosión de las calizas, a diferencia de lo que ocurre con las filitas y grauwacas.

En relación a la pedregosidad superficial, no se aprecia ninguna tendencia significativa entre las distintas unidades. Todas ellas mantienen unos niveles muy parecidos, siempre con una media por encima del 15%, por lo que se han calificado como muy pedregosas.

En el gráfico 7 se puede observar que el aumento de la pedregosidad superficial no se puede explicar aludiendo a los caracteres que diferencian a las unidades distinguidas.

En cuanto a la cobertura herbácea el valor más reducido se da en las unidades de exposición indefinida. Le siguen las unidades con exposición Norte, con unos valores muy parecidos, 36 y 32% para las de componente calcáreo y silíceo, respectivamente. En estas 3 unidades se obtienen los mínimos más bajos.

Las unidades de exposición Sur, Este y Oeste muestran unos valores medios muy parecidos, oscilando en torno al 43-47%. En estas zonas se observan las mínimas más altas de todas las series.

En el gráfico 8, la relación entre unidades es muy expresiva, explicándose el 98% de la variación de la cobertura herbácea.

Los resultados obtenidos permiten realizar una valoración de las distintas unidades analizadas.

Las unidades de orientación Norte muestran unos suelos con un mayor grado de conservación porque los antiguos procesos erosivos fueron aquí menos intensos. Las exposiciones de umbría permiten una mayor conservación de la humedad, motivada por la menor evaporación que sufre el suelo. Este hecho favorece el desarrollo vegetal, entendido como desarrollo de los estratos vegetales, y paralelamente la conservación y el desarrollo de los suelos.

La economía hídrica de estas laderas ha sido, por tanto, esencial para la protección de los suelos. En este sentido, también se justifica que en estas zonas exista un mayor desarrollo de los suelos, ya que se entiende que una cierta conservación de los polipedones, se deba traducir, en aquellos casos en los que las posibilidades sean propicias, en una mayor evolución.

Le siguen en esta valoración las unidades orientadas al Este, Oeste y Sur. Estas presentan, en relación a las anteriores, una menor profundidad efectiva y una menor proporción de taxones de suelos evolucionados en las asociaciones, aunque muestran un significativo incremento de la cobertura herbácea, debido a que se ha eliminado el efecto inhibitor que producen los estratos superiores de vegetación densos.

Aunque se atisba una cierta menor profundidad efectiva en los suelos con orientación Sur respecto a los que se orientan al Este y Oeste, considerando conjuntamente las unidades silíceas y calcáreas (gráfico 5); sin embargo, las diferencias no se pueden considerar tan marcadas, ya que la media en estas exposiciones se mueven en el intervalo de 30 a 40 cm.

GRÁFICO 5. PROFUNDIDAD EFECTIVA. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA

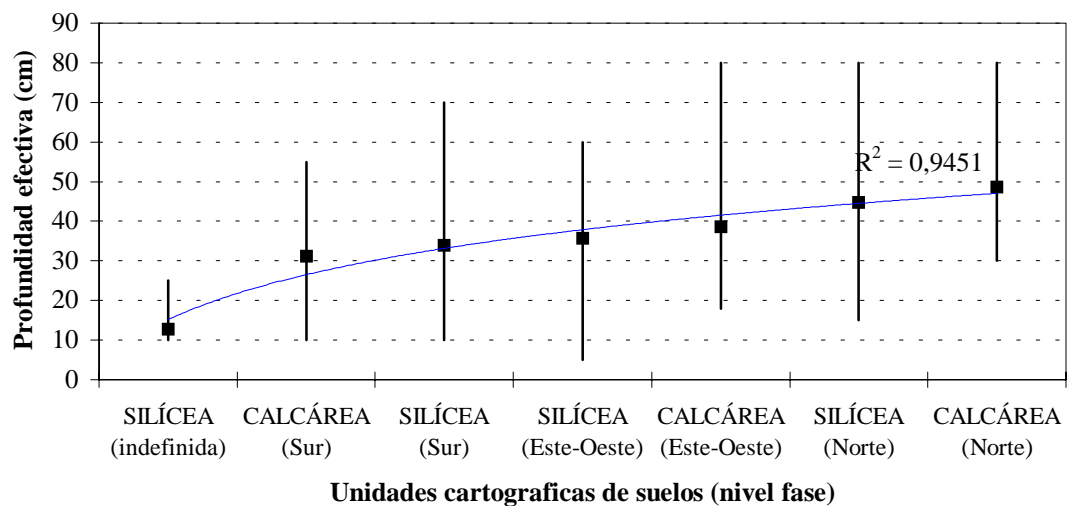


GRÁFICO 6. AFLORAMIENTOS ROCOSOS. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA

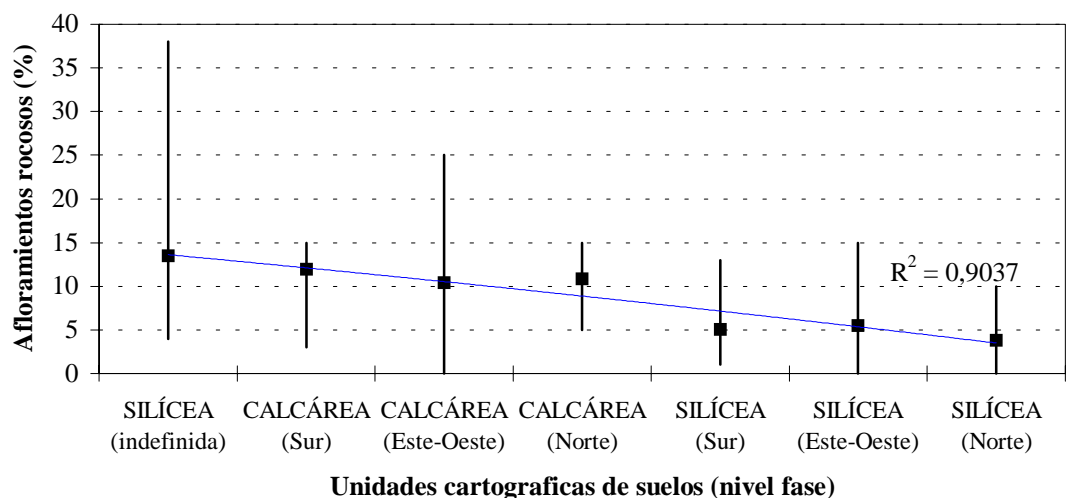


GRÁFICO 7. PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA

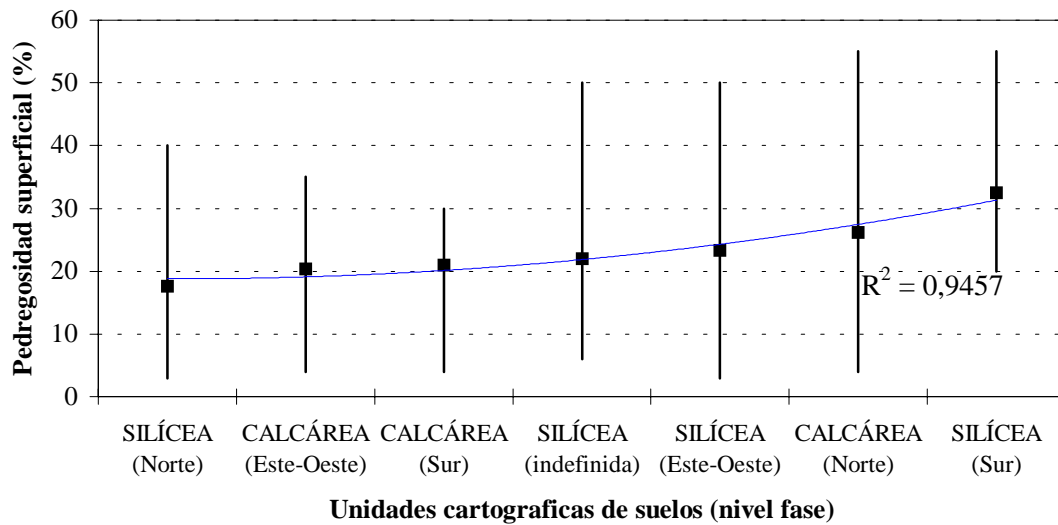
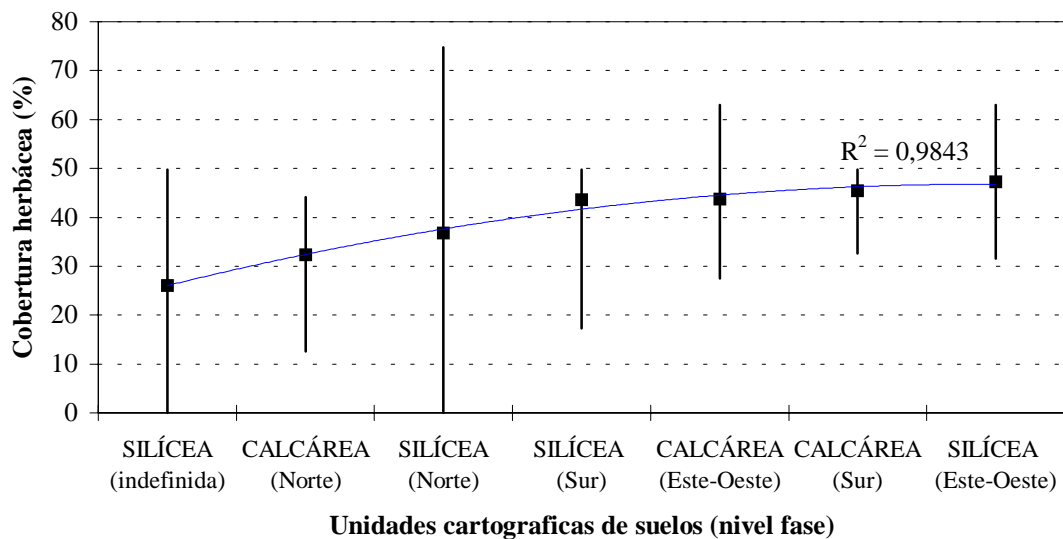


GRÁFICO 8. COBERTURA HERBÁCEA. MAXIMA, MÍNIMA Y MEDIA



Por último, se encuentran las unidades de cumbre llanas o con ligera pendiente (<10%) y de exposición indefinida. El carácter exclusivamente exportador de materiales de estas zonas motiva que aquí se encuentren los suelos menos desarrollados y la profundidad efectiva más reducida de toda la zona de estudio, lo que coincide con los valores de afloramientos rocosos más elevados y el menor porcentaje de cobertura herbácea de todas las unidades distinguidas.

7.3.2. INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE RELIEVE SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SUELOS. DESCRIPCIÓN DE LA TOPOSECUENCIA.

Una vez analizados y clasificados los suelos que existen en cada una de las unidades de relieve de la zona de estudio, se ha observado que estos elementos del relieve se pueden caracterizar atendiendo a la diferente dinámica geomorfológica que han sufrido. De esta forma se pueden distinguir entre superficies de erosión y superficies deposicionales, porque, en realidad no existen superficies estables donde los suelos no hayan recibido ningún tipo de alteración.

En la zona de estudio se puede observar una cierta relación entre los taxones de suelos y las unidades de relieve, ya que éstos siguen ciertas pautas de distribución en el territorio.

Las toposecuencias se utilizan para expresar estas relaciones. A nivel general se pueden observar 2 toposecuencias de suelos, una para las unidades silíceas y otra para las calcáreas. Estas toposecuencias presentan la siguiente disposición en relación con la posición fisiográfica.

En las **cumbres de lomas** los suelos están marcados por una escasa profundidad. Tanto sobre litología silícea como calcárea predominan los leptosoles eútricos y leptosoles líticos, los cuales se suelen asociar, en ciertas zonas, con los regosoles lépticos. El carácter silíceo de los suelos de estas unidades de relieve ya ha sido analizado durante la descripción de la unidad IV.

En las **cumbres de los interfluvios secundarios** aparecen, sobre litología silícea, los mismos suelos anteriores, entre los que se unen como inclusiones los cambisoles lépticos, caso del perfil 14, y cambisoles léptico-crómicos, por una cierta conservación de los suelos en relación a las zonas precedentes. Mientras que, sobre litología calcárea aparecen los leptosoles calcáricos y los regosoles léptico-calcáricos, junto con los cambisoles léptico-calcáricos, que suelen aparecer como inclusiones.

A medida que nos alejamos de estas zonas de cumbres los suelos empiezan a ganar profundidad, bien por una cierta conservación del perfil, o bien por una acumulación de materiales coluviales.

Así, a medida que se desciende por las **laderas** de litología silícea, aparecen los regosoles eútricos de moderada a elevada profundidad y los cambisoles eútricos y crómico-eútricos, fruto de la evolución de los anteriores. Mientras tanto, en las laderas calcáreas aparecen los regosoles calcáricos y los calcisoles háplicos, generalizándose las asociaciones de suelos en las que aparecen los cambisoles léptico-crómicos, calcárico-crómicos y crómico-eútricos, ya que pueden pasar de las inclusiones a formar parte de las asociaciones.

Junto a éstos, también suelen aparecer en todos los tramos de laderas, aunque predominen en las unidades de ladera media y alta, concretamente allí donde la erosión ha sido más intensa, los leptosoles líticos y regosoles lépticos en

las unidades silíceas y los leptosoles calcáricos junto con los regosoles léptico-calcáricos en las unidades de ladera de litología calcárea.

En toda la zona de estudio los luvisoles crómicos aparecen como inclusiones.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Tudela et al. (1993), ya que también observa que, sobre unidades de relieve determinadas, se desarrolla una tipología de suelos específica. En las cumbres y laderas de mayor pendiente encuentra suelos poco desarrollados; mientras que, en laderas de altura relativa baja y de menor pendiente, los suelos son más profundos.

Como conclusión se pueden señalar que, si bien, todos los factores formadores influyen en la formación y evolución de un suelo, éstos tienen diferente importancia.

Se ha podido comprobar, en este sentido, que localmente unos influyen más que otros, condicionando, por tanto, que se desarrolle un tipo de suelo determinado, junto con las propiedades que éstos llevan asociados. Es decir, los factores litología y relieve, concretamente exposición y unidad de relieve, son los que tienen una mayor influencia sobre la distribución de los suelos en la zona estudiada, determinando, a su vez, diferentes grados de conservación y desarrollo.

Este hecho explica que uno de los criterios más utilizados en la delimitación de las unidades cartográficas para el estudio de los suelos sea utilizar el factor relieve (BRIGGS y SHISHIRA, 1985).

**APÉNDICE 1.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA
DE LAS CLASIFICACIONES PENDIENTE.**

La revisión bibliográfica realizada se expone siguiendo un determinado orden temático. Primero se citan las clasificaciones que se han utilizado para caracterizar los suelos y, por último, las que se relacionan con los procesos erosivos. En ambos casos, se sigue un orden cronológico en la exposición.

La Fao (1977) establece las siguientes clases de pendientes para caracterizar los perfiles de suelos:

Clase	Intervalo pendiente (%)	Descripción
1	0-2	Llano o casi llano
2	2-6	Suavemente inclinado
3	6-13	Inclinado
4	13-25	Moderadamente escarpado
5	25-55	Escarpado
6	>55	Muy escarpado

Van Zuidam et al. (1979) propone los siguientes intervalos, los cuales los compara con otras clasificaciones:

Clase e intervalo propuesto (%)	Otras clasificaciones	
	FAO (1977) (%)	Universal Soil Loss Equation (%)
1. Llano o casi llano: 0-2	0-2	1-2
2. Suavemente inclinado: 3-7	2-6	2-7
3. Inclinado: 8-13	6-13	7-12
4. Mod. Escarpado: 14-20	13-25	12-18
5. Escarpado: 21-55	25-55	18-24
6. Muy escarpado: 56-140	>55	>24
7. Extremadamente escarpado: >140		

Dent y Young (1981) establecen los siguientes intervalos de pendiente para caracterizar el relieve en los mapas de suelos:

Clase	Intervalos pendiente (%)	Descripción
1	0-2° (0-4%)	Nivelado
2	2-5° (4-9%)	Ligeramente ondulado
3	5-10° (9-18%)	Moderadamente ondulado
4	10-18° (18-33%)	Moderadamente escarpado
5	18-30° (33-58%)	Escarpado
6	30-45° (58-100%)	Muy escarpado
7	>45° (>100%)	Vertical

La Fao (1990) establece una pequeña modificación sobre la clasificación de 1977. Estas clases de pendientes son las que ahora caracterizan a los perfiles de suelos:

Clase	Intervalo pendiente (%)	Descripción
1	0-2	Llano o casi llano
2	2-5	Suavemente inclinado
3	5-10	Inclinado
4	10-15	Fuertemente inclinado
5	15-30	Moderadamente escarpado
6	30-60	Escarpado
7	>60	Muy escarpado

La SSS (1993) establece la siguiente clasificación de la pendiente, justificando en cada caso los intervalos que propone a partir de una breve descripción. La clasificación se debe valorar muy positivamente porque los márgenes no son rígidos, lo que se debe ajustar más a la realidad.

CLASE	GRADIENTES	DESCRIPCIÓN
Clase A	Límite inferior: 0%. Límite superior: 1-3%.	Suelos nivelados o casi nivelados, con escorrentía lenta o muy lenta. La pendiente no ofrece ninguna dificultad para el uso de maquinaria agrícola.
Clase B	Límite inferior: 1-3%. Límite superior: 5-8%.	Suelos suavemente ondulados, con escorrentía lenta a mediana para la mayoría de los suelos. Todos los tipos de maquinaria agrícola puede utilizarse sin dificultad. Los suelos de esta clase tienen diferente erodibilidad, dependiendo de las otras características del suelo. La erosión no es un problema serio, sólo requiere precauciones simples: terrazas, etc.
Clase C	Límite inferior: 5-8%. Límite superior: 10-16%.	Suelos suavemente ondulados o moderada a fuertemente empinados, con escorrentía media a rápida para la mayoría de los suelos. Se pueden usar todos los tipos de maquinarias aunque con alguna dificultad si son grandes y pesadas. Los suelos varían en erodibilidad bajo cultivo dependiendo de las otras características del suelo y las prácticas de manejo, en unos, la erosión no ofrece serios problemas, mientras otros necesitan un manejo cuidadoso.
Clase D	Límite inferior: 10-16%. Límite superior: 20-30%.	Suelos de pendientes muy fuertes, con escorrentía rápida o muy rápida sobre la mayoría de los suelos. A menos que las pendientes sean complejas, la mayor parte de la maquinaria se puede utilizar pero con dificultad, especialmente las de tipo pesado. Suelos erodibles bajo cultivos. Potencialmente aptos para pastizal o la rotación de cultivos.
Clase E	Límite inferior: 20-30%. Límite superior: 45-65%.	Suelos de pendientes escarpadas o muy colinadas, con escorrentía muy rápida en la mayoría de los suelos. Sólo se puede usar maquinaria ligera. Si los suelos son altamente fértiles y permeables, pueden sostener buenos pastos e incluso cultivos con unas prácticas de manejo adecuadas.
Clase F	Límite inferior: 45-65%. Límite superior: ninguno.	Suelos de pendientes muy escarpadas, inusualmente fértiles y permeables. Con estas pendientes, lo más conveniente es el uso de estas áreas como misceláneas.

Porta (1999) sugiere como clases de pendiente la propuesta por la Fao (1977) para caracterizar la posición del perfil.

Ferre et al. (1995) utiliza la siguiente clasificación de pendiente para definir las unidades geomorfoedáficas del Parque Natural de los Montes de Málaga:

Clase	Intervalo pendiente (%)	Descripción
1	3-8	Suave a moderadamente inclinado
2	8-16	Suave a moderadamente inclinado
3	16-21	Inclinado a moderadamente escarpado
4	21-31	Escarpado a muy escarpado
5	31-46	Escarpado a muy escarpado
6	46-76	Extremadamente escarpado
7	76-100	Extremadamente escarpado
8	>100	Extremadamente escarpado

Entre las clasificaciones relacionadas con los procesos de erosión se pueden citar las siguientes:

Scholz (1972, citado por Pedraza, 1996) relaciona la pendiente y las formas y procesos más comunes en Europa central.

Clase	Intervalo pendiente (° y %)	Descripción
1	Entre 2-5° (4-9%)	Inicio de la erosión en regueros
2	Entre 5-10° (9-27%)	Movimientos en masa, inicio de los deslizamientos.
3	Entre 15-25° (27-47%)	Peligro de destrucción de suelos.
4	Entre 25-35° (47-70%)	Riesgo extremo de destrucción del suelo.

Van der Kevie (1976) (citado por Van Zuidan et al., 1979) propone las siguientes clases de pendientes en relación a la susceptibilidad a la erosión de un suelo desprotegido en ámbitos áridos y semiáridos, entre 225 y 750 mm. de lluvia anuales.

Intervalo (%)	Erodibilidad (factor K)		
	Baja	Moderada	Alta
0-1	Insignificante	Insignificante	Ligera
1-3	Insignificante	Ligera	Moderada
3-8	Ligera	Moderada	Severa
8-16	Moderada	Severa	Severa
>16	Severa	Severa	Severa

El factor K depende de las características del suelo, de las cuales, la textura, el contenido de materia orgánica, la estructura, la permeabilidad y los

fragmentos gruesos del suelo son las más importantes, de ahí que se consideren 3 grados de erodibilidad, aunque no se especifiquen los casos concretos en los se deben tomar uno u otro.

Icona (1982, citado por Perles, 1996) elabora una metodología para definir y cartografiar los paisajes erosivos. Los intervalos de pendiente propuestos son los siguientes:

Clase	Intervalo pendiente (%)
1	0-12
2	12-18
3	18-24
4	24-35
5	35-60
6	>60

Más tarde, Icona (1990) establece unos nuevos intervalos de pendiente para evaluar el estado erosivo de la cuenca hidrográfica del sur de España. Los intervalos son los siguientes:

Clase	Intervalo pendiente (%)
1	0-3
2	3-12
3	12-20
4	20-35
5	>35

Las cinco clases se establecen siguiendo consideraciones relativas a las posibilidades de laboreo o cultivo en función de la pendiente. El valor 12% es el límite que se considera para la construcción de terrazas americanas y para la suficiencia del laboreo a nivel como medida protectora; el 20% se considera el límite práctico de laboreo aceptable y el 35% el límite absoluto para el tractor agrícola (ICONA, 1990).

En el proyecto CORINE (1992, citado por Perles, 1996) cuyos propósitos son evaluar el riesgo de erosión de suelos, se establecen los siguientes intervalos de pendiente:

Clase	Intervalo pendiente (%)	Descripción
1	<5	Plana
2	5-15	Suave
3	15-30	Inclinada
4	>30	Muy inclinada

La USLE (citado por Edeso et al., 1995) propone los siguientes intervalos:

Clase	Intervalo pendiente (%)
1	0-3
2	3-12
3	12-18
4	18-24
5	24-30
6	30-60
7	60-70
8	70-100
9	>100

Hammer et al. (1991) utiliza los mismos intervalos de pendiente de la USLE en sus estudios de suelos con el objetivo de planificación de uso teniendo en cuenta los riesgos de erosión.

Edeso et al. (1995) utiliza en estudios de riesgos potenciales y de erosión los siguientes intervalos:

Clase	Intervalo pendiente (%)
1	0-10
2	10-20
3	20-30
4	30-50
5	50-100
6	>100

Pedraza (1996) relaciona la susceptibilidad a la erosión con el valor de la pendiente, distinguiendo las siguientes clases:

Clase	Intervalo pendiente (° y %)	Susceptibilidad a la erosión
1	<5° (9%)	Bajo
2	5-10° (9-18%)	Medio
3	10-25° (18-47%)	Alto
4	>25° (>47%)	Muy alto

Perles (1997) establece los siguientes intervalos de pendiente en sus estudios sobre fragilidad erosiva aplicados en la cuenca del río Vélez (Málaga).

Clase	Intervalo pendiente (%)
1	0-3
2	3-12
3	12-25
4	25-50
5	>50

Sancho (1997) establece la siguiente clasificación del riesgo de movimiento en masa en función de la pendiente y la resistencia mecánica del material.

RESISTENCIA MECÁNICA	PENDIENTE		
	<10%	10-40%	>40%
Calizas: débil a moderadamente débil.	Bajo-nulo	Medio	Alto
Yesos, arcillas y margas: débil a muy débil.	Bajo-nulo	Alto	Muy alto
Gravas y arenas (cementadas o no): muy débil a débil a moderadamente débil.	Bajo-nulo	Medio	Alto

**APÉNDICE 2. FICHAS DESCRIPTIVAS
Y ANALÍTICAS DE LOS PERFILES DE SUELOS.**

PERFIL N° 1**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Luvisol crómico
Localización	Junto a los alcornoques, pista que parte del lagar de Arruate.
Coordenadas	(U.T.M) 376.36, 4081.7
Altitud y exposición	810 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexp.).
Posición fisiográfica	Ladera alta.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	58%.
Vegetación o uso	Matorral abierto a cerrado: aulaga, bolina.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Compactación superficial.
Material parental	Grauwacas
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregosa (4). Gravas medianas y gruesas.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco. Ligeramente húmedo en profundidad.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en seco y pardo fuerte (7,5 YR 4/6) en húmedo. Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño fino y mediano. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y ligeramente duro en seco. Poros frecuentes, muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava: grauwacas y filitas angulosas y subredondeadas, moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

Btb1	30-80	Rojo amarillento (5 YR 4/6) en seco y rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en prismas que rompe en bloques angulares de tamaño mediano y grueso. Adherente, plástico, muy friable y ligeramente duro a duro en seco. Pocos poros, muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava: grauwacas subredondeadas y filitas angulosas, elevada meteorización. No calcáreo. Pocas raíces muy finas a medianas. Límite difuso y plano con el horizonte subyacente.
Btb2	80-100	Rojo amarillento (5 YR 5/6) en seco y rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño mediano y grueso. Ligeramente adherente a adherente, plástico, firme y duro en seco. Pocos poros, muy finos y finos. Moderada cantidad de fragmentos de tamaño grava: grauwacas redondeadas y filitas angulosas, elevada meteorización. No calcáreo. Muy pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
BCb	100-125	Rojo amarillento (5 YR 5/6) en seco y rojo amarillento (5YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño grueso y muy grueso. Adherente, plástico, friable y duro en seco. Muy pocos poros, muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava: grauwacas redondeadas, sobre todo, y pocas filitas, ligera meteorización. No calcáreo. Muy pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Cb	>125	Grauwacas fracturadas y algo alteradas.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-30	2,40	1,79	4,91	16,06	22,82	10,11	13,48	28,41	46,36
Btb1	30-80	6,19	5,31	4,80	6,56	9,95	5,79	16,42	44,93	22,46
Btb2	80-100	0,38	0,49	0,72	2,48	18,37	9,69	21,93	45,90	14,53
BCb	100-125	2,57	2,40	2,60	6,66	10,89	6,36	13,21	55,28	58,59
Cb	>125	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,42	0,046	18	0	0	1,8	18,80	14,56	35,38
Btb1	0,28	0,032	5	0	0	2,4	25,50	20,96	(80 cm)
Btb2	0,47	0,041	6	0	0	2,3	28,64	21,76	
BCb	0,76	0,010	44	0	0	1	28,06	21,14	
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	7,88	11,98	5,99	0,87	0,14	18,98	18,98	100	0,61	11	12
Btb1	7,30	9,03	5,86	0,92	0,17	15,98	15,98	100	0,54	10	10
Btb2	7,04	10,07	5,93	0,87	0,11	16,98	16,98	100	0,52	9	9
BCb	7,21	8,86	5,54	0,81	0,13	15,34	15,34	100	1,49	11	13
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 2

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Regosol calcárico.
Localización	Cruce de pistas forestales en el entorno del lagar de la Aguililla.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.05, 4081.0
Altitud y exposición	850 m.s.n.m. Solana (macroexposición), noroeste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera baja.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	35%.
Vegetación o uso	Encinar y matorral abierto: jara estepa, bolina, retama.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada, algunos olivos. Pista forestal.
Material parental	Brecha calcárea de piedemonte.
Afloramientos rocosos	Excesivamente rocoso (6).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregosa (4). Gravas gruesas y piedras.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-10	Pardo pálido (10 YR 6/3) en seco y pardo a pardo oscuro (10YR 4/3) en húmedo. Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura granular y en bloques subangulares de tamaño fino. Ligeramente adherente, ligeramente plástico a plástico, muy friable y blando ligeramente duro en seco. Muchos poros, muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: calizas alabeadas y filitas angulosas y subredondeadas con débil meteorización. Frecuentes nódulos de carbonato cálcico finos y medianos, angulares y duros. Fuertemente calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

AC	10-30	Amarillo parduzco (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura rocosa. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y blanco a ligeramente duro en seco. Muy pocos poros, muy finos y finos. Dominancia de fragmentos de tamaño grava pequeña a grandes: calizas alabeadas, filitas y grauwacas planas y subredondeadas con moderada meteorización. Abundantes nódulos de carbonato cálcico finos y medianos, planos y angulares y tanto duros como blandos. Extremadamente calcáreo. Pocas raíces muy finas y finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
C	>30	Brecha calcárea con sedimentación horizontal y subhorizontal, no consolidada, se deshace con leve presión.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-10	7,86	8,43	9,06	9,10	10,42	5,70	15,68	33,73	45,30
AC	10-30	4,88	9,01	9,61	8,75	11,41	7,28	21,84	27,18	65,21
C	>30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	4,55	0,28	9	14	1,13	1	27,27	21,88	6,25
AC	1,80	0,012	87	41	6,87	0,8	20,02	15,41	(30 cm)
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	PH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	8,17	2,84	1,62	0,77	0,38	5,61	5,61	100	2,86	11	25
AC	8,53	2,32	0,90	0,84	0,05	4,11	4,11	100	1,89	10	14
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 3

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Luvisol crómico.
Localización	Aproximadamente a 300 m. del lagar de la Aguililla y a 25 m. del arroyo de las Almácigas, en la confluencia con un pequeño talweg de 2° orden.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.28, 4080.87
Altitud y exposición	850 m.s.n.m. Solana (macroexposición), sureste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera baja.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	45%.
Vegetación o uso	Matorral abierto: retama, bolina, jara estepa.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Pista forestal.
Material parental	Filitas y grauwas, con predominio de las grauwas.
Afloramientos rocosos	Poco rocoso (3).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregosa (4). Gravas medianas y gruesas.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo Textura franco-arcillosa. Estructura granular y en bloques subangulares de tamaño fino a mediano. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico a plástico, friable y ligeramente duro a duro en seco. Muchos poros, muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: grauwas y filitas angulosas y subredondeadas con moderada meteorización. Frecuentes concreciones de carbonato cálcico, finas, esféricas o irregulares y duras. Moderadamente calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

Btb1	15-55	Amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en seco y pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño fino y mediano. Adherente, plástico, firme y duro en seco. Muchos poros, muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava: grauwas y filitas angulosas y subredondeadas con moderada a elevada meteorización. Ligeramente calcáreo. Muchas a frecuentes raíces muy finas y finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
Btb2	55-95	Amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en seco y pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño fino y mediano. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, friable y duro en seco. Pocos poros, muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava: grauwas y filitas angulosas y subredondeadas con elevada meteorización. Ligeramente calcáreo. Pocas raíces muy finas y finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
Cb	>95	Filitas y grauwas escasamente alteradas, se fracturan en bloques de pequeño tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-15	11,20	8,63	7,60	7,81	9,09	5,91	14,77	34,96	37,90
Btb1	15-55	7,82	6,86	4,56	3,81	5,43	4,76	11,44	55,29	24,97
Btb2	55-95	0,35	0,23	1,00	3,27	11,99	10,84	15,36	56,93	17,74
Cb	>95	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	2,75	0,076	20	2	1,75	1,2	22,25	17,83	31,83
Btb1	0,85	0,054	9	0	0	1,7	26,08	20,02	(55 cm)
Btb2	0,76	0,059	7	0	0	1,8	26,55	19,44	
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	8,09	2,86	2,20	0,71	0,19	5,96	5,96	100	1,96	11	15
Btb1	8,18	15,46	1,48	0,74	0,12	17,80	17,80	100	1,04	8	4
Btb2	8,01	16,78	1,73	0,88	0,11	19,50	19,50	100	1,01	6	17
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 4**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Leptosol eútrico
Localización	Ladera suroeste del Cerro de Güella, aproximadamente a 150 m. del cruce de pistas forestales que se dirigen a Moheda y al P.N. Montes de Málaga.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.28, 4081.11
Altitud y exposición	900 m.s.n.m. Solana (macroexposición), oeste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera alta.
Topografía circundante	Colinada (6).
Pendiente	32%.
Vegetación o uso	Pastizal y matorral abierto: retama, bolina.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada y cultivos abandonados (almendros). Pista forestal.
Material parental	Filitas.
Afloramientos rocosos	Poco rocoso (3).
Pedregosidad superficial	Poco pedregosa (3). Gravas finas y medianas.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-5	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/4) en húmedo Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino y fino. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable friable y blando en seco. Muchos poros, muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas angulosas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite muy abrupto y plano con el horizonte subyacente.

C	5-18/25	Filitas fracturadas, se rompen en bloques de pequeño a mediano tamaño.
---	---------	--

R	>25	Filitas poco alteradas que muestran una escasa red de fracturas.
---	-----	--

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-5	0,43	0,65	0,77	2,11	15,57	15,65	31,31	33,47	39,71
C	5-18/25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	>25	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	7,39	0,49	8	0	0	1,3	30,58	20,92	4,51
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	7,04	11,61	3,62	0,87	0,27	16,37	16,37	100	1,69	16	27
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 5

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Cambisol eútrico.
Localización	Ladera sur del Cerro de Güella, aproximadamente a 100 m. del límite con el Parque Natural de los Montes de Málaga.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.74, 4080.62
Altitud y exposición	940 m.s.n.m. Solana (macroexposición), oeste (mesoexposición) y suroeste (microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	55%.
Vegetación o uso	Encinar abierto-coscojar. Matorral abierto: jara estepa, retama.
Influencias humanas	Pista forestal.
Material parental	Diabasas.
Afloramientos rocosos	Moderadamente rocoso (4).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregosa (4). Gravas gruesas y piedras.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. Textura franca. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, firme y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros, muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: diabasas redondeadas y subredondeadas y filitas, grauwas y granos de cuarzo, con elevada a mediana meteorización según los

Materiales. Muy pocas concreciones de carbonato cálcico, finas, esféricas y duras. Fuertemente calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite abrupto y plano (ondulado lateralmente) con el horizonte subyacente.

Bwb	30-70/80	Pardo amarillento (10 YR 5/6) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño muy grueso. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, firme y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros, muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeñas y medianas: diabasas redondeadas y subredondeadas con elevada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas. Límite difuso y plano (ondulado lateralmente) con el horizonte subyacente.
Cb1	80-110	Amarillo oliva (2,5 Y 6/6) en seco y pardo oliva claro (2,5 Y 5/6) en húmedo. Textura franco-limosa. Estructura en bloques angulares de tamaño grueso. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, muy friable y blando en seco. Frecuentes poros, muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: diabasas redondeadas con elevada meteorización. No calcáreo. Pocas raíces muy finas y gruesas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
Cb2	>110	Diabasas algo alteradas, se fracturan en bloques de pequeño a mediano tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-30	0,72	0,94	1,68	5,40	27,34	12,77	24,61	26,50	23,27
Bwb	30-70/80	0	0,36	1,01	1,89	16,05	15,63	28,74	36,31	45,58
Cb1	70/80-110	0	0	0,19	1,75	25,31	25,64	26,68	20,40	61,05
Cb2	>110	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,99	0,125	9	3	0,87	2	24,19	18,37	45,53
Bwb	0,57	0,039	8	0	0	0,7	19,97	14,57	(80 cm)
Cb ₁	0,47	0,036	7	0	0	0,7	24,87	14,19	
Cb ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	8,43	14,53	0,75	0,56	0,26	16,10	16,10	100	1,87	10	8
Bwb	8,60	14,51	1,21	0,79	0,25	16,76	16,76	100	1,60	6	15
Cb ₁	8,42	13,91	1,70	0,85	0,10	16,56	16,56	100	1,20	5	12
Cb ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 6

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Regosol léptico.
Localización	Pista del Lagar de Güella, aproximadamente a 50 m. de la intersección con la pista principal.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.86, 4081.53
Altitud y exposición	860 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), oeste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera alta.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	50%.
Vegetación o uso	Matorral abierto: retama, jara estepa, aulaga. Encinas muy dispersas.
Influencias humanas	Pista forestal. Vegetación alterada.
Material parental	Diabasas.
Afloramientos rocosos	Moderadamente rocoso (4).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregosa (4). Gravas medianas y gruesas.
Erosión	Hídrica laminar moderada.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-20	Pardo amarillento (10 YR 5/6) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) en húmedo. Textura franca. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y duro en seco. Muchos poros, muy finos. Moderada cantidad de fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: diabasas redondeadas y filitas y grauwacas angulosas y subredondeadas con elevada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite muy abrupto y plano con el horizonte subyacente.

C	20-70	Diabasas alteradas, se fragmentan en cantos de tamaño pequeño a mediano.
R	>70	Diabasas no alteradas, son continuas aunque se logran fragmentar en bloques de elevado tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-20	0,18	0,37	1,31	4,94	28,33	18,75	23,58	22,51	12,29
C	20-70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	>70	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	1,33	0,082	9	0	0	2	17,70	13,10	13,71
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	7,11	11,78	5,71	0,70	0,07	18,26	18,26	100	0,74	4	5
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 7

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Regosol eútrico
Localización	Inmediaciones de las instalaciones de la explotación, aproximadamente a 15 m. del pozo de donde se llenan los abrevaderos.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.09, 4082.34
Altitud y exposición	770 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), este (mesoexposición), noreste (microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	40%.
Vegetación o uso	Pastizal. Retamas muy dispersas.
Influencias humanas	Vegetación fuertemente alterada. Compactación de la superficie por pisoteo del ganado. Pista de acceso a un pozo.
Material parental	Depósitos de laderas: filitas.
Afloramientos rocosos	Muy poco rocoso (2).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas medianas y gruesas, piedras.
Erosión	Hídrica laminar y en surcos, severa.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Amarillo parduzco (10 YR 6/6) en seco y pardo amarillento oscuro (10YR 4/6) en húmedo. Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino a mediano. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, firme y duro en seco. Muchos poros, muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas angulosas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite muy abrupto y plano con el horizonte subyacente.

C	>30	Depósitos de laderas, compuesto por fragmentos sueltos de filitas.
---	-----	--

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-30	3,82	6,90	7,06	10,75	17,01	7,84	19,84	26,76	53,84
C	>30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,89	0,081	13	0	0	0,3	18,10	13,78	10,17
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	7,73	8,97	1,94	0,61	0,09	11,61	11,61	100	0,96	7	10
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 8**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Calcisol háplico.
Localización	Cerro de la casa de los Saleros.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.35, 4082.91
Altitud y exposición	720 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), noreste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	40%.
Vegetación o uso	Encinar abierto a cerrado. Matorral: aulaga, jara estepa.
Influencias humanas	Vegetación alterada. Antigua zona de cultivos.
Material parental	Filitas.
Afloramientos rocosos	Excesivamente rocoso (6).
Pedregosidad superficial	Moderadamente pedregoso (4). Gravas gruesas y piedras.
Erosión	Hídrica laminar ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-15	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10YR 5/4) en húmedo. Textura arcillo-limosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino a mediano. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, muy firme y duro en seco. Muchos poros, muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas y grauwacas redondeadas y subredondeadas con moderada meteorización. Abundantes nódulos y acumulaciones de carbonato cálcico en las paredes de las filitas, finos, angulares y blandos. Pocos rasgos de origen biológico: canales de animales. Extremadamente calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.

Bw	15-35/40	Amarillo (10 YR 7/6) en seco y pardo amarillento (10YR 5/6) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño grueso. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros, muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas, grauwacas y calizas redondeadas y subredondeadas con moderada meteorización. Abundantes nódulos y acumulaciones de carbonato cálcico en las paredes de las filitas, finos y blandos. Pocos rasgos de origen biológico: canales de animales. Extremadamente calcáreo. Frecuentes raíces muy finas y algunas finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Ck	40-110	Amarillo (2,5 Y 7/6) en seco y amarillo oliva (2,5 Y 6/6) en húmedo. Textura franco-limosa. Sin estructura. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme y muy duro en seco. Pocos poros, muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña: filitas redondeadas y subredondeadas con moderada meteorización. Dominantes acumulaciones blandas de carbonato cálcico, finas a medianas, alargadas y blandas. Pocos rasgos de origen biológico: canales de animales. Extremadamente calcáreo. Pocas raíces finas y medianas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
C	>110	Gris parduzco claro (2,5 Y 6/2) en seco y pardo grisáceo (2,5 Y 5/2) en húmedo. Textura franco-limosa. Sin estructura. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas angulosas con débil meteorización. Dominantes acumulación blandas de carbonato cálcico, finas a gruesas, alargadas y blandas. Extremadamente calcáreo.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-15	0,51	1,18	1,04	3,18	12,35	10,59	30,77	40,35	46,21
Bw	15-35	0,97	1,28	1,43	5,36	17,04	14,07	28,15	31,67	23,09
Ck	50-110	0	0,23	0,34	1,90	17,45	21,22	35,69	23,15	57,36
C	>110	0,70	0,40	3,07	14,24	27,87	11,32	18,87	23,49	67,94

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,04	0,133	4	20,11	4,62	0,8	23,55	18,15	(80 cm)
Bw	1,14	0,120	5	40,38	14,00	0,3	21,15	15,84	
Ck	0,66	0,084	4	46,2	17,37	0,2	25,72	10,97	
C	0,57	0,026	12	34,8	12,75	0,3	16,27	9,52	

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	8,68	12,17	0,74	0,66	0,12	13,69	13,69	100	1,88	6	9
Bw	8,74	9,54	0,48	0,53	0,04	10,59	10,59	100	1,71	8	5
Ck	8,78	5,73	0,37	0,54	0,003	6,65	6,65	100	1,73	1	19
C	8,72	6,69	0,42	0,53	0,01	7,66	7,66	100	1,51	9	20

PERFIL N° 9**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Luvisol crómico
Localización	Inmediaciones de las instalaciones de la explotación. Aproximadamente a 100 m. de la casa.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.05, 4082.34
Altitud y exposición	780 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), este (mesoexposición), noreste (microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	40%.
Vegetación o uso	Pastizal. Cultivado esporádicamente para consumo animal.
Influencias humanas	Vegetación natural inexistente. Arado y cultivo.
Material parental	Filitas.
Afloramientos rocosos	Muy poco rocoso (2).
Pedregosidad superficial	Muy pedregoso (5). Gravas finas y medias.
Erosión	Hídrica laminar, severa.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Seco hasta 80 cm.; a partir de aquí se incrementa la humedad hasta 130 cm. de profundidad, donde el se encuentra totalmente húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en seco y pardo fuerte (7,5YR 4/6) en húmedo. Textura arcillo-arenosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino y fino. Adherente, ligeramente plástico, firme y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos, algunos gruesos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas, diabasas y granos de cuarzo, angulares y subredondeadas con moderada meteorización. Frecuentes rasgos de origen biológico: canales de lombrices. No calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite muy abrupto y plano con el horizonte subyacente.

Bt ₁	30-80	Rojo amarillento (5 YR 4/6) en seco y rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño mediano y grueso. Adherente, plástico, muy friable y duro en seco. Muchos poros muy finos, algunos finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas, diabasas y granos de cuarzo, angulares y subredondeadas con moderada meteorización. Pocos rasgos de origen biológico, solo en los primeros 15 cm.: canales de lombrices. No calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite difuso y plano con el horizonte subyacente.
Bt ₂	80-110	Rojo amarillento (5 YR 4/6) en seco y rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño mediano y grueso. Adherente, ligeramente plástico, muy friable y ligeramente duro en seco. Frecuentes poros muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas y diabasas, angulares y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Pocas raíces muy finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
BC	110-140	Rojo amarillento (5 YR 5/6) en seco y rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño muy fino y fino. Adherente, plástico, firme y duro en seco. Muy pocos poros muy finos. Dominancia de fragmentos de tamaño grava: filitas angulares con débil meteorización. No calcáreo. Muy pocas raíces muy finas.
C	>140	Filitas poco alteradas, se fracturan en bloques de pequeño tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-30	14,17	11,84	6,96	5,47	7,14	4,41	11,27	38,71	31,06
Bt ₁	30-80	6,09	6,63	6,86	5,09	6,18	3,86	10,15	55,11	21,32
Bt ₂	80-110	1,02	0,61	0,88	4,70	14,86	9,43	20,35	48,14	36,19
BC	110-140	10,28	9,53	7,21	5,08	5,23	3,05	12,22	47,36	72,34
C	>140	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	2,08	0,118	10	0	0	2,1	21,53	16,25	46,27 (80 cm)
Bt ₁	0,66	0,032	12	0	0	2,2	24,08	18,85	
Bt ₂	0,28	0,014	11	0	0	2,2	20,64	16,07	
BC	0,38	0,027	8	0	0	2	24,04	18,82	
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	7,21	8,49	4,43	0,67	0,14	13,73	13,73	100	1,26	9	18
Bt ₁	6,75	9,03	5,17	0,57	0,13	14,80	14,80	100	0,55	10	10
Bt ₂	6,42	6,90	4,81	0,54	0,10	12,35	13,69	90,2	0,53	13	9
BC	6,06	6,97	5,59	0,54	0,09	13,19	15,16	87,0	0,60	10	13
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 10**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Cambisol eútrico.
Localización	Ladera de solana del Cerro de Güella, en la divisoria de aguas con el P.N. de los Montes de Málaga.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.76, 4080.9
Altitud y exposición	940 m.s.n.m. Solana (macroexposición), suroeste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera alta.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	40%.
Vegetación o uso	Matorral abierto a disperso: retama, matagallo, bolina. Pastizal.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Compactación de la superficie por pisoteo del ganado, caminos de pastoreo.
Material parental	Grauwacas.
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Muy pedregoso (5). Gravas finas a gruesas y piedras.
Erosión	Hídrica laminar, moderada.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Ligeramente húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-20	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo. Textura franca. Estructura granular de tamaño muy fino a mediano. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas y grauwacas, planos y subredondeados con moderada meteorización. Fuertemente calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

Bwb	20-40	Amarillo pardo (10 YR 6/6) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo. Textura franco-arcillosa a arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño grueso. Adherente, ligeramente plástico, friable y duro en seco. Frecuentes poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas y grauwacas, planos y subredondeados con moderada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas, algunas gruesas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
BCb	40-50	Pardo amarillento pálido (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillo-arenosa. Estructura en bloques angulares de tamaño grueso y muy grueso. Adherente, ligeramente plástico, friable y duro en seco. Pocos poros muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas y grauwacas, redondeadas con moderada a elevada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas, algunas gruesas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Cb	>50	Grauwacas algo alteradas, se rompen en fragmentos de pequeño a mediano tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-20	2,22	2,93	3,86	8,52	18,67	13,96	23,74	26,07	44,11
Bwb	20-40	4,83	7,31	6,69	5,58	9,83	6,71	18,71	40,31	32,28
BCb	40-50	4,16	6,74	6,91	8,18	16,18	9,23	18,94	29,63	30,07
Cb	>50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	2,17	0,18	7	11	3,62	0,9	20,43	16,14	23,15
Bwb	1,45	0,09	9	0	0	1,7	22,70	17,97	(50 cm)
BCb	0,93	0,05	11	0	0	0,6	17,45	13,19	
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	8,43	9,38	0,92	0,39	0,43	11,12	11,12	100	1,92	2	16
Bwb	8,67	12,99	1,02	0,44	0,27	14,72	14,72	100	1,09	1	13
BCb	8,46	12,44	0,59	0,40	0,20	13,63	13,63	100	1,02	1	15
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 11**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Regosol eútrico
Localización	Ladera de umbría del Cerro de Güella, aproximadamente a 100 m. del cruce de pistas forestales que se dirigen a Moheda y al P.N. Montes de Málaga.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.36, 4081.22
Altitud y exposición	910 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera alta.
Topografía circundante	Colinado (6).
Pendiente	30%.
Vegetación o uso	Pastizal denso, retamar abierto.
Influencias humanas	Vegetación natural fuertemente alterada. Pista forestal.
Material parental	Coluvión bajo un suelo formado sobre diabasas.
Afloramientos rocosos	No rocoso (1).
Pedregosidad superficial	Poco pedregoso (3). Gravas finas a gruesas.
Erosión	Hídrica laminar, ligera.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-9	Pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura granular de tamaño fino y mediano. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y blando en seco. Muchos poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas, planos y subredondeados con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.

C1	9-35/40	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo. Textura franca. Estructura granular y en bloques subangulares de tamaño muy fino a grueso. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas, planos y subredondeados con moderada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas. Límite difuso con el horizonte subyacente.
C2	40-68	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura granular y en bloques subangulares de tamaño muy fino a grueso. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, muy friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: filitas, planos y subredondeados con moderada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas. Límite muy abrupto y ondulado con el horizonte subyacente.
2A	68-85/90	Amarillo claro (2,5 Y 7/4) en seco y pardo amarillento claro (2,5 Y 6/4) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño muy fino a grueso. Adherente, plástico, firme y muy duro en seco. Frecuentes poros muy finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: filitas, grauwacas y diabasas, redondeados y subredondeados, con moderada a elevada meteorización. No calcáreo. Muy pocas raíces muy finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
2C3	90/110	Amarillo oliva (2,5 Y 6/6) en seco y pardo oliva claro (2,5 Y 5/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño muy fino a grueso. Adherente, plástico, muy firme y duro a muy duro en seco. Frecuentes poros muy finos. Moderada cantidad de fragmentos de tamaño grava pequeña, algunas grandes: filitas, grauwacas y diabasas, redondeados, con moderada a elevada meteorización. No calcáreo. Muy pocas raíces muy finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
3C4	>110	Filitas y grauwacas poco alteradas.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-9	1,15	0,90	0,93	3,76	15,75	15,60	33,80	28,08	44,5
C1	9-35/40	4,91	4,36	6,83	12,19	16,07	13,32	17,92	24,36	52,83
C2	40-68	0,65	0,74	0,70	3,89	21,70	12,93	30,65	28,73	49,05
2A	68-85/90	11,01	9,89	5,46	4,40	7,82	5,41	13,09	42,89	20,80
2C3	90-110	1,03	0,44	0,50	2,68	17,25	11,01	23,52	43,55	13,79
3C4	>110	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	7,13	0,36	11	0	0	0,9	27,17	19,58	36,52 (80 cm)
C1	1,55	0,09	10	0	0	1,1	18,75	15,17	
C2	1,55	0,07	12	0	0	1,1	18,75	15,17	
2A	1,14	0,06	11	0	0	2,1	24,78	17,88	
2C3	0,10	0,05	1	0	0	2,2	26,04	20,29	
3C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	PH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	7,20	9,85	3,47	0,47	0,29	14,08	14,18	99,29	1,48	6	17
C1	7,41	6,10	2,60	0,51	0,24	9,45	12,16	77,71	0,73	5	14
C2	7,35	5,60	2,36	0,59	0,11	8,66	11,15	77,67	0,61	5	10
2A	7,60	12,70	4,49	0,50	0,13	17,82	17,82	100	0,48	2	9
2C3	7,55	11,25	5,32	0,49	0,12	17,18	17,18	100	0,60	3	7
3C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 12

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Leptosol eútrico
Localización	Cumbre del Cerro de Güella. Rellano entre los dos cerros que componen la cumbre.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.62, 4081.05
Altitud y exposición	970 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Cumbre montaña.
Topografía circundante	Casi plano (2).
Pendiente	8%.
Vegetación o uso	Pastizal. Matorral abierto: retama, bolina.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada.
Material parental	Filitas y grauvacas.
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a gruesas, piedras y algunos bloques.
Erosión	Hídrica laminar, moderada.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Pardo (10 YR 5/3) en seco y pardo oscuro (10 YR 3/3) en húmedo. Textura franca. Estructura granular de tamaño muy fino a mediano. Ligeramente adherente a adherente, ligeramente plástico, friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña, pocas grandes: filitas y grauvacas planas y subredondeadas con débil a moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas, algunas finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

C	15-20/25	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques angulares y subredondeados de tamaño fino a mediano. Adherente a muy adherente, plástico, firme a muy firme y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a grande, algunas piedras: filitas y grauwas planas y subredondeadas con moderada a elevada meteorización. No calcáreo. Pocas raíces muy finas.
---	----------	---

R	>25	Filitas y grauwas no alteradas.
---	-----	---------------------------------

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-15	6,65	6,88	8,26	9,16	11,87	7,83	22,59	26,73	49,76
C	15-25	5,32	7,46	8,74	8,02	10,47	9,61	21,05	29,29	72,54
R	>25	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	5,38	0,27	11	0	0	1,8	22,35	17,18	8,42
C	1,24	0,10	7	0	0	0,5	21,11	16,73	(25 cm)
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	6,40	7,42	2,34	0,56	0,41	10,73	12,81	83,80	0,84	4	19
C	6,61	6,27	2,64	0,48	0,50	9,89	12,68	77,99	0,72	2	20
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 13**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Luvisol crómico.
Localización	Ladera Norte del Cerro de Güella, a pocos metros de un bebedero para el ganado.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.70, 4081.17
Altitud y exposición	890 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	65%.
Vegetación o uso	Matorral denso: aulaga, matagallo. Encinas dispersas.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Pequeños albarrales en las laderas media y alta.
Material parental	Diabasas.
Afloramientos rocosos	Poco rocoso (3).
Pedregosidad superficial	Muy pedregoso (5). Gravas finas a gruesas.
Erosión	Hídrica laminar y en surcos, moderada.
Drenaje	Bien drenado (3)
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-30	Amarillo parduzco (10 YR 6/6) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo. Textura franca. Estructura granular de tamaño muy fina a fina y en bloques subangulares de tamaño fino a mediano. Adherente a muy adherente, plástico, friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeñas a grandes, pocas piedras: filitas y grauwacas planas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas, algunas medianas. Límite abrupto y plano a ligeramente ondulado lateralmente con el horizonte subyacente.

Btb	30-50	Amarillo rojizo (7,5 YR 6/6) en seco y pardo fuerte (7,5 YR 5/6) en húmedo. Textura arcillosa. Estructura en bloques angulares y subangulares de tamaño mediano a muy grueso. Muy adherente, muy plástico, muy firme y duro a muy duro en seco. Frecuentes poros muy finos. Pocos fragmentos de tamaño grava pequeñas a grandes: diabazas redondeadas con elevada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas a medianas, algunas gruesas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Cb	>50	Grauwacas poco alteradas, se fracturan en bloques de pequeño a mediano tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-30	7,17	9,79	7,47	6,84	11,00	9,38	22,05	26,27	57,09
Btb	30-50	1,03	1,28	2,72	6,41	14,26	6,66	22,37	45,23	5,73
Cb	>50	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,65	0,09	10	0	0	1,9	20,67	16,32	22,08
Btb	0,83	0,04	12	0	0	2	26,52	21,75	(50 cm)
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	7,35	7,35	2,36	0,81	0,22	10,74	12,16	88,32	0,77	2	12
Btb	7,44	9,91	4,93	0,66	0,18	15,68	15,68	100	0,64	1	19
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 14**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Cambisol léptico
Localización	En las cercanías del lagar de Güella, aproximadamente a 200 m. de distancia.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.76, 4081.67
Altitud y exposición	790 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), oeste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera-cumbre lomo de elefante.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	32%.
Vegetación o uso	Matorral denso a abierto: aulaga, retama, cantueso, bolina. Pastizal.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Caminos de pastoreo. Hozadas de jabalíes.
Material parental	Grauwacas.
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a piedras. Algunos bloques.
Erosión	Hídrica laminar severa.
Drenaje	Bien drenado (3).
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-6	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo. Textura franca. Estructura granular de tamaño muy fino a grueso. Adherente, ligeramente plástico a plástico, friable a firme y duro en seco. Muchos poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava finas a grandes: grauwacas principalmente y filitas, planas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas, algunas finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

Bw	6-30	Pardo amarillo claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques angulares y subangulares de tamaño muy fino a grueso. Muy adherente, plástico, firme y muy duro en seco. Frecuentes poros muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava finas a grandes: grauwas principalmente y muy pocas filitas, planas y redondeadas con elevada meteorización. No calcáreo. Frecuentes raíces muy finas, algunas finas y medianas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
C	>30	Grauwacas poco alteradas, se fragmentan en bloques de pequeño a mediano tamaño.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-6	0,84	0,91	2,91	12,86	23,38	11,40	21,76	25,91	40,06
Bw	6-30	0,80	0,97	1,14	4,45	23,95	11,61	22,21	34,83	66,22
C	>30	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	3,83	0,16	13	0	0	0,7	19,24	14,69	7,34
Bw	1,12	0,6	1	0	0	1,1	19,74	16,02	(30 cm)
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	6,31	6,50	4,12	0,49	0,33	11,44	13,43	85,18	1,17	2	16
Bw	6,58	6,54	5,87	0,71	0,18	13,30	13,30	100	0,81	1	9
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 15**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Regosol eútrico
Localización	Fondo del valle del arroyo los Pilonés, concretamente en la cabecera, justo en la confluencia de dos arroyos de 2º orden para formar uno de 3º.
Coordenadas	(U.T.M.) 376.54, 4081.62
Altitud y exposición	760 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera baja, junto al arroyo.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	28%.
Vegetación o uso	Pastizal. Matorral abierto: retama, aulaga.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Caminos de pastoreo.
Material parental	Coluvión sobre un sustrato de filitas.
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a gruesas.
Erosión	Hídrica laminar severa.
Drenaje	Bien drenado (3).
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15/20	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo. Textura franca. Estructura granular y en bloques subangulares de tamaño fino. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y ligeramente duro a duro en seco. Muchos poros muy finos a medianos. Abundantes fragmentos de tamaño grava fina a grande: filitas principalmente y grauwacas, planas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas, algunas finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.

C	20-45	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques subangulares de tamaño fino. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, firme y duro en seco. Muchos poros muy finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava fina a grande: filitas principalmente y grauwacas, planas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Pocas raíces muy finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.
Cb	>45	Filitas fracturadas que sirven de base al coluvión.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horizonte	Profund. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-15/20	4,57	4,26	4,55	9,72	20,44	12,20	22,37	21,86	58,37
C	20-45	0,77	0,66	0	1,44	22,22	16,29	28,51	30,03	51,14
Cb	>45	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	1,03	0,05	12	0	0	2	16,30	12,90	9,61
C	0,86	0,04	12	0	0	0,7	16,04	13,42	(45 cm)
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	6,90	8,12	5,07	0,46	0,21	13,86	14,44	96,02	0,92	1	15
C	7,35	7,47	4,63	0,47	0,15	12,72	13,79	92,24	0,74	1	16
Cb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 16

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Regosol léptico.
Localización	Inmediaciones de la casa conocida como La Lagareta. A 150 metros de una pista forestal que recorre un interfluvio próximo..
Coordenadas	(U.T.M.) 375.75, 4082.78
Altitud y exposición	760 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Cumbre (hombreira).
Topografía circundante	Ondulado (4).
Pendiente	15%.
Vegetación o uso	Alcornocal y encinar abierto. Matorral cerrado a abierto: aulaga, jara pringosa.
Influencias humanas	Vegetación natural alterada. Caminos de pastoreo.
Material parental	Filitas y grauwas.
Afloramientos rocosos	Moderadamente rocoso (4).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a gruesas y piedras.
Erosión	Hídrica laminar severa.
Drenaje	Bien drenado (3).
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-10	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo. Textura franca. Estructura granular de tamaño fino a mediano y en bloques subangulares de tamaño mediano a grueso. Ligeramente adherente, ligeramente plástico, friable y ligeramente duro en seco. Muchos poros muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava fina a grande: filitas principalmente y grauwas, planas y subredondeadas con moderada a elevada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite abrupto y plano con el horizonte subyacente.

C	>10	Filitas sobre todo y grauwas alteradas. Se deshacen con leve presión. Se disponen en láminas muy finas.
---	-----	---

RESULTADO ANALÍTICOS

Horiz	Prof. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
A	0-10	0,67	0,87	0,59	3,02	24,43	15,64	28,67	26,07	43,60
C	>10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
A	2,24	0,11	11	0	0,37	1,9	17,64	14,80	2,70
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	PH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
A	5,63	3,02	2,70	0,50	0,29	6,51	11,80	55,17	0,77	2	29
C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 17

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Clasificación	Calcisol háplico.
Localización	Inmediaciones de la casa conocida como La Lagareta. A 300 metros de la cumbre de la loma más cercana al Puerto Los Gallos.
Coordenadas	(U.T.M.) 375.95, 4082.74
Altitud y exposición	780 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), noreste (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera - cumbre lomo de elefante.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	22%.
Vegetación o uso	Cultivos de almendros abandonados. Matorral cerrado a abierto: matagallo, jara blanca, retama y bolina, alguna jara pringosa.
Influencias humanas	Cultivos de almendros. Vegetación natural fuertemente alterada. Caminos de pastoreo.
Material parental	Grauwacas.
Afloramientos rocosos	Muy rocoso (5).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a gruesas, algunas piedras.
Erosión	Hídrica laminar severa.
Drenaje	Bien drenado (3).
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-10/15	Pardo amarillento (10 YR 5/4) en seco y pardo amarillento oscuro (10 YR 4/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura granular de tamaño fino a mediana y en bloques subangulares de tamaño fino a grueso. Adherente a muy adherente, plástico, muy firme y duro en seco. Muchos poros muy finos a medianos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a mediana: grauwacas, planas y subredondeadas con moderada meteorización. Ligeramente calcáreo. Muchas raíces muy finas y finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.

Bw1	15-30	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño fino a grueso. Muy adherente, plástico, muy firme y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: grauwacas planas y redondeadas con moderada a elevada meteorización. Extremadamente calcáreo. Pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Bw2	30-45	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura en bloques angulares de tamaño fino a grueso. Muy adherente, plástico, muy firme y ligeramente duro a duro en seco. Frecuentes poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña y mediana: grauwacas planas y redondeadas con moderada a elevada meteorización. Extremadamente calcáreo. Pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Ck1	45-60	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franca. Sin estructura. Adherente, ligeramente plástico a plástico, firme y ligeramente duro en seco. Muy pocos poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a grande: grauwacas planas y redondeadas con moderada a elevada meteorización. Extremadamente calcáreo. Muy pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
Ck2	>60	Grauwacas poco alteradas.

RESULTADO ANALÍTICOS

Horiz	Prof. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-10/15	6,86	6,72	6,17	6,68	10,63	6,04	22,65	34,22	22,72
Bw1	15-30	0,58	0,40	0,46	2,54	15,60	13,89	28,29	38,21	18,79
Bw2	30-45	0,66	0,49	0,57	2,26	17,66	16,67	29,81	31,84	34,28
Ck1	45-60	0,81	0,57	2,28	10,35	23,41	14,28	24,62	23,64	36,48
Ck2	>60	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	2,50	0,15	10	1	1,5	0,8	23,87	19,06	34,61 (60 cm)
Bw1	0,86	0,09	5	9	0,29	1,3	24,03	19,17	
Bw2	0,52	0,08	3	17	5,25	1,6	24,56	16,75	
Ck1	0,52	0,05	6	33	5,62	0,1	16,04	12,89	
Ck2	-	-	-	41	-	-	-	-	-

Hori- zonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	8,00	12,37	1,37	0,50	0,30	14,54	14,54	100	1,85	2	28
Bw1	8,38	11,91	1,40	0,47	0,30	14,08	14,08	100	1,75	1	16
Bw2	8,62	10,97	1,10	0,45	0,16	12,68	12,68	100	1,70	2	16
Ck1	8,70	9,07	0,84	0,62	0,10	10,63	10,63	100	1,87	1	14
Ck2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PERFIL N° 18**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Clasificación	Calcisol háplico.
Localización	Inmediaciones de la casa conocida como La Lagareta. A 100 metros de distancia de la pista forestal que recorre la zona.
Coordenadas	(U.T.M.) 375.77, 4082.71
Altitud y exposición	770 m.s.n.m. Umbría (macroexposición), norte (meso y microexposición).
Posición fisiográfica	Ladera media-baja.
Topografía circundante	Fuertemente socavado (7).
Pendiente	30%.
Vegetación o uso	Cultivos de almendros y olivos abandonados. Matorral abierto: aulaga, jara blanca. Encinas muy dispersas.
Influencias humanas	Cultivos de almendros y olivos. Vegetación natural fuertemente alterada. Caminos de pastoreo. Albarrales. Pista forestal.
Material parental	Filitas y grauwas.
Afloramientos rocosos	Excesivamente rocoso (6).
Pedregosidad superficial	Excesivamente pedregoso (6). Gravas finas a gruesas, piedras y algunos bloques.
Erosión	Hídrica laminar y en surcos severa.
Drenaje	Bien drenado (3).
Humedad	Húmedo.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0-25	Amarillo parduzco (10 YR 6/6) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo. Textura franco-arcillosa. Estructura granular de tamaño muy fino y fino y en bloques subangulares de tamaño mediano y grueso. Adherente a muy adherente, plástico, friable y ligeramente duro a duro en seco. Muchos poros muy finos y finos. Abundantes fragmentos de tamaño grava pequeña a mediana: filitas y grauwas, planas y subredondeadas con moderada meteorización. No calcáreo. Muchas raíces muy finas y

Finas. Límite abrupto y plano a ondulado con el horizonte subyacente.

Bwb	25-60	Pardo amarillento claro (10 YR 6/4) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/4) en húmedo. Textura franco-arcillo-limosa. Estructura en bloques angulares de tamaño fino a grueso y rocosa. Adherente, plástico, firme y duro a muy duro en seco. Pocos poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a mediana: filitas y grauwacas, planas y subredondeadas con moderada a elevada meteorización. Fuerte a extremadamente calcáreo. Frecuentes raíces muy finas y finas. Límite gradual y plano con el horizonte subyacente.
-----	-------	---

BCKb	60-125	Amarillo (10 YR 7/6) en seco y pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo. Textura franca. Sin estructura. Adherente, ligeramente plástico a plástico, firme a muy firme y duro en seco. Muy pocos poros muy finos y finos. Muchos fragmentos de tamaño grava pequeña a mediana: filitas y grauwacas, planas y subredondeadas con moderada a elevada meteorización. Abundantes revestimientos de carbonato cálcico muy finos a gruesos, planos y blandos. Extremadamente calcáreo. Muy pocas raíces muy finas y finas. Límite claro y plano con el horizonte subyacente.
------	--------	---

Ckmb	125-130	Lámina compacta de carbonato cálcico. Pequeño horizonte petrocálcico.
------	---------	---

2C	>130	Filitas y grauwacas poco o nada alteradas con filones de cuarzo.
----	------	--

RESULTADO ANALÍTICOS

Horiz	Prof. (cm)	ARENAS (%)					LIMOS (%)		Arcillas (%)	Gravas (%)
		M.grue.	Gruesa	Mediana	Fina	Muy fina	Grueso	Fino		
Ap	0-25	0,26	0,64	0,81	3,06	21,22	16,27	24,16	33,53	43,54
Bwb	25-60	0,23	0,43	0,47	1,88	12,03	20,44	30,93	33,55	24,73
BCKb	60-125	2,22	4,27	6,29	10,50	17,15	12,20	20,99	26,36	31,81
Ckmb	125-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	>130	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	M.O. (%)	N (%)	C/N	CO ₃ Ca (%)	Caliza activa (%)	Fe libre (%)	Humedad (%)		R (mm)
							-33 kPa	-1500 kPa	
Ap	1,46	0,09	9	0	0	2,2	22,39	17,46	37,52
Bwb	0,26	0,06	2	20,83	5,00	0,6	21,61	15,22	(60 cm)
BCKb	0,17	0,05	2	28,91	10,50	0,2	18,58	13,26	
Ckmb	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Horizonte	pH (H ₂ O) 1:2	BASES DE CAMBIO (meq/100g)				(meq/100g)		V (%)	C.E. (ds/m)	(mg/100g)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	CEC			P ₂ O ₅	K ₂ O
Ap	8,36	10,77	1,31	0,52	0,20	12,80	13,63	93,95	1,38	2	11
Bwb	8,75	10,50	0,90	0,55	0,08	12,03	12,03	100	1,83	1	17
BCKb	8,70	9,32	0,99	0,50	0,14	10,95	10,95	100	1,99	1	12
Ckmb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAPÍTULO 2

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN
GANADERA**

1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El ganadero se relaciona con el medio a través de un determinado sistema de gestión del pastoreo. Este sistema es fruto de una cultura empírica aprendida de las generaciones anteriores cuyo origen es remoto. Este modo empírico de actuación sobre el medio está basado en la observación y la experimentación, elementos inseparables que han provocado, sin duda, una continua depuración en las técnicas de gestión.

El pastor tiene, en este sentido, el importante papel de ser el gestor del medio natural, a través de sus acciones, calendarios y tradiciones relativas al manejo de los ecosistemas pastorales.

La metodología de trabajo que se ha utilizado para caracterizar la gestión ganadera consta de los siguientes aspectos:

- a) Encuestas a los ganaderos.
- b) Observación de los itinerarios del ganado en pastoreo.

Dentro del proyecto de investigación sobre planificación ganadera de las zonas áridas del SE Ibérico (CSIC-ICONA), ya especificado con anterioridad, se ha utilizado la metodología expuesta.

1.1. LA ENCUESTA AL GANADERO.

Los datos que mayor interés presentan para cubrir los objetivos planteados en este trabajo son los que están relacionados con la gestión. La encuesta, por tanto se estructura en los siguientes aspectos:

- a) Horarios de salida y llegada de las jornadas de pastoreo.
- b) Tamaño del rebaño de pastoreo.

La información que se obtiene sirve de complemento a las observaciones del pastoreo.

Las encuestas se han realizado con una periodicidad de aproximadamente 10-15 días. Se han realizado un total de 24 encuestas en el período comprendido entre mayo de 1999 y abril de 2000, período que se ha tenido en cuenta para la caracterización de la gestión.

Las encuestas continúan en la actualidad. La temática se ha ampliado a un cuestionario más variado que pretende, como objetivo de futuro, realizar un análisis más profundo de la gestión ganadera que el exigido por la metodología planteada en este trabajo.

La encuesta actual abarca las siguientes temáticas:

- a) Cuestiones de carácter alimenticio. Tipo, cantidad y precio de los suplementos alimenticios que se utilizan diariamente en la alimentación del ganado.
- b) Cuestiones de carácter productivo. Producción de leche y carne y precio de venta.
- c) Cuestiones relacionadas con la gestión. Continúa la misma temática anterior.

1.2. LA OBSERVACIÓN DEL PASTOREO.

El seguimiento de los animales en pastoreo es una herramienta muy utilizada como técnica de estudio del comportamiento de los animales (SOMLO et al., 1991; GARCÍA, 1991).

El estudio del comportamiento de los animales en pastoreo por observación directa es una tarea laboriosa y difícil. La técnica consiste en la observación en el campo de los itinerarios de pastoreo que sigue el rebaño de la mano de una persona encargada de su gestión.

El objetivo es geo-referenciar las rutas habituales que sigue el ganado en el transcurso del pastoreo.

Durante el proceso de seguimiento se anotan en una base topográfica a escala 1:10.000 posiciones y tiempos de forma asidua, teniendo en cuenta, principalmente, hitos concretos del espacio, como por ejemplo, zonas de cumbre y vaguada, límites de antiguas zonas de cultivo, antiguas construcciones como lagares en ruinas, etc.

Se utilizan además las fotografías, realizadas en cada una de las salidas al campo, para delimitar la zona de influencia del ganado, lo cual permite precisar con exactitud dichos límites, e incluso permite medir in situ la superficie de cada una de las unidades donde ha estado el ganado.

Los seguimientos se han realizado con una duración y periodicidad de 1 semana en cada una de las estaciones del año. De esta forma se ha seguido la variabilidad del clima mediterráneo, debido a la existencia de diferencias en la gestión en virtud de las condiciones climáticas. Hecho que se constató previamente por la vía de la encuesta al ganadero.

Se ha considerado que las jornadas de pastoreo comienzan cuando el ganado se encuentra en actitud de pastoreo y dirigido por una persona que se encarga de su gestión; sin embargo, se ha constatado que ciertas unidades, concretamente las que se encuentran en las inmediaciones de las instalaciones de la explotación, reciben el ganado antes de salir de pastoreo. Esta situación se ha tenido en cuenta a efectos de carga ganadera, aunque no en cuanto a los cálculos de tiempo y velocidad.

2. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA EXPLOTACIÓN.

En base a los objetivos planteados en la propuesta metodológica en relación al análisis socioeconómico de las explotaciones ganaderas, el apartado se estructura de la siguiente manera.

En primer lugar, se analiza el sistema de explotación ganadera que se practica a través de la relación alimenticia que se establece con el medio natural, del que parte el interés por el estudio de la tipología de los recursos alimenticios de la explotación; para terminar, en un segundo apartado, analizando los aspectos socioeconómicos más importantes relacionados con la gestión ganadera.

2.1. EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN GANADERA.

El sistema de explotación practicado, en esencia extensivo, ha pasado a convertirse en un sistema semiextensivo, por una desvinculación parcial con el medio.

Este cambio ha sido posible, sin duda, por el alto precio que alcanzan en el mercado los productos que se generan y, sobre todo, a raíz de la subida de las rentas promovidas por la política activa de la UE en esta materia, hecho que ha posibilitado la compra no sólo de tecnología sino de otras fuentes alimenticias alternativas a las que pone el medio a disposición del ganadero.

En este sentido, hay que señalar que aunque la base de la alimentación está constituida por los recursos naturales que existen en el medio, existe además una suplementación alimenticia en los períodos de escasez.

Las fuentes de alimentación más importantes con que cuenta la explotación para la alimentación del ganado son, por una parte, la vegetación natural, además de una amplia gama de productos y subproductos agrícolas.

El aporte de alimento suplementario es beneficioso, no sólo para salvar los períodos críticos sino también para aumentar la productividad de la explotación, lo que hace disminuir, consecuentemente, la presión sobre el medio.

Boza et al., (1998) constata la utilización en la alimentación del ganado de las zonas desfavorecidas mediterráneas, de una amplia variedad de subproductos agrícolas procedentes de podas, rastrojeras, pajas, cañotes, desechos de invernadero, entre otros.

En relación a la vegetación natural cabe destacar los recursos en pastos, matorral y ramón que existen en la explotación. El abandono de la actividad agrícola, como ya hubo ocasión de comentar, ha propiciado que estas áreas hayan sido colonizadas por un pastizal y un matorral serial, lo que ha provocado que existen en la actualidad mayores disponibilidades alimenticias para los sistemas de producción animal.

Entre los productos agrícolas que se le suministran al ganado cabe destacar la avena y el altramuza y entre los subproductos, refiriéndose de esta forma a los desechos agrícolas, destacan la paja, el capote de almendra, el ramón y las hojas de olivo.

Como productos complementarios, aunque de escasa incidencia por la reducida cantidad que se le ofrece al ganado, destacan los piensos, los cuales se suministran, desde hace tan sólo unos meses y únicamente cuando se encuentran en la sala de ordeño.

Otro complemento alimenticio es la siembra que se realiza de veza y avena en ciertas parcelas cercanas a las instalaciones, los cuales se consumen a diente, aunque la importancia de estas unidades sobre la economía de la explotación es meramente anecdótica.

Es frecuente además, una especie de trasterminancia, concepto que se define como corta trashumancia que se realiza entre áreas próximas, refiriéndose habitualmente a la que se produce entre áreas de montaña y zonas llanas (ORTUÑO y GONZÁLEZ, 1999).

Guardando las distancias con las trasterminancias que se producen en los Pirineos o en la cordillera Cantábrica, en los Montes de Málaga y concretamente en la explotación de estudio se produce una especie de trasterminancia de pequeña escala entre esta área de montaña y las zonas llanas del flysch de Colmenar.

Este proceso tiene lugar en los años de escasas precipitaciones y, por tanto, de escasos pastos. Concretamente durante los veranos de dichos años suele ser habitual dejar las tierras habituales de la explotación y desplazarse al flysch de Colmenar, la zona cerealista más próxima. En ese momento, la cosecha de cereales se ha recogido y el rastrojo que queda es aprovechado por el ganado.

Existe, por tanto, un carácter complementario en los momentos críticos entre la producción herbácea espontánea de los Montes de Málaga en primavera y los rastrojos sobrantes de la recolección cerealista del flysch de Colmenar.

Esta integración ocasional de la ganadería de montaña y la agricultura cerealista da lugar a una estrecha reciprocidad de beneficios: los campos cerealistas proporcionan alimentos al ganado y éste le proporciona materia orgánica con sus excrementos.

Para concluir, se puede decir que el modelo de producción animal, objeto de estudio, se basa, por una parte, en la vegetación natural, principalmente arbustiva y herbácea y, sobre todo, en la complementariedad entre dichos recursos y los productos y subproductos de los cultivos agrícolas de las zonas próximas.

La continuidad que exige el ganado en el suministro de alimentos, hace depender, normalmente a las explotaciones ganaderas de las áreas agrícolas, lo que fuerza a la integración de ambas actividades agrarias.

2.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN.

La explotación de estudio tiene una superficie agraria útil para la producción animal de 175,58 has. La actividad ganadera es el único tipo de aprovechamiento de la explotación, salvo alguna recogida de aceituna, que resulta meramente anecdótica. La cabaña ganadera es exclusivamente caprina, concretamente de raza malagueña⁹.

Durante el período estudiado, como se comprobará más adelante, la cabaña ha estado compuesta aproximadamente por 300 cabras.

En relación a la estructura de la propiedad, el suelo de la explotación destinado al pastoreo está compuesto por terrenos tanto de propiedad, como en régimen de arrendamiento.

En relación a este aspecto no se ha profundizado más porque no se ha considerado necesario para los objetivos concretos de este trabajo.

Los recursos humanos son esenciales en estos sistemas de explotación donde es necesaria la presencia de los gestores del pastoreo. En el caso de las explotaciones extensivas este es uno de los capítulos que suele suponer los mayores costes (ROUCO et al., 1991), reduciéndose considerablemente en las explotaciones intensivas y semiextensivas. La mano de obra está compuesta por 2 personas, entre las cuales se encuentra el mismo titular de la explotación.

Entre las instalaciones que cuentan con una destacada importancia para la gestión hay que citar a los abrevaderos. Estos puntos constituyen áreas de paso obligado para el ganado y su número y posición influyen decisivamente sobre la gestión de las jornadas de pastoreo.

El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (1973/1992) clasifica los abrevaderos como naturales o artificiales y temporales o permanentes.

Los abrevaderos naturales que se disponen en la explotación de estudio son los cursos de agua de los innumerables arroyos que circulan por toda la zona. Sin embargo, su importancia es reducida porque son temporales ya que sólo tienen agua durante las estaciones lluviosas. Los abrevaderos permanentes son los que verdaderamente suministran al ganado el agua que necesitan durante todo el año.

Estos hacen alusión a los depósitos que están alimentados por acuíferos cercanos, con un régimen de agua que suele ser permanente.

La explotación cuenta con dos abrevaderos permanentes actualmente en uso. Uno en las inmediaciones de la cabreriza y el otro, aproximadamente, en el centro de la explotación, en la falda Norte del cerro de Cuella.

⁹ En el apéndice 1 de este capítulo se esbozan las principales características de la raza caprina malagueña.

En relación al nivel de tecnificación de la empresa hay que destacar que se dispone de numerosas infraestructuras, como una ordeñadora mecánica, un depósito frigorífico para conservar la leche y un robot amamantador. Estos elementos están encaminados a hacer más eficiente la explotación de los recursos, además de aliviar las cargas de trabajo.

En este sentido la Unión Europea juega un papel muy importante al subvencionar estos sistemas de producción. Este hecho ha supuesto importantes mejoras en el sector, no sólo por la posibilidad de adquirir los inputs necesarios para modernizar las empresas, sino también por la posibilidad de poder acceder al mercado de productos alimenticios para el ganado, lo que redundará positivamente en una reducción de la carga ganadera que debe soportar el medio.

En relación al calendario reproductivo, existen dos períodos de cubrición a lo largo del año, uno en junio y el otro en agosto. Las dos parideras, por tanto, empiezan a principios de noviembre y a principios de enero, respectivamente, siendo variable el período de duración.

La base que fundamenta la existencia de este calendario es mantener una oferta rentable de cabrito al mercado. La primera paridera, que es la más numerosa, se destina a cubrir la demanda de Navidad, que es, sin duda, la más importante del año. La segunda cubre otras necesidades de mercado, ya sea alimenticio o de recrió para otras explotaciones, como ocurrió en la paridera de enero de 2000 que se destinó íntegramente a recrió en una explotación caprina vecina.

Los animales de recrió son los que se destinan a la renovación de la cabaña ganadera.

Los animales se encuentran agrupados en un solo rebaño durante gran parte del año, salvo durante el período de pastoreo de otoño, concretamente a partir de noviembre, momento en el que una parte importante del rebaño está en gestación.

En este momento se divide el rebaño. Se agrupan por una parte a las cabras en gestación y, por otro lado, al resto de la cabaña. Esto se realiza con el objetivo de aumentar la eficiencia energética de los alimentos que toma. Para ello reciben un manejo diferente que se traduce en un mayor suministro de alimentación suplementaria y en una reducción de los gastos de locomoción al limitarse los recorridos en el campo.

Esta situación continúa hasta que se produce la segunda paridera, aproximadamente a mediados de enero, momento en el que se vuelve a unir todo el rebaño, incorporándose a este los animales destinados al recrió.

3. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN PASTORIL DE LA EXPLOTACIÓN.

3.1. LA CARGA GANADERA. DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y EXPRESIÓN MATEMÁTICA.

Martín et al. (1986) define la carga ganadera como “el número de animales que soporta la unidad de superficie en la unidad de tiempo”. Estos autores entienden la carga ganadera como un concepto relacionado con la capacidad sustentadora de una unidad vegetal y las necesidades de los animales pastantes. En este sentido, hay que señalar que la referencia temporal a la que se alude en la definición de la carga ganadera hace alusión que para mantener a un animal en pastoreo durante 1 año, hacen falta 365 raciones de mantenimiento (RM).

Esta definición tiene una visión productivista. Bajo esta óptica se utiliza el concepto **capacidad de carga**, que se puede definir como la carga ganadera óptima en la que se consigue la máxima producción animal por unidad de superficie (BOOYSEN, 1975; BARRIO et al., 1990; PATÓN et al., 1993). Dicho concepto también se suele conocer como **carga ganadera máxima** (CGM).

El concepto de capacidad de carga se establece en términos económicos, sobre la base productiva de la explotación, considerando, entre otros aspectos, asegurar el máximo rendimiento por animal.

La expresión matemática para el cálculo de este parámetro se puede encontrar en trabajos como los de Booyesen (1975) y Patón et al. (1993).

Con respecto a la relación que existe entre carga de ganado y productividad animal, las consideraciones son muy contrastadas. Para Jones y Sandland (1974) existe una relación lineal entre la carga de ganado y la ganancia por unidad animal; sin embargo, para Mott (1960, citado por Barrio et al., 1990) la relación entre ambos parámetros no es lineal, ya que después de un incremento claro entre las cargas y los beneficios se observan pequeñas reducciones hasta una carga óptima seguida de una severa reducción por encima de este punto.

Para Booyesen (1975) la relación entre rendimiento animal y carga de ganado viene determinado por el sistema de manejo, el cual está en estrecha relación con el tipo y crecimiento del pasto. En este sentido, el autor sostiene que para alcanzar el óptimo económico es necesario utilizar diferentes sistemas de manejo del pastoreo, dependiendo del estado en el que se encuentre el pasto.

La estimación de la capacidad de carga requiere conocer la intensidad o presión de pastoreo que Barrio et al. (1990) define como el número de animales que pastan por unidad de superficie.

Este criterio coincide con Osoro et al. (1992), el cual utiliza indistintamente tanto el concepto de carga ganadera como presión de pastoreo, a los que les asigna el mismo significado.

Hay que destacar, en este sentido, que el significado de carga ganadera al que se hace referencia equivale a la expresión de densidad, términos utilizados indistintamente y de forma equiparable por numerosos autores (JONES y SANDLAND, 1974; BOOYSEN, 1975; LÓPEZ et al., 1985; BARRIO et al., 1990; OSORO et al., 1992; MOSQUERA y GONZÁLEZ, 1993; MOSQUERA et al., 1993; FERNÁNDEZ et al., 1997; JIALONG y PING, 1997). Por tanto, la carga de ganado se mide, de esta forma, en unidades animales por unidad de superficie, normalmente hectáreas.

Los objetivos planteados en este trabajo obligan a un replanteamiento conceptual del término, ya que se debe reconducir hacia una visión ecológica, sin desdeñar, en ningún momento los aspectos económicos, porque no hay que olvidar que la razón de ser de una explotación ganadera es la de rentabilizar los recursos del medio, por lo que no se debe plantear una visión proteccionista del medio a ultranza en detrimento de los criterios productivistas.

En este sentido, el Terminology Committe (1991) define el concepto de capacidad de carga como la máxima tasa ganadera permitida en un método de pastoreo específico, que puede aplicarse sobre un período de tiempo concreto sin deterioro del ecosistema.

La expresión de densidad ganadera, empleada hasta el momento para medir la carga ganadera, entendida ésta como la presión del ganado sobre el medio, no contempla ninguna componente temporal, es decir no se tiene en cuenta el tiempo que los animales permanecen en las unidades de pastoreo.

El concepto de carga que aquí se propone debe contemplar esta componente temporal. Desde esta concepción, la carga ganadera se entiende como el número de animales por unidad de superficie y unidad de tiempo que soporta el suelo. Es decir, se trata en realidad de la carga ganadera real del territorio, definida en términos de presión sobre el suelo como medio físico y no como escenario productivista.

Se pueden diferenciar 3 tipos de cargas ganaderas en función del tiempo:

- Cargas ganaderas diarias (Ugc/ha/día).
- Cargas ganaderas estacionales (Ugc/ha/estación del año).
- Cargas ganaderas anuales (Ugc/ha/año).

La carga ganadera se expresa en este trabajo en unidades ganaderas caprinas por hectárea y unidad de tiempo (Ugc/ha/día, estación o año). Para su cálculo, es necesario conocer la superficie de cada unidad de pastoreo y el tiempo de permanencia del ganado en ellas, lo que se consigue con los seguimientos periódicos, ya citados anteriormente.

El Terminology Committe (1991) define el término unidad animal (UA) refiriéndose a un bovino adulto, no lactante de 500 kg. de peso. Cuando se hablan de diferentes cabañas ganaderas se pueden obtener unidades ganaderas estándar (SLU) utilizando un factor de conversión.

El Terminology Committe (1991) utiliza el mismo factor de conversión tanto para las ovejas como para las cabras. La equivalencia que propone este

organismo es de 0,126 para cabras y ovejas de 50 kg. de peso, 0,145 las de 60 kg. y 0,163 para los animales con 70 kg. de peso.

Passera et al. (1986) utiliza el factor 0,16 para transformar las unidades caprinas en unidades de ganado mayor (UGM) o equivalente vaca (EV).

Mientras que, en el Censo Agrario de 1989 se emplea un coeficiente 0,1 para cabras y ovejas, siendo 1 para las vacas lecheras.

La unidad ganadera es la medida que utiliza el Censo Agrario español para homogeneizar los distintos tipos de ganadería.

La explotación objeto de estudio está formada por un rebaño compuesto exclusivamente por cabras, por lo que no es necesario una equivalencia para poder obtener unidades ganaderas estándar.

El cálculo de las cargas en la explotación de estudio se ha realizado sobre la base del número real de animales que componen el rebaño y se expresa en unidades de ganado caprino (UGc). Este mismo criterio ha sido utilizado por González et al. (1993) cuando utiliza el concepto unidades ganaderas ovinas.

La fórmula que se ha empleado para el cálculo de la carga ganadera diaria es la siguiente:

$$CG = \frac{tp}{JP} d$$

CG: carga ganadera diaria (UGc/ha/día).

tp: tiempo de pastoreo en la unidad espacial considerada (horas).
Corresponde al tiempo que los animales pastan en una zona concreta.

JP: duración de la jornada de pastoreo (horas). Como se verá más adelante, la jornada de pastoreo se define como el tiempo que los animales pastan diariamente.

d: densidad ganadera (UGc/superficie de la unidad considerada).

La densidad ganadera pone en relación los siguientes parámetros:

$$d = \frac{UGc}{S}$$

UGc: unidades ganaderas caprinas que componen el rebaño.

S: superficie de la unidad considerada (hectáreas).

La carga ganadera, expresada de la forma expuesta, es directamente proporcional al número de animales que componen el rebaño e inversamente proporcional a la superficie de la unidad espacial donde se pastorea.

En relación a la componente temporal, como lo que se está calculando es la carga ganadera diaria se expresa el tiempo como la fracción de día que los animales permanecen sobre la unidad espacial considerada, de ahí que, a mayor duración de la jornada de pastoreo, el tiempo relativo que los animales se

encuentran en dicha unidad se reduce. Por esta relación se deduce que la carga ganadera es directamente proporcional al tiempo que los animales permanecen en la unidad espacial considerada e inversamente proporcional a la duración de la jornada de pastoreo.

La carga promedio es un término utilizado en numerosos trabajos, sin embargo, los objetivos que se persiguen exigen su sustitución por el de carga acumulada debido a que en este caso sí que se tiene en cuenta la frecuencia de pastoreo sobre una misma zona, lo cual tiene una gran importancia sobre la compactación.

En este sentido, Pérez y Díaz-Fierros (1988) citan a Scholefield y Hall (1986) en los siguientes términos: “la compactación del suelo por el ganado es el resultado, sobre todo, de los esfuerzos de pisoteo repetidos más que de la presión de carga aplicada en un momento determinado”.

De estas consideraciones parte el interés por las cargas ganaderas acumuladas y las frecuencias de pastoreo, en lugar de las cargas ganaderas promedios.

Los efectos de la carga sobre el suelo son acumulativos si estos continúan en el tiempo, por lo que los valores de cargas instantáneas se suman y con ello lo que se consigue es acumular los tiempos, manteniendo constantes el número de animales y la superficie. Con este término se tiene en cuenta, por tanto, la periodicidad del pastoreo en una misma parcela.

3.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE GESTIÓN PASTORIL.

El análisis de la gestión pastoril de la explotación se ha realizado utilizando, para ello, una serie de parámetros. Los criterios que se han barajado para su elección responden a dos premisas.

Por una parte, es necesario calcular los parámetros necesarios para determinar la carga ganadera y, por otro lado, los seguimientos del ganado han permitido recopilar información complementaria, la cual se va a utilizar para caracterizar cuando llegue su momento las estaciones de pastoreo.

Los parámetros seleccionados son los siguientes:

- Tipo y tamaño del rebaño.
- Calendario de pastoreo.
- Longitud de los itinerarios de pastoreo.
- Velocidad de pastoreo.

Se ha resumido en los cuadros 35 a 38 los resultados obtenidos en cada una de las temporadas en las que se realizaron las observaciones de campo. En la primera columna se citan las observaciones o itinerarios diarios seguidos por el rebaño en cada serie estacional; mientras que, en el resto de las columnas aparecen los parámetros considerados: tamaño del rebaño (TR), jornada de pastoreo (JP), longitud del itinerario (L) y velocidad de pastoreo (V).

Estos cuadros sirven de base para el análisis de cada uno de los conceptos citados en la relación anterior, lo que se desarrolla en los epígrafes 3.2.1 a 3.2.4., junto con el apartado 3, en el que se clasifican y describen las estaciones de pastoreo.

CUADRO 35. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES A LA ESTACIÓN DE OTOÑO (30/11 – 6/12/98)

OBSERVACIONES	TR	JP (horas: minutos)	L (km)	V (km/h)
1	171	12:22 – 18:20 → 5 ^h :58'	5,600	V': 3,00; v': 0,49; V _{mj} : 0,93
2	171	12:31 – 18:07 → 5 ^h :36'	3,100	V': 3,00; v': 0,18; V _{mj} : 0,55
3	171	12:19 – 16:30 → 4 ^h :11' (*1)	2,900 (*1)	V': 2,25; v': 0,23; V _{mj} : 0,69
4	171	12:48 – 18:00 → 5 ^h :12'	5,400	V': 3,00; v': 0,38; V _{mj} : 1,03
5	171	12:24 – 18:09 → 5 ^h :45'	5,900	V': 2,36; v': 0,38; V _{mj} : 1,02
6	171	14:09 – 18:13 → 4 ^h :04' (*2)	5,200	V': 1,69; v': 0,89; V _{mj} : 1,27
7	171	12:22 – 18:04 → 5 ^h :42'	5,500	V': 1,55; v': 0,47; V _{mj} : 0,96
MEDIA	171	12:22/48 – 18:04/20 → 5 ^h :12/58' Total: 5 ^h :39' (*3)	5,116 (*3)	V': 3,00; v': 0,18; V: 2,40; v: 0,43; V _{me} : 0,92

LEYENDA:

TR: tamaño del rebaño (nº cabezas); **JP:** jornada de pastoreo (hora salida - hora llegada → tiempo total) (horas : minutos); **L:** longitud del itinerario (kilómetros); **V:** velocidad de pastoreo (kilómetros/hora); **V':** velocidad máxima absoluta de la jornada/serie estacional; **v':** velocidad mínima absoluta de la jornada/serie estacional; **V:** velocidad media de las máximas de la serie estacional; **v:** velocidad media de las mínimas de la serie estacional; **V_{mj}:** velocidad media de la jornada; **V_{me}:** velocidad media de la serie estacional.

NOTAS:

(*1) La lluvia sorprende al rebaño mientras pastorea y como no remite regresan antes de tiempo. Por esta causa el tiempo y la longitud tomados en esta muestra son más reducidos.

(*2) El rebaño sale a pastar más tarde por motivos ajenos a la gestión normal en este período.

(*3) No se tienen en cuenta los valores de las muestras sesgadas.

**CUADRO 36. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES
A LA ESTACIÓN DE INVIERNO (24/2 – 4/3/99)**

OBSERVACIONES	TR	JP (horas: minutos)	L (km)	V (km/h)
1	295	13:27 – 18:13 → 4 ^h :46'	4,770	V': 2,00; v': 0,19; V _{mj} : 1,00
2	295	13:24 – 18:14 → 4 ^h :50'	5,570	V': 2,47; v': 0,45; V _{mj} : 1,15
3	295	13:24 – 15:11 → 1 ^h :47' (*4)	3,690 (*4)	V': 3,04; v': 0,4; V _{mj} : 2,07(*4)
4	295	13:47 – 18:06 → 4 ^h :19'	3,830	V': 1,73; v': 0,19; V _{mj} : 0,88
5	295	13:43 – 18:12 → 4 ^h :29'	4,020	V': 1,78; v': 0,32; V _{mj} : 0,89
6	295	13:17 – 18:36 → 5 ^h :19'	6,190	V': 3,61; v': 0,28; V _{mj} : 1,16
7	295	13:30 – 18:27 → 4 ^h :57'	4,500	V': 3,00; v': 0,44; V _{mj} : 0,91
MEDIA	295	13:17/47 – 18:06/36 → 4 ^h :19'/5 ^h :19' Total: 4 ^h :46' (*5)	4,813 (*5)	V': 3,04; v': 0,19; V: 2,51; v: 0,32; V _{me} : 1,00 (*5)

LEYENDA:

TR: tamaño del rebaño (nº cabezas); **JP:** jornada de pastoreo (hora salida - hora llegada → tiempo total) (horas : minutos); **L:** longitud del itinerario (kilómetros); **V:** velocidad de pastoreo (kilómetros/hora); V': velocidad máxima absoluta de la jornada/serie estacional; v': velocidad mínima absoluta de la jornada/serie estacional; V: velocidad media de las máximas de la serie estacional; v: velocidad media de las mínimas de la serie estacional; V_{mj}: velocidad media de la jornada; V_{me}: velocidad media de la serie estacional.

NOTAS:

(*4) No se tienen en cuenta los valores de las muestras sesgadas.

(*5) La lluvia sorprende al rebaño mientras pastorea y como no remite regresan antes de tiempo. Por esta causa el tiempo y la longitud tomados en esta muestra son más reducidos, siendo la velocidad de pastoreo muy elevada.

**CUADRO 37. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES
A LA ESTACIÓN DE PRIMAVERA (13/5 – 17/5/99)**

OBSERVACIONES	TR	JP (horas: minutos)	L (km)	V (km/h)
1	310	13:20 – 21:42 → 8 ^h :22'	5,550	V': 3,00; v': 0,17; V _{mj} : 0,66
2	310	11:47 – 13:55 → 2 ^h :08' (mañana) 16:58 – 21:45 → 4 ^h :47' (tarde) Total: 6 ^h :55'	3,600	V': 2,47; v': 0,28; V _{mj} : 0,52
3	310	11:29 – 14:10 → 2 ^h :41' (mañana) 16:56 – 21:35 → 4 ^h :39' (tarde) Total: 7 ^h :20'	4,900	V': 1,65; v': 0,30; V _{mj} : 0,66
4	310	11:34 – 21:53 → 10 ^h :19' (*6)	5,650	V': 2,28; v': 0,20; V _{mj} : 0,54
5	310	11:32 – 14:41 → 3 ^h :09' (mañana) 16:54 – 21:47 → 4 ^h :53' (tarde) Total: 8 ^h :02'	5,110	V': 3,00; v': 0,19; V _{mj} : 0,63
6	310	12:30 – 21:52 → 9 ^h :22' (*6)	3,900 (*7)	V': 1,74; v': 0,28; V _{mj} : 0,41
7	310	11:45 – 14:08 → 2 ^h :23' (mañana) 16:58 – 21:50 → 4 ^h :52' (tarde) Total: 7 ^h :15'	4,300	V': 2,65; v': 0,35; V _{mj} : 0,59
MEDIA	310	11:29/47 – 13:55/14:41 → 2 ^h :10/41' 16:54/58 – 21:35/50 → 4 ^h :39/53' Total: 8 ^h :14'	4,851 (*8)	V': 3,00; v': 0,17; V: 2,39; v: 0,25; V _{me} : 0,60

LEYENDA:

TR: tamaño del rebaño (nº cabezas); **JP:** jornada de pastoreo (hora salida - hora llegada → tiempo total) (horas : minutos); **L:** longitud del itinerario (kilómetros); **V:** velocidad de pastoreo (kilómetros/hora); **V':** velocidad máxima absoluta de la jornada/serie estacional; **v':** velocidad mínima absoluta de la jornada/serie estacional; **V:** velocidad media de las máximas de la serie estacional; **v:** velocidad media de las mínimas de la serie estacional; **Vmj:** velocidad media de la jornada; **Vme:** velocidad media de la serie estacional.

NOTAS:

^(*6) El rebaño permanece en una de las unidades de pastoreo durante el período comprendido entre la mañana y la tarde.

^(*7) Durante parte del período de pastoreo matinal estuvo lloviendo, lo que provocó que el rebaño saliera al campo más tarde.

^(*8) No se tienen en cuenta los valores de las muestras sesgadas.

**CUADRO 38. OBSERVACIONES DE CAMPO CORRESPONDIENTES
A LA ESTACIÓN DE VERANO (23/8 – 1/9/99)**

OBSERVACIONES	TR	JP (horas:minutos)	L (km)	V (km/h)
1	290	10:51 – 12:43 → 1 ^h :52' (mañana) 17:19 – 21:42 → 4 ^h :23' (tarde) Total: 6 ^h :15'	4,740	V': 2,66; v': 0,25; V _{mj} : 0,75
2	290	11:12 – 12:51 → 1 ^h :39' (mañana) 17:18 – 21:24 → 4 ^h :06' (tarde) Total: 5 ^h :45'	3,610	V': 3,00; v': 0,28; V _{mj} : 0,62
3	290	11:10 – 12:57 → 1 ^h :47' (mañana) 17:10 – 21:38 → 4 ^h :28' (tarde) Total: 6 ^h :15'	3,160	V': 3,00; v': 0,23; V _{mj} : 0,50
4	290	11:17 – 12:52 → 1 ^h :35' (mañana) 17:08 – 21:31 → 4 ^h :23' (tarde) Total: 5 ^h :58'	3,240	V': 2,30; v': 0,10; V _{mj} : 0,54
5	290	11:13 – 13:01 → 1 ^h :48' (mañana) 17:13 – 21:18 → 4 ^h :05' (tarde) Total: 5 ^h :53'	2,620	V': 3,00; v': 0,20; V _{mj} : 0,44
6	290	10:16 – 11:53 → 1 ^h :37' (mañana) ^(*9) 16:50 – 21:17 → 4 ^h :27' (tarde) Total: 6 ^h :04'	1,710	V': 3,00; v': 0,10; V _{mj} : 0,28
7	290	10:58 – 13:48 → 2 ^h :49' (mañana) 16:59 – 21:26 → 4 ^h :27' (tarde) Total: 7 ^h :26'	2,330	V': 3,00; v': 0,10; V _{mj} : 0,31
MEDIA	290	10:16/11:17 – 12:43/13:48 → 1 ^h :35'/2 ^h :49' 16:50/17:19 – 21:17/42 → 4 ^h :05'/28' Total: 6 ^h :14'	3,058	V': 3,00; v': 0,10; V: 2,85; V: 0,18; V _{me} : 0,49

LEYENDA:

TR: tamaño del rebaño (nº cabezas); **JP:** jornada de pastoreo (hora salida - hora llegada → tiempo total) (horas : minutos); **L:** longitud del itinerario (kilómetros); **V:** velocidad de pastoreo (kilómetros/hora); **V':** velocidad máxima absoluta de la jornada/serie estacional; **v':** velocidad mínima absoluta de la jornada/serie estacional; **V:** velocidad media de las máximas de la serie estacional; **v:** velocidad media de las mínimas de la serie estacional; **Vmj:** velocidad media de la jornada; **Vme:** velocidad media de la serie estacional.

NOTAS:

^(*9) Esta jornada se adelanta 1 hora por motivos ajenos a la gestión normal en este período.

3.2.1. EL TIPO Y EL TAMAÑO DEL REBAÑO EN PASTOREO.

La necesidad de conocer el tipo de ganado que compone el rebaño que sale de pastoreo queda suficientemente justificado porque la carga ganadera se expresa en unidades ganaderas estándar y cada animal tiene un factor de conversión. En este caso, como ya se explicó anteriormente, el rebaño está compuesto exclusivamente por cabras.

Por el contrario, el tamaño del rebaño no ha sido constante a lo largo del período de estudio, de ahí que sea necesario su análisis.

En el cuadro 39 se resume la evolución del tamaño del rebaño durante el período considerado. En la primera columna aparecen los meses estudiados reagrupados por años y en la segunda columna se han marcado en negrita los valores obtenidos durante las observaciones de campo, para diferenciarlos de los datos obtenidos por la vía de la encuesta.

CUADRO 39. TAMAÑO DEL REBAÑO MENSUAL DESDE NOVIEMBRE-1998 HASTA ENERO-2000

MESES	TAMAÑO DEL REBAÑO
Noviembre (1998)	171 ^{(*)1}
Diciembre	171
Enero (1999)	233 ^{(*)2}
Febrero	295
Marzo	295
Abril	295
Mayo	310
Junio	310
Julio	310
Agosto	290
Septiembre	290
Octubre	290
Noviembre	145 ^{(*)3}
Diciembre	145
Enero (2000)	270 ^{(*)4}

NOTAS:

(*)1 El rebaño está dividido. Rebaño de pastoreo gestante: 124 unidades; rebaño de pastoreo no gestante: 171 unidades.

(*)2 A mediados de enero los dos rebaños se unen. La media para ese mes es de 233 unidades.

(*)3 El rebaño está dividido. Rebaño de pastoreo gestante: 155 unidades; rebaño de pastoreo no gestante: 145 unidades.

(*)4 A mediados de enero los dos rebaños se unen. La media para ese mes es de 270 unidades, a las que se les han sumado las 20 unidades de recría y otras 50 unidades adicionales.

Los animales durante el período de pastoreo de otoño, como ya se indicó en el apartado dedicado al análisis de los aspectos socioeconómicos de la explotación, se dividen en 2 rebaños.

De ellos sólo se cuantifica el que sigue el pastoreo normal estacional y no el que recibe un tratamiento especial, por la imposibilidad de realizar las observaciones de campo al mismo tiempo.

Aproximadamente a mediados de enero el rebaño se vuelve a unir, incorporándose a este los animales que se hayan destinado al recría, incrementándose significativamente el tamaño del rebaño a partir de estas fechas, como se puede observar en el cuadro 39.

3.2.2. EL CALENDARIO DE PASTOREO.

En la descripción del calendario se van a utilizar dos conceptos, la temporada y la jornada de pastoreo.

El Terminology Committe (1991), define *temporada de pastoreo* como el período de tiempo durante el cual se practica una determinada gestión de pastoreo más o menos homogénea. Corresponde, a grandes rasgos, con las estaciones del año. Por ello, se ha empleado el término estación de pastoreo como sinónimo de temporada.

En este trabajo se entiende por temporada o estación de pastoreo, el período de tiempo caracterizado por una duración, una longitud de itinerarios y una velocidad de marcha homogéneas.

La *jornada de pastoreo* se define como el tiempo que los animales permanecen pastando cada día. La duración es variable dependiendo de la duración del día en cada una de las estaciones del año. Los resultados se expresan en horas.

La importancia de concretar el calendario de pastoreo es indiscutible. Es uno de los factores que entran a formar parte de la fórmula empleada para el cálculo de las cargas ganaderas que reciben las distintas unidades de pastoreo, cuyos resultados son directamente proporcionales al tiempo que los animales permanecen en el campo.

La duración de las jornadas de pastoreo que caracterizan a cada una de las temporadas se obtiene a partir de los seguimientos de pastoreo estacionales y las encuestas. Los datos de la primera de las fuentes de información son los más precisos; mientras que, los datos de la segunda tan sólo se pueden considerar orientativos porque el encuestado sólo habla de horarios aproximados, sin la exactitud que se consigue a partir de la primera de las vías. Pese a ello, se ha utilizado para establecer los límites de las temporadas de pastoreo, cuya utilidad queda fuera de toda duda.

Los resultados se han representado en el cuadro 40. En la segunda columna aparecen las horas de pastoreo obtenidas a partir de las observaciones de campo.

Los tiempos de la tercera columna corresponden a los datos obtenidos vía encuesta. En ambas, se especifica el día o período al que se refieren los datos. En la cuarta columna se hace una estimación de los tiempos de pastoreo correspondientes a los meses en los que no se han realizado las observaciones de campo.

Esta estimación se ha realizado interpolando los resultados entre las observaciones conocidas. Como existen dos valores a determinar entre cada par de valores conocidos, el resultado de la diferencia entre dos observaciones consecutivas se divide por tres. Para obtener las estimaciones, a la primera observación se le suma o resta, según proceda, el resultado obtenido de la aplicación de las dos fórmulas establecidas¹⁰. En el caso de que la primera observación tenga un valor superior a la segunda observación, la fórmula lleva signo negativo; mientras que, en el caso contrario, lleva signo positivo. El signo negativo de algunos de los resultados obtenidos no se tiene en cuenta.

Las observaciones de campo y los datos de las encuestas se han marcado en negrita para diferenciarlas de las estimaciones.

CUADRO 40. DURACIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO MENSUAL

MESES	DURACIÓN JORNADA DE PASTOREO (horas)		
	OBSERVACIONES CAMPO	ENCUESTA	ESTIMACIÓN
Enero		5 (10/1/00); 5 (21/1/00)	5,05
Febrero	4,76 (24/2-4/3/99)	5 (3/2/00); 5 (13/2/00); 5 (24/2/00)	4,76
Marzo		6 (12/3/00); 6,5 (28/3/00)	5,91
Abril		7 (26/4/00)	7,06
Mayo	8,23 (13/5-17/5/99)	(jornada partida) 8 (19/5/99)	8,23
Junio		7 (1/6/99); 7 (18/6/99)	7,56
Julio		7 (7/7/99); 6,5 (20/7/99); 6,5 (30/7/99)	6,89
Agosto	6,23 (23/8-1/9/99)	6 (10/8/99)	6,23
Septiembre		6 (6/9/99); 6 (20/9/99)	6,03
Octubre		6 (13/10/99) (jornada partida)	5,84
Noviembre	5,65 (30/11-6/12/98)	5,5 (3/11/99)(jornada continua); 5 (16/11/99); 5 (28/11/99)	5,65
Diciembre		5 (6/12/99); 5 (17/12/99); 5 (29/12/99)	5,35

Un espacio como el mediterráneo, con un clima marcado por los fuertes contrastes estacionales, genera un calendario complejo, en el que se pueden diferenciar 4 temporadas de pastoreo que se llegan a enmarcar, a grandes rasgos y siempre que se consideren unos márgenes flexibles, en las 4 estaciones del año.

Es decir, las 4 temporadas de pastoreo están marcadas por las diferentes características climáticas que se dan en las estaciones del año. De entre todos los aspectos climáticos, temperaturas, precipitaciones, número de horas de sol, régimen y fuerza de los vientos, etc., sin duda, uno de los más importantes es el

¹⁰ Observación interpolada 1 = [(Observación 1 – observación 2) ÷ 3] ± Observación 1
 Observación interpolada 2 = Observación interpolada 1 ± [(Observación 1 – observación 2) ÷ 3]

número de horas de insolación por ser determinante en cuanto al tiempo que los animales pueden disponer en cada una de las jornadas de pastoreo.

Si se relaciona la estimación obtenida con la intensidad de insolación, en número de horas de sol mensuales y la temperatura media de las máximas absolutas mensuales se obtienen dos gráficos muy expresivos para poder entender el calendario de pastoreo anual.

En los gráficos 9 y 10 se pueden apreciar una relación muy estrecha entre las jornadas de pastoreo diarias, la intensidad de insolación y la temperatura media de las máximas absolutas. Los valores mínimos coinciden en febrero, donde se registran las jornadas de pastoreo más reducidas y uno de los mínimos relativos de horas de sol.

Tras este mínimo invernal, la primavera estalla con el inicio de un rápido incremento en el número de horas de sol, lo que unido a la benignidad de las temperaturas motiva una ampliación de la misma magnitud en el número de horas de pastoreo. Esta situación se prolonga hasta mayo, que es cuando se registran las jornadas de pastoreo más largas, descendiendo paulatinamente a partir de aquí.

La intensidad de insolación sigue, por el contrario, una trayectoria diferente, el incremento se continua hasta julio, momento en el que se registran los valores máximos, lo que coincide además con las temperaturas medias de las máximas absolutas más elevadas del año.

Esta diferente trayectoria que se registra en los meses de verano se puede considerar como una respuesta del pastoreo a las temperaturas extremas estivales. Para ello, se practican las jornadas de pastoreo de horario partido, que suelen comenzar a mediados de mayo, se prolongan durante todo el verano y concluyen a finales de octubre, como se puede observar en los gráficos 9 y 10.

El objetivo que se pretende conseguir con ese cambio de gestión es reducir el número de horas de máxima exposición solar para el ganado.

La estimación de las estaciones de pastoreo requiere, antes que nada, tener presentes que la cultura pastoril es un sistema orgánico regido por las variaciones climáticas anuales, dicho de otro modo, es una típica cultura del sol que sigue en sus prácticas de gestión los cambios climáticos que se prodigan a lo largo de las estaciones del año. Por este motivo, las estaciones de pastoreo no deben estar limitadas por unos márgenes rígidos, de ahí la dificultad por establecer unas fechas concretas para cada uno de los períodos de pastoreo.

Las estaciones de pastoreo dependen, por tanto, de las distintas condiciones térmicas y pluviométricas que se suceden a lo largo del año. Este hecho cobra todavía mayor protagonismo en un clima como el mediterráneo, caracterizado por una elevada variabilidad pluviométrica tanto intra como interanual.

Las características climáticas de las estaciones cambian de forma gradual en el tiempo, sin embargo, estas características no se contemplan en la definición de las estaciones astronómicas, al tener éstas unos límites rígidos y muy concretos.

**GRAFICO 9.
JORNADA DE PASTOREO-INSOLACIÓN MENSUAL**

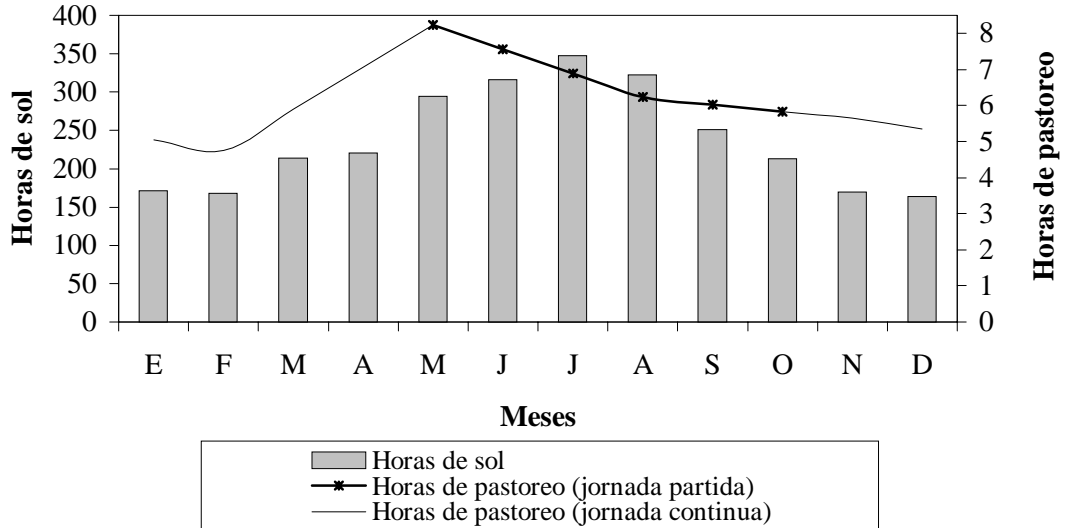
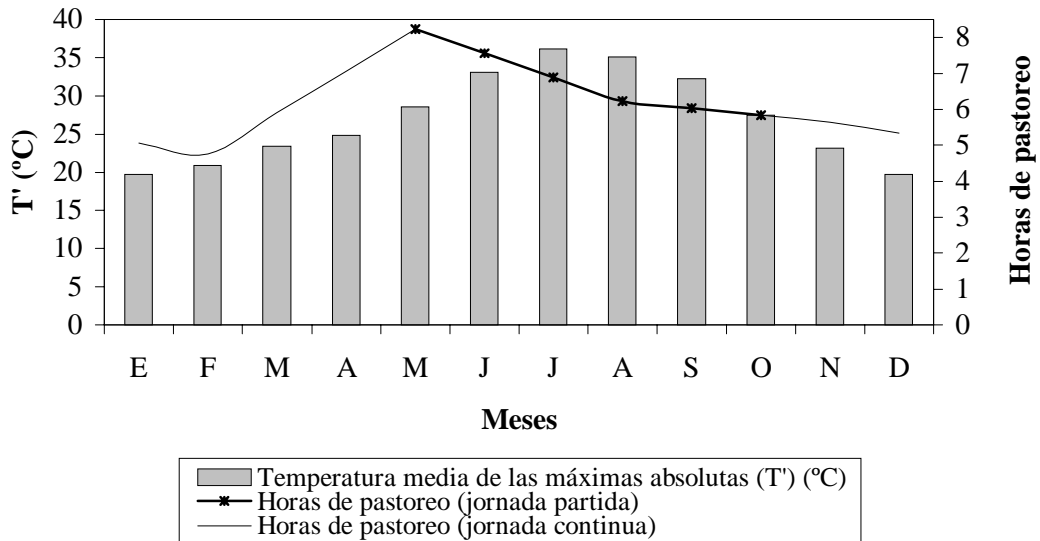


GRAFICO 10. JORNADA DE PASTOREO-TEMPERATURA MEDIA DE LAS MAXIMAS ABSOLUTAS (T')



La variabilidad climática mediterránea juega un papel esencial en relación a la duración de las estaciones de pastoreo. Éstas, siguen la evolución climática del año en curso, adaptándose a las condiciones térmicas, de sequía y benignidad hídrica. Así, se dan casos muy diferentes según la evolución del clima, por ejemplo, cuando el otoño-invierno ha sido lluvioso la primavera se alarga y cuando ocurre lo contrario, el verano se adelanta; lo mismo que si las lluvias de

otoño se retrasan, la estación típicamente veraniega se prolonga más allá de los meses estivales.

Este panorama complica la estimación del calendario de pastoreo. La elección de una fecha aproximada para poner límites a las estaciones es una acción muy controvertida, ya que implica hacer una acotación de la naturaleza, hecho que resulta a todas luces muy arriesgado y, aún cuando éste se realice siempre será parcial porque sólo se tendrá en cuenta una situación y no todas las posibilidades estacionales que se puedan dar. Sin embargo, el objetivo del cálculo de las cargas ganaderas requiere una decisión al respecto. Por esta razón, se han considerado apropiados los márgenes de las propias estaciones astronómicas, considerándose, en este sentido, dichas fechas como la situación media del año estrictamente climático. Las estaciones de pastoreo siguen, por tanto, la temporalidad de las propias estaciones del año, como se relaciona a continuación:

- a) Primavera: 21 de marzo a 21 de junio.
- b) Verano: 21 de junio a 22 de septiembre.
- c) Otoño: 22 de septiembre a 22 de diciembre.
- d) Invierno: 22 de diciembre a 21 de marzo.

3.2.3. ESTIMACIÓN ESTACIONAL DEL TAMAÑO DEL REBAÑO, LAS JORNADAS DE PASTOREO Y LAS ESTACIONES DE PASTOREO.

Una vez que se conoce el período que comprende cada una de las estaciones de pastoreo, se ha realizado una estimación estacional del tamaño del rebaño, de las jornadas y de las propias estaciones de pastoreo.

El período de tiempo que se ha utilizado para realizar esta estimación es el que está comprendido entre diciembre de 1998 y diciembre de 1999, lo que corresponde con el año en el que se realizaron los muestreos de las jornadas de pastoreo. En el cuadro 41 se expresan los resultados obtenidos.

La duración de las estaciones de pastoreo se han estimado considerando el número de días que comprenden cada una de las estaciones antes definidas, a las que se les ha sustraído el número de días de lluvia ya que se supone que en dichos momentos no deben salir al campo. De hecho es así, salvo en los casos en los que la lluvia comienza más tarde de la hora de salida de pastoreo, sorprendiendo al ganado en el campo y teniendo que regresar antes de finalizar la jornada normal de pastoreo.

El tamaño medio del rebaño y la duración media de las jornadas de pastoreo (número de horas) se han estimado ponderando los valores mensuales.

**CUADRO 41. ESTIMACIÓN DE LAS ESTACIONES DE PASTOREO,
JORNADAS DE PASTOREO MEDIAS ESTACIONALES
Y TAMAÑO MEDIO DEL REBAÑO ESTACIONAL**

ESTACIONES	MESES	Nº DIAS	LL (días)	Valores mensuales		Estimación estacional		
				JPm (horas/día)	TRm (nºanimales)	EP (días)	JPe (horas/día)	TRe (nºanimales)
INVIERNO	Diciembre	9	2,32	5,35	171	EP ₁ : 89 EP ₂ : 66	5,19	260
	Enero	31	7	5,05	233			
	Febrero	28	8	4,76	295			
	Marzo	21	5,42	5,91	295			
PRIMA VERA	Marzo	10	2,58	5,91	295	EP ₁ : 92 EP ₂ : 78	7,44	303
	Abril	30	6	7,06	295			
	Mayo	31	4	8,23	310			
	Junio	21	1,4	7,56	310			
VERANO	Junio	9	0,6	7,56	310	EP ₁ : 93 EP ₂ : 90	6,53	298
	Julio	31	0	6,89	310			
	Agosto	31	1	6,23	290			
	Septiembre	22	1,46	6,03	290			
OTOÑO	Septiembre	8	0,53	6,03	290	EP ₁ : 91 EP ₂ : 72	5,67	222
	Octubre	31	5	5,84	290			
	Noviembre	30	7	5,65	171			
	Diciembre	22	5,67	5,35	171			

LEYENDA:

EP₁: estación de pastoreo sin descontar días de lluvia (nº de días); EP₂: estación de pastoreo descontando días de lluvia (nº de días).

JPm: jornada de pastoreo mensual (horas/día); JPe: jornada de pastoreo media estacional (horas/día).

TRm: tamaño mensual del rebaño (nº de unidades); TRe: tamaño medio estacional del rebaño (nº de animales).

3.2.4. LA LONGITUD DE LOS ITINERARIOS Y LA VELOCIDAD DE PASTOREO DEL REBAÑO.

La velocidad de pastoreo se define como la relación que existe entre longitud del itinerario y jornada de pastoreo.

La longitud del itinerario se define como la distancia que recorren los animales en cada una de las jornadas de pastoreo. El resultado se ha expresado en kilómetros.

La longitud de los itinerarios ha servido para obtener las velocidades por las que transcurre el rebaño en pastoreo.

Ambos parámetros no son necesarios para la deducción de las cargas ganaderas; sin embargo, tiene especial interés su comentario con el objetivo de caracterizar las estaciones de pastoreo.

No se aprecian diferencias significativas entre las velocidades máximas y mínimas absolutas y las velocidades de las máximas y mínimas de las series estacionales.

Las velocidades máximas absolutas se observan en los recorridos por los tramos de pistas forestales que existen entre algunas unidades espaciales de pastoreo y, sobre todo, al inicio y al final de la mayor parte de los itinerarios de pastoreo, ya que se recorren dichos tramos sin apenas dedicar tiempo alguno al hecho de pastar. Al inicio de la jornada el rebaño coge gran velocidad porque va en busca de las unidades de pastoreo y, en el segundo caso, en busca de las instalaciones de la explotación, donde les espera cobijo, agua y, en las estaciones con escasos recursos vegetales en el monte, algún suplemento alimenticio.

Por el contrario, las velocidades medias de las series estacionales estudiadas sí que registran diferencias importantes. Para su análisis hay que tener en cuenta que a igualdad de tiempo la velocidad de un rebaño en pastoreo es directamente proporcional a la longitud de los itinerarios; es decir, a medida que aumenta la distancia recorrida la velocidad es mayor, siempre que se mantenga constante el tiempo. En el otro sentido, a igualdad de distancia recorrida, la velocidad es inversamente proporcional al tiempo; es decir, a medida que aumenta el tiempo de locomoción la velocidad se reduce, siempre que se mantenga constante el espacio.

En las jornadas de pastoreo realizadas en primavera y verano se observan las velocidades medias más reducidas del año, 0,6 y 0,49 km/h. respectivamente, porque en estas fechas se registran los tiempos de pastoreo más elevados. En el caso del verano la velocidad es la más baja del año porque coincide también con la menor longitud de los trayectos, 3,05 km. de media.

En las jornadas de otoño e invierno se observan las velocidades medias más elevadas, en torno a 0,92 y 1 km/h. respectivamente. La causa hay que buscarla en la mayor longitud de los itinerarios de esta época, 5,11 y 4,81 km. respectivamente, y en el menor número de horas de sol de los días, lo que reduce significativamente los tiempos de pastoreo y aumenta, por consiguiente, la velocidad.

3.3. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE PASTOREO.

3.3.1. ESTIMACIÓN ESTACIONAL DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Los mapas de itinerarios y frecuencias de pastoreo expresan la repetitividad de los itinerarios por unidad de tiempo.

La metodología seguida en la elaboración de estos mapas es la siguiente. En primer lugar se realizan los mapas de itinerarios y frecuencias de pastoreo correspondientes a cada una de las semanas de muestreo. Y, en segundo lugar, se realiza, sobre la base de estos documentos, la estimación estacional a partir del número de días que constituyen las estaciones de pastoreo, descontados los días de lluvia.

Los resultados se expresan de forma cuantitativa marcando los itinerarios con una línea, cuyo grosor mide la frecuencia de pastoreo espacial. Estas líneas se marcan con una flecha que indican el sentido de los itinerarios (mapas 9.1 a 9.4).

La metodología seguida con el objetivo de elaborar los mapas de cargas ganaderas acumuladas correspondientes a cada una de las estaciones de pastoreo es la siguiente (mapas 9.1 a 9.4):

En primer lugar, se calculan las cargas ganaderas diarias correspondientes a cada uno de los itinerarios muestreados, utilizando como constante el tamaño del rebaño que fue estimado en el apartado anterior. A continuación se representan espacialmente las cargas ganaderas de cada uno de los días de pastoreo.

En segundo lugar, se superponen los mapas correspondientes a cada una de las semanas y se realiza el sumatorio de las cargas. De esta forma se obtienen los mapas de cargas ganaderas acumuladas correspondientes a cada una de las semanas de muestreo.

Estos documentos sirven de base para el cálculo de las cargas ganaderas acumuladas correspondientes a cada una de las estaciones de pastoreo. Para lo cual se utiliza la estimación del número de días que constituyen las estaciones de pastoreo, descontados los días de lluvia.

Los resultados se expresan en unidades ganaderas caprinas por hectárea y estación del año correspondiente.

Antes de comenzar con la descripción de las estaciones de pastoreo hay que aclarar que, a grandes rasgos, se puede decir que el método de pastoreo que se practica en la explotación es de tipo rotacional.

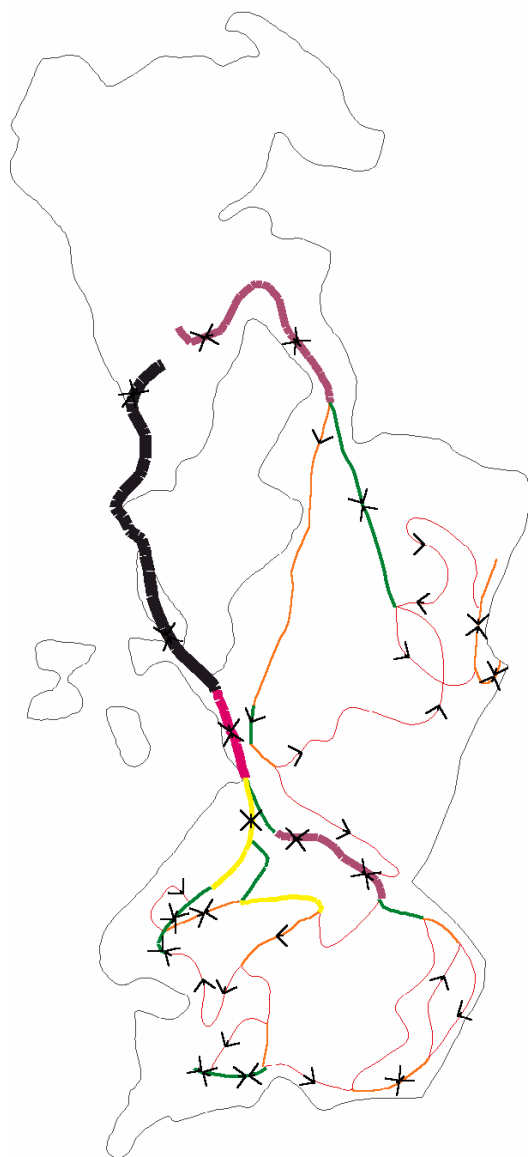
El método consiste, según el Grazing M.T. (1974) en someter los pastos a períodos de elevada carga seguido de períodos de descanso para recuperar el pasto.

Este, sin embargo, no es un pastoreo rotacional clásico donde todo el territorio se divide en parcelas, bien con vallas o sin ellas. Aquí las parcelas físicas no existen, están en la mente del gestor.

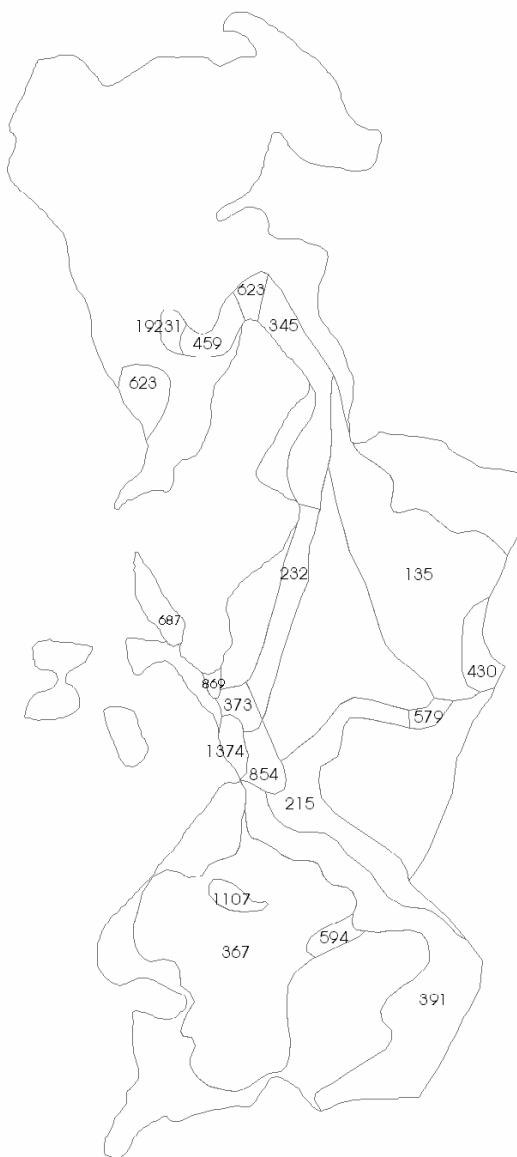
El pastoreo consiste en itinerarios que se practican diariamente recorriendo la explotación en busca de alimento. En este sentido, el territorio en cuestión se somete a elevadas cargas seguidas de períodos de descanso, porque el próximo itinerario ya es diferente. La vegetación sólo es pastoreada ligeramente antes de pasar a una nueva área, consiguiéndose así una escasa presión y que se favorezca la recuperación de las plantas.

El término «grazing management unit» empleado por el Terminology Committee (1991) se define como el área de pastizal usada para sostener a un grupo de animales durante una estación de pastoreo. Dado que el método de pastoreo empleado difiere de la definición original, la expresión citada se va a sustituir por la de “unidades espaciales de pastoreo” para referirse a las zonas empleadas para el uso citado. Se trata, como ya se ha comentado, de zonas con límites imaginarios, sin acotamientos.

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo



Mapa de cargas ganaderas acumuladas



ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A INVIERNO
 Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo
 Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Mapa 9.1

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo

Instalaciones explotación

Número de itinerarios

- 9
- 18
- 28
- 37
- 47
- 75
- 84

Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Valores de carga

250 Valor carga ganadera acumulada (UGc/ha/invierno)



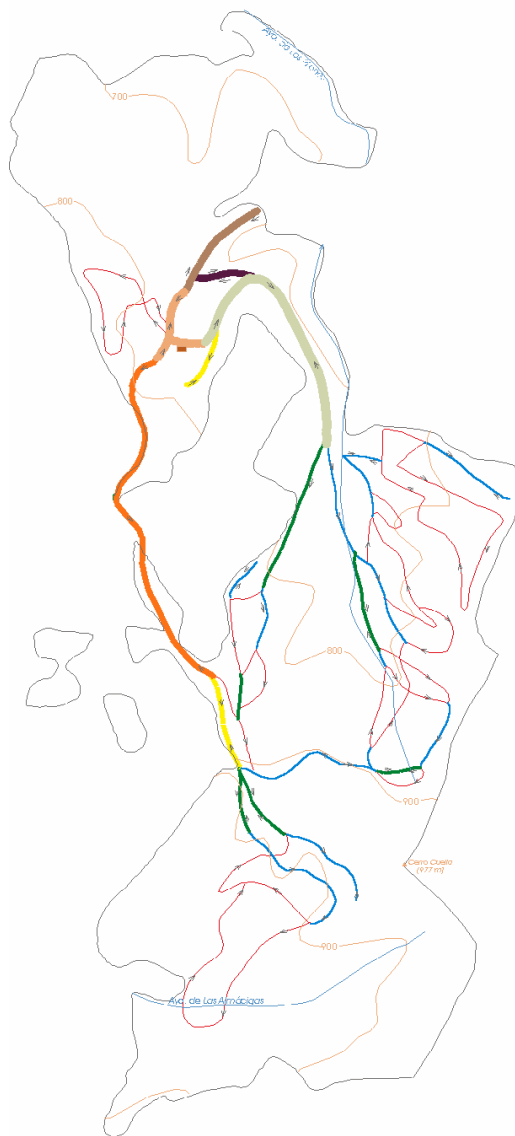
Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

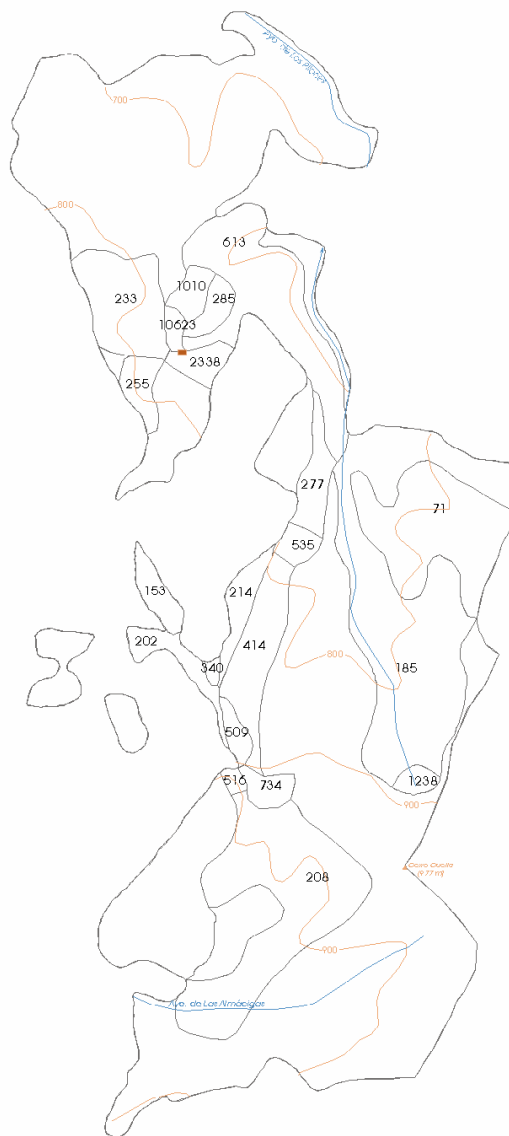
Número de mapa: 9.1

ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A INVIERNO

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo



Mapa de cargas ganaderas acumuladas



ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A PRIMAVERA
 Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo
 Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Mapa 9.2

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo

■ Instalaciones explotación

Número de itinerarios

- 12
- 25
- 38
- 51
- 64
- 90
- 102
- 180
- Cultivos

Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Valores de carga

250 Valor carga ganadera acumulada (UGc/ha/primavera)



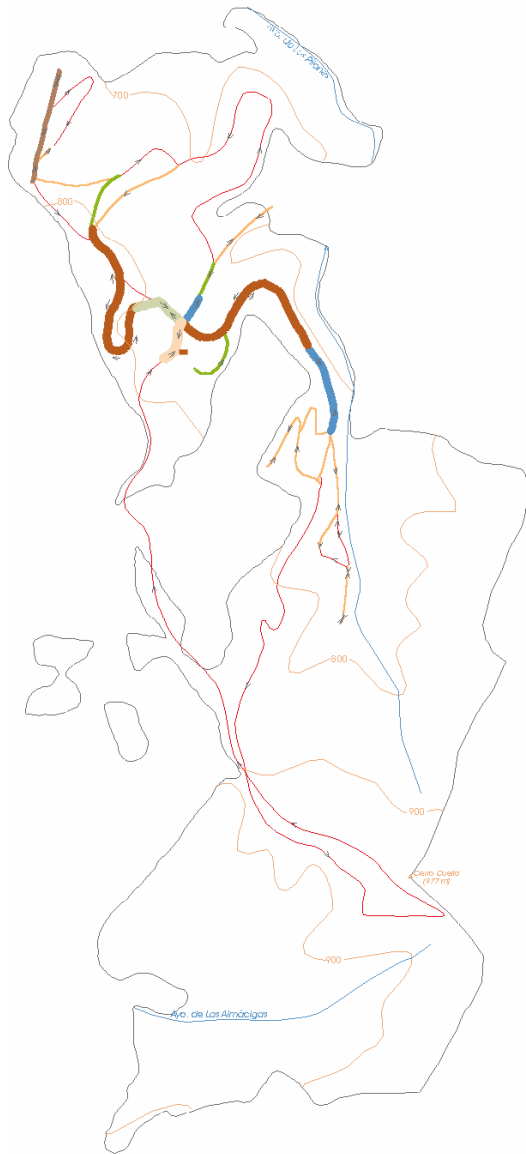
Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

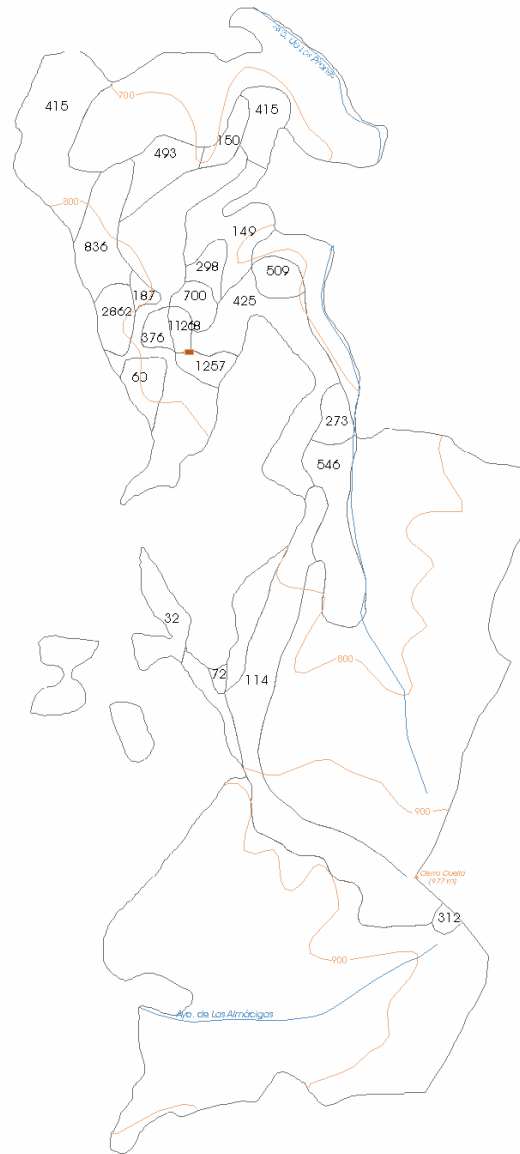
Número de mapa: 9.2

ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A PRIMAVERA

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo



Mapa de cargas ganaderas acumuladas



ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A VERANO
 Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo
 Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Mapa 9.3

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo

■ Instalaciones explotación

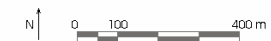
Número de itinerarios

- 12
- 25
- 38
- 51
- 64
- 90
- 102
- 180
- Cultivos

Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Valores de carga

250 Valor carga ganadera acumulada (UGc/ha/verano)



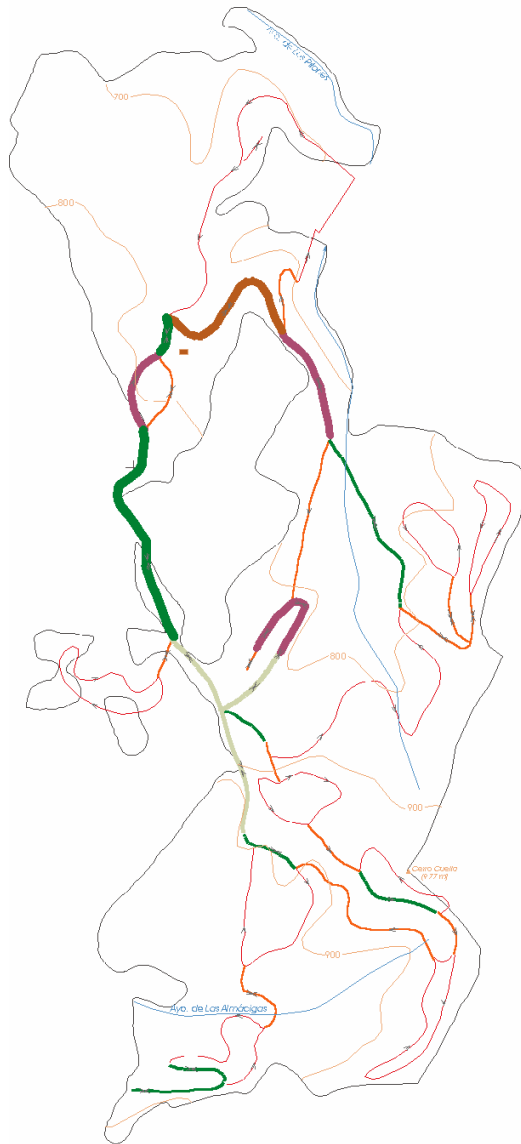
Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

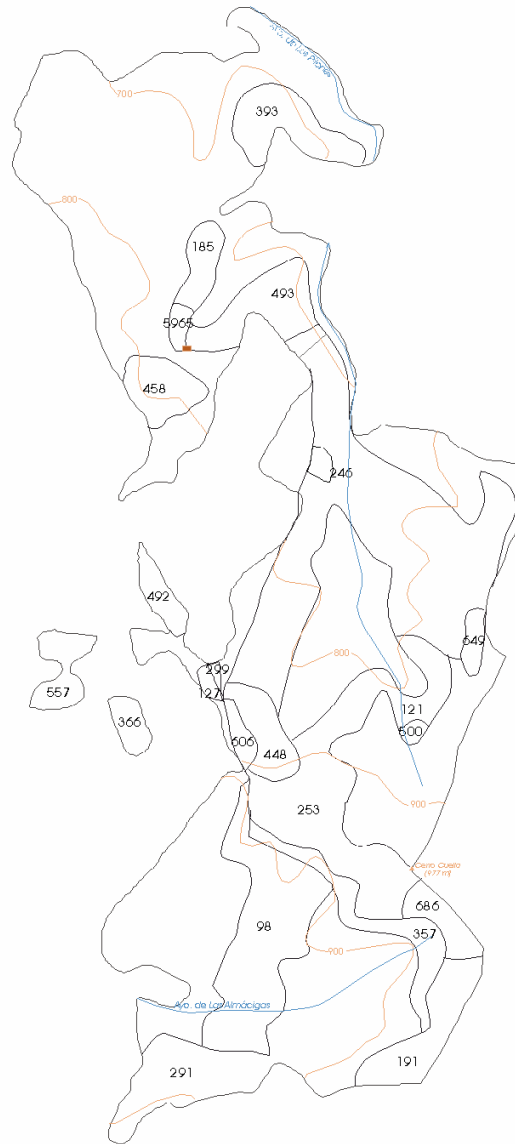
Número de mapa: 9.3

ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A VERANO

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo



Mapa de cargas ganaderas acumuladas



ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A OTOÑO
 Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo
 Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Mapa 9.4

Mapa de itinerarios y frecuencias de pastoreo

■ Instalaciones explotación

Número de itinerarios

- 10
- 20
- 30
- 41
- 51
- 61
- 72

Mapa de cargas ganaderas acumuladas

Valores de carga

250 Valor carga ganadera acumulado (UGc/ha/otoño)



Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 9.4

ESTIMACIÓN DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS CORRESPONDIENTES A OTOÑO

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESTACIONES DE PASTOREO.

Para una mejor comprensión de las estaciones de pastoreo se ha confeccionado el cuadro 42, en el que se relacionan los parámetros característicos de la gestión estacional y las características del clima de la zona de estudio. Las variaciones estacionales del clima han servido para definir las estaciones de pastoreo desde el punto de vista temporal.

CUADRO 42. PARÁMETROS CLIMÁTICOS Y PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA GESTIÓN PASTORIL ESTACIONAL

MESES	HS	T'	t' / RH	Ih	DH	DA	EA	LL	CGPE
Enero	171	19,7	-3,5 / H	H	E	0	73,9	7	Invierno EP ₁ : 89; EP ₂ : 66; JPe: 5,19; TRe: 260
Febrero	168	20,9	-2,0 / H	H	E	0	52,3	8	
Marzo	214	23,4	0,0 / H-Em	H	E	0	35,5	8	
Abril	220	24,8	1,5 / Em	H	E	0	23,1	6	Primavera EP ₁ : 92; EP ₂ : 78,1; JPe: 7,44; TRe: 303
Mayo	294	28,6	3,7 / E	I	C	0	0	4	
Junio	316	33,1	6,7 / e	S	C y D	0	0	2	Verano EP ₁ : 93; EP ₂ : 90; JPe: 6,53; TRe: 298
Julio	348	36,2	9,5 / e	S	C y D	67,6	0	0	
Agosto	323	35,1	10,1 / e	S	D	92,7	0	1	
Sept.	251	32,2	7,8 / e	S	D	61,9	0	2	Otoño EP ₁ : 91; EP ₂ : 72; JPe: 5,67; TRe: 222
Octubre	213	27,5	5,1 / E	H	A	0	0	5	
Nov.	170	23,1	0,5 / Em-H	H	A	0	0	7	
Dic.	164	19,7	-1,8 / H	H	E	0	93,4	9	

LEYENDA:

HS: horas de sol.

T': temperatura media de las máximas absolutas (°C).

t'/RH: temperatura media de las mínimas absolutas (°C) / hiesgo de heladas (e, E, Em y H).

e: estación libre de heladas (t' > 7°C)

E: estación libre de heladas disponible (t' > 2°C)

Em: estación libre de heladas media (t' > 0°C)

H: período de heladas.

Ih: índice de humedad de Thornthwaite (H, I, S).

H: húmedo (Ih > 1)

I: intermedio (0,5 > Ih < 1)

S: seco (Ih < 0,5)

DH: disponibilidad hídrica en el suelo (E, C, D, A).

E: exceso de agua en el suelo.

C: consumo de las reservas de agua del suelo.

D: déficit de agua en el suelo.

A: acumulación de agua en el suelo.

DA: déficit de agua (mm).

EA: exceso de agua (mm).

LL: número medio de días de lluvia.

CGPE: características de la gestión pastoril estacional.

EP₁: estación de pastoreo sin descontar días de lluvia (n° de días)

EP₂: estación de pastoreo descontando días de lluvia (n° de días)

JPe: jornada de pastoreo media estacional (horas/día).

TRe: tamaño medio estacional del rebaño (n° de animales).

La gestión estacional se ha analizado a partir de los siguientes parámetros:

- a) Duración media de la estación de pastoreo.
- b) Duración media de la jornada de pastoreo en cada una de las estaciones.
- c) Tamaño medio del rebaño en cada una de las estaciones.

Los resultados de velocidad no se citan aunque sí se tienen en cuenta durante el análisis de cada una de las estaciones.

Los parámetros climáticos que se han utilizado se definen en la leyenda. En relación a los parámetros térmicos, se han tenido en cuenta las temperaturas medias de las máximas y mínimas absolutas porque se ha considerado que los sistemas de aprovechamiento dependientes del medio son más sensibles a las temperaturas extremas que a los valores medios.

El resto de los parámetros se relacionan con las condiciones de humedad del clima y del suelo, factores de gran importancia al determinar los recursos vegetales disponibles para la alimentación del ganado.

3.3.2.1. El período de pastoreo de invierno

Este período transcurre desde finales de diciembre hasta finales de marzo. El período tiene una duración de 89 días que pasan a 66 si se descuenta el número medio de días lluviosos del período.

Si los límites entre las restantes estaciones resultan algo difíciles de establecer, como se verá más adelante, en el caso de las estaciones de otoño e invierno es todavía más complicado debido a que las diferencias en la duración de las jornadas de pastoreo no son muy acusadas, tan sólo 0,48 horas de diferencia entre las medias de las observaciones realizadas en cada estación.

La longitud de los itinerarios tampoco difiere considerablemente, ya que, mientras en invierno se eleva a 4,8 km. de media para toda la estación, en otoño se alcanzan los 5,1 km.

La velocidad media, por lo tanto, es muy parecida, ya que en invierno asciende a 1 km/h., siendo éste el registro más elevado de todo el año; mientras que, en verano se registra una velocidad media de 0,92 km/h.

Durante los meses de diciembre, enero y febrero se registran las temperaturas medias de las mínimas absolutas más bajas del año (-1,8°, -3,5° y -2°C respectivamente). Esta situación provoca un cambio en la gestión pastoril llevada hasta el momento. Durante estas fechas se reducen las jornadas de pastoreo, ya que pasa de las 5,67 horas anteriores a las 5,19 horas de media para toda la estación. Esta ha sido la forma de ajuste del pastoreo a las temperaturas extremas invernales.

La característica más importante de este período es que aquí se da el mínimo de las jornadas de pastoreo mensuales, 4,76 horas, lo que se puede explicar, como ya se comentó anteriormente, atendiendo al número de horas de insolación, 168 horas, que se corresponde con un mínimo relativo debido a las mayores perturbaciones que se producen durante este mes.

La estación se caracteriza por ser un período con elevado riesgo de heladas que pasa, al final de la misma a la estación libre de heladas media, en las que las temperaturas mínimas de las máximas absolutas se pueden encontrar entre 0 y 2°C. Todos los meses se caracterizan por ser húmedos y con exceso de agua en el suelo.

Esta estación se caracteriza por presentar las cargas ganaderas más elevadas, como era de esperar, en los alrededores de las instalaciones de la explotación, principalmente, allí donde se encuentran los bebederos, también en las zonas de tránsito preferente del ganado cuando marchan a pastar o cuando regresan y en ciertas zonas que son muy frecuentadas, quizás por hábitos adquiridos en el gestor del ganado porque aparentemente no se diferencian del resto del área (mapa 9.1).

La unidad de pastoreo situada en las inmediaciones de la explotación están sometida a las cargas ganaderas más elevadas de toda la explotación y comparativamente con un valor muy superior para la misma unidad en el resto de las estaciones. Concretamente, en invierno se registra en esta unidad una carga de 19.231 unidades ganaderas caprinas por hectárea, valor muy superior al que se registra en el resto de las estaciones: 5.965, 10.623 y 11.268 en otoño, primavera y verano, respectivamente.

La causa es que el rebaño, una vez que ha sido ordeñado, sale de las instalaciones donde les espera grano, agua y ramón de olivo. Todos estos elementos, junto con el hecho de que esta zona tiene una exposición de solana, determinan que aquí se concentre el ganado a la espera de salir de pastoreo.

Hay que tener en cuenta, en este sentido, que los animales en invierno buscan las solanas, ya que estas zonas se encuentran favorecidas por una temperaturas más altas.

A este hecho hay que unir que en esta época las jornadas de pastoreo se inician 1 hora más tarde con respecto a la estación de otoño anterior, con lo que el período de permanencia en estas unidades se incrementa con respecto a las estaciones anteriores.

En esta estación se ha constatado que las unidades de pastoreo a las que se llega al final de la jornada, sufren, frecuentemente, un pastoreo en bandas paralelas, siguiendo las curvas de nivel. En estas unidades se confinan los animales, normalmente, durante el resto de la jornada sufriendo un pastoreo casi total y en algunas ocasiones repetitivo, ya que se suele pasar varias veces por el mismo sitio. De ahí que se registren aquí unas cargas ganaderas más elevadas que en las zonas colindantes.

3.3.2.2. El período de pastoreo de primavera.

Este período transcurre desde finales de marzo hasta finales de junio. El período está constituido por 92 días de pastoreo, a los que si se les sustraen los días de lluvia medios de la temporada descienden hasta 78 días.

En esta estación se practican las jornadas de pastoreo de mayor duración, 7,44 horas de media; siendo la longitud media de los itinerarios muy parecida a la que se da en otoño e invierno, 4,85 km.

La razón hay que buscarla en que en esta estación se produce un notable incremento de las horas de sol con respecto a las estaciones anteriores. La velocidad media es una de las más reducidas del año, 0,6 km/h., debido al mayor tiempo de pastoreo que disponen los animales, a igualdad de longitud en los itinerarios. El tamaño del rebaño durante este período se eleva a 303 unidades.

Las jornadas de pastoreo de horario partido, como se citó anteriormente, comienzan a mediados de mayo. No obstante, una vez que esto ocurre las jornadas de pastoreo no se diferencian ni en el tiempo ni en la longitud de los itinerarios con lo que ocurría antes, por lo que es lógico considerar que los cambios se producen antes de dicho momento.

En este sentido, se puede considerar que entre los meses de marzo y abril se encuentra el período de transición entre las situaciones de invierno y primavera.

A partir de estos meses se incrementa considerablemente el número de horas de sol con respecto a los meses anteriores (febrero, 168 horas; marzo: 214; abril: 220; mayo: 294 horas). Se produce en marzo un incremento de 46 horas con respecto a febrero; mientras que, en mayo el incremento es todavía más importante, ascendiendo a 66 horas con respecto a abril. Lo mismo ocurre con las temperaturas medias de las máximas absolutas, ya que si entre marzo y abril las diferencias son reducidas (23,4° y 24,8°C respectivamente), en el transcurso de febrero a marzo las diferencias ya son más importantes (20,9°C en febrero) siendo más sustanciales todavía en el transcurso de abril a mayo (28,6°C en mayo). Esta evolución de las temperaturas se debe a que el período de heladas terminó en marzo por lo que las situaciones intermedias se deben dar a partir de dicha fecha.

Desde el punto de vista hídrico, estos meses son los últimos que se pueden calificar como húmedos y con exceso de humedad en el suelo, a partir de aquí se produce el consumo de las reservas de agua del suelo, lo cual se continúa durante toda la primavera.

Si la primavera resulta buena desde el punto de vista climatológico, esta estación se llega a prolongar hasta julio, pudiéndose considerar los meses de junio y julio como el período de transición entre las estaciones de primavera y verano.

En esta estación los itinerarios de pastoreo no han registrado diferencias sustanciales con respecto al período anterior.

Los intervalos de carga más elevados se vuelven a constatar en las mismas unidades de pastoreo que en la estación anterior, a excepción de las zonas próximas a las instalaciones de la explotación, donde la carga registrada se ha reducido considerablemente (mapa 9.2).

Los bebederos que se encuentran extrarradio de las inmediaciones de la explotación son únicamente frecuentados en esta estación, registrándose por esta causa aquí una de las cargas ganaderas más elevadas de esta época.

3.3.2.3. El período de pastoreo de verano.

Este período se considera que transcurre desde finales de junio hasta finales de septiembre. El período está comprendido por 93 días que pasan a 90 si se descuentan los días de lluvia.

Durante el mes de julio se registran las temperaturas medias de las máximas absolutas más elevadas (36,2°C) lo que se relaciona con el mayor número de horas de insolación del año (348 horas).

Esta situación provoca un cambio de gestión. Durante estas fechas se reduce el número de horas de pastoreo, ya que pasa de las 7,44 horas anteriores a 6,53 horas de media para toda la estación, se registran las longitudes de los itinerarios de pastoreo más bajas del año, 3,05 km. de media para toda la serie estacional y, consecuentemente, la velocidad media de pastoreo es la más reducida del año, 0,49 km/h.

El tamaño del rebaño durante esta estación se elevó a 298 unidades, prácticamente el mismo número de animales con respecto al período anterior.

La ingestión de alimentos que realizan los animales varía según la temperatura ambiental (BOZA, 1998). El frío aumenta la ingesta voluntaria de alimentos con el objetivo de regular la temperatura y mantenerse calientes; mientras que, el calor hace disminuir la ingesta para prevenir la hipertermia. Los animales comen y pastorean menos para ahorrar energía, de ahí que en estas fechas se registren las velocidades de pastoreo más bajas de todo el año.

Desde el punto de vista hídrico, todo el período se caracteriza por un índice de humedad seco y un elevado déficit de agua en el suelo. El mes de junio es el momento en el que se consumen las últimas reservas de agua del suelo, siendo por tanto julio el primer mes en el que se registra un déficit de agua que, en este caso, asciende a 67,6 mm. La vegetación en estas condiciones se resiente considerablemente, registrándose en estas fechas un mínimo vegetativo estival.

La forma de ajuste del pastoreo al rigor térmico y a la sequía estival es la siguiente. El pastoreo matinal concluye aproximadamente una hora antes, ya que si en la estación anterior lo hacía entre las 13:55 y 14:41, ahora lo hace entre las 12:43 y las 13:48 horas.

Se observa también un desfase en el horario de inicio de las dos jornadas de pastoreo diarias, la jornada matinal se adelanta casi una hora (11:29 a 11:47 en primavera frente a las 10:51 – 11:17 del verano); mientras que la jornada de tarde para evitar las horas de mayor intensidad solar, retrasa la hora de salida y, en lugar de comenzar a las 16:54 ó 16:58 con que lo hacía en primavera, lo hace ahora entre las 16:50 y las 17:19 horas.

Por esta causa el pastoreo en esta época dura hasta altas horas de la tarde, regresándose al anochecer.

El clima mediterráneo se caracteriza por una insalvable sequía estival, la cual detiene la producción de pasto durante el verano y, aunque el ganado en esta época puede consumir el pasto seco, constituye un período crítico que obliga a una reestructuración de la gestión.

Las acciones encaminadas a evitar la incidencia negativa de estos períodos se resume en una implementación alimenticia, basada principalmente en la utilización de los productos y subproductos agrarios y en una reducción de los itinerarios para evitar gastos energéticos en locomoción.

En esta estación se recurre a ciertos desechos de productos agrícolas como el capote de la almendra. La zona donde se le suministra es un lugar obligado de pastoreo tanto en los itinerarios de ida como de vuelta. El rebaño permanece aquí gran parte de la jornada, de ahí que ésta sea una de las causas por la que la velocidad media de pastoreo de esta estación sea muy reducida.

El pastoreo de esta época es muy limitado, ya que, prácticamente, se encuentra restringido a las zonas más cercanas a la explotación, de ahí que sea aquí donde se registren, nuevamente, las cargas más elevadas. Concretamente, las zonas de bebederos y donde se suministra el capote al ganado son las que sufren una mayor presión (mapa 9.3).

La zona de bebederos registra en esta época el segundo máximo de carga, tras el invierno. En este caso se justifica atendiendo a que las necesidades de agua del ganado varían, entre otros factores por la temperatura y por la naturaleza de la dieta (BOZA, 1998).

Si se tiene en cuenta que en esta estación se registran las temperaturas más elevadas del año y que los alimentos fibrosos incrementan las necesidades de agua de los animales, se entiende que en esta estación se registren en dicha zona unas cargas elevadas.

3.3.2.4. El período de pastoreo de otoño.

Este período transcurre desde finales de septiembre hasta finales de diciembre. El período consta de 91 días, los cuales pasan a ser 72 una vez que se descuenta el número medio de días de lluvia de la estación.

Las repercusiones de la sequía estival se prolongan normalmente más allá de la estación climática propiamente veraniega. Septiembre se puede considerar el último mes con déficit de agua. En octubre las precipitaciones ya son superiores a los 60 l/m² y el índice de humedad ya incluye este mes en el período húmedo, pese a todo ello, las repercusiones que traía la sequía estival se prolongan durante este período. El balance hídrico del suelo ha pasado de ser deficitario a practicarse la acumulación de agua sin llegar todavía al superavit, hecho que no se producirá hasta finales de este período, ya en diciembre, momento en el que el exceso de agua en el suelo asciende a 93,4 mm.

El número de horas de sol ha sufrido un decremento considerable, ya que ha pasado de 323 horas en agosto a 251 y 231 horas en septiembre y octubre respectivamente. Siguiendo este descenso las jornadas medias de pastoreo de otoño son ahora de 5,67 horas, lo que representa 0,86 horas menos con respecto a la estación anterior.

La longitud de los itinerarios, sin embargo, se ha incrementado considerablemente, registrándose las cifras más elevadas de todo el año, 5,11 km. de media.

El menor tiempo de pastoreo y la mayor longitud de los itinerarios provocan que la velocidad media que se da durante la estación sea significativamente elevada, 0,92 km/h. de media.

El rebaño se ha dividido durante esta estación, cuyas causas ya han sido señaladas en el apartado relacionado con este aspecto. El rebaño que se considera es el que está compuesto por 222 unidades.

Desde el punto de vista térmico hay que resaltar que la diferencia entre las temperaturas medias de las máximas absolutas de octubre con respecto al mes anterior es la más elevada de todos los registros del año, 4,7°C. En octubre, además, comienza la estación libre de heladas disponible, en la que la temperatura media de las mínimas absolutas puede encontrarse entre los 2 y los 7°C, para pasar al final de la estación, en diciembre, al período de heladas.

Toda esta situación intermedia provoca que, todavía a mediados de octubre, continúen las jornadas típicamente veraniegas practicándose aún el pastoreo de jornada partida, típico del verano. Es más, como la recogida de la almendra continua hasta finales de octubre, al ganado se le está suplementando con capote hasta pasada esa fecha. Sólo hasta finales de octubre y principios de noviembre no se vuelven a las jornadas de pastoreo continuo. A partir de este momento se puede decir que se ha entrado en el otoño, desde el punto de vista de la gestión pastoril.

Es por todo ello por lo que los meses de septiembre y octubre se deben considerar transitorios entre las jornadas de pastoreo de verano y otoño.

El pastoreo de esta época es diferente del que se registró en el período anterior. Aquí, de nuevo, los itinerarios son más largos.

Prácticamente no hay diferencias con respecto a las estaciones de invierno y primavera, registrándose los intervalos de carga más elevados en las mismas unidades donde fueron constatados en las estaciones citadas.

Se vuelve a observar aquí de nuevo el pastoreo de final de jornada, puesto de manifiesto en el pastoreo invernal.

3.4. ESTIMACIÓN ANUAL DE LOS ITINERARIOS, FRECUENCIAS DE PASTOREO Y CARGAS GANADERAS ACUMULADAS.

3.4.1. ESTIMACIÓN ANUAL DE LAS CARGAS GANADERAS ACUMULADAS.

3.4.1.1. Clasificación de la carga ganadera.

Los valores de cargas ganaderas acumuladas de los mapas estacionales se clasifican en intervalos. Se ha establecido un total de 21 clases, las cuales se relacionan con la superficie que ocupan (cuadro 43). El recorrido de éstas es variable ya que los primeros 15 intervalos tienen una amplitud de 100 unidades que se elevan a 500 en los 6 últimos.

CUADRO 43. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL POR INTERVALOS DE LA CARGA GANADERA ANUAL

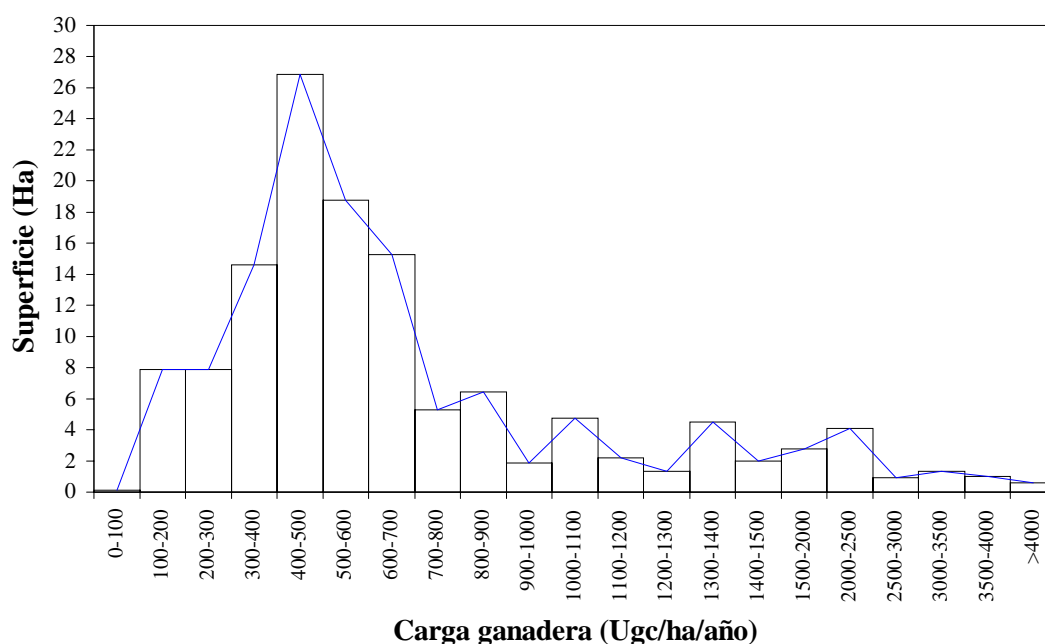
INTERVALOS DE CARGA GANADERA	SUPERFICIE (HA)	INTERVALOS DE CARGA GANADERA	SUPERFICIE (HA)
0-100	0,13	1100-1200	2,18
100-200	7,9	1200-1300	1,30
200-300	7,9	1300-1400	4,50
300-400	14,6	1400-1500	2,00
400-500	26,88	1500-2000	2,76
500-600	18,78	2000-2500	4,08
600-700	15,28	2500-3000	0,90
700-800	5,30	3000-3500	1,32
800-900	6,44	3500-4000	1
900-1000	1,84	>4000	0,56
1000-1100	4,76		
$\bar{X} = 742,58$ Ugc/ha/año $\sigma = 643,63$ $\bar{X} \pm \sigma = 1386,21 - 98,95$ $\bar{X} \pm 2\sigma = 2029,84 - -544,68$			

Si se observan los mapas 9.1 a 9.4 la superficie de la explotación se puede diferenciar distinguiendo, por una parte, las zonas habitualmente pastoreadas de otras que no lo son. Es decir, existe una parte del territorio que no es frecuentada o, al menos, no se pastoreó durante las observaciones de campo; sin embargo, no hay duda de que estas unidades son pastoreadas porque en todas ellas se ha constatado la presencia de los típicos senderos de paso del ganado.

Estas unidades tienen una superficie de 45,17 has. dentro de la explotación, por lo que el resto del territorio, 130,41 has., es la superficie sobre la que se han diferenciado los intervalos de carga anteriores.

Estos valores se han representado en el gráfico 11. Se observa que la distribución se eleva muy rápidamente en los primeros intervalos de carga hasta alcanzar el cenit en el intervalo de 400-500, donde se concentran 26,88 has. A partir de este máximo la importancia superficial de los intervalos de carga descende rápidamente para formar una larga cola a la derecha de la distribución a partir del intervalo 700-800 Ugc/ha/año.

GRÁFICO 11. DISTRIBUCIÓN SUPERFICIAL DE LA CARGA GANADERA ANUAL



La selección de los límites de los intervalos de carga se ha realizado utilizando los mismos criterios que se emplearon para la definición de los intervalos de pendiente. Se ha calculado la media y la desviación típica para datos agrupados y se realiza las siguientes operaciones: $\bar{X} \pm \sigma$ y la $\bar{X} \pm 2\sigma$

Los resultados obtenidos (cuadro 43) indican que el 68% de las cargas ganaderas anuales se encuentran comprendidas entre 100 y 1500 Ugc/ha/año; mientras que, si se quiere alcanzar el 95% de probabilidad, las cargas ganaderas se encuentran entre 0 y 2000 Ugc/ha/año. Atendiendo a estos valores se pueden establecer los dos intervalos de clase extremos, el primero, de 0 a 100 y el último sería abierto, de más de 2000.

Entre estos dos intervalos se pueden incluir otros tres atendiendo a la forma de la curva. Como ésta presenta una mayor frecuencia superficial entre 100 y 1000 unidades, se establecen dos intervalos, uno entre 100 y 500 y el otro entre 500 y 1000. El intervalo siguiente tiene un mayor recorrido que los restantes ya que se sitúa entre 1000 y 2000 unidades.

En el cuadro 44 aparecen los intervalos de clase que se han empleado en la representación cartográfica de las cargas ganaderas anuales, a lo que se añade su expresión cualitativa.

CUADRO 44. INTERVALOS DE CLASE Y EXPRESIÓN CUALITATIVA DE LAS CARGAS GANADERAS ANUALES

CLASE	INTERVALO DE CARGA (UGc/ha/año)	EXPRESIÓN CUALITATIVA
1	<100	Carga ganadera muy baja
2	100-500	Carga ganadera baja
3	500-1000	Carga ganadera media
4	1000-2000	Carga ganadera elevada
5	>2000	Carga ganadera muy elevada

El primero de los intervalos recoge las cargas ganaderas más bajas, las cuales se han establecido en <100 Ugc/ha/año. Este intervalo agrupa a la superficie no pastoreada durante las observaciones de campo, a la que se ha hecho referencia con anterioridad.

3.4.1.2. Representación cartográfica. Metodología de trabajo.

Los mapas de cargas ganaderas acumuladas correspondientes a cada una de las estaciones se superponen para obtener la estimación anual del mapa de cargas ganaderas acumuladas (mapa 9.5).

La integración de los mapas ha provocado que aparezcan polígonos de reducidas dimensiones, los cuales se han eliminado utilizando los mismos criterios que se emplearon en la realización del mapa de unidades ambientales homogéneas.

Una vez obtenido este mapa se realiza un proceso de comprobación en el campo, atendiendo especialmente a aquellas unidades en las que, a priori, existe un cierto desfase entre la densidad de senderos y la carga ganadera que se les ha asignado.

El criterio utilizado como se puede entrever ha sido la observación de la densidad de los pasos del ganado. Todos los casos que se han corregido por este procedimiento, han sufrido un aumento de la carga ganadera.

3.4.2. ESTIMACIÓN ANUAL DE LOS ITINERARIOS Y FRECUENCIAS DE PASTOREO. REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA.

El procedimiento seguido es el mismo que se ha utilizado en la realización del mapa de cargas ganaderas acumuladas. Los mapas de itinerarios y frecuencias de pastoreo estacionales se someten a un proceso de superposición. El resultado final es una estimación de los itinerarios y frecuencias de pastoreo anuales, los cuales se representan cartográficamente en el mapa 9.5.

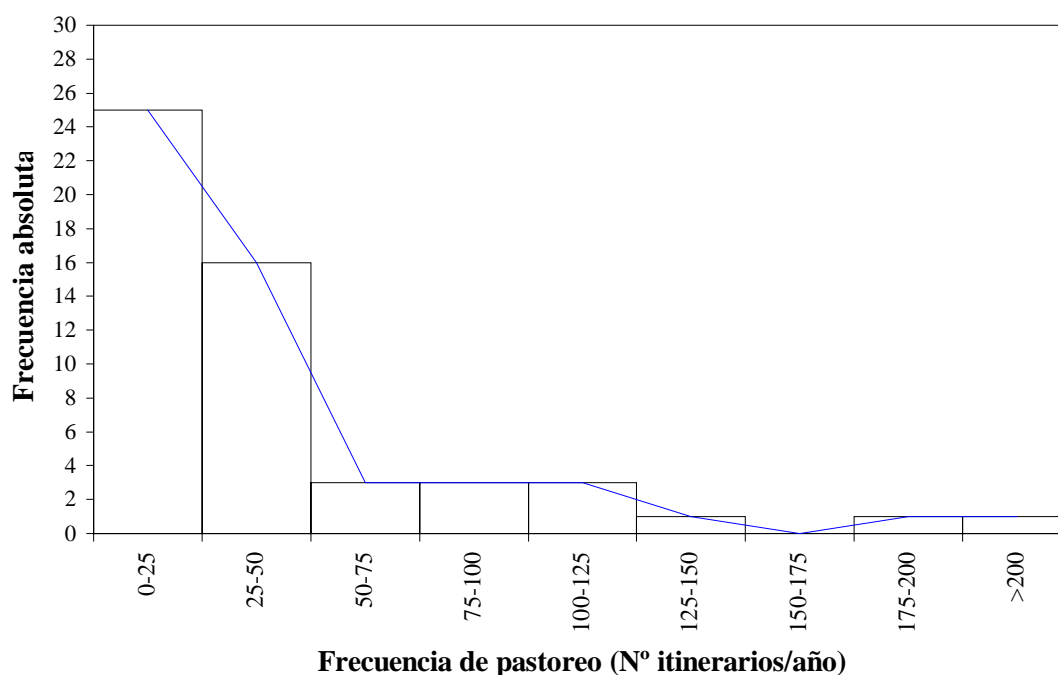
En el gráfico 12 se representa la frecuencia de pastoreo anual en número de itinerarios por año, reagrupado en intervalos con una amplitud de clase constante e igual a 25.

Los criterios que se han utilizado para designar los intervalos en el mapa de itinerarios y frecuencia de pastoreo anual responde al comportamiento de la distribución de los valores del gráfico 12.

Los dos primeros intervalos son los que reagrupan la mayor frecuencia de pastoreo, concretamente los que oscilan de 0 a 25 y de 25 a 50 itinerarios por año.

A partir de aquí la distribución se extiende en una larga cola, en la que se pueden diferenciar un primer tramo que va desde 50 hasta 125 con una frecuencia algo más elevada que el resto de los intervalos, desde 125 hasta >200. En este último tramo se han diferenciado 2 clases, una primera que va desde 125 hasta 200 y la última se queda en el intervalo abierto de >200 itinerarios por año.

GRÁFICO 12. FRECUENCIA DE PASTOREO ANUAL



En el cuadro 45 aparecen estos intervalos de clase junto con la expresión cualitativa que se les ha asignado.

CUADRO 45. INTERVALOS DE CLASE Y EXPRESIÓN CUALITATIVA DE LAS FRECUENCIAS DE PASTOREO ANUALES

CLASE	INTERVALO DE FRECUENCIA (itinerarios/año)	EXPRESIÓN CUALITATIVA
1	<25	Frecuencia muy baja
2	25-50	Frecuencia baja
3	50-125	Frecuencia media
4	125-200	Frecuencia elevada
5	>200	Frecuencia muy elevada

APÉNDICE 1. CARACTERÍSTICAS DE LA RAZA CAPRINA MALAGUEÑA.

Las principales características de la raza caprina malagueña, definidas por la Asociación Española de Criadores de la Cabra Malagueña, son las siguientes.

Desde el punto de vista morfológico se trata de animales con pesos que oscilan entre los 60-75 kg. en machos y los 45-60 kg. en las hembras, de tronco muy desarrollado con línea dorso-lumbar recta y grupa tendente a la horizontalidad, con cuello largo, recto y delgado y capa uniforme de color rubio, oscilando entre el blanco amarillento (albahío) y el retinto.

Posee unas ubres muy desarrolladas, con forma abolsada o globosa que le hacen ser un animal con una elevada aptitud productiva, siendo esta raza una de las mayores productoras de leche del mundo.

Se trata de animales con elevada prolificidad, según datos de la Asociación las cifras se sitúan en 1,92 chivos/año por hembra. Estas cifras, unidas al elevado índice de transformación de éstos (de 8 a 9 kg. en 30 días) y al elevado precio que alcanza el chivo en el mercado gracias a la interesante proporción que existe entre huesos y musculatura, garantizan unos ingresos complementarios muy importantes para la explotación.

Estos animales se caracterizan por una elevada rusticidad lo que permite que se adapten muy bien a los medios naturales áridos, ya que son capaces de alimentarse con escasos recursos vegetales.

Estas circunstancias provocan que este animal se encuentre ampliamente distribuido. Aunque se localiza principalmente en la provincia de Málaga (Axarquía, Valle del Guadalhorce, Antequera, Estepona), se extiende también por otras provincias como Granada, Sevilla, Cádiz, Córdoba, Cáceres y Badajoz, entre otras.

CAPÍTULO 3

**SÍNTESIS ENTRE SUELOS Y GESTIÓN.
MUESTREO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

1. SINTESIS CARTOGRÁFICA DEL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN GANADERA Y LOS SUELOS A NIVEL DE FASE.

1.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

El análisis efectuado en los capítulos precedentes sobre la gestión ganadera del medio y el marco físico donde esta actividad tiene lugar, lleva asociada una cartografía temática.

El objetivo de esta fase es realizar una síntesis de toda la información obtenida, integrando los dos mapas básicos referentes a las temáticas anteriores: el mapa de la estimación anual de las cargas ganaderas acumuladas y el mapa de suelos a nivel de fase.

Se ha seleccionado finalmente la carga ganadera para realizar el proceso de superposición porque se ha considerado que es el parámetro más representativo de la gestión que se realiza sobre el medio. En este sentido, Booyesen (1975) sostiene que los factores que tienen una mayor influencia en la productividad de las explotaciones son la carga ganadera y el sistema de pastoreo

En este sentido, López et al. (1985) hace referencia a la incidencia de la carga animal sobre la propia ganancia animal y producción por hectárea, entre otras incidencias destacadas.

Los mapas de cargas ganaderas y suelos se superponen para obtener un mapa integrado que sirva de base para realizar el muestreo de las propiedades físicas del suelo que se analizará en el próximo apartado.

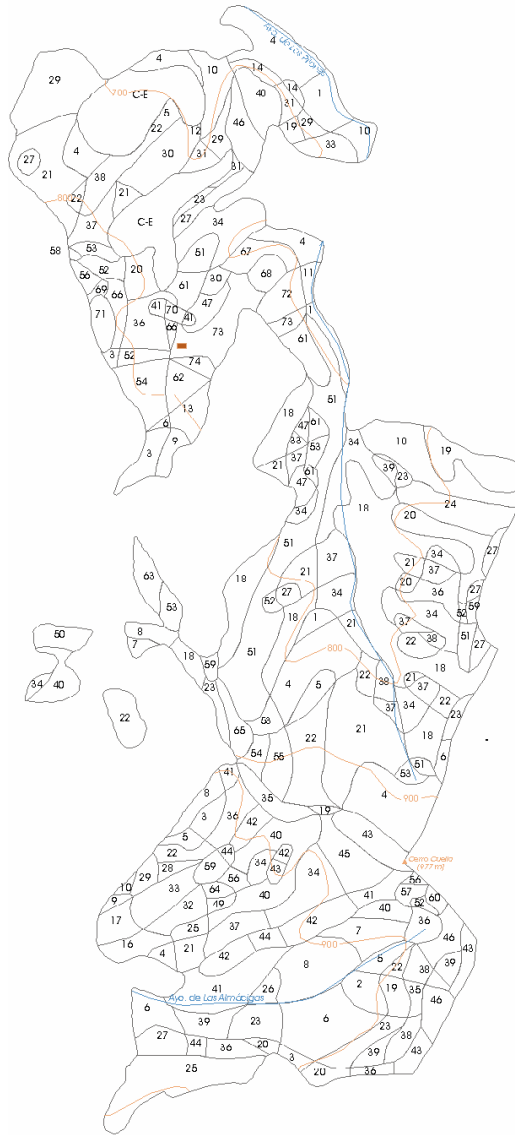
La superposición ha originado, como ya ocurrió en el caso del mapa de unidades ambientales homogéneas, una serie de polígonos de escasa entidad superficial cuya utilidad es irrelevante para los objetivos planteados. Se han utilizado los mismos criterios de eliminación de polígonos que se emplearon en la realización del mapa citado.

El mapa 10 es el resultado del proceso de superposición. Este mapa lleva asociado una leyenda que se resume en el cuadro 46, junto con la superficie que representan cada una de las unidades diferenciadas.

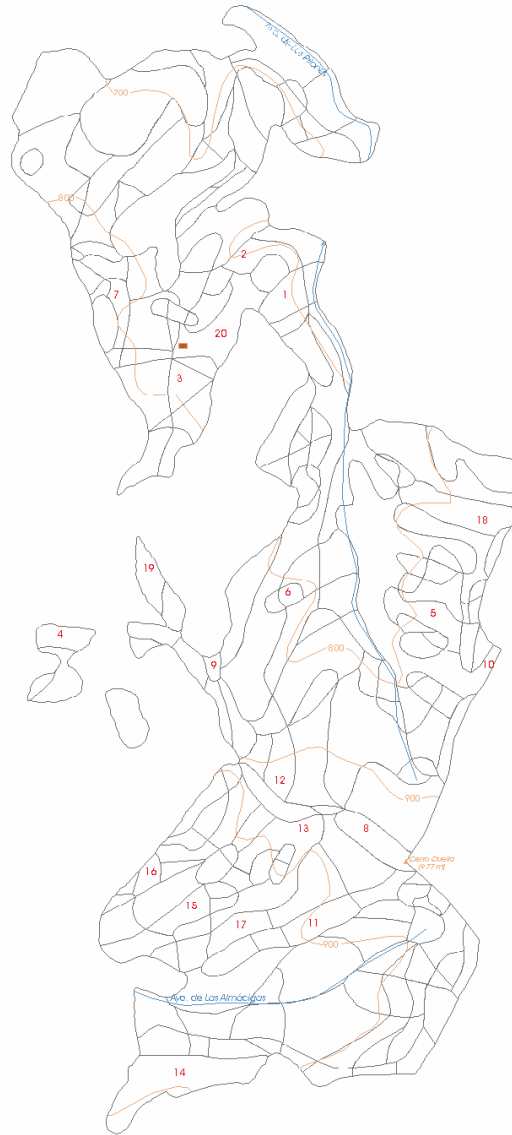
CUADRO 46. SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADOS POR LA CARGA GANADERA.

UNIDADES SUELO (nivel fase)	Carga ganadera MUY BAJA (<100 Ugc/ha/año)		Carga ganadera BAJA (100-500 Ugc/ha/año)		Carga ganadera MEDIA (500-1000 Ugc/ha/año)		Carga ganadera ELEVADA (1000-2000Ugc/ha/año)		Carga ganadera MUY ELEVADA (>2000 Ugc/ha/año)		SUPERFICIE TOTAL		
	Código	Sup. (ha)	Código	Sup. (ha)	Código	Sup. (ha)	Código	Sup. (ha)	Código	Sup. (ha)	Ha (%)		
I	1	3,24	18	16,23	34	10,51	51	7,24	65	0,56	37,78 (21,71)	56,78 (32,34)	
	2	1,40	19	6,34	35	1,60	-	-	-	-	9,34 (5,28)		
	3	1,80	20	1,86	36	3,50	52	1,44	66	1,06	9,66 (5,46)		
II	4	9,33	21	9,21	37	4,48	53	2,50	67	1,34	26,86 (15,54)	55,08 (31,37)	
	5	3,24	22	5,58	38	3,06	-	-	68	0,44	12,32 (6,96)		
	6	4,16	23	4,34	39	3,10	54	1,36	-	-	12,96 (7,33)		
	7	-	-	-	-	-	-	-	55	1,04	-		1,04 (0,58)
	8	-	-	24	1,90	-	-	-	-	-	-		1,90 (1,07)
III	9	0,82	25	3,50	40	3,98	56	0,90	69	0,14	9,34 (5,28)	20,82 (11,85)	
	10	3,92	26	0,64	41	3,14	57	0,26	70	0,36	8,32 (4,70)		
	11	-	-	-	-	42	3,16	-	-	-	-		3,16 (1,78)
IV	12	-	-	-	-	43	1,90	58	0,12	-	-	2,02 (1,14)	10,66 (6,07)
	13	-	-	27	1,72	44	4,82	59	1,06	71	0,72	8,64 (4,88)	
V	14	-	-	-	-	45	1,94	-	-	-	-	1,94 (1,09)	21,84 (12,44)
	15	9	1,00	28	0,98	46	3,08	60	0,62	-	-	5,68 (3,21)	
	16	10	1,75	29	3,70	-	-	-	-	-	-	5,45 (3,08)	
	17	11	0,48	-	-	-	-	-	-	72	1,44	2,94 (1,66)	
	18	12	0,51	30	1,40	47	1,40	61	0,94	73	1,58	5,83 (3,29)	
VI	19	0,62	-	-	-	-	-	62	0,76	74	0,36	1,74 (0,98)	5,32 (3,03)
	20	0,36	31	1,12	48	0,46	-	-	-	-	1,94 (1,09)		
	21	0,54	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80 (0,45)		
	22	-	-	-	-	-	-	63	0,84	-	-	0,84 (0,47)	
VII	23	0,56	32	1,36	49	0,48	64	0,46	-	-	2,86 (1,61)	5,08 (2,89)	
	24	0,52	33	0,84	50	0,86	-	-	-	-	2,22 (1,25)		
SUPERFICIE Ha (%)	34,09 (19,41%)		60,98 (34,73%)		51,83 (29,52%)		20,56 (11,71%)		8,12 (4,62%)		175,58 (100%)		

Mapa de suelos a nivel de fase diferenciados por la carga ganadera acumulada



Mapa de localización de las parcelas de muestreo de las propiedades físicas del suelo



SUELOS A NIVEL FASE DIFERENCIADOS POR LA CARGA GANADERA ACUMULADA. LOCALIZACIONES DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

Mapa 10

Suelos a nivel de fase diferenciados por la carga ganadera acumulada

UNIDADES SUELO (nivel fase)	Carga ganadera MUY BAJA (<1 00 Ugc/ha/año)	Carga ganadera BAJA (1 00-5 00 Ugc/ha/año)	Carga ganadera MEDIA (5 00-1 000 Ugc/ha/año)	Carga ganadera ELEVADA (1 000-2 000 Ugc/ha/año)	Carga ganadera MUY ELEVADA (> 2 000 Ugc/ha/año)
I	1	18	34	51	65
I	2	19	35	-	-
I	3	20	36	52	66
I	4	21	37	53	67
II	5	22	38	-	68
II	6	23	39	54	-
II	7	-	-	55	-
II	8	-	-	-	-
III	9	24	40	56	69
III	10	25	41	57	70
III	11	-	-	58	-
IV	12	-	42	59	-
IV	13	-	43	60	71
IV	14	-	44	61	-
IV	15	-	45	62	-
V	16	26	46	-	-
V	17	27	-	-	72
V	18	28	47	63	73
VI	19	-	-	64	74
VI	20	-	48	-	-
VI	21	-	-	-	-
VI	22	-	-	65	-
VII	23	29	49	66	-
VII	24	30	50	-	-

- Cultivos
 - Instalaciones explotación
 - 12 Códigos unidades
- Localización de las parcelas muestreo
- 12 Parcelas de muestreo



N 0 100 400 m

Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos

Fuente: ver apartado metodológico

Número de mapa: 10

SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADOS POR LA CARGA GANADERA ACUMULADA. LOCALIZACION DE LAS PARCELAS DE MUESTREO

1.2. EL MAPA DE SUELOS A NIVEL DE FASE DIFERENCIADO POR LA CARGA GANADERA ACUMULADA. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Se han obtenido un total de 74 unidades homogéneas en cuanto a fase de suelo y carga ganadera.

El documento obtenido permite analizar el pastoreo en función de los factores de diagnóstico que caracterizan a cada una de las unidades de suelos.

Los resultados obtenidos permiten realizar, a priori, una valoración positiva de la gestión ganadera sobre el medio. El 83,67% de la explotación se encuentra sometida a cargas ganaderas acumuladas por debajo de 1000 Ugc/ha/año, lo que engloba los intervalos de carga ganadera considerados muy bajo, bajo y medio; mientras que, tan sólo el 16,33% de la superficie restante se encuentra sometida a cargas por encima de esta cifra, lo que equivale a las cargas elevada y muy elevada.

Las unidades silíceas de exposición Este-Oeste y Norte son las más frecuentadas durante las jornadas de pastoreo (gráfico 13). En todos los intervalos de carga destacan ambas unidades, a excepción de las cargas muy elevadas donde las unidades calcáreas de exposición Este y Oeste presentan los máximos, sin embargo este intervalo de carga representa tan sólo el 4,62% de la superficie total por lo que no se puede considerar representativo.

La causa de que estas unidades sean las más frecuentadas no es otra que la propia superficie que representan. Ambas unidades tienen la misma importancia superficial (gráfico 14). Las unidades silíceas de exposición Este y Oeste presentan una superficie de 56,78 has., lo que representa el 32,34% de la superficie total; mientras que, en las unidades orientadas al Norte la superficie asciende a 55,08 has, lo que equivale al 31,37%. Ambas unidades, por tanto, engloban el 63,71% de la superficie total, de ahí que esta sea, precisamente, la causa de la mayor frecuencia de las jornadas de pastoreo que reciben.

GRÁFICO 13. SUPERFICIE DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS SEGÚN CARGA GANADERA

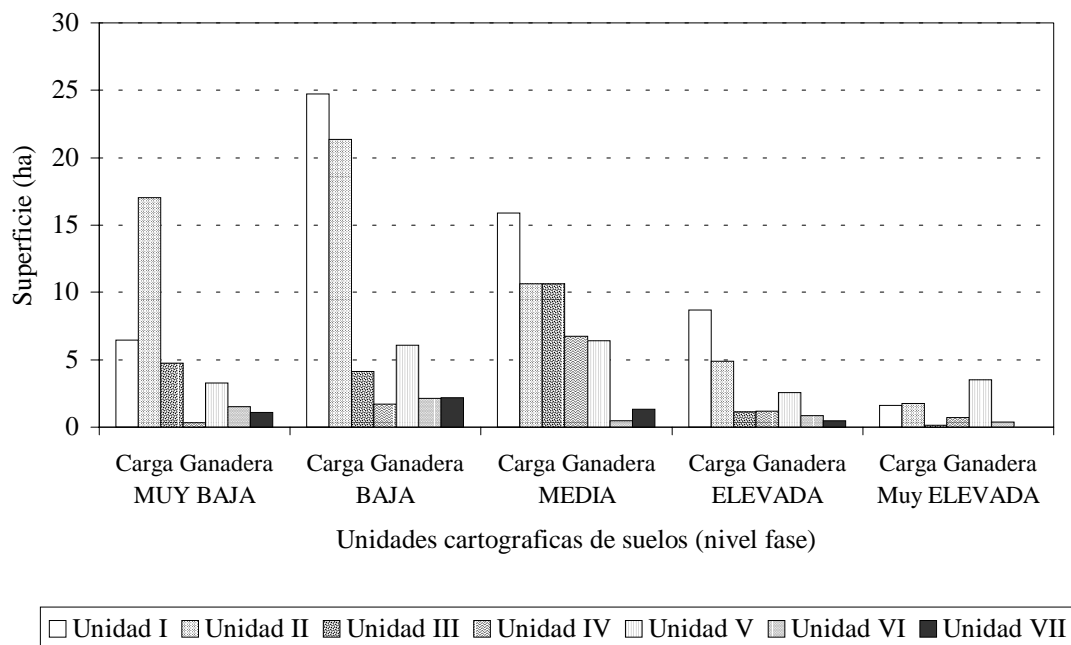
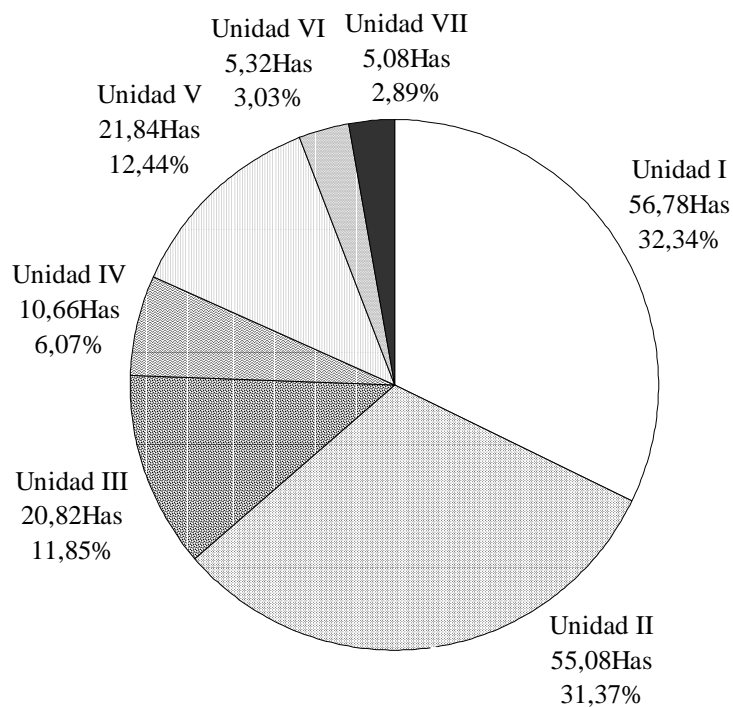


GRAFICO 14. SUPERFICIE UNIDADES DE SUELOS NIVEL DE FASE



2. MUESTREO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

2.1.1. MÉTODOS DE CAMPO Y LABORATORIO.

Los métodos utilizados en el estudio de las propiedades físicas del suelo son los siguientes:

- a) Densidad aparente. Se calcula utilizando el método del cilindro (HENIN et al., 1972; GUITIAN y CARBALLAS, 1976; BLAKE y HARTGE, 1986).
- b) Porosidad. Se calculado mediante la relación entre el volumen de poros y el volumen total del suelo.
- c) Estabilidad estructural. Se calcula utilizando el índice de inestabilidad estructural (Is) de Henin et al. (1972).
- d) Capacidad de retención de agua en el suelo a la capacidad de campo. Se obtiene mediante el método de Cassel y Nielsen (1986).
- e) Capacidad de infiltración de agua. Se calcula utilizado el método del infiltrómetro de cilindro simple, con carga constante (AMERMAN, 1983; BOUWER, 1986; YOUNGS, 1987, 1991).

Para el cálculo de la densidad aparente, la porosidad y la capacidad de campo se han recogido en el campo, para su posterior traslado al laboratorio, muestras de suelos inalteradas en cilindros de acero inoxidable de 100 cm³, utilizando para ello una sonda de muestreo.

Para la estabilidad estructural se toman muestras de suelo y se guardan en bolsas de plástico para ser trasladadas al laboratorio para su manipulación.

La capacidad de infiltración se ha calculado in situ. El tipo de infiltrómetro elegido responde a un proceso de selección realizado previamente. En el apéndice 1 de este capítulo se analizan los procedimientos seguidos.

2.1.2. CRITERIOS DE MUESTREO.

El muestreo de las propiedades físicas del suelo se ha realizado siguiendo las pautas que se detallan a continuación:

- a) Profundidad del muestreo.
- b) Condiciones de humedad en el momento del muestreo.
- c) Procedimiento espacial de muestreo.

2.1.2.1. La profundidad del muestreo.

Los autores que han trabajado en el tema del impacto del ganado sobre las propiedades físicas del suelo suelen plantear normalmente 2 estrategias de muestreo en relación a las consideraciones sobre profundidad.

En este sentido, se pueden diferenciar los trabajos en los que se muestrean a una sola profundidad y aquellos que lo hacen en varias secciones.

Entre los trabajos que muestrean a una sola profundidad se pueden destacar los de Willat y Pullar (1984). Estos autores toman muestras no alteradas a una profundidad de 6 cm. para determinar la densidad aparente, la infiltración y la capacidad portante en suelos afectados por el pastoreo.

Mientras que, entre los trabajos que muestrean a varias profundidades se pueden destacar los de Johnston (1962) y Rubio y Lavado (1990).

Johnston (1962) muestrea a 3 secciones de profundidad, 0-15, 15-30 y 30-45 cm., para determinar la humedad del suelo en sus estudios sobre los efectos del pastoreo vacuno sobre las tasas de infiltración.

Rubio y Lavado (1990) muestrean también a 3 secciones de profundidad, 0-4, 5-10 y más de 10 cm. En este trabajo se pone de manifiesto que en las dos primeras profundidades no existen diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad, densidad aparente y resistencia mecánica a la penetración, por lo que los mismos autores consideran que la profundidad de 0-4 cm. es muy adecuada para estudiar con detalle el efecto de la pezuña animal.

En este sentido, Porta et al. (1999) advierte que los efectos compactantes de las cargas estáticas sobre el suelo se atenúan con la profundidad, de ahí que sean numerosos los autores que establecen que el impacto del pastoreo se produce sobre la porción de suelo superficial (KNOLL y HOPKINS, 1959; WIND y SHOTHORST, 1964; GIFFORD y HAWKINS, 1978; WILLAT y PULLAR, 1984; RUBIO y LAVADO, 1990).

Por el contrario otros autores como Jialong y Ping (1997) consideran que la compactación de un suelo por pastoreo se produce entre 0 y 30 cm. de profundidad.

Las profundidades de suelo superficial que se muestrean en todos los casos tienen escaso margen de variación, así por ejemplo Rubio y Lavado (1990) muestrean a 4 cm., mientras que Wind y Shothorst (1964) y Willat y Pullar (1984) lo hacen a 5 y 6 cm. respectivamente.

Por todas estas consideraciones parece acertado el muestreo en los primeros centímetros de suelo, concretamente en la primera sección de 5 cm. Esta profundidad viene marcada además por las exigencias de los procedimientos metodológicos que se van a utilizar para el cálculo de ciertas propiedades físicas, como la densidad aparente, la porosidad y la capacidad de campo, las cuales se muestrean en cilindros que tienen 5 cm. de altura.

Por esta misma causa el cálculo de la estabilidad estructural se realiza con muestras tomadas a la misma profundidad.

2.1.2.2. Las condiciones de humedad del suelo.

Es necesario controlar la humedad en el momento del muestreo por dos razones fundamentales:

- a) Para evitar la degradación excesiva de la estructura al recoger las muestras.
- b) Para evitar las interferencias en los resultados que provocan los suelos que se encuentran a distinta humedad.

En relación al primero de los objetivos, Ramos y Cuadrado (1979), Arrue y Martín (1979) y Hodgson (1987) aconsejan realizar el muestreo de las propiedades físicas del suelo a la capacidad de campo, debido a que con el suelo seco es más fácil causar roturas o distorsiones en la estructura del suelo.

En relación al segundo, Knoll y Hopkins (1959) proponen que los diferentes muestreos se deben realizar con el suelo en las mismas condiciones de humedad. Este hecho es muy importante, ya que se pretende no desvirtuar los resultados y así poder comparar unas zonas con otras. Este requisito es necesario para el cálculo de ciertas propiedades, como la capacidad de infiltración.

En el caso concreto de esta propiedad hay que señalar que el frente de humectación, que corresponde con el límite visible entre la tierra mojada y la tierra seca, progresa a velocidad constante en una lluvia o irrigación de intensidad pequeña a mediana. En este proceso tiene un papel fundamental la humedad inicial del suelo, debido a que interviene en la velocidad de avance del frente (Feodoroff, citado por Bonneau y Souchier, 1987).

El objetivo de este trabajo no es analizar las influencias de la humedad sobre las variaciones de las propiedades físicas del suelo, lo que se pretende es evitar las interferencias que provoca la humedad inicial del suelo. Para ello, se ha llevado el suelo a la capacidad de campo, como paso previo al muestreo.

El procedimiento diseñado para conseguir, primero, las mismas condiciones de humedad para todas las muestras y, segundo, situar la humedad del suelos aproximadamente a la capacidad de campo, es el siguiente:

- a) Los puntos de muestreo se riegan con abundante agua hasta llegar a la saturación. Se tapa el suelo con abundante matorral para protegerlo frente a la evaporación excesiva que sufren los primeros centímetros de suelo antes de proceder a muestrear.
- b) Se deja drenar el suelo durante 48 horas hasta que se llegue aproximadamente a la CC.

2.1.2.3. El procedimiento espacial de muestreo.

Se ha seguido el mismo criterio de Knoll y Hopkins (1959) de muestrear los suelos sometidos a pastoreo tanto en los tramos de camino (senderos del ganado) como en las zonas intermedias entre los pasos normales del ganado (tramos de vegetación), con el objetivo de comparar los resultados.

Al mismo tiempo se ha estimado la proporción que representa cada uno de los tramos de sendero y vegetación dentro de cada parcela de muestreo.

Para ello se ha utilizado el mismo procedimiento que se empleó para calcular la cobertura vegetal y los afloramientos rocosos.

Se ha utilizado un cinta métrica con una longitud de 10 m. Esta se coloca sobre la superficie del suelo en las inmediaciones de la propia parcela de muestreo y se contabiliza la distancia que le corresponde a cada tramo. Los resultados se expresan en %.

Se realizan un total de 5 transectos, de los que se extrae la media como valor representativo de la parcela de muestreo.

2.2. OPTIMIZACIÓN DEL MUESTREO.

Todos los autores coinciden en señalar que las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, se caracterizan por una gran variabilidad (CLINE, 1944; YOUNGS, 1983; BRIGGS y SHISHIRA, 1985; VALLEJO et al., 1993; MARTÍNEZ, 1996).

En el caso concreto de las propiedades físicas, la heterogeneidad de resultados es debido a toda una serie de factores que inciden sobre la superficie del suelo (YOUNGS, 1983): presencia de grietas estructurales, presencia de materiales de distinta naturaleza, diferentes procesos de edafogénesis, actividad de los animales, alteraciones provocadas por el hombre, etc.

Esta situación complica aún más la estimación de los parámetros de la población. Para conocerla no basta con tomar una muestra de la unidad espacial objeto de estudio sino que se deberá recoger un número de muestras adecuado que represente de forma fiable a la población.

En la práctica, el análisis de las poblaciones se hace preferentemente mediante muestreo, del cual, si se ha escogido la muestra de forma adecuada, se puede extraer una información similar a la de la población, con la ventaja del menor coste económico y temporal (RODRÍGUEZ, 1993; PEÑA, 1995), teniendo en cuenta que, el conocimiento de una población, salvo excepciones, no se puede conseguir con toda exactitud mediante una muestra (BARBANCHO, 1980).

Con este objetivo se va a calcular el tamaño muestral a partir de una serie de estrategias de optimización del muestreo.

2.2.1. METODOLOGÍA DE TRABAJO.

Se ha seleccionado como escenario para determinar el tamaño del muestreo de cada una de las propiedades físicas del suelo una de las unidades del mapa 10, en la que los suelos a nivel de fase se encuentran diferenciados por la carga ganadera.

Concretamente se ha elegido la unidad 1 en el segundo nivel de fase (suelos de carácter silíceo con exposición Este y Oeste) y más concretamente la unidad 3 del tercer nivel de fase.

El comportamiento homogéneo que deben tener estas unidades en relación a las propiedades físicas del suelo ha permitido reducir previamente la variabilidad de resultados inherentes a los propios factores ambientales.

La unidad muestral elegida tiene una superficie de 250 m² y se caracteriza por estar sometida a una carga ganadera acumulada muy elevada. En relación a los factores de diagnóstico, los suelos son silíceos de estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., la textura es franco-arcillo-arenosa, la cobertura herbácea se encuentra entre el 25 y el 50%, la exposición es Este y la pendiente es del 40%.

Las asociaciones de suelos están compuestas por regosoles lépticos y eútricos y leptosoles eútricos con inclusiones de cambisoles léptico-crómicos y crómico-eútricos. El perfil número 7 que corresponde a un regosol eútrico es la referencia taxonómica más cercana.

La unidad se ha dividido en 10 parcelas de 25 m², tomándose de cada una de ellas 2 muestras a una profundidad de 5 cm. a partir de la superficie, lo que resulta un tamaño muestral de n = 20. En todos los casos, salvo las pruebas de infiltración, se realizaron en el tramo de sendero.

Las técnicas que se han utilizado para analizar la variabilidad de las propiedades del suelo y han servido para diseñar una estrategia de muestreo adecuada, con el objetivo de determinar el tamaño de la muestra, son las siguientes:

- a) Cálculo del tamaño muestral para poblaciones infinitas y con una distribución normal a partir de la fórmula deducida para los intervalos de confianza.
- b) Representación gráfica de la varianza corregida y el error de muestreo para un intervalo de confianza del 95% con un número creciente de muestras (n = 2 ... 20).

Una vez obtenidos los resultados de la aplicación de ambas técnicas se escoge el tamaño muestral más ajustado.

El tamaño muestral, calculado a partir de la fórmula deducida para los intervalos de confianza, permite estimar la media en los muestreos de tipo aleatorio simple y para poblaciones infinitas. La fórmula, a nivel teórico, ha sido analizada por numerosos autores (RODRÍGUEZ, 1993; PEÑA, 1995). Esta toma la siguiente expresión:

$$n = \frac{t_{(\alpha/2)}^2 \sigma^2}{e^2}$$

$t_{(\alpha/2)}$: nivel de confianza.

σ^2 : varianza.

e: error de muestreo prefijado.

Con esta fórmula se obtiene el número mínimo de muestras necesarias para determinar el valor medio de una propiedad.

BRUCE y LUXMOORE (1986) sugieren que esta estimación debe hacerse para un intervalo de confianza del 95% y un error de muestreo para la estimación de la media poblacional igual o inferior al 10% del valor de la media muestral.

La fórmula se ha utilizado en muchos trabajos sobre variabilidad y diseño de muestreos (CLINE, 1944; LLORCA, 1991; BRUBAKER y HALLMARK, 1991; BURROUGH, 1991; VALLEJO et al., 1993; MARTÍNEZ, 1996); sin embargo, parte de estos autores coinciden al señalar que la utilidad práctica de la fórmula es reducida (VALLEJO et al., 1993; MARTÍNEZ, 1996) debido a que

suministra, en todos los casos, un número teórico y, además, el tamaño de muestreo que resulta para estudiar numerosas propiedades es tan elevado que es inviable su aplicación, sobre todo, cuando se utilizan técnicas destructivas.

Sin embargo, pensamos que puede tener gran utilidad cuando previamente al muestreo se ha dividido el territorio en unidades homogéneas.

En algunos de los casos analizados aquí se obtienen valores que se ajustan muy bien a las posibilidades reales de muestreo, como se verá más adelante.

Antes de seguir hay que tener en cuenta que esta fórmula sólo se puede aplicar a muestras con distribución normal (BURROUGH, 1991). En este caso todos los parámetros medidos cumplen el requisito de normalidad en su distribución, a excepción de la capacidad de infiltración (MARTÍNEZ, 1996), lo que motiva que sea necesario el uso de otras técnicas para estimar el tamaño muestral.

Las medidas de dispersión son las técnicas clásicas de análisis de la variabilidad de las propiedades del suelo. Su utilidad descriptiva se pone de manifiesto en numerosos trabajos (ALCALA y MONTURIOL, 1988; VALLEJO et al., 1993).

Los parámetros que usualmente miden la variabilidad son la varianza, la desviación típica y el coeficiente de variación.

Estos se suelen utilizar en la optimización del muestreo representando gráficamente los resultados con un número creciente de muestras, con el objetivo de detectar el punto a partir del cual se estabiliza la variación. Ese punto de estabilización de la curva se puede considerar que representa el número de muestras que se deben tomar para estimar el parámetro poblacional en cuestión.

En este caso se ha utilizado la representación gráfica de la varianza corregida.

Por otra parte, también se ha sometido a la misma representación gráfica al error de muestreo para un nivel de confianza del 95%.

Para establecer el tamaño muestral mediante estas técnicas se ha utilizado como criterio el punto a partir del cual el rango entre los valores de varianza o, en su caso, los errores de muestreo se reducen considerablemente o bien se estabilizan.

En ciertos casos, como en la densidad aparente, no ha sido necesario acudir al rango ya que el punto de inflexión de la curva lo han marcado los propios valores de varianza y error de muestreo.

Para Rodríguez (1993) es imprescindible añadir a cada estimación su grado de precisión para poder determinar, de esta forma, cuál es su aproximación a la realidad y, por tanto, la confianza que merece.

Por lo tanto, una vez obtenidos los resultados del muestreo de campo y del trabajo de laboratorio, se ha realizado la inferencia estadística, mediante la cual se pretende conocer los resultados del muestreo y su precisión.

La inferencia estadística se enfoca, tradicionalmente, utilizando la teoría de la estimación, la cual se desarrolla utilizando las técnicas de estimación por puntos y por intervalos.

La estimación por puntos de las características de la población se estiman, cuando sólo se dispone de una muestra, utilizando la media y la varianza corregida de la misma. En el caso de que los estimadores tiendan a seguir distribuciones normales, las expresiones que se utilizan son las siguientes:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Estimador de la media poblacional}$$

$$\hat{s}^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad \text{Varianza muestral corregida}$$

Cuando se desconoce la media poblacional resulta imposible calcular la varianza de la población (σ^2). Por ello, ésta se sustituye por la varianza muestral (s^2) (RODRÍGUEZ, 1993). En lugar de la varianza se va a utilizar la desviación típica muestral (s), lo que equivale a la raíz cuadrada de la varianza.

En este sentido resulta todavía más conveniente utilizar en lugar de la desviación típica muestral, el mejor estimador o estimador más eficiente de la desviación típica o desviación típica muestral corregida (\hat{S}), siempre y cuando el tamaño de la muestra no pase de 30 (ESTÉBANEZ y BRADSHAW, 1979). Al introducir en la fórmula el divisor $n-1$ se obtienen mejores cualidades como estimador, debido a que es el estimador insesgado.

El error de muestreo para la estimación de la media muestral en el supuesto que se utilice un muestreo aleatorio simple y para una población infinita, toma la siguiente expresión:

$$e = \frac{\hat{S}}{\sqrt{n}} \quad \text{Error de muestreo}$$

e: error de muestreo;

\hat{S} : desviación típica muestral corregida.

En los casos citados y con el objetivo de calcular la distribución por intervalos se sustituye la distribución normal (Z) por la distribución “t de Student” (t) debido a que desconocemos la varianza poblacional (PEÑA, 1995). Igualmente, Estébanez y Bradshaw (1979) argumentan que en los casos en los que el tamaño muestral sea inferior a 30, los límites de confianza deben utilizar la distribución “t de Student”.

Los límites de confianza vienen definidos por la siguiente expresión:

$$\mu: \bar{x} \pm t \frac{\hat{S}}{\sqrt{n}} \quad \text{Límites de confianza para la media poblacional}$$

Que puede resumirse como sigue:

$$\mu: \bar{x} \pm t \cdot e$$

μ = límites de confianza para la media poblacional.

\bar{x} = media muestral.

t = valor de la distribución t para un nivel de confianza dado.

e = error de muestreo.

La precisión de las estimaciones se han calculado para un nivel de confianza del 95%, es decir la probabilidad de inferencia de la población a través de la muestra es del 95%.

2.2.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos de la aplicación de las técnicas de inferencia estadística y del cálculo del tamaño muestral, se representan en el cuadro 47.

CUADRO 47. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL Y RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA n = 20

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	DENSIDAD APARENTE (gr/cm ³)	POROSIDAD (%)	CAPACIDAD CAMPO (%)	CAPACIDAD INFILTRACIÓN (cm/h)	INESTABILIDAD ESTRUCTURAL (índice)
N	20	20	20	20	20
\hat{S}^2	$2,40 \cdot 10^{-2}$	47,07	7,93	109,03	0,47
Media	1,45	36,68	22,56	70,19	1,48
Error muestreo	0,05	3,2	1,23	4,57	0,32
Límites confianza	1,50 – 1,40	39,88 – 33,47	23,80 – 21,33	74,77 – 65,62	1,80 – 1,15
CV (%)	7,95	18,70	12,48	14,87	46,66
Tamaño muestra 1	n=3	n=15	n=7	-	n=95
Tamaño muestra 2	-	n=9	n=7	-	n=8
Tamaño muestra 3	n=6	n=7	n=8	n=6	n=8

LEYENDA:

N: tamaño muestral; \hat{S}^2 : varianza corregida; CV: coeficiente de variación.

Tamaño muestra 1: tamaño de la muestra calculado a partir de la fórmula deducida para los intervalos de confianza (intervalo de confianza del 95% y error de la estimación $\leq 10\%$).

Tamaño muestra 2: tamaño de la muestra estimado mediante la representación gráfica de la varianza corregida.

Tamaño muestra 3: tamaño de la muestra estimado mediante la representación gráfica del error de muestreo.

Se ha realizado para cada muestra analizada el test de rachas de la mediana (PEÑA, 1995) con el objetivo de comprobar la aleatoriedad de las muestras, resultando ser, en todos los casos, aleatorias y, por tanto, válidas.

2.2.2.1. Densidad aparente.

La densidad aparente es un parámetro con escasa variabilidad intrínseca, lo que pone de manifiesto el coeficiente de variación del 7,95% para una muestra de tamaño $n=20$.

El tamaño de la muestra con un nivel confianza del 95% y un error de estimación $\leq 10\%$ obtenido por la fórmula de los diseños de muestreo, es de $n = 3$.

La varianza corregida oscila entre valores con muy poco recorrido por lo que su representación gráfica con un número creciente de muestras no resulta significativa para la optimización del muestreo (gráfico 15).

Por el contrario, mediante la representación gráfica del error de muestreo se obtiene una curva muy significativa (gráfico 16), ya que se observa una reducción progresiva del error de la estimación a medida que aumenta el número de ensayos.

Los valores del error bajan de 0,1 a partir de un tamaño muestral $n = 6$, estabilizándose los errores en torno a 0,07 desde $n = 12$ hasta $n = 20$.

De los resultados obtenidos de la aplicación de ambas técnicas se escoge el tamaño muestral de 3 ensayos porque es el más ajustado de todos. Sin embargo, como los métodos que se van a emplear para el cálculo de la densidad aparente, la porosidad y la capacidad de campo utilizan los mismos procedimientos de extracción de muestras inalteradas en cilindros de 100 cm^3 , se ha llevado el tamaño muestral de esta propiedad a la misma que presentan las otras, es decir, a $n = 7$.

A continuación se comparan la precisión de la estimación de la densidad aparente para un tamaño muestral de 20 y 7 ensayos.

Para un tamaño muestral de 20 ensayos existe un error de muestreo para la media poblacional de 0,05. Esta se eleva a 0,094 cuando el tamaño muestral se reduce a $n = 7$.

Existe una probabilidad del 95% de que los límites de confianza de la media poblacional en el primer tamaño muestral se encuentren entre 1,50 y 1,40 gr./cm^3 ; mientras que, para el segundo tamaño muestral el rango se amplía ya que los límites de confianza se encuentran entre 1,58 y 1,44 gr./cm^3 .

El coeficiente de variación en el tamaño muestral $n = 20$ es del 7,95%, por lo que se puede considerar que la distribución es homogénea; aunque, en el segundo caso el coeficiente de variación se reduce en casi 2 unidades al presentar un valor del 6,05%.

2.2.2.2. Porosidad.

La estimación del tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95% y un error de estimación $\leq 10\%$, obtenida a partir de la fórmula de los diseños de muestreo es de $n = 15$.

La representación gráfica de la varianza corregida es, en este caso, muy significativa (gráfico 17). Resulta una muestra de tamaño $n = 9$, que es cuando el rango de la varianza se estabiliza entre 4 y 5.

El error de muestreo también presenta una tendencia significativa (gráfico 18). El tamaño muestral es de 7 ensayos si se considera como punto de inflexión el momento en el que el rango del error baja de 1 y se estabiliza.

De los resultados obtenidos se escoge el tamaño muestral de 7 ensayos porque es el más ajustado.

Para un tamaño muestral de $n = 20$ existe un error de muestreo para la media poblacional de 3,2, valor que asciende hasta 6,63 cuando la muestra se reduce a $n = 7$.

Existe una probabilidad del 95% de que los límites de confianza de la media poblacional se encuentren en el primer caso entre el 39,88 y el 33,47%, ampliándose el rango cuando se pasa a una muestra de tamaño $n = 7$, concretamente a unos límites de confianza entre el 39,88 y el 26,61%, aunque, como se puede observar, el límite superior, en ambos casos, se ha mantenido constante.

En los dos tamaños muestrales el coeficiente de variación indica que la distribución es moderadamente variable, 18,7 y 25,26% para el mayor y menor tamaño muestral, respectivamente.

2.2.2.3. Capacidad de retención de agua a la capacidad de campo.

La estimación del tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95% y un error de la estimación $\leq 10\%$, obtenida a partir de la fórmula de los diseños de muestreo es de $n = 7$.

La representación gráfica de la varianza corregida es, en este caso, muy significativa (gráfico 19). Resulta una muestra de tamaño $n = 7$, que es cuando el recorrido entre los valores se estabiliza.

El estudio del error de muestreo también muestra una tendencia significativa (gráfico 20). El recorrido entre los valores se estabiliza en torno a 0,2 con un tamaño muestral de $n = 8$ ensayos.

De los resultados obtenidos se escoge el tamaño muestral de 7 ensayos porque es el más ajustado.

Para un tamaño muestral de $n = 20$ existe un error de muestreo para la media poblacional de 1,23, valor que asciende hasta 3,10 cuando se reduce el tamaño a $n = 7$.

Existe una probabilidad del 95% de que los límites de confianza de la media poblacional se encuentren entre el 23,80 y el 21,33% para el primer tamaño muestral, rango que se amplía en el segundo caso con unos límites que se sitúan entre el 24,85 y el 18,65%.

El coeficiente de variación en ambos casos indica que la distribución es moderadamente variable, y, como era de esperar, el coeficiente es más elevado en la muestra de menor tamaño. El coeficiente de variación asciende al 12,48% y 19,25% en las muestras de 20 y 7 ensayos, respectivamente.

2.2.2.4. Capacidad infiltración.

Los resultados obtenidos con la representación gráfica de la varianza corregida no resultan adecuados ya que la tendencia de la curva no satisface los objetivos marcados (gráfico 21).

Por el contrario, el error de muestreo es el que ofrece la mejor tendencia como método de optimización del muestreo. El recorrido entre los errores de muestreo se estabiliza en torno a 1 a partir del tamaño muestral $n = 6$ (gráfico 22).

Para una muestra de tamaño $n = 20$ existe un error de muestreo para la media poblacional de 4,57; mientras que este valor se eleva hasta 6,97 cuando se reduce el muestreo a 6 ensayos.

Existe una probabilidad del 95% de que los límites de confianza de la media poblacional de la muestra de mayor tamaño se encuentren entre 74,77 y 65,62 cm/h; mientras que, en el segundo caso el intervalo se amplía a unos límites comprendidos entre 75,08 y 61,12 cm/h.

El coeficiente de variación en ambos casos indica que la distribución es moderadamente variable. Los valores son muy parecidos, 14,87 y 12,8 % para las muestras de mayor y menor tamaño, respectivamente.

2.2.2.5. Inestabilidad estructural.

La estimación del tamaño de la muestra con un nivel de confianza del 95% y un error de estimación $\leq 10\%$, obtenida a partir de la fórmula de los diseños de muestreo es desproporcionada ya que asciende a $n = 95$.

La representación gráfica de la varianza corregida es, en este caso, muy significativa (gráfico 23). El rango entre las varianzas se estabiliza cuando baja de 0,1, lo que ocurre a partir de una muestra de tamaño $n = 8$.

Los mismos resultados se han obtenido con el estudio del error de muestreo (gráfico 24), es decir, el rango entre los errores se ha estabilizado en torno a 0,1, lo que se ha producido a partir de una muestra de tamaño $n = 8$.

De los resultados obtenidos se escoge el tamaño muestral de 8 ensayos porque es el más ajustado.

Para un tamaño muestral de $n = 20$ existe un error de muestreo para la media poblacional de 0,32, valor que asciende hasta 0,65 cuando la muestra es de 8 ensayos.

Existe una probabilidad del 95% de que los límites de confianza de la media poblacional de la muestra de mayor tamaño se encuentren entre 1,80 y 1,15; mientras que el recorrido entre los intervalos se amplía en la muestra de tamaño $n = 8$, con unos límites que oscilan entre 2,12 y 0,80.

El coeficiente de variación en ambos casos indica que la distribución es muy variable. En la muestra de tamaño $n = 20$ el coeficiente es del 46,66%, elevándose al 60,86% cuando la muestra se reduce a $n = 8$ ensayos.

A modo de conclusión se puede realizar una valoración de las técnicas de optimización del muestreo utilizadas.

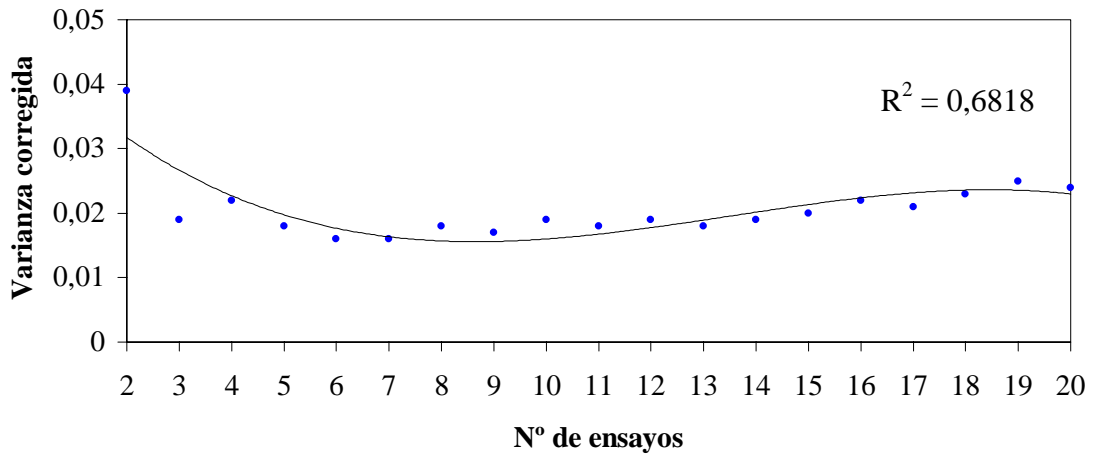
Los resultados obtenidos a partir de la fórmula deducida para los intervalos de confianza, refiriéndose concretamente a la densidad aparente y a la capacidad de campo, se ajustan muy bien a las posibilidades reales de muestreo.

En este sentido hay que valorar positivamente que, como paso previo al muestreo, se ha distribuido a la población en unidades homogéneas, lo que ha reducido la variabilidad intrínseca de las propiedades del suelo medidas.

La representación gráfica de la varianza corregida ha tenido en los casos concretos de la densidad aparente y la capacidad de infiltración una escasa utilidad como técnica de optimización del muestreo; mientras que, en el resto la tendencia de la curva ha sido adecuada para los objetivos marcados.

Por último hay que destacar que, pese a que la representación gráfica del error de muestreo es una técnica poco usual en los estudios sobre variabilidad, sin embargo, los resultados obtenidos han sido muy satisfactorios, poniendo de manifiesto, por tanto, importantes aplicaciones prácticas en la determinación del tamaño muestral.

**GRÁFICO 15. DENSIDAD APARENTE
(Varianza corregida)**

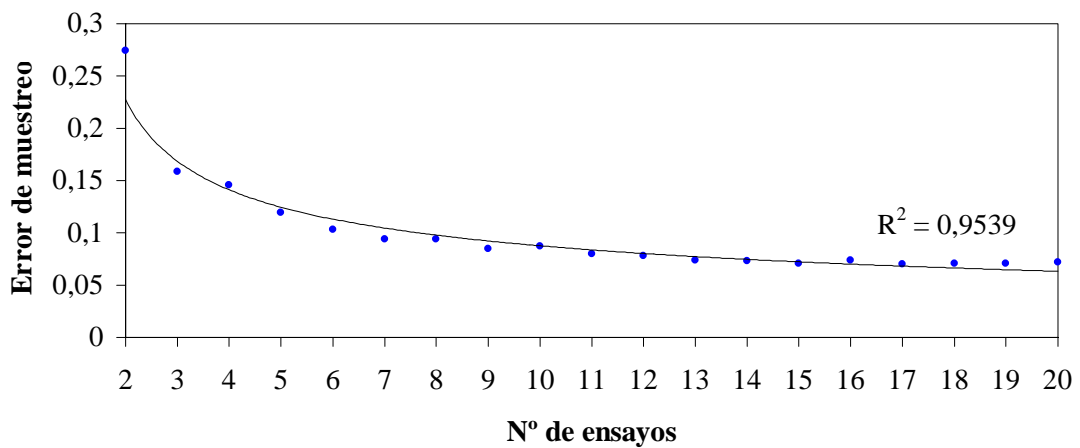


**CUADRO 48. DENSIDAD APARENTE.
VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\hat{S}^2	0,039	0,019	0,022	0,018	0,016	0,016	0,018	0,017	0,019	0,018
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
\hat{S}^2	0,019	0,018	0,019	0,020	0,022	0,021	0,023	0,025	0,024	-

\hat{S}^2 : varianza corregida

**GRÁFICO 16. DENSIDAD APARENTE
(Error de muestreo, nivel de confianza del 95%)**

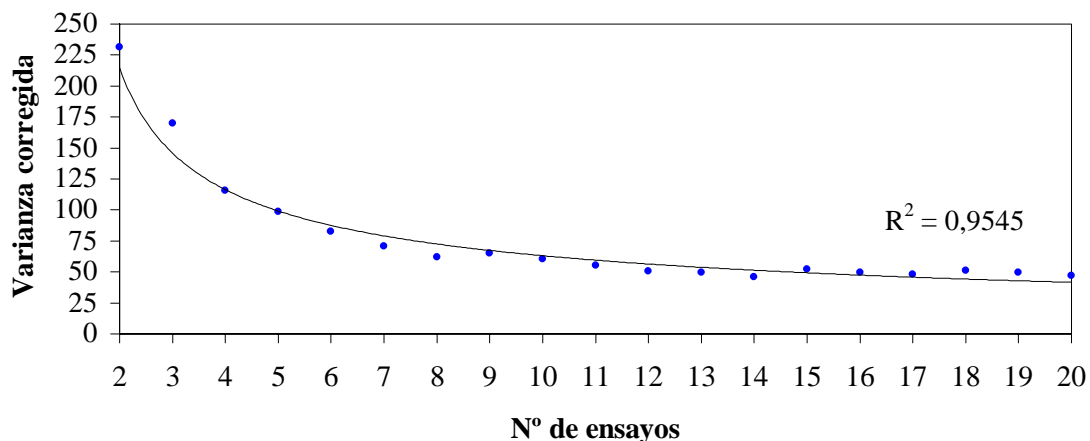


**CUADRO 49. DENSIDAD APARENTE.
ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e	0,27	0,15	0,14	0,12	0,10	0,094	0,094	0,085	0,087	0,08
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
e	0,078	0,074	0,073	0,071	0,074	0,07	0,071	0,071	0,072	-

e: error de muestreo

GRÁFICO 17. POROSIDAD (Varianza corregida)



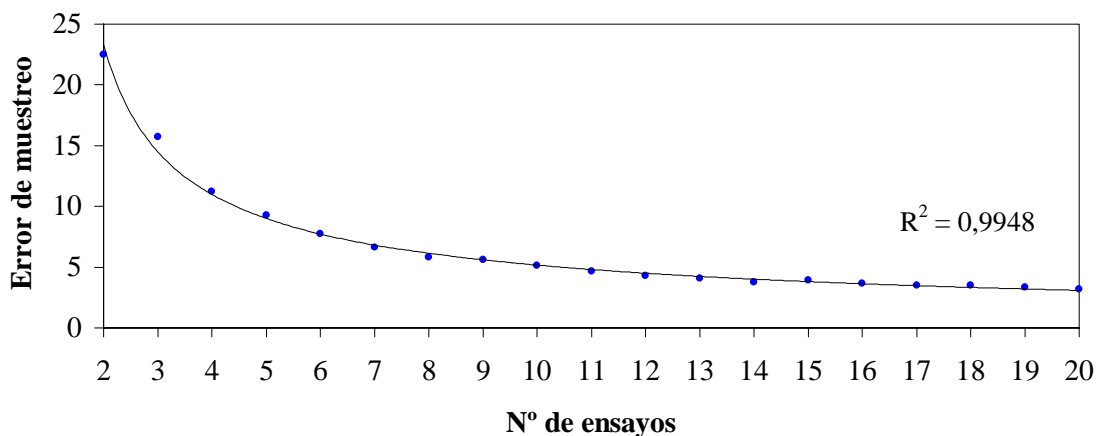
CUADRO 50. POROSIDAD.

VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\hat{S}^2	231,48	169,94	115,76	98,80	82,53	70,85	61,98	64,96	60,52	55,36
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
\hat{S}^2	50,74	49,61	45,81	52,40	49,43	47,79	51,13	49,68	47,07	-

\hat{S}^2 : varianza corregida

**GRÁFICO 18 .POROSIDAD
(Error de muestreo, nivel de confianza del 95%)**



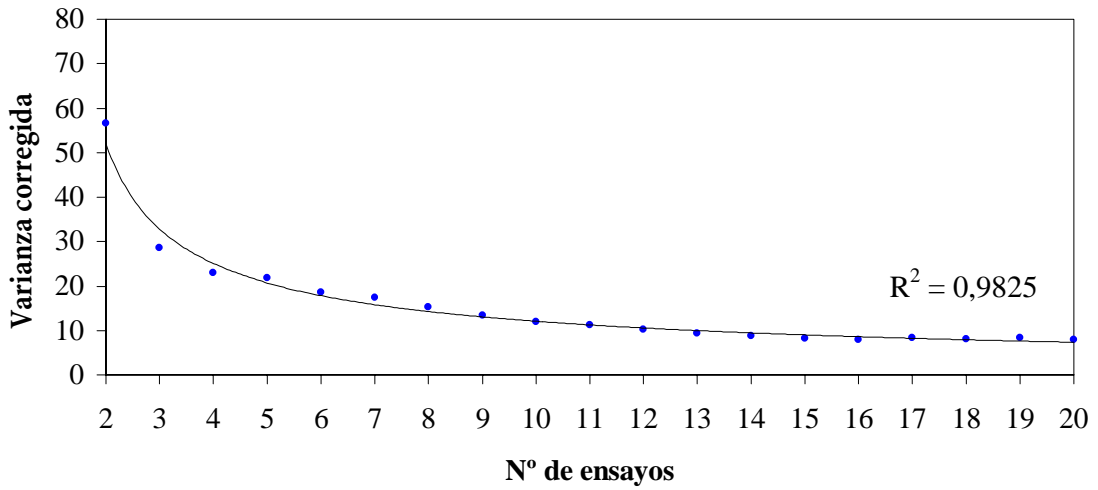
CUADRO 51. POROSIDAD.

ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e	22,48	15,73	11,24	9,29	7,75	6,63	5,81	5,61	5,14	4,68
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
e	4,29	4,08	3,78	3,91	3,67	3,50	3,52	3,38	3,20	-

e: error de muestreo

**GRÁFICO 19. CAPACIDAD DE CAMPO
(Varianza corregida)**

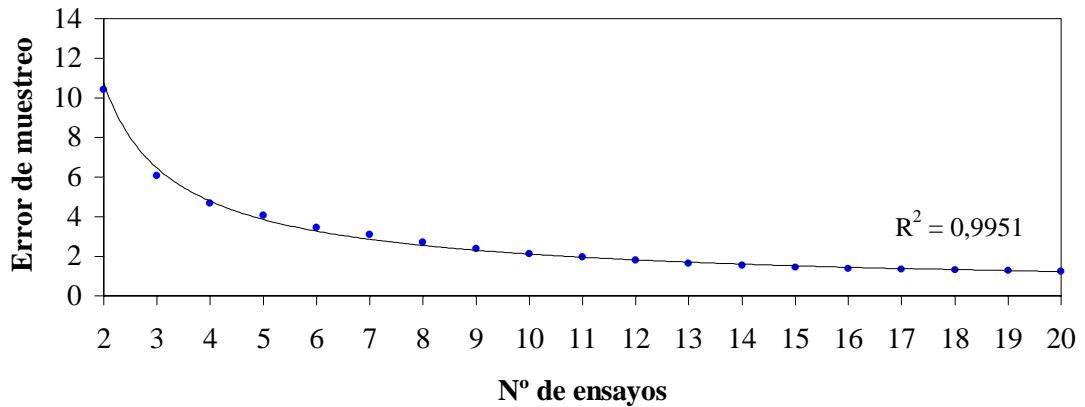


**CUADRO 52. CAPACIDAD DE CAMPO.
VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\hat{S}^2	56,6	28,59	22,92	21,76	18,59	17,54	15,32	13,41	11,96	11,28
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
\hat{S}^2	10,27	9,42	8,83	8,27	7,95	8,36	8,03	8,38	7,93	-

\hat{S}^2 : varianza corregida

**GRÁFICO 20. CAPACIDAD DE CAMPO.
(Error de muestreo, nivel de confianza del 95%)**

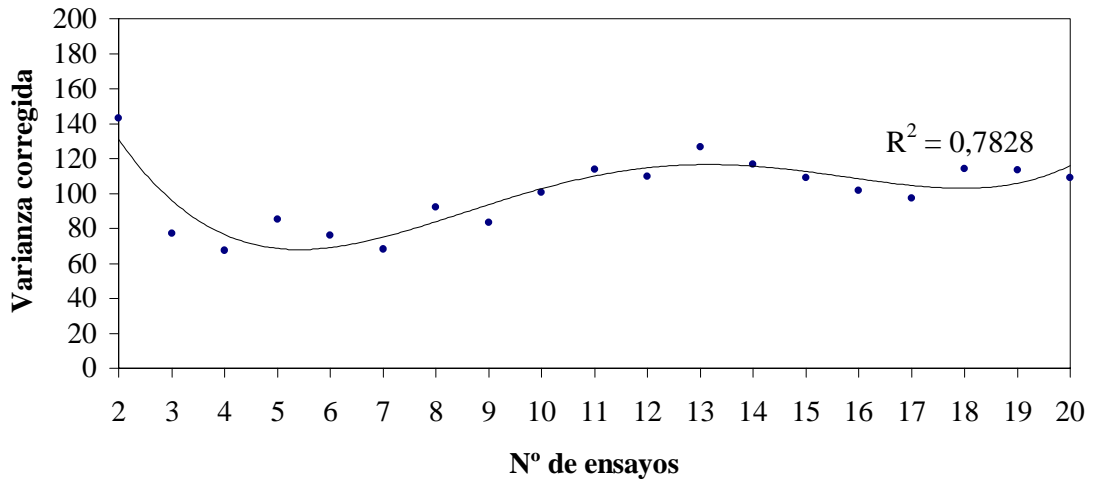


**CUADRO 53. CAPACIDAD DE CAMPO.
ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e	10,42	6,05	4,69	4,08	3,45	3,1	2,71	2,39	2,14	1,98
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
e	1,81	1,66	1,55	1,45	1,38	1,37	1,31	1,30	1,23	-

e: error de muestreo

**GRÁFICO 21. CAPACIDAD DE INFILTRACION
(Varianza corregida)**

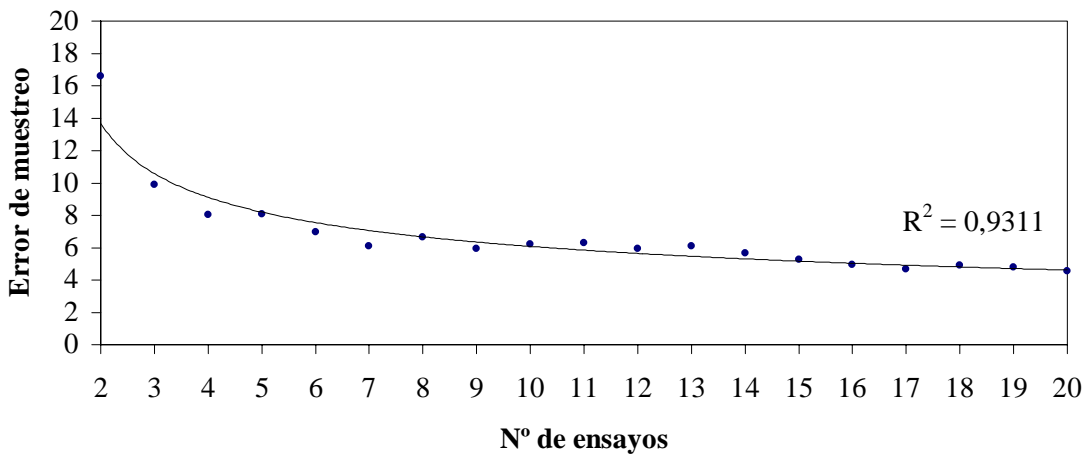


**CUADRO 54. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\hat{S}^2	143,14	76,93	67,34	84,98	76,02	68,13	92,06	83,44	100,56	113,78
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
\hat{S}^2	109,9	126,44	116,79	108,89	101,69	97,19	114,05	113,43	109,03	-

\hat{S}^2 : varianza corregida

**GRÁFICO 22. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
(Error de muestreo, nivel de confianza del 95%)**

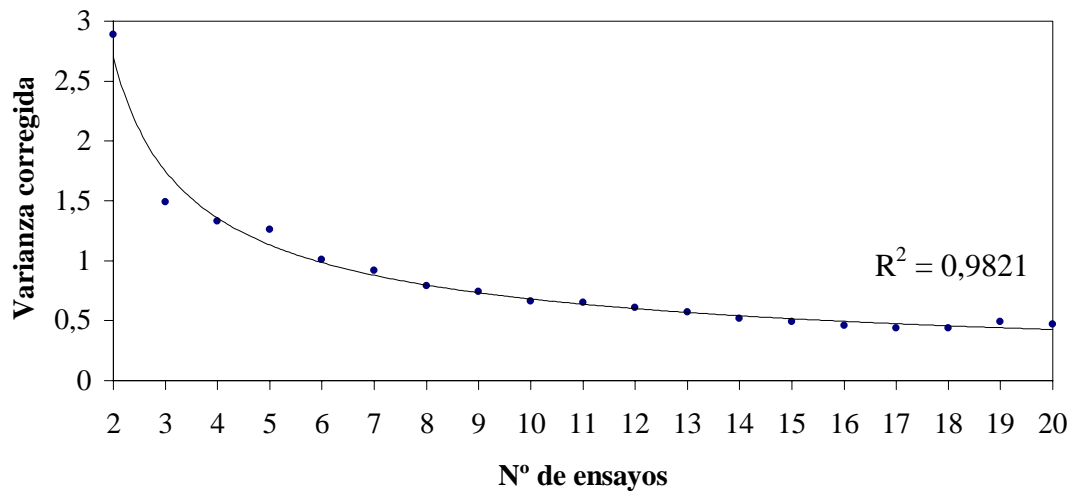


**CUADRO 55. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e	16,58	9,92	8,04	8,08	6,97	6,11	6,65	5,96	6,22	6,30
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
e	5,93	6,11	5,66	5,28	4,94	4,68	4,93	4,79	4,57	-

e: error de muestreo

**GRÁFICO 23. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL
(varianza corregida)**

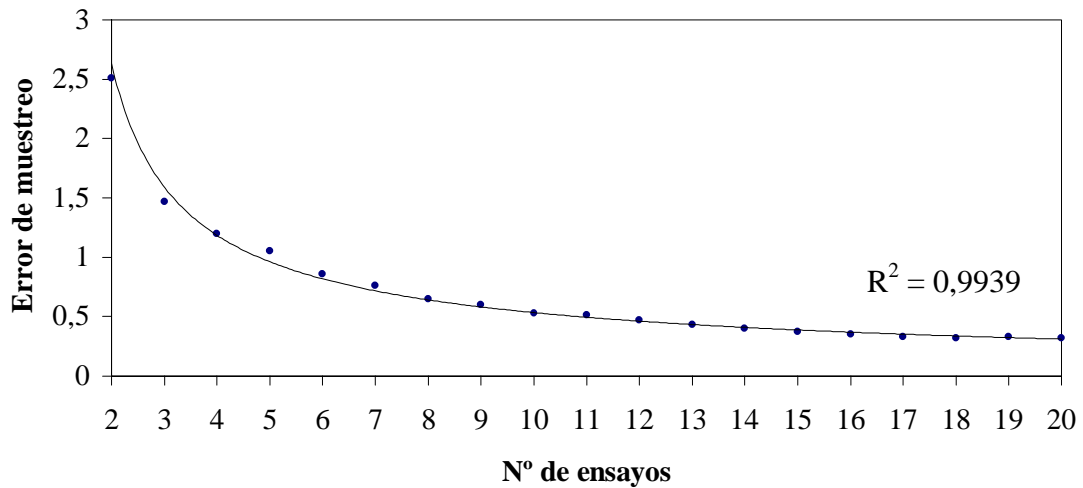


**CUADRO 56. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.
VARIANZA CORREGIDA CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\hat{\sigma}^2$	2,89	1,49	1,33	1,26	1,01	0,92	0,79	0,74	0,66	0,65
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
$\hat{\sigma}^2$	0,61	0,57	0,52	0,49	0,46	0,44	0,44	0,49	0,47	-

$\hat{\sigma}^2$: varianza corregida

**GRÁFICO 24. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL
(Error de muestreo, nivel de confianza del 95%)**



**CUADRO 57. INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.
ERROR DE MUESTREO CON UN NÚMERO CRECIENTE DE MUESTRAS**

Muestras	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
e	2,51	1,47	1,2	1,05	0,86	0,76	0,65	0,6	0,53	0,51
Muestras	12	13	14	15	16	17	18	19	20	-
e	0,47	0,43	0,40	0,37	0,35	0,33	0,32	0,33	0,32	-

e: error de muestreo

2.3. SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.

El muestreo de las propiedades físicas del suelo debe permitir valorar el papel de cada uno de los factores de diagnóstico y de la carga ganadera.

Por este motivo las unidades de muestreo seleccionadas deberían mantener constantes todos los factores a excepción del que se quiere valorar. Este análisis habría que llevarlo a cabo en cada uno de los factores de diagnóstico y en cada uno de los intervalos de carga.

Si a este hecho se suma que el tamaño del muestreo, determinado en el apartado anterior, es considerable, resulta un número extraordinariamente elevado de unidades de muestreo y, por tanto, un volumen de muestras que resulta inviable.

Sin embargo, el análisis que se plantea tampoco es posible porque no se dispone de la casuística necesaria para cubrir a cada uno de los factores en su totalidad.

Por todos estos motivos se debe llegar a una solución intermedia entre el número de unidades a muestrear y el propio tamaño del muestreo.

Se plantean dos soluciones a este problema:

- a) Aumentar el número de unidades a prospectar disminuyendo el tamaño del muestreo.
- b) O bien mantener el tamaño del muestreo y disminuir el número de unidades a un volumen asequible.

En el primer caso se estaría sacrificando la precisión en beneficio de prospectar un mayor número de unidades de suelo.

Esta solución se ha desechado porque no se ha considerado oportuno perder precisión en los resultados. Por esta causa se ha optado por la segunda de las vías.

El procedimiento de selección de las unidades donde se va a llevar a cabo el muestreo sigue las pautas que se detallan a continuación.

La selección parte de las unidades de suelos en el segundo nivel de fase. Dentro de cada una de ellas se seleccionan las unidades de suelos en el tercer nivel de fase más representativas en función de los distintos valores que alcanzan los factores de diagnóstico y la carga ganadera.

En el primer caso se han seleccionado las unidades que presentan los factores de diagnóstico más contrastados con el objetivo de apreciar si existen diferencias claras en los resultados achacables a los factores.

Se han seleccionado 16 unidades de suelos en el tercer nivel de fase y se han acotado un total de 20 parcelas de muestreo (cuadro 58). La localización de estas parcelas se encuentra en el mapa 10.

Las parcelas de muestreo son zonas representativas de la unidad que han sido escogidas para llevar a cabo el muestreo.

En algunas de las unidades se han llegado a acotar hasta 2 parcelas para recoger las variaciones en ciertos factores de diagnóstico y, sobre todo, de la carga ganadera.

CUADRO 58. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE MUESTREO SELECCIONADAS.

UNIDADES 2º y 3º nivel	PARCE LAS	CARGA GANAD.	CARB. CÁLCICO	ESTRUC TURA	TEXTU RA	C. HERB. (%)	EXPOSI CIÓN	PENDIEN TE (%)	
I	1	10	Baja	No Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Este Oeste	40-55
		5	Media	No Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Este Oeste	40-55
	3	7	Muy elevada	No Calcáreo	Bloques <2mm	FAL; FA; FAr	25-50	Este Oeste	25-40
II	4	2	Muy elevada	No Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Norte	>55
		17	Media	No Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Norte	40-55
	7	12	Elevada	No Calcáreo	Granular	FAL; FA; FAr	50-75	Norte	25-40
	8	18	Baja	No Calcáreo	Bloques <2mm	FAL; FA; FAr	<10	Norte	>55
III	9	13	Media	No Calcáreo	Granular	F	25-50	Sur	40-55
		14	Baja	No Calcáreo	Bloques <2mm	FAAr; FL	25-50	Sur	>55
	11	11	Media	No Calcáreo	Bloques <2mm	F	10-25	Sur	10-25
IV	12	8	Media	No Calcáreo	Granular	F	25-50	Indefinida	<10
	13	6	Baja	No Calcáreo	Bloques <2mm	FAAr; FL	10-25	Indefinida	<10
		9	Elevada	No Calcáreo	Bloques <2mm	FAAr; FL	10-25	Indefinida	<10
V	16	16	Baja	Fuertem. Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Este Oeste	40-55
	17	1	Muy elevada	Moder. Calcáreo	Bloques <2mm	F	25-50	Este Oeste	>55
	18	20	Muy elevada	Moder. Calcáreo	Bloques <2mm	A	25-50	Este Oeste	40-55
VI	19	3	Elevada	Ligeram Calcáreo	Bloques <2mm	FAL; FA; FAr	25-50	Norte	40-55
	22	19	Elevada	Fuertem Calcáreo	Bloques <2mm	F	10-25	Norte	25-40
VII	23	15	Baja	Moder. Calcáreo	Bloques <2mm	FAAr; FL	25-50	Sur	40-55
	24	4	Media	Ligeram Calcáreo	Bloques <2mm	FAAr; FL	25-50	Sur	10-25

LEYENDA TEXTURA:

F: franca; FAAr: franco-arcillo-arenosa; FL: franco-limosa; FAL: franco-arcillo-limosa; FA: franco-arcilloso; FAr: franco-arenosa; AL: arcillo-limosa; AAr: arcillo-arenosa; A: arcilloso.

En las **unidades silíceas de exposición Este-Oeste** se han seleccionado las unidades 1 y 3 del tercer nivel de fase.

En la primera se han acotado 2 parcelas de muestreo, las cuales corresponden con los números 10 y 5. Ambas se caracterizan además de por los factores que definen a las unidades en el segundo nivel de fase, por presentar una estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., una textura franca, una cobertura herbácea que oscila entre el 25 y el 50% y una pendiente entre el 40 y 55%.

La carga ganadera es el único factor que varía ya que en la primera de las parcelas la carga es baja; mientras que, en la segunda asciende a media.

En la unidad 3 se ha delimitado la parcela número 7. Esta se caracteriza por los mismos factores de diagnóstico anteriores a excepción de la textura y la pendiente, junto con la carga ganadera que ahora pasa a ser muy elevada.

La textura en este caso, puede ser tanto franco-arcillo-limosa como franco-arcillosa y franco-arenosa; mientras que, la pendiente ha pasado ahora a situarse entre el 25 y el 40%.

En las **unidades silíceas de exposición Norte** se han seleccionado las unidades 4, 7 y 8 del tercer nivel de fase.

En la primera de las unidades se han acotado las parcelas de muestreo 2 y 17. Ambas se caracterizan por los mismos factores de diagnóstico a excepción de la pendiente y la carga ganadera.

En la parcela 2 la pendiente es superior al 55% y la carga es muy elevada; mientras que, en la parcela 17 la pendiente se encuentra entre el 40 y el 55% y la carga ganadera es media.

El resto de los factores de diagnóstico son constantes. La estructura es de bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., la textura es franca y la cobertura herbácea se encuentra en el intervalo del 25-50%.

En la unidad 7 se ha acotado una sola parcela, la 12. Esta se caracteriza por una carga ganadera elevada, una estructura de tipo granular, una textura que puede ser franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa o franco-arenosa, una cobertura herbácea que se encuentra entre el 50 y el 75% y por una pendiente entre el 25 y el 40%.

Hay que destacar, en este caso, que esta es la única unidad que se va a muestrear con una cobertura herbácea superior al 50%.

En la unidad 8 se ha acotado la parcela 18. Esta se caracteriza por una carga ganadera baja, una estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., una textura franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa o franco-arenosa, una pendiente superior al 55% y, sobre todo, por una cobertura herbácea inferior al 10%.

Es importante destacar este último factor porque es la única unidad que se muestrea en estas condiciones.

En las **unidades silíceas de exposición Sur** se han seleccionado las unidades 9 y 11 del tercer nivel de fase.

En la unidad 9 se han acotado 2 parcelas de muestreo, concretamente las que se han identificado con los números 13 y 14. Ambas sólo coinciden en la cobertura herbácea que se encuentra comprendida entre el 25 y el 50%.

El resto de los factores de diagnóstico, junto con la carga ganadera, son variables.

La parcela 13 se caracteriza por una carga ganadera media, una estructura granular, una textura franca y una pendiente situada entre el 40 y el 55%.

La parcela 14 se caracteriza por una carga ganadera baja, una estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., una textura franco-arcillo-arenosa o franco-limosa y una pendiente por encima del 55%.

En la unidad 11 se ha acotado la parcela 11. Esta se caracteriza por una carga ganadera media, una estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., una textura franco-arcillo-arenosa o franco-limosa, una cobertura herbácea entre el 10 y el 25% y una pendiente situada entre el 10 y el 25%.

Hay que destacar, en este sentido, que la reducida pendiente de la unidad se debe a que se encuentra en una cumbre de interfluvio secundario.

En las **unidades silíceas de cumbre** se han muestreado las 2 unidades del tercer nivel de fase que se han diferenciado: unidades 12 y 13.

En la unidad 12 se ha acotado la parcela 8. Esta se caracteriza por una carga ganadera media, una estructura granular, una textura franca, una cobertura herbácea que oscila entre el 25 y el 50% y una pendiente inferior al 10%.

En la unidad 13 se han acotado las parcelas 6 y 9. Ambas se caracterizan por los mismos factores de diagnóstico, variando tan solo la carga ganadera. En la parcela 6 la carga es baja y asciende a elevada en la parcela 9.

En cuanto a los factores de diagnóstico, estas unidades se caracterizan por una estructura en bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., una textura franco-arcillo-arenosa o franco-limosa, una cobertura herbácea que oscila entre el 10 y el 25% y una pendiente inferior al 10%.

En las **unidades calcáreas de exposición Este-Oeste** se han seleccionado 3 unidades del tercer nivel de fase, concretamente la 16, 17 y 18.

Las 3 unidades se caracterizan por una estructura y una cobertura herbácea homogéneas. La estructura es de tipo bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm. y la cobertura herbácea oscila entre el 25 y el 50%. Mientras que, el resto de los factores son variables.

En la unidad 16 se ha acotado la parcela 16. Esta se caracteriza por una carga ganadera baja y por unos suelos fuertemente calcáreos, la textura es franca y la pendiente oscila entre el 40 y el 55%.

En la unidad 17 se ha acotado la parcela 1. Esta se caracteriza por una carga ganadera muy elevada y unos suelos moderadamente calcáreos, la textura es franca y la pendiente es superior al 55%.

En la unidad 18 se ha acotado la parcela 20. Esta se caracteriza por una carga ganadera muy elevada y unos suelos moderadamente calcáreos junto con una textura arcillosa y una pendiente comprendida entre el 40 y el 55%.

Hay que destacar que esta es la única unidad que se va a muestrear que presenta una textura arcillosa.

En las **unidades calcáreas de exposición Norte** se han seleccionado 2 unidades del tercer nivel de fase, concretamente la 19 y 22.

Ambas unidades coinciden en la carga ganadera elevada y en la estructura de tipo bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm.

En la unidad 19 se ha acotado la parcela 3. Esta se caracteriza por presentar unos suelos ligeramente calcáreos, una textura franco-arcillo-limosa, franco-arcillosa o franco-arenosa, una cobertura herbácea entre el 25 y el 50% y una pendiente que oscila entre el 40 y el 55%.

En la unidad 22 se ha acotado la parcela 19. Esta se caracteriza por presentar unos suelos fuertemente calcáreos, una textura franca, una cobertura herbácea entre el 10 y el 25% y una pendiente que oscila entre el 25 y el 40%.

En las **unidades calcáreas de exposición Sur** se han mantenido las 2 unidades del tercer nivel de fase que se han diferenciado, concretamente la 23 y la 24.

Ambas unidades coinciden en la estructura, la textura y la cobertura herbácea. La estructura es de tipo bloques subangulares de tamaño inferior a 2 mm., la textura es franco-arcillo-arenosa o franco-limosa y la cobertura herbácea oscila entre el 25 y el 50%.

En la unidad 23 se ha acotado la parcela 15. Esta se caracteriza por presentar una carga ganadera baja y unos suelos moderadamente calcáreos y una pendiente que oscila entre el 40 y el 55%.

En la unidad 24 se ha acotado la parcela 4. Esta se caracteriza por presentar una carga ganadera media y unos suelos ligeramente calcáreos y una pendiente que oscila entre el 10 y el 25%.

APÉNDICE 1. MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE, POROSIDAD, CAPACIDAD DE CAMPO Y ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

1. LA DENSIDAD APARENTE.

La densidad aparente es la relación entre la masa y el volumen de un suelo en su estado natural, es decir considerando el volumen ocupado por las partículas sólidas junto con los poros.

Este parámetro está directamente relacionado con la estructura del suelo y, por ello, depende de los mismos factores de control, concretamente de los aspectos relacionados con la ordenación y el tamaño de los agregados (LLORCA, 1991).

Existen numerosos métodos para determinar la densidad aparente. Los más usuales son los siguientes:

1. Método del cilindro (HENIN et al., 1972; GUITIAN y CARBALLAS, 1976; BLAKE y HARTGE, 1986);
2. Método de la excavación (HENIN et al., 1972; BLAKE y HARTGE, 1986; BONNEAU y SOUCHIER, 1987);
3. Método del terrón (BRASHER et al. 1966; BLAKE y HARTGE, 1986);

Todos ellos se basan en el secado y pesado de una muestra de suelo para la obtención de la masa; mientras que, el volumen puede ser conocido (método del cilindro) o bien debe ser determinado (método del terrón y método de excavación).

Estos métodos difieren tanto en la forma en la que el suelo es muestreado, como en el método para determinar el volumen (BLAKE y HARTGE, 1986).

De todos ellos se ha seleccionado el método del cilindro porque el procedimiento de muestreo es el mismo que se va a emplear para el cálculo de la porosidad y la capacidad de campo. De esta forma en una sola muestra se determinan 3 propiedades físicas del suelo.

a) Material necesario.

- Estufa.
- Balanza.
- Equipo de toma de muestras inalteradas. Se trata de una sonda en la que se coloca un cilindro hueco que se va llenando al introducirla en el suelo. Se obtiene así, un volumen conocido de suelo en su estado natural.

- Cilindros de acero inoxidable de 100 cm³ de 5 cm. de diámetro por 5,1 cm. de altura con extremidad biselada y con paredes de reducido espesor.

b) Procedimiento y cálculos.

Los cilindros se introducen hasta el nivel del suelo utilizando la sonda de extracción de muestras de suelos inalteradas. Es necesario insertar bien el cilindro en sentido vertical (HENIN et al., 1972), o bien horizontal, cuidando de que la muestra preserve su estructura natural.

Para recuperar el cilindro del suelo se corta cuidadosamente el suelo por debajo con una azada, se eleva el conjunto suelo-cilindro y se corta la tierra a ras del cilindro con un cuchillo. Se aplican unas bases de madera en cada extremo del cilindro unidas por gomas elásticas, cuidando de no perder material durante el procedimiento.

La masa del suelo se determina en el laboratorio, secando la muestra a 105-110°C hasta peso constante, obteniéndose la masa de suelo (M) y como se conoce el volumen total del suelo, es decir el volumen de poros más el volumen de sólidos, lo cual equivale al volumen del cilindro (V) se obtiene la densidad aparente (ρ_a) mediante la siguiente relación:

$$\rho_a = \frac{M}{V}$$

ρ_a : densidad aparente (gr/cm³).

M: masa de suelo seco a 105-110°C hasta peso constante (gr.).

V: volumen total del suelo (cm³): 100 cm³.

2. LA POROSIDAD.

La porosidad es la relación entre el volumen de poros y el volumen total del suelo. La porosidad de un suelo es el resultado de la ordenación de sus constituyentes sólidos.

Bonneau y Souchier (1987) diferencian 2 tipos de porosidades relacionadas con los tipos de transferencias de agua dentro del suelo:

- a) Microporosidad o porosidad capilar. Corresponde al volumen de poros capilares, con un diámetro (θ) inferior a $3-8\mu$, según la textura. Aquí es donde se retiene el agua después del drenaje.
- b) Macroporosidad o porosidad no capilar. Corresponde al volumen de poros más grandes ($\theta > 8\mu$). Después del drenaje del suelo estos poros quedan ocupados por aire.

La porosidad total es la suma de ambas porosidades.

En este sentido hay que destacar las consideraciones de Porta et al. (1999) para el que la distinción entre macro y microporosidad no tiene una base física real.

La porosidad total del suelo se puede determinar mediante la relación entre densidades o mediante la relación entre volúmenes.

Cálculo de la porosidad total mediante la relación entre densidades.

$$P = \frac{\rho_r - \rho_a}{\rho_r} \times 100$$

P : porosidad total.

ρ_a : densidad aparente.

ρ_r : densidad real.

Cálculo de la porosidad total mediante la relación entre volúmenes.

$$P = \frac{V_p}{V_t} \times 100$$

P : porosidad total.

V_p : volumen de poros.

V_t : volumen total (poros + partículas).

Se ha empleado para el cálculo de la porosidad total esta última relación.

a) Material necesario.

- Equipo de toma de muestras inalteradas.

- Balanza.
- Estufa.

b) Procedimiento y cálculos.

Se toman muestras de suelo inalteradas en cilindros de 100 cm³ de la misma forma que se realizó durante el muestreo de la densidad aparente.

Se coloca sobre una de las bases del cilindro una tela permeable. Las muestras se someten a saturación durante 24 horas, de la misma forma que se especifica durante la determinación de la capacidad de campo. Una vez saturadas las muestras se pesan (P1).

Finalmente se introducen en estufa a 105-110°C hasta peso constante y se vuelven a pesar las muestras (P2).

La porosidad se obtiene a partir de la siguiente expresión

$$P = \frac{V_p}{V_t} \times 100$$

P : porosidad total.

V_p (volumen de poros): P1-P2

V_t (volumen total): 100 cm³.

El volumen de poros es igual al volumen de agua que se añade en el suelo hasta saturación (P1 – P2).

Arrue y Martín (1979) consideran que existe una estrecha relación entre la porosidad total y la cantidad de agua que existe en el suelo en condiciones de saturación, aunque sugieren que dichos parámetros no se deben considerar equivalentes.

Como el volumen total del suelo equivale al volumen del cilindro, 100 cm³, la expresión de la porosidad total queda como sigue:

$$P = P1 - P2$$

P : porosidad total.

P1: peso suelo saturado de agua (gr.).

P2: peso suelo seco en estufa a 105-110°C (gr.).

3. LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA EN EL SUELO A LA CAPACIDAD DE CAMPO.

El suelo es capaz de retener una cierta cantidad de agua que escapa a la acción de la gravedad, lo cual se debe a la acción combinada de las diversas fuerzas (capilares, osmóticas, de adhesión, curvatura, etc.) que ejerce la matriz del suelo sobre el agua (DUCHAUFOR, 1975).

Para extraer el agua del suelo es necesario ejercer un trabajo contra estas fuerzas del campo matricial que se denomina, por ello, **potencial matricial**. Este potencial varía con el grado de humedad, disminuyendo éste a medida que aumenta la humedad. Se denomina tensión, sección o potencial de humedad a la fuerza con que el agua es retenida en el suelo (FUENTES, 1994).

El potencial matricial es negativo en suelos no saturados y llega a 0 bajo el nivel freático. Los valores de este potencial se mueven en un intervalo que va de 0 kPa (suelo saturado de agua) hasta -2000 kPa (PORTA et al., 1999).

El potencial matricial (Ψ) se expresa en las siguientes unidades: en términos de presión (gr/cm^2), en atmósferas (atm), en carga hidráulica equivalente (Z) (cm de columna de agua) o bien en kilopascales (kPa).

Veihmeyer y Hendrickson (1931, citado por Cassel y Nielsen, 1986) introdujeron el concepto de capacidad de campo. Este es definido en el Glosario de Términos de la Ciencia del Suelo (Soil Science Society of America, 1984, citado por Cassel y Nielsen, 1986) de la siguiente forma: “cantidad de agua que queda retenida en un suelo después de 2 a 3 días de drenaje tras la saturación y después de que el drenaje libre fuese insignificante”.

Duchaufour (1975) establece que tras la saturación se inicia una fase de drenaje rápido que dura de 1 a 2 días, según los suelos, a lo que sucede una fase de drenaje lento, muy larga. El agua que subsiste después de la primera fase se llama agua gravitacional de flujo lento y ese punto de la curva de humedad se conoce con el nombre de capacidad de campo.

Guitian y Carballas (1976) se muestran partidarios de un período de drenaje de 1 a 2 días para definir la humedad del suelo a la capacidad de campo.

Cassel y Nielsen (1986) y Porta et al. (1999) precisan esta definición estableciendo que el agua se supone comienza un drenaje lento después de un período de tiempo de 48 horas tras la saturación. En este momento la mayor parte de la macroporosidad está ocupada por aire (PORTA et al., 1999).

Se suele utilizar como medida de la capacidad de campo el valor del contenido de agua que retiene una muestra de suelo a una presión de -33 kPa (PORTA et al., 1999), lo que equivale con una tensión de 1/3 atm. Por su parte, Guitian y Carballas (1976) asignan a la capacidad de campo un valor de pF comprendido entre 2,1 y 3.

Se ha empleado para determinar la capacidad de campo el método de medición in situ de Cassel y Nielsen (1986), sobre el cual se ha aplicado una

modificación sobre el procedimiento de saturación ya que en lugar de realizarse in situ se han tomado muestras que se han llevado al laboratorio, donde se ha realizado la saturación.

a) Material necesario.

- Equipo de toma de muestras inalteradas.
- Balanza.
- Estufa.

b) Procedimiento y cálculos.

Se toman muestras de suelo inalteradas en cilindros de 100 cm³ de la misma forma que se realizó durante el muestreo de la densidad aparente.

Una vez en el laboratorio, se coloca sobre una de las bases del cilindro una tela permeable y se someten todas las muestras a saturación.

El proceso de saturación es el siguiente. Los cilindros se colocan en un recipiente con agua destilada. El nivel de agua se mantiene en el borde superior del cilindro, justo antes de que ésta entre en contacto con el suelo. Se dejan los cilindros saturando por ascenso capilar durante 24 horas.

Mediante este proceso, los cambios estructurales por expulsión rápida del aire en el interior de la muestra son mínimos, ya que el ascenso capilar de agua a través de los cilindros se hace muy despacio (LÓPEZ y LÓPEZ, 1990).

Una vez saturadas las muestras de suelos se retiran del recipiente y se introducen en otro que se encuentra totalmente seco, se cubre el recipiente para que no se produzca evaporación y se dejan drenar durante 48 horas. Se pesan las muestras (P1).

Finalmente se introducen en estufa a 105-110°C hasta peso constante y se vuelven a pesar las muestras (P2).

La capacidad de campo se expresa en porcentaje de agua con respecto a suelo seco.

$$CC = \frac{P1 - P2}{P2} \times 100$$

CC: capacidad de campo (%).

P1: peso suelo después de 48 horas de drenaje (gr.).

P2: peso suelo seco en estufa a 105-110°C (gr.).

4. LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

Recibe el nombre de estructura la ordenación espacial de las partículas minerales del suelo (arenas, limos y arcillas) en agregados, las cuales se encuentran enlazadas por materia orgánica e hidróxidos de hierro y aluminio (BONNEAU y SOUCHIER, 1987; FUENTES, 1994; PORTA et al., 1999). La estructura, por tanto, hace referencia a la forma en la que los agregados se encuentran ordenados en el suelo.

Las partículas minerales sueltas se pueden unir de forma natural para formar unidades de mayor tamaño que se denominan agregados. Su existencia tiene una gran importancia para la vida vegetal que se puede desarrollar sobre el suelo, debido a que las partículas no forman una masa continua al estar constituida por huecos (poros, canales, fisuras) que se comunican entre sí (PORTA et al., 1999) y permiten el paso del agua y el aire, elementos esenciales para la vida, no sólo de las plantas sino también de los microorganismos que viven en el suelo.

La estabilidad de la estructura hace referencia a la resistencia que oponen los agregados del suelo a las influencias de desintegración del agua y de la manipulación mecánica (BAVER et al., 1991).

Se han diseñado numerosos métodos para medir la estabilidad estructural. Duchaufour (1975) y Porta et al. (1999) diferencian entre métodos indirectos y métodos directos.

Los primeros son los que estudian la estabilidad estructural a través de la porosidad, la permeabilidad del agua y del aire y la infiltración; mientras que, los segundos son métodos diseñados exclusivamente para el estudio de la estructura.

Otros métodos someten el terrón de suelo al impacto de las gotas de agua en el laboratorio, semejando éstas gotas de lluvia.

De los tipos de métodos considerados se ha seleccionado uno de los métodos directos, concretamente el índice de inestabilidad estructural de Henin et al. (1972) que se describe a continuación.

a) Material necesario.

- Tierra fina seca al aire (pasada por un tamiz de 2 mm.).
- Alcohol etílico.
- Benceno.
- Agua destilada.
- Vasos de precipitado (250 cm³).
- Erlenmeyers (750 cm³).
- Tamices de 2 y 0,2 mm. de malla.

b) Pretratamientos.

En este test se realizan dos pretratamientos sobre las muestras de suelo, uno con alcohol etílico y otro con benceno, junto con una muestra que se somete a la acción directa del agua (sin pretratamiento).

El objetivo de los pretratamientos es hacer actuar a los factores que determinan la estabilidad estructural.

Con este fin, se suprime el efecto de estallido a través de los pretratamientos para dejar actuar sólo a los efectos de cohesión. La fragilidad del material se manifiesta posteriormente mediante tamizado.

Descripción de los pretratamientos:

Pretratamiento con alcohol etílico.

El alcohol etílico aumenta la estabilidad media de los agregados en el agua al atenuar el efecto de estallido, debido a que el alcohol sustituye al aire de los poros. Cuando la tierra se sumerge posteriormente en agua, el alcohol que es miscible con ese líquido, se reemplaza por éste sin que se produzca estallido (HENIN et al., 1972).

Pretratamiento con benceno.

Las sustancias orgánicas son poco permeables al agua por lo que si una tierra se empapa con un líquido orgánico no miscible con el agua (sulfuro de carbono, parafina, benceno, etc.) pueden ocurrir dos cosas dependiendo del contenido de materia orgánica en el suelo:

- a) En el caso de suelos pobres en materia orgánica, el benceno aumenta la posterior destrucción de los agregados por el agua. Cuando éstos se sumergen en agua el aire de los agregados no es el que se ve sometido a presión sino el benceno, por lo que el estallido puede llegar a ser muy fuerte (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).
- b) En el caso de suelos con elevado contenido en materia orgánica, el benceno se fija sobre ésta y forma una capa que separa el agua del suelo por lo que la mojabilidad disminuye, protegiendo los agregados de la acción del agua (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Sin pretratamiento.

Los agregados sin pretratamiento no están protegidos del efecto del estallido. En este caso, el porcentaje de agregados que resulta del tamizado en húmedo está fuertemente influenciado por la arcilla, el hierro libre y la materia orgánica, por este mismo orden (HENIN et al., 1972).

c) Descripción del método.

1. Se tamiza el suelo, secado previamente al aire, por un tamiz de 2 mm. de malla.

2. Se extiende la tierra fina sobre una bandeja, repartiéndose los diferentes tamaños.
3. Se extraen 3 muestras de 5 gr., que se obtienen de sacar 4 ó 5 tomas de distintos puntos de la bandeja.
4. Tratamiento de la tierra. Cada toma de 5 gr. se deposita en vasos bien secos de precipitado de 250 cm³. Se añade lo siguiente:
 - Vaso n° 1: se añaden 5 gr. de tierra + 5 cm³ (5 ml.) de alcohol etílico.
 - Vaso n° 2: se añaden 5 gr. de tierra + 5 cm³ (5 ml.) de benceno.
 - Vaso n° 3: se añade 5 gr. de tierra y se llena con agua destilada.
5. Pasados 5 minutos, se llenan de agua destilada los vasos 1 y 2.
6. Los 3 vasos se dejan en reposo durante 30 minutos.
7. Se trasvasa el contenido de cada uno de los vasos a erlenmeyers de 750 cm³. Para esta operación se utiliza un chorro fino de agua de manera que no se destruyan los agregados. El volumen se enrasa a 300 cm³ con agua destilada.
8. Se tapa el erlenmeyer y se agita 20 veces volteándolo (por inversión).
9. A continuación se tamiza por una malla de 0,2 mm. y bajo éste se coloca un recipiente de suficiente tamaño. El tamiz se golpea contra el recipiente para expulsar el aire aprisionado con la precaución de no disminuir de forma apreciable los agregados sobre el tamiz. Se agita el tamiz de 10 a 40 veces con un movimiento helicoidal de ida y vuelta de aproximadamente 120°: se realiza 30 veces en 30 segundos (HENIN et al., 1972; BONNEAU y SOUCHIER, 1987).
 El tamizado es preferible que se haga mecánicamente, aunque tamizando durante un largo período (10 a 30 minutos) se puede obtener una suficiente alteración de los agregados para detectar diferencias de estabilidad entre suelos (KEMPER y ROSENAU, 1986).
 Por su parte, Knoll y Hopkins (1959) en sus estudios sobre los efectos del pastoreo sobre las propiedades físicas del suelo, determina el porcentaje de agregados estables al agua mediante un tamizado en húmedo durante 2 minutos.
10. Se pesan los agregados estables, es decir las partículas que permanecen en el tamiz en cada uno de los 3 casos (Ag_a, Ag_e, Ag_b).

Los resultados se expresión de la siguiente forma:

$$\left[\frac{Ag_a + Ag_e + Ag_b}{3} \% \right] - 0,9 Sg$$

Ag_a: agregados estables de la muestra tratada con alcohol etílico.

Ag_e: agregados estables de la muestra sin pretratamiento.
 Ag_b: agregados estables de la muestra tratada con benceno.
 Sg: fracción arena gruesa (%).

Se emplea la media aritmética de los 3 resultados que se obtienen del tamizado. Además de los agregados estables, existen también arenas gruesas que tienen un diámetro mayor de 0,2 mm (concretamente de 0,2 a 2 mm.). Es necesario sustraerlas, pero no completamente ya que ejercen una influencia favorable, por ello se sustrae el 90% la fracción arena gruesa (Sg), permaneciendo tan sólo el 10% restante. Esta se determina a partir de los materiales recogidos en el tamiz.

11. Por último se determina la fracción en suspensión que queda sobre la cápsula (partículas de tamaño inferior a 20μ = arcillas + limos finos). La suspensión se homogeneiza durante 15 segundos y se toma por el método de la pipeta de Robinson. Se obtiene normalmente de la muestra pretratada con benceno o la que no haya sufrido ningún pretratamiento (HENIN et al., 1972); o bien se obtiene de las 3 muestras y sólo se utiliza el valor más elevado de los tres (BONNEAU y SOUCHIER, 1987).

Para que la suspensión no flocule durante la sedimentación se añade algún tipo de dispersante.

d) Expresión de los resultados.

$$S \text{ ó } I_s = \frac{\text{arcillas + limos finos (\%) máximo}}{\left[\frac{\sum \text{agregados (\%)}}{3} \right] - 0,9 S_g (\%)}$$

Arcillas + limos finos (%) máximo: fracción máxima de los tres tratamientos que se obtienen del pipeteado.

$\sum \text{agregados (\%)} = Ag_a + Ag_e + Ag_b (\%)$.

$0,9 S_g (\%) = 90 \%$ de las arenas gruesas.

e) Interpretación de los resultados.

El índice I_s expresa la inestabilidad de los agregados que es tanto más elevado cuanto la estructura es menos estable: > I_s > inestabilidad estructural

El índice I_s puede variar desde 0,1 en las estructuras muy estables hasta más de 100 en margas y tierras sódicas donde la estabilidad estructural es muy reducida.

APÉNDICE 2.

ADAPTACIÓN DEL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

1. MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN.

Existen diferentes tipos de infiltrómetros, de los cuales se pueden destacar los infiltrómetros de cilindro o de inundación, tanto simples como dobles, los infiltrómetros cerrados, los infiltrómetros de tensión, etc.

Pese a que no se corresponde con el mismo procedimiento de los métodos anteriores, también hay que destacar el simulador de lluvia o infiltrómetro de aspersión.

El simulador de lluvia es, en la actualidad, un método frecuentemente usado. Consiste en aplicar sobre el suelo una cantidad conocida de agua, obteniéndose la tasa de infiltración por la diferencia entre la cantidad de agua aplicada y el agua que se pierde por escorrentía. Su utilidad, por tanto, es doble ya que suministra información, tanto de las tasas de escorrentía como del agua de infiltración.

Las comparaciones entre métodos son inevitables y prueba de ello son las innumerables citas que se pueden hacer al respecto. En relación a los juicios comparativos entre el infiltrómetro de cilindro y el simulador de lluvia se pueden destacar las siguientes consideraciones.

Gifford y Hawkins (1978) consideran que se obtienen mejores resultados con el simulador de lluvia, mientras que destaca del infiltrómetro de cilindro por ser un método más simple, rápido y barato, aunque suministra resultados menos fiables.

Amerman (1983) cita a numerosos autores y de todos ellos se desprenden consideraciones muy contrastadas. Unos, señalan la cautela que es necesaria tener cuando se usa el infiltrómetro de cilindro y destacan como más fiable el método de la lluvia simulada. Otros, no se ponen de acuerdo y señalan, al utilizar ambos métodos, tanto diferencias significativas como no significativas en las tasas finales de infiltración.

Por el contrario, Touma y Albergel (1992) encuentran que el infiltrómetro de cilindro es más apropiado que el simulador de lluvia cuando la superficie del suelo es susceptible de encostramiento.

2. EL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO.

El principio de funcionamiento de un infiltrómetro consiste en un cilindro abierto que se introduce suavemente en el suelo, se somete a una carga de agua y se mide el volumen de este líquido que es drenado por unidad de tiempo (MARTÍNEZ y LÓPEZ, 1996).

El infiltrómetro de cilindro es el método que se ha utilizado en este trabajo para medir la infiltración. Este método se sigue empleando en numerosas investigaciones, por su sencillez, bajo coste y manejo, aunque presenta importantes limitaciones como se podrá comprobar en el próximo epígrafe.

Existen dos tipos de infiltrómetros de cilindro, uno compuesto por un solo cilindro que se conoce como infiltrómetro de cilindro simple y otro compuesto por dos y denominado infiltrómetro de cilindro doble.

2.1. CONSIDERACIONES SOBRE EL MÉTODO.

Son numerosos los problemas que se le atribuyen al método. Los autores que han trabajado con el infiltrómetro de cilindro distinguen numerosos aspectos, tanto referentes a la instalación como inherentes a las propias limitaciones del método.

Las consideraciones que se plantean son las siguientes:

a) *Introducir los cilindros modifica las condiciones del suelo.* La fricción del tubo al ser introducido en el suelo puede llegar a producir un importante deterioro estructural del suelo dentro del cilindro (HORTON, 1940; PONCE, 1989; LÓPEZ y MINTEGUI, 1986). Esta alteración puede provocar en ciertos casos una compactación del suelo, por lo que la tasa de infiltración sería más baja. Si el suelo tiene una costra u otra capa de baja permeabilidad en la superficie o cerca de ella la instalación del infiltrómetro la rompería por lo que las medidas de infiltración serían, en este caso, más elevadas.

b) *Los flujos laterales afectan a las tasas de infiltración.* No se consigue por completo que el agua del cilindro interior se mueva sin extenderse lateralmente (HORTON, 1940; AMERMAN, 1983; LÓPEZ y MINTEGUI, 1986; YOUNGS, 1987, 1991). Las causas de los flujos laterales pueden estar motivadas por las fuerzas capilares en el contacto entre la porción de suelo bajo el cilindro y el resto del suelo, por capas de reducida conductividad hidráulica en el perfil y por la altura de la columna de agua (BOUWER, 1982).

c) En el caso de que se utilice un infiltrómetro doble es difícil *mantener un mismo nivel de agua en ambos cilindros* (PONCE, 1989; LÓPEZ y MINTEGUI, 1986).

d) *La inundación a la que se ve sometida el suelo no es representativa de las condiciones reales que se dan en la naturaleza, junto con el efecto de la columna de agua sobre el suelo.* Además, cuando se utiliza este método se prescinde, del efecto de compactación producido por el impacto de las gotas de lluvia (HORTON, 1940; LÓPEZ y MINTEGUI, 1986; PONCE, 1989).

e) *Aplicación descuidada del agua en el cilindro* (BOUWER, 1982). Cuando se aplica agua dentro del cilindro se debe cuidar que las arcillas y demás

partículas finas no asciendan en suspensión porque cuando se depositen puede crear una capa de baja permeabilidad en la superficie. El resultado es una tasa de infiltración final inferior a la real. Para minimizar este error se debe evitar el impacto directo del agua sobre la superficie del suelo dentro del cilindro, por ejemplo, utilizando una tapa invertida o cubriendo la superficie con un paño o capa de arena gruesa o grava fina o mediante algún dispositivo similar que proteja la superficie del suelo contra el impacto directo del flujo de agua.

f) *La calidad y composición química del agua, incluyendo sedimentos, usada en los ensayos, debería ser la misma que la que se infiltra en condiciones naturales* (Bouwer, 1982). Esto es porque la composición aniónica del agua afecta a la floculación-defloculación de la arcilla, de ahí que afecte a la estructura del suelo y a la conductividad hidráulica. Sedimentos y otras suspensiones sólidas en el agua de infiltración formarían capas de baja permeabilidad, lo que reduce las tasas de infiltración.

g) *La temperatura del agua de infiltración debería ser la misma que la del suelo* (BOUWER, 1982). Si el agua de infiltración está más fría que el suelo, se pierde el aire del agua de infiltración. Se conoce que hay una relación entre temperatura y capacidad de transmisión de suelos saturados y, en general, entre temperatura y flujos laminares. La temperatura actúa en el cambio del flujo laminar a través de un cambio de viscosidad del fluido, la tasa del flujo aumenta cuando la viscosidad decrece. Mientras la viscosidad del agua decrece cuando la temperatura aumenta, la viscosidad del aire sigue la ley inversa o aumenta con el aumento de la temperatura (HORTON, 1940).

h) *Efecto biológico sobre la tasa de infiltración* (HORTON, 1940; BOUWER, 1982). El crecimiento de bacterias y algas en la superficie del suelo reduce las tasas de infiltración a través de la acumulación de biomasa y productos metabólicos (BOUWER, 1982). Horton (1940) considera que los factores biológicos son las principales causas del ciclo estacional de la capacidad de infiltración. Debido a este hecho se llega a apreciar un marcado incremento de la capacidad de infiltración durante la primavera, cuando la fauna del suelo llega a ser activa y, por el contrario, se produce un marcado decremento de la capacidad de infiltración cuando éstos bajan su actividad.

i) Existen *otros problemas* como la influencia que ejerce el propio diámetro de los cilindros, la variabilidad de los suelos y heterogeneidad del perfil, la macroporosidad y contracción-expansión de los suelos, debido a que todos estos aspectos influyen sobre la representatividad de los resultados (YOUNGS, 1991).

Pese a todas estas consideraciones sobre el método, su fiabilidad queda fuera de toda duda y prueba de ello son las reflexiones que hacen los autores consultados al respecto. Bouwer (1982), White (1985, citado por YOUNGS, 1987) y Youngs (1987) consideran al infiltrómetro de cilindro como un buen método para determinar las tasas de infiltración. Amerman (1983) reitera esta afirmación y alude al hecho de ser un método fácil de transportar, a lo que añade

Porta (1999) el ser un método práctico y sencillo. Ponce (1989) llega todavía más lejos y considera que el infiltrómetro de cilindro tiene un alto valor de estimación.

2.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS DEL MÉTODO: DIMENSIONES DE LOS CILINDROS, INSTALACIÓN, PROCESOS DE MEDICIÓN Y DURACIÓN DE LOS ENSAYOS.

No existen medidas estándar para los infiltrómetros y en este sentido cada autor ha propuesto las que ha considerado más convenientes para su investigación.

Para el *infiltrómetro de cilindro simple* se han sugerido numerosos materiales de fabricación, además de muy diversas dimensiones. Cerdà (1995) utiliza un cilindro de metacrilato de 15 cm. de altura y 7 cm. de diámetro; López y Mintegui. (1986) utiliza un cilindro de acero de 45 a 60 cm de altura y 22 cm. de diámetro; Youngs (1987) emplea cilindros de 91, 60,8; 30,4; 18,2; 9,8 y 2 cm. de diámetro; Bouwer (1982) recalca la importancia del diámetro del infiltrómetro y sugiere que se utilicen cilindros de acero de pared fina de 20 a 30 cm. y Knoll y Hopkins (1959) utiliza un cilindro simple de 15 cm. de diámetro y 38 cm. de longitud.

Para el *infiltrómetro de cilindro doble* la variedad de medidas propuestas también es muy significativa. López y Mintegui (1986) utiliza infiltrómetros de alrededor de 35 cm. de diámetro para el cilindro exterior y 22 cm. para el interior; Ponce (1989) emplea cilindros exteriores de 35 cm. e interiores de 25 cm.; Vivar et al. (1993, 1994) utiliza varias dimensiones, entre 53 y 57 cm. de diámetro para los cilindros exteriores y entre 28 y 32 cm. para los interiores; Bouwer (1982) usa un cilindro interior de 20 cm. y otro exterior de 30 cm. y sugiere que se debe mantener el mismo nivel de agua en ambos cilindros; Porta et al. (1999) también utiliza un cilindro interior de 15 a 20 cm.

Otro de los aspectos técnicos del método es el de la instalación. Este proceso debe hacerse con cuidado para alterar lo menos posible el suelo. En suelos blandos es posible empujar el cilindro; mientras que, en suelos duros, es necesario clavarlos. Ya sea por empuje o por clavado estos procedimientos deben hacerse de forma recta y uniforme.

Cuando se clava el cilindro se puede utilizar una pieza guía del mismo material del que está hecho el cilindro, con lo que se consigue mantener recto y uniforme el cilindro durante el proceso de clavado (BOUWER, 1982).

La profundidad de instalación debe ser tan pequeña como sea posible para minimizar la alteración del suelo. Aquí, de nuevo, los autores no se ponen de acuerdo y utilizan diversas medidas.

Bouwer (1982) considera que una instalación de alrededor de 5 cm. es normalmente suficiente. Considera además, éste autor, que en algunos estudios se ha utilizado una profundidad de 30 cm. o más, probablemente para obtener un flujo de infiltración unidimensional, sin embargo, este procedimiento incrementa la alteración del suelo.

López y Mintegui (1986) introduce el infiltrómetro de cilindro simple a 40 ó 50 cm.; Youngs (1987) adopta una profundidad de instalación de 2 a 5 cm.; Knoll y Hopkins (1959), lo hace a una profundidad aproximada de 7 cm. López y Mintegui (1986), para el cilindro doble, no concreta demasiado y tan sólo cita que introduce los cilindros “un poco por debajo de la superficie del suelo”; mientras, Ponce (1989) añade que la profundidad de instalación debe ser de 2 a 5 cm.

Para evitar una excesiva alteración del suelo, Porta et al. (1999) señala la conveniencia de realizar la instalación en un suelo previamente húmedo. Por tanto, las condiciones de humedad ideales para la instalación es con el suelo a la capacidad de campo.

Para que el proceso de instalación tenga el éxito esperado, hay que tener en cuenta las condiciones del suelo. Así, si la superficie del suelo está agrietada, el cilindro debe introducirse, al menos, hasta la profundidad de las grietas, para prevenir el flujo de agua que se escapa lateralmente a través de éstas. Si después de la instalación del cilindro hay alguna separación entre el suelo y la pared de éste, el suelo debería ser empujado o prensado contra el cilindro. Si una capa superficial de baja permeabilidad es alterada por la instalación del cilindro y no hay un buen contacto entre ambas superficies se puede utilizar algún pulverizado fino de arcillas o de suelo dentro de la pared para prevenir la infiltración excesiva.

Dentro del apartado metodológico hay que destacar el hecho que se distinguen dos procedimientos de medición, uno que se hace con carga de agua constante y otro con carga de agua variable.

El procedimiento con carga de agua constante se utiliza cuando la velocidad de infiltración es lenta (VIVAR et al., 1994). Normalmente, cuando se utiliza el infiltrómetro de doble cilindro, se aplica la técnica de la carga constante (PONCE, 1989), siempre que la velocidad de infiltración sea baja. La columna de agua puede mantenerse constante de forma manual, por ejemplo, añadiendo con una frecuencia dada pequeñas cantidades de agua, o de forma automática mediante un sifón dentro del cilindro y alimentado desde un depósito aforado. En este caso sería necesaria una botella graduada como reservorio de agua (BOUWER, 1982).

El procedimiento con carga de agua variable consiste en encharcar el cilindro o los cilindros y medir la altura del agua infiltrada a cada intervalo de tiempo. Se utiliza cuando la velocidad es alta.

Vivar et al. (1994) utiliza este método. El autor inicia la medición con una determinada cantidad de agua que oscila entre 10 y 12 cm. y mide los tiempos a cada centímetro infiltrado y cuando quedan 2 cm. se rellenan los cilindros hasta la carga máxima.

Lo mismo que Cerdà (1995) que, con un infiltrómetro de 1 anillo, realiza las 2 primeras mediciones en los minutos 1 y 2 y posteriormente de forma regular cada 5 minutos. Tras cada medición se vuelve a rellenar el cilindro y humectar la zona colindante.

Diversos autores destacan la influencia que ejerce la carga hidráulica o altura de la columna de agua que se aplica en el suelo sobre la velocidad de infiltración (BOUWER, 1982; VIVAR et al., 1993). Estos advierten que la columna de agua debe ser lo más pequeña posible.

Por esta causa Youngs (1987) mantiene el agua a una altura de 1 cm. por encima de la superficie y Knoll y Hopkins (1959) aplican agua a una altura de 1 a 2 mm.

Aunque es evidente la importancia de este aspecto no se debe sobredimensionar su significado. En este sentido, las numerosas consultas realizadas a especialistas que han utilizado este método ponen de manifiesto que la columna de agua, dentro de los límites normales, entre 0 y 30 cm., no hace variar excesivamente la infiltración. Tan sólo, en el caso, de querer obtener datos comparables de los diferentes ensayos sí que es importante mantener estable la altura de la columna de agua.

La duración de los ensayos es el último de los aspectos metodológicos que se van a tratar en este apartado. El tiempo de duración de cada ensayo puede ser variable, aunque se considera que es hasta que la infiltración quede estabilizada. Si bien es cierto que el tiempo de duración de cada ensayo no se rige por reglas, dependiendo ésta principalmente del tipo de suelo.

Los autores tampoco en este aspecto se ponen de acuerdo, ya que mientras unos recomiendan una duración de 3 a 4 horas, otros, reducen este tiempo a tan sólo 30 ó 40 minutos.

Así, Vivar et al. (1993) prolonga sus ensayos con infiltrómetro de doble cilindro durante aproximadamente 3 horas; Bouwer (1982) considera que la duración de las mediciones se deben prolongar hasta que la tasa de infiltración llegue a ser constante y no expresa ningún tiempo mínimo para efectuar los ensayos; Cerdà (1995) utiliza este mismo criterio; Horton (1940) considera que se llega a la capacidad de infiltración constante o fija después de un intervalo de tiempo determinado, normalmente de $\frac{1}{4}$ de hora a 3 horas, aunque usualmente se produce entre $\frac{1}{2}$ hora y $1\frac{1}{2}$ hora; Knoll y Hopkins (1959) llenan los cilindros con agua durante 48 horas para cerrar las grietas provocadas por la sequía y después realiza el ensayo durante un período de 2 horas.

De sobra es conocido que la infiltración depende principalmente de 2 conjuntos de factores, por una parte, intrínsecos como la textura y, por otra parte, extrínsecos como las influencias que determina la carga ganadera sobre las condiciones estructurales del suelo.

En este sentido, Rauzi y Smith (1973) establecen una gradación en el tiempo de las influencias que determinan ambos conjuntos de factores sobre la infiltración. De esta forma establecen las siguientes consideraciones:

- a) Durante los primeros 10 minutos del proceso sólo son detectables los efectos de los factores intrínsecos sobre la infiltración.
- b) Después de 15 minutos las influencias del pastoreo sobre la infiltración ya son detectables.
- c) Después de 20 minutos los efectos de las características intrínsecas del suelo y el pastoreo son igualmente importantes.

2.3. CONSIDERACIONES SOBRE LOS INFILTRÓMETROS DE CILINDRO SIMPLE Y DOBLE.

Uno de los problemas del método al que se ha aludido en el apartado anterior es el flujo lateral de agua, que provoca una sobreestimación de la tasa de infiltración vertical, lo cual depende, a su vez, del ratio entre el diámetro del cilindro (d) y la altura de la columna de agua (h_{cr}).

Por ejemplo, para un cilindro de 30 cm. de diámetro (d) y con una columna de 30 cm. de agua, la capacidad de infiltración que resulta es 3,5 veces superior al valor real; si el cilindro tiene un diámetro de 5 cm., la capacidad de infiltración final se habría sobreestimado en una proporción once veces superior (BOUWER, 1982).

En este sentido, el objetivo de los infiltrómetros de cilindro doble es disminuir el flujo lateral del agua en el cilindro interior, por lo que la infiltración en éste debería ser una medida real de la capacidad de infiltración vertical del suelo, suponiéndose que el cilindro exterior absorba las divergencias laterales.

Es decir, la razón de ser del cilindro doble es que el cilindro interior mida la capacidad de infiltración real y el exterior impida que el agua del cilindro interior, una vez que haya sobrepasado el tubo, se extienda lateralmente.

Pese a todo ello, numerosos estudios de campo han demostrado que hay tan sólo pequeñas diferencias de capacidad de infiltración entre el infiltrómetro de doble cilindro y el infiltrómetro de un cilindro, siendo éste último de gran tamaño.

Diversos autores consideran que el infiltrómetro de doble cilindro no es efectivo para reducir la divergencias laterales de agua, por lo que no se obtiene una medida de la verdadera tasa de infiltración vertical (SWARTZENDRUBER y OLSON, 1961, citado por BOUWER, 1982). Estos autores consideran que el único medio fiable de medir la verdadera capacidad de infiltración vertical de un suelo es usando cilindros con un diámetro en el que el ratio h_{cr}/d sea cero. Con este ratio todas las tasas de infiltración dentro del cilindro serían verticales y no hay necesidad de utilizar el infiltrómetro de doble cilindro. En el modelo de Swartzendruber y Olson esta situación se consiguió con cilindros de diámetro de 1,2 m.

En este sentido, cabe destacar que, aumentar el tamaño del infiltrómetro es el único medio de reducir el efecto de la divergencia lateral del flujo a través del cilindro (BOUWER, 1982).

Youngs (1991) considera que aunque se utilice el infiltrómetro doble, el movimiento lateral del agua en los suelos no saturados se sigue produciendo, concretamente en el área comprendida entre el cilindro interior y exterior. Este agua no se puede cuantificar y es desestimada, por lo que se considera que el movimiento dentro del anillo interior es aproximadamente vertical.

3. EXPERIENCIAS DE CAMPO Y ELECCIÓN DEL INFILTRÓMETRO DE CILINDRO.

3.1. CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y EDÁFICAS DE TRABAJO.

El método del infiltrómetro de cilindro exigiría por sus características técnicas unas condiciones topográficas y edáficas particulares.

En primer lugar, se acepta, por lo general, que la instalación de los cilindros en el suelo debe ser vertical porque lo que se busca es determinar el flujo vertical de infiltración de agua en el suelo. Esta circunstancia provoca que, en las situaciones topográficas de fuerte pendiente, para conservar la verticalidad, sea necesario introducir el cilindro en el suelo a gran profundidad por uno de sus laterales, hecho que redundaría negativamente sobre la conservación de la estructura del suelo, ya que a mayor profundidad de instalación, mayor riesgo se corre de deformarla, con lo cual estaríamos alterando los resultados.

En segundo lugar, las paredes del cilindro pueden sufrir algún tipo de daño físico al introducirlos en un suelo pedregoso. En este mismo sentido, parece obvio considerar que este método estaría restringido a suelos con una profundidad adecuada, ya que en suelos de escasa potencia edáfica se corre el riesgo de dañar las paredes biseladas del cilindro.

Las condiciones ideales de instalación de los infiltrómetros de cilindro son, por tanto, en suelos de escasa o nula pendiente y pedregosidad y con una profundidad mínima de desarrollo del perfil.

Fuera de toda premisa, los suelos de la zona de estudio se caracterizan por no reunir casi ninguna de las condiciones ideales. La mayoría de ellos se encuentran en zonas de muy elevada pendiente, la media oscila alrededor de un 40%, aunque ésta puede llegar en algunos puntos a superar el 60%. La pedregosidad de los suelos es generalmente muy elevada; mientras que, la profundidad de los perfiles, por lo general, es suficiente, aunque sólo localmente llega a reducirse considerablemente, comprometiendo la instalación de dichos instrumentos.

Pese a que no se cumplen las condiciones ideales del infiltrómetro de cilindro, no parece muy aventurado afirmar que es posible realizar algún tipo de modificación que permita adaptar este instrumento a las condiciones particulares de cada zona de estudio sin temor a desvirtuar los resultados.

A continuación se realiza una serie de experiencias de campo con el objetivo de adaptar el método a las condiciones particulares de los suelos de la zona de estudio siguiendo un método totalmente empírico en el que las experiencias de campo se convierten en la base del proceso cognoscitivo.

3.2. EXPERIENCIAS DE CAMPO CON INFILTRÓMETROS DE CILINDRO UTILIZANDO DIFERENTES CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y METODOLÓGICAS.

Atendiendo a las numerosas características técnicas y metodológicas que se han utilizado en los métodos de cálculo de la infiltración, en este apartado se realiza una serie de experiencias de campo con el objetivo de determinar las condiciones y metodológicas más apropiadas para el ámbito de estudio.

Los ensayos se han realizado bajo las mismas condiciones ambientales, manteniendo constantes ciertos aspectos y haciendo variar el resto.

La zona donde se han llevado a cabo las experiencias es el ámbito espacial contiguo a la unidad muestral donde se realizaron las experiencias de optimización del muestreo, participando de las mismas características ambientales ambas zonas.

Se han mantenido constantes el tipo de infiltrómetro, la dimensión del cilindro, la altura de la columna de agua y la duración de los ensayos.

Se ha empleado un infiltrómetro de cilindro simple con una anchura de 21 cm. No se han podido utilizar cilindros de mayores dimensiones por las premisas metodológicas del muestreo. Este exige un tamaño ajustado a las dimensiones de los tramos de sendero y vegetación. Las mayores dimensiones que suelen tener los tramos de vegetación no acarrear ninguna dificultad en este sentido; mientras que, la reducida anchura que suelen tener la mayoría de los tramos de sendero limita el espacio útil para el muestreo.

Por ello se han desechado los cilindros de 30 y 40 cm. con los que se había proyectado realizar en un principio las experiencias de campo.

Por el mismo motivo tampoco se han podido utilizar infiltrómetros de doble cilindro porque las dimensiones máximas de los senderos aconsejan un diámetro máximo de alrededor de 20 cm. En estas condiciones es obligado usar el cilindro de 21 cm. anterior como anillo exterior y, por lo tanto, uno de tamaño inferior como anillo interior.

Pero ante las consideraciones de los autores citados anteriormente, respecto a la importancia del tamaño del cilindro como único medio para reducir el efecto de divergencia lateral de los flujos de agua se ha optado por el infiltrómetro de cilindro simple, utilizando las máximas dimensiones posibles.

También se ha mantenido constante la altura de la columna de agua a 5cm. sobre la superficie del suelo.

La bibliografía consultada indica que es suficiente con prolongar la duración de los ensayos durante 30 minutos.

Las características técnicas del método que se han ido variando en los ensayos son las condiciones de humedad previas del suelo, el sentido de la

instalación de los cilindros, la profundidad de la instalación y los procedimientos de medición con carga de agua constante y variable.

La instalación de los cilindros se ha hecho tanto en sentido perpendicular como paralelo al suelo.

Se ha partido de una profundidad de instalación de 5 cm. y se ha hecho variar según los resultados.

Con respecto a las condiciones de humedad, los ensayos se han realizado, por una parte, en suelos con humedad a la capacidad de campo y, por otra, en suelos secos.

Se han realizado en todas las experiencias de campo un número no menor de 10 ensayos, haciendo variar a cada una de las características técnicas señaladas.

3.2.1. Primera serie de ensayos en suelos con humedad a la capacidad de campo.

La instalación de cilindros de 21 cm., tanto en sentido vertical como perpendicular al suelo, plantea escasa dificultad, pudiéndose alcanzar, en el caso de la instalación vertical, hasta 10 y 6 cm. de profundidad en la parte alta y baja de la ladera, respectivamente, aunque en este caso la estructura se altera ligeramente.

En relación al procedimiento de la carga de agua, el sistema de carga constante controla la infiltración en el suelo desde el principio, sin necesidad de carga variable.

Los ensayos realizados a una profundidad de instalación de 5 cm. han tenido pérdidas frecuentes de agua lateral; mientras que, cuando esta profundidad se ha llevado hasta 7 cm. las pérdidas laterales han sido inexistentes o se han reducido considerablemente.

3.2.2. Segunda serie de ensayos en suelos secos.

La instalación de los cilindros de 21 cm. en sentido vertical al suelo entraña gran dificultad. La mayoría de los procesos de instalación sólo tuvieron éxito después de varios intentos fallidos, en los que se apreció claramente una elevada alteración de la estructura en el interior del cilindro.

Cuando las condiciones son mejores y no se encuentra ningún obstáculo en forma de piedra en el trayecto del cilindro, éste llega a clavarse hasta 5 cm. No obstante, se produce una apreciable alteración de la estructura.

Esta dificultad se reduce si la instalación se hace en el sentido perpendicular al suelo, aunque la estructura interior sigue sufriendo una ligera alteración por las vibraciones.

Con respecto a las consideraciones sobre la utilización de los procedimientos de carga variable o carga constante, se observa una elevada infiltración de agua al principio de los ensayos, no pudiendo ser controlada por el sifón de los sistemas de carga constante. Sería aconsejable, por tanto, usar el

método de carga variable en los primeros instantes del proceso de infiltración y cambiar al método de la carga constante más tarde cuando se estabilice la infiltración.

Como en los casos de los ensayos realizados en la experiencia anterior, la profundidad de instalación a 5 cm. ha tenido en todos los casos pérdidas laterales de agua; mientras que, cuando los cilindros se han instalado a 7 cm. las pérdidas laterales han sido en la mayoría de los casos inexistentes o bien se han reducido considerablemente.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

La profundidad de instalación que aconsejan Youngs (1987) y Ponce (1989) entre 2 y 5 cm., llevadas aquí hasta los 5 cm., llegan a presentar pérdidas laterales de agua, no de forma generalizada, aunque sí dignas de tener en cuenta.

Sin embargo, las experiencias llevadas a cabo demuestran que llevar la instalación hasta una profundidad aproximada de 7 cm. reduce considerablemente los flujos laterales, por lo que se ha optado por esta medida como la profundidad de instalación mínima aconsejable. Esta profundidad coincide, además, con la utilizada por Knoll y Hawkins (1959) en sus ensayos.

Se consigue, además, no alterar excesivamente la estructura del suelo, hecho que podría ocurrir si se emplea una profundidad mayor, lo cual tendría graves consecuencias sobre la fiabilidad de los resultados.

El método es posible utilizarlo en laderas de elevada pendiente. Pese a que la instalación vertical es la más aconsejable, no es la más apropiada para las condiciones particulares de la zona de estudio, por lo que se aconseja la instalación perpendicular a la pendiente, principalmente por razones de conservación de la estructura.

Debido a que los procedimientos realizados con carga constante son más adecuados y como éstos sólo se han conseguido en condiciones de humedad a la CC, los suelos se llevan a este grado de humedad como paso previo a la realización de los ensayos. En este sentido, hay que destacar también que bajo estas condiciones se consigue una menor alteración de la estructura.

Los resultados obtenidos hacen que el infiltrómetro de cilindro se caracterice por las siguientes características técnicas:

- a) Infiltrómetro de cilindro simple de acero inoxidable, biselado en el extremos.
- b) Anchura del cilindro: 21 cm.
- c) Condiciones de humedad del suelo previas a la instalación: capacidad de campo.
- d) Tipo de instalación: perpendicular a la pendiente del suelo.
- e) Profundidad de instalación: 7 cm.
- f) Proceso de medición con carga de agua constante, utilizando un sifón y un depósito exterior aforado.

- g) Altura de la columna de agua: 5 cm.
- h) Duración de los ensayos: 30 minutos.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.

El presente capítulo se estructura en 3 apartados, los cuales se citan a continuación, para después analizar brevemente los objetivos y la metodología que se ha seguido:

1. Análisis estadístico de las propiedades físicas del suelo.
2. Análisis factorial de las propiedades físicas del suelo y los factores de diagnóstico incluida la carga ganadera.
3. Análisis cluster de los tramos de sendero y vegetación y de la estimación ponderada.

En el primer apartado se analiza desde el punto de vista estadístico cada una de las propiedades físicas del suelo. Este análisis se realiza a dos niveles, por una parte, sobre el conjunto de la muestra, para terminar analizando los datos desagregados por parcelas. En ambos casos se diferencian los 2 tramos muestreados, sectores senderos y vegetación, además de un tercer valor obtenido de la ponderación de ambos tramos por la superficie que representan dentro de la parcela de muestreo.

La proporción que representa cada tramo dentro de cada una de las parcelas muestreadas se ha recogido en el cuadro 59.

CUADRO 59. PROPORCIÓN QUE REPRESENTAN LOS TRAMOS DE SENDERO Y VEGETACIÓN EN CADA PARCELA DE MUESTREO

UNIDAD	PARCELA	TRAMO (%)	
		Sendero	Vegetación
I	10	21,00	79,00
	5	36,30	63,70
	7	43,75	56,25
II	2	30,83	69,16
	17	25,16	74,83
	12	24,30	75,70
	18	28,34	71,66
III	13	33,60	66,40
	14	33,00	67,00
	11	40,75	59,25
IV	8	30,30	69,70
	6	33,50	66,50
	9	53,46	46,52
V	16	31,33	68,66
	1	33,50	64,50
	20	34,83	65,16
VI	3	34,66	65,33
	19	48,83	51,16
VII	15	43,16	56,83
	4	50,16	49,83
MEDIA		35,64	64,35

Las técnicas estadísticas utilizadas en la descripción de las propiedades del suelo analizadas corresponden a las típicas medidas de tendencia central, de dispersión y de simetría y apuntamiento que habitualmente se utilizan.

En el segundo apartado se realiza un análisis factorial de las propiedades físicas del suelo y los factores de diagnóstico definidos en el capítulo dedicado al estudio del medio físico, junto con la carga ganadera.

El objetivo es observar la relación que existe, por una parte, entre cada una de las propiedades físicas del suelo obtenidas y, por otra parte, entre éstas y los factores de diagnóstico del suelo, incluida la carga ganadera. El objetivo, en este último caso, es ver de qué forma se pueden explicar las variaciones de las propiedades físicas del suelo atendiendo a dichos factores.

En otras palabras, el objetivo es observar cuál ha sido la respuesta de los suelos frente al impacto que produce el pisoteo del ganado y ver de qué forma esa respuesta es diferente según los factores de diagnóstico y la carga ganadera.

El procedimiento de análisis factorial utilizado es el mismo que se especificó en el capítulo dedicado a la determinación de los factores de diagnóstico del suelo. A las variables de carácter alfabético como la exposición, estructura, etc., se les ha asignado el mismo valor que se utilizó para clasificar el territorio efectuado en el capítulo de estudio del medio físico con el objetivo de elaborar el mapa de suelos a nivel de fase.

En el último de los apartados se diferencia el territorio en función del estado actual de las propiedades físicas del suelo en cada uno de los tramos.

Para ello se realiza un análisis cluster a los resultados obtenidos, concretamente un análisis cluster jerárquico aglomerativo. El método elegido es el de vinculación entre grupos y las medidas de los intervalos se ha efectuado utilizando la distancia euclídea al cuadrado.

Para estandarizar los valores de las variables se ha utilizado el procedimiento de puntuaciones Z, definido por el propio sistema.

Este análisis permite agrupar las unidades por su mayor similitud, lo que, sin duda, se puede considerar como una valoración de su estado actual y, en sí mismo, de sus potencialidades.

Los resultados se comentan con la ayuda de la representación gráfica en percentiles de cada una de las propiedades físicas del suelo analizadas.

Tanto el análisis factorial como el análisis cluster se aplican individualmente para cada uno de los tramos y para las estimaciones ponderadas.

El estudio de los tramos de sendero y vegetación cubren diferentes objetivos.

Los tramos de vegetación dentro de cada unidad se pueden considerar como las áreas conservadas y no afectadas por el pisoteo del ganado, por lo que se puede suponer que estas zonas conservan las propiedades físicas que caracterizan a la unidad sin la intervención de la influencia del pastoreo.

Los tramos de sendero dentro de cada unidad son las zonas que se encuentran afectadas por el impacto que ejerce la pezuña del ganado sobre el suelo.

El desfase que pueda existir entre los resultados de ambos tramos se puede considerar como la respuesta del suelo al uso ganadero. Éstas pueden ser diferentes dependiendo de la capacidad de amortiguación que tengan los suelos frente a la presión del ganado, lo que se puede interpretar como una medida de la aptitud del suelo para uso ganadero.

La estimación ponderada de los resultados obtenidos es un valor de gran interés. En primer lugar, porque hace referencia a la situación media que caracteriza a la unidad y, en segundo lugar, porque puede servir para comparar las propiedades físicas de zonas contrastadas, por ejemplo, en la que se dan diferentes usos agrarios y por tanto diferentes condiciones de las que existen en la zona de estudio.

Un posible caso sería comparar las propiedades físicas del suelo en una zona de cultivo y una zona dedicada al pastoreo. La primera no presenta los típicos senderos del ganado por lo que ambas zonas no son comparables, a menos que se disponga de un valor medio que caracterice la zona en su conjunto ponderando los resultados de ambos tramos.

2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

2.1. LA DENSIDAD APARENTE.

2.1.1. Análisis estadístico de los datos agrupados.

Los resultados obtenidos indican la existencia de una densidad aparente más baja en los tramos de vegetación que en los de sendero.

La homogeneidad es la característica más destacadas de ambas distribuciones de valores, aunque es algo más acusada en el tramo de vegetación.

En el caso concreto de los tramos de senderos la media y la mediana de los valores de densidad aparente son muy próximas, ya que ascienden a 1,41 y 1,40, respectivamente, aunque la moda se aleja de estas medidas, 1,32; mientras que, en el caso de la vegetación las 3 medidas de tendencia central se igualan a 1,28 (cuadro 60).

La similitud en el primer caso y la coincidencia en el segundo, pone de manifiesto la existencia de una elevada homogeneidad en los resultados, lo que viene a confirmarse por los bajos valores de la desviación típica y el coeficiente de variación. En el caso de este último parámetro los valores son, en ambos casos, del 6%.

De la observación de los dos histogramas (gráficos 25 y 26) se deduce que las dos distribuciones son algo asimétricas. Ambas están desplazadas hacia la izquierda, por lo que presentan sesgo positivo. Los coeficientes de asimetría son 0,41 y 0,46 para los tramos de senderos y vegetación, respectivamente.

El tramo de vegetación presenta una mayor frecuencia del valor central, de ahí que la distribución de sus valores presente mayor apuntamiento que la correspondiente a los senderos: 1,29 del primero frente a -0,16 del segundo.

Pese a que las medidas de dispersión indican que las distribuciones son muy homogéneas, los diagramas de caja ponen de manifiesto ciertas diferencias (gráfico 27). La anchura variable que presentan ambas cajas indica el menor rango intercuartílico de los valores de densidad aparente obtenidos bajo las zonas de vegetación. Los valores de este rango, 0,14 y 0,0775 para los tramos de sendero y vegetación, respectivamente, indican la mayor variabilidad de las observaciones en la primera distribución.

Pese a todo ello, hay más valores extremos en las zonas bajo vegetación.

CUADRO 60. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD APARENTE

Unidad	Parcela /Tramo	Media (gr/cm ³)	Mediana (gr/cm ³)	Moda (gr/cm ³)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (gr/cm ³)	Máximo (gr/cm ³)	RIC	
MUESTRA DESAGREGADA POR PARCELAS												
I	10	S	1,41	1,41	1,38	3,48·10 ⁻²	2,47	0,82	-0,47	1,38	1,47	6,00·10 ⁻²
		V	1,16	1,17	1,17	1,02·10 ⁻²	0,88	-0,38	-0,50	1,15	1,18	1,48·10 ⁻²
		P	1,21	1,22	1,21	1,53·10 ⁻²	1,21	-0,12	-0,49	1,19	1,24	2,05·10 ⁻²
	5	S	1,52	1,52	1,46	4,55·10 ⁻²	2,99	0,28	-0,12	1,46	1,60	7,00·10 ⁻²
		V	1,30	1,30	1,12	0,12	9,80	-0,03	-1,11	1,12	1,48	0,25
		P	1,37	1,37	1,24	9,29·10 ⁻²	7,32	0,082	-0,70	1,24	1,52	0,18
	7	S	1,49	1,49	1,44	4,77·10 ⁻²	3,20	0,45	-1,04	1,44	1,56	0,10
		V	1,25	1,26	1,14	7,90·10 ⁻²	6,32	-0,19	-1,17	1,14	1,36	0,14
		P	1,35	1,36	1,27	6,53·10 ⁻²	4,95	0,09	-1,11	1,27	1,44	0,12
II	2	S	1,39	1,38	1,38	3,34·10 ⁻²	2,40	0,41	-1,77	1,36	1,45	5,86·10 ⁻²
		V	1,25	1,27	1,21	3,49·10 ⁻²	2,79	-0,65	-1,22	1,21	1,30	7,00·10 ⁻²
		P	1,29	1,30	1,26	3,44·10 ⁻²	2,66	-0,32	-1,38	1,25	1,34	6,69·10 ⁻²
	17	S	1,33	1,33	1,32	9,54·10 ⁻³	0,71	-0,62	0,87	1,32	1,35	1,21·10 ⁻²
		V	1,27	1,27	1,25	2,58·10 ⁻²	2,01	0,31	-0,80	1,25	1,32	5,00·10 ⁻²
		P	1,28	1,28	1,26	2,17·10 ⁻²	1,68	0,075	-0,37	1,26	1,32	3,99·10 ⁻²
	12	S	1,35	1,37	1,25	7,04·10 ⁻²	5,21	-0,37	-1,22	1,25	1,44	0,12
		V	1,30	1,29	1,25	4,10·10 ⁻²	3,15	0,40	-1,52	1,25	1,36	8,00·10 ⁻²
		P	1,31	1,30	1,25	4,81·10 ⁻²	3,65	0,21	-1,44	1,25	1,37	8,97·10 ⁻²
	18	S	1,47	1,47	1,50	2,37·10 ⁻²	1,61	0,48	-1,38	1,44	1,50	5,00·10 ⁻²
		V	1,29	1,23	1,06	0,17	13,75	0,63	-0,17	1,06	1,58	0,28
		P	1,34	1,29	1,18	0,12	10,30	0,58	-0,51	1,16	1,55	0,21
III	13	S	1,49	1,49	1,49	3,89·10 ⁻²	2,61	-0,26	1,99	1,43	1,56	3,00·10 ⁻²
		V	1,23	1,22	1,18	4,47·10 ⁻²	3,64	0,37	-1,43	1,18	1,30	9,00·10 ⁻²
		P	1,31	1,31	1,28	4,27·10 ⁻²	3,29	0,15	-0,27	1,26	1,38	6,97·10 ⁻²
	14	S	1,54	1,53	1,50	4,49·10 ⁻²	2,92	1,28	1,52	1,50	1,63	6,57·10 ⁻²
		V	1,41	1,41	1,38	2,78·10 ⁻²	1,97	0,47	-0,73	1,38	1,45	4,60·10 ⁻²
		P	1,45	1,45	1,42	3,43·10 ⁻²	2,28	0,73	0,01	1,42	1,51	5,66·10 ⁻²
	11	S	1,50	1,49	1,49	4,00·10 ⁻²	2,66	0,05	-1,36	1,45	1,55	8,00·10 ⁻²
		V	1,38	1,39	1,33	3,46·10 ⁻²	2,51	-0,63	-1,04	1,33	1,42	7,00·10 ⁻²
		P	1,42	1,43	1,39	3,68·10 ⁻²	2,57	-0,35	-1,17	1,37	1,47	7,40·10 ⁻²
IV	8	S	1,43	1,40	1,26	0,15	10,76	0,98	0,42	1,26	1,71	0,23
		V	1,27	1,28	1,23	2,90·10 ⁻²	2,29	-0,11	-0,85	1,23	1,32	5,00·10 ⁻²
		P	1,31	1,31	1,24	6,56·10 ⁻²	4,85	0,22	-0,46	1,24	1,43	0,10
	6	S	1,46	1,45	1,36	7,95·10 ⁻²	5,44	0,68	1,05	1,36	1,61	0,10
		V	1,31	1,31	1,25	4,00·10 ⁻²	3,05	0,20	-0,78	1,25	1,37	7,00·10 ⁻²
		P	1,36	1,35	1,28	5,32·10 ⁻²	3,85	0,36	-0,16	1,28	1,45	8,00·10 ⁻²
	9	S	1,45	1,44	1,38	5,93·10 ⁻²	4,09	1,34	2,90	1,38	1,57	5,00·10 ⁻²
		V	1,32	1,30	1,30	6,60·10 ⁻²	5,00	2,37	5,93	1,28	1,47	3,00·10 ⁻²
		P	1,39	1,37	1,34	6,24·10 ⁻²	4,54	1,81	4,30	1,33	1,52	4,06·10 ⁻²

CUADRO 60 (continuación). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD APARENTE.

Unidad	Parcela /Tramo	Media (gr/cm ³)	Mediana (gr/cm ³)	Moda (gr/cm ³)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (gr/cm ³)	Máximo (gr/cm ³)	RIC	
V	16	S	1,31	1,31	1,33	1,86·10 ⁻²	1,42	-0,17	-1,71	1,28	1,33	4,00·10 ⁻²
		V	1,27	1,28	1,28	1,89·10 ⁻²	1,48	-0,05	-1,09	1,25	1,30	4,00·10 ⁻²
		P	1,28	1,29	1,29	1,88·10 ⁻²	1,46	-0,08	-1,28	1,26	1,31	3,99·10 ⁻²
	1	S	1,36	1,37	1,40	3,18·10 ⁻²	2,34	-0,07	-2,46	1,33	1,40	6,00·10 ⁻²
		V	1,26	1,26	1,26	7,31·10 ⁻³	0,58	0,10	-0,66	1,25	1,27	1,50·10 ⁻²
		P	1,29	1,30	1,31	1,60·10 ⁻³	1,20	0,04	-1,30	1,27	1,31	3,42·10 ⁻³
	20	S	1,39	1,39	1,33	5,82·10 ⁻²	4,19	1,22	2,22	1,33	1,51	7,00·10 ⁻²
		V	1,29	1,29	1,29	5,16·10 ⁻²	4,00	-0,43	1,37	1,20	1,37	6,00·10 ⁻²
		P	1,32	1,32	1,30	5,38·10 ⁻²	4,06	0,14	1,66	1,24	1,41	6,34·10 ⁻²
VI	3	S	1,34	1,34	1,34	1,19·10 ⁻²	0,89	-0,80	-0,28	1,32	1,35	2,00·10 ⁻²
		V	1,28	1,29	1,20	4,92·10 ⁻²	3,84	-0,51	0,32	1,20	1,35	7,00·10 ⁻²
		P	1,30	1,30	1,24	3,62·10 ⁻²	2,81	-0,61	0,11	1,24	1,35	5,26·10 ⁻²
	19	S	1,40	1,40	1,38	1,31·10 ⁻²	0,94	-0,37	0,04	1,38	1,42	2,00·10 ⁻²
		V	1,22	1,21	1,12	7,61·10 ⁻²	6,24	0,24	-1,40	1,12	1,33	0,15
		P	1,30	1,30	1,24	4,53·10 ⁻²	3,65	-0,05	-0,69	1,24	1,37	8,65·10 ⁻²
VII	15	S	1,32	1,32	1,31	1,42·10 ⁻²	1,07	0,53	-1,25	1,30	1,34	2,83·10 ⁻²
		V	1,28	1,28	1,24	4,10·10 ⁻²	3,20	-0,01	-1,77	1,24	1,34	9,00·10 ⁻²
		P	1,29	1,29	1,27	2,94·10 ⁻²	2,28	0,22	-1,54	1,26	1,34	5,97·10 ⁻²
	4	S	1,30	1,30	1,25	5,51·10 ⁻²	4,23	0,46	-1,51	1,25	1,38	0,12
		V	1,24	1,24	1,21	2,88·10 ⁻²	2,32	-0,21	-1,78	1,21	1,28	6,00·10 ⁻²
		P	1,27	1,27	1,23	4,19·10 ⁻²	3,27	0,12	-1,64	1,23	1,33	9,01·10 ⁻²
MUESTRA AGRUPADA												
Tramos	S	1,41	1,40	1,32	8,90·10 ⁻²	6,31	0,41	-0,16	1,25	1,71	0,14	
	V	1,28	1,28	1,28	7,90·10 ⁻²	6,17	0,46	1,29	1,06	1,58	7,75·10 ⁻²	
	P	1,32	1,32	1,29	8,25·10 ⁻²	6,21	0,44	0,77	1,12	1,62	9,49·10 ⁻²	

LEYENDA:

S: tramo de sendero.

V: tramo de vegetación.

P: valor estimado para la parcela ponderando la superficie que representan ambos tramos.

CV: coeficiente de variación.

RIC: rango intercuartílico.

2.1.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas.

Como era de esperar la densidad aparente, en todas las parcelas analizadas, es más elevada en los tramos de sendero que en los de vegetación.

En los tramos de sendero las medias de las máximas son superiores a 1,50 gr/cm³, lo que se alcanza únicamente en las unidades silíceas con exposición Este-Oeste y Sur. Concretamente, en las parcelas 5 y 14, se llegan a densidades de 1,54 y 1,52 gr/cm³.

Por otra parte, el valor máximo absoluto alcanza una densidad de 1,71 gr/cm³, lo que se constata en la parcela 8, silíceas y de exposición indefinida (cuadro 60).

En estos mismos tramos las medias de las mínimas se observan en las parcelas correspondientes a las unidades silíceas de exposición Norte y en todas las unidades calcáreas, con unos valores que oscilan entre 1,39 gr/cm³ en las parcelas 2 y 20 y 1,30 gr/cm³ en la parcela 4. Mientras que, la mínima absoluta desciende hasta 1,25 gr/cm³ y se ha obtenido en las parcelas 4 y 12.

En los tramos de vegetación las medias de las máximas de densidad aparente se encuentran en las unidades silíceas de exposición Este-Oeste, Sur e indefinida, con unas cifras superiores a 1,30 gr/cm³. Concretamente, las parcelas 14 y 11, ambas de exposición Sur, presentan los valores más elevados, 1,41 y 1,38 gr/cm³, respectivamente.

La densidad aparente máxima absoluta registrada en estos tramos asciende a 1,58 gr/cm³ y, en este caso, se corresponde con la parcela 18 de la unidad silícea de exposición Norte.

Las medias de las mínimas de densidad se encuentran por debajo de 1,25 gr/cm³. La parcela 10, correspondiente a la unidad silícea de exposición E-O es la que registra la media más reducida con un valor de 1,16 gr/cm³; sin embargo, se puede considerar que son en las unidades calcáreas donde, por regla general, se han obtenido los valores medios más bajos.

La densidad mínima absoluta de los tramos de vegetación desciende hasta 1,06 gr/cm³, valor que se ha registrado en la parcela 18 de la unidad silícea de exposición Norte, precisamente donde también se constata el valor máximo correspondiente a estos tramos.

Las estimaciones de densidad representativas de las parcelas presentan unos valores muy parecidos a los registrados en los tramos de vegetación. La causa es simple, se debe a que, en la mayoría de los casos, la proporción de vegetación supera a la de los senderos por lo que la primera tiene mayor peso sobre la ponderación final.

Las medias de las máximas de densidad aparente se encuentran en las unidades silíceas de exposición Sur, con unas cifras superiores a 1,40 gr/cm³. Las parcelas 14 y 11, precisamente las mismas que en el caso de los tramos de vegetación, registran los valores más elevados, 1,45 y 1,42 gr/cm³, respectivamente.

Lo mismo ocurre con el máximo absoluto que ha correspondido, igualmente, a la parcela 18 de la unidad silícea de exposición Norte, con un valor de 1,55 gr/cm³.

Las densidades medias de las mínimas estimadas se encuentran por debajo de 1,30 gr/cm³. La parcela 10, al igual que ocurrió en el caso de la vegetación, es donde se registra la media más reducida con un valor de 1,21 gr/cm³.

Lo mismo ha ocurrido en el caso de la densidad aparente mínima absoluta, ya que la parcela 18 es la que vuelve a compartir este valor, con una medida de $1,16 \text{ gr/cm}^3$.

A excepción de los valores de tendencia central, analizados hasta ahora, el resto de los resultados son muy similares. Así, la desviación típica es en todos los casos reducida, lo mismo que el coeficiente de variación, ya que tan sólo en 3 distribuciones de valores se supera el 10%, concretamente en los tramos de sendero y vegetación de la parcela 18 y en el tramo de sendero de la parcela 8, correspondientes ambas a unidades silíceas, la primera de exposición Norte y la última de exposición indefinida.

Los bajos valores del coeficiente de asimetría indican que las distribuciones son, en general, bastante simétricas, con un coeficiente de apuntamiento que suele estar bastante marcado.

HISTOGRAMAS Y GRAFICOS DE CAJA DENSIDAD APARENTE.

2.2. LA POROSIDAD.

2.2.1. Análisis estadístico de los datos agrupados.

Los resultados obtenidos indican la existencia de una porosidad más elevada en los tramos de vegetación que en los de sendero.

Ambas distribuciones se caracterizan por una elevada homogeneidad. Atendiendo a las medidas de tendencia central en los tramos de senderos, la media, la mediana y la moda se igualan al 46%; mientras que, en el caso de los senderos la media y la mediana son muy próximas ya que se elevan al 50 y 51%, aunque en este caso la moda se aparta al situarse en el 48% (cuadro 61).

La similitud en ambos casos pone de manifiesto la existencia de una elevada homogeneidad en los resultados, lo que viene a confirmarse por los bajos valores de la desviación típica y del coeficiente de variación. En el caso de este último parámetro los valores son, para los senderos, del 8,44% y para la vegetación del 6,46%.

De la observación de los dos histogramas (gráficos 29 y 30) se deduce que la distribución de los senderos es más simétrica que la de vegetación, lo que se confirma por unos coeficientes de asimetría más bajos en el primero, -0,24 y -0,55 en los tramos de sendero y vegetación, respectivamente. En ambos casos la asimetría es negativa, lo que indica que la cola se sitúa a la izquierda de la distribución.

El tramo de senderos presenta una mayor frecuencia del valor central, de ahí que la distribución de sus valores presente mayor apuntamiento que la correspondiente a la vegetación: -0,47 del primero frente a 0,02 del segundo.

La mayor variabilidad de los datos indicada por las medidas de dispersión anteriores se pone de manifiesto cuando se observan los diagramas de caja (gráfico 31). La anchura variable que presentan ambas cajas indica el menor rango intercuartílico de los valores de porosidad obtenidos bajo las zonas de vegetación. Los valores de este rango, 4,20 y 5,98 para los tramos de vegetación y sendero, respectivamente, indican la mayor variabilidad de las observaciones en la segunda distribución.

Pese a todo ello, existen 2 valores extremos en el límite inferior de las zonas bajo vegetación.

CUADRO 61. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA POROSIDAD

Unidad	Parcela /Tramo	Media (%)	Mediana (%)	Moda (%)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (%)	Máximo (%)	RIC	
MUESTRA DESAGREGADA POR PARCELAS												
I	10	S	47,07	47,16	45,45	1,38	2,94	0,39	-1,23	45,45	49,10	2,88
		V	52,42	52,30	50,94	1,15	2,20	0,23	-1,45	50,94	53,94	2,40
		P	51,29	51,22	49,78	1,19	2,35	0,26	-1,40	49,78	52,92	2,50
	5	S	42,63	41,85	44,00	1,40	3,29	0,24	-2,45	41,00	44,31	2,50
		V	50,93	50,82	45,00	4,44	8,72	-0,16	-1,39	45,00	56,20	10,15
		P	47,91	47,56	44,63	3,33	6,74	-1,4·10 ⁻²	-1,77	43,54	51,88	7,37
	7	S	42,16	42,80	39,85	1,60	3,80	-0,92	-1,01	39,85	43,74	3,55
		V	51,75	51,20	47,83	3,72	7,19	0,08	-2,57	47,83	55,67	7,60
		P	47,50	47,50	44,3	2,79	5,70	-0,35	-1,88	44,33	50,45	5,82
II	2	S	47,28	46,49	45,65	1,68	3,55	0,49	-1,99	45,65	49,70	1,06
		V	51,46	52,45	48,00	2,51	4,88	-0,320	-2,04	48,00	54,23	4,80
		P	50,16	50,60	47,27	2,25	4,46	-7,0·10 ⁻²	-2,02	47,27	52,82	3,64
	17	S	46,57	47,00	44,26	1,60	3,43	-0,71	-1,03	44,26	48,36	3,50
		V	50,75	51,48	46,24	2,09	4,12	-2,10	5,05	46,24	52,67	1,09
		P	49,69	50,34	45,73	1,96	3,94	-1,75	3,51	45,73	51,58	1,69
	12	S	47,42	46,30	43,73	3,56	7,52	0,61	1,27	43,73	52,27	8,40
		V	50,23	50,60	50,60	0,89	1,78	-1,42	2,60	48,46	51,26	0,86
		P	49,54	49,55	48,93	1,53	3,17	-0,92	2,27	47,31	51,50	2,69
	18	S	46,70	46,06	44,66	1,88	4,03	0,54	-1,27	44,66	49,40	4,20
		V	49,93	51,53	42,37	5,37	10,75	-0,62	-1,18	42,37	55,88	12,00
		P	49,01	49,97	43,01	4,38	8,84	-0,29	-1,20	43,01	54,04	9,78
III	13	S	42,63	43,40	46,00	3,66	8,60	-0,13	-2,60	38,79	46,48	7,20
		V	50,64	52,00	45,94	2,81	5,55	-0,79	-0,84	45,94	53,14	4,40
		P	47,89	49,05	15,45	3,09	2,88	-0,56	-1,43	43,49	50,84	5,33
	14	S	41,74	41,85	38,58	2,50	6,00	-0,27	-1,61	38,58	44,81	5,40
		V	46,52	46,75	47,00	0,58	1,25	-0,44	-1,91	45,67	47,12	1,00
		P	44,94	45,13	44,22	1,21	2,81	-0,38	-1,81	43,33	46,35	2,45
	11	S	45,95	46,80	43,48	2,09	4,56	-0,19	-2,13	43,48	48,43	4,50
		V	46,80	47,36	44,01	1,95	4,17	-0,21	-1,39	44,01	49,08	4,10
		P	46,45	47,13	43,79	2,00	4,32	-0,20	-1,69	43,79	48,81	4,26
IV	8	S	44,02	46,45	36,73	4,86	11,04	-0,74	-1,30	36,73	48,88	9,90
		V	49,19	49,50	47,68	1,17	2,37	-0,24	-1,56	47,68	50,70	2,40
		P	47,62	48,57	44,36	2,28	4,99	-0,39	-1,48	44,36	50,14	4,67
	6	S	42,72	41,09	39,75	3,03	7,10	0,65	-1,45	39,75	47,34	6,00
		V	50,14	50,12	49,00	1,71	3,41	1,61	3,10	48,50	53,62	1,60
		P	47,65	47,09	45,90	2,15	4,64	1,28	1,57	45,56	51,51	3,07
	9	S	43,54	43,80	40,00	2,39	5,49	-0,31	-0,86	40,00	46,57	5,00
		V	45,24	45,24	41,60	3,50	7,73	0,26	-0,37	41,60	51,19	5,74
		P	44,32	23,41	40,73	2,90	6,53	-0,04	-0,63	40,73	48,70	5,34

CUADRO 61 (continuación). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA POROSIDAD.

Unidad	Parcela /Tramo	Media (%)	Mediana (%)	Moda (%)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (%)	Máximo (%)	RIC	
V	16	S	50,86	50,86	52,00	1,54	3,03	-1,35	2,06	47,85	52,36	1,77
		V	53,59	54,79	50,00	2,32	4,33	-0,74	-1,20	50,00	55,99	4,40
		P	52,72	53,55	50,62	2,07	3,92	-0,50	-0,17	49,32	54,84	3,57
	1	S	48,36	6,50	46,50	3,89	8,04	1,99	3,85	45,80	56,52	4,20
		V	50,25	1,60	47,00	2,65	5,29	-0,22	-2,28	47,00	53,50	4,70
		P	49,57	3,33	46,82	3,09	6,26	0,70	-0,10	46,57	54,57	4,52
	20	S	48,09	7,40	44,68	2,78	5,78	$2 \cdot 10^{-3}$	-1,90	44,68	51,50	6,00
		V	52,06	2,40	52,60	0,72	1,39	-1,37	1,50	50,67	52,64	0,93
		P	50,67	4,14	49,83	1,43	2,91	-0,89	0,31	48,57	52,23	2,69
VI	3	S	51,40	51,87	49,62	1,05	2,04	-0,73	-0,33	49,62	52,64	1,47
		V	52,98	52,69	50,32	1,95	3,68	$1,3 \cdot 10^{-2}$	-1,24	50,32	55,64	3,88
		P	52,42	52,40	50,07	1,63	3,11	-0,25	-0,92	50,07	54,59	3,04
	19	S	49,75	49,89	46,84	1,67	3,36	-0,66	0,46	46,84	51,84	2,70
		V	52,90	52,36	52,36	2,45	4,63	0,70	-0,73	49,84	56,57	4,39
		P	51,35	51,14	26,78	2,06	4,00	0,03	-0,14	48,37	54,25	3,56
VII	15	S	50,54	50,80	48,60	1,28	2,54	-0,23	-0,96	48,60	52,21	2,31
		V	53,15	53,27	50,81	1,76	3,32	-0,225	-1,19	50,81	55,38	4,00
		P	52,01	52,19	49,85	1,55	2,98	-0,22	-1,09	49,85	54,00	3,27
	4	S	51,29	51,23	49,84	1,15	2,24	$5,6 \cdot 10^{-2}$	-1,31	49,84	52,80	2,60
		V	52,57	52,60	50,65	1,02	1,95	-0,98	1,6	50,65	53,80	1,40
		P	51,92	51,90	50,23	1,08	2,09	-0,48	0,14	50,23	53,29	2,00
MUESTRA AGRUPADA												
Tramos	S	46,54	46,53	46,00	3,93	8,44	-0,24	-0,47	36,73	56,52	5,98	
	V	50,67	51,00	48,00	3,27	6,46	-0,55	$2,1 \cdot 10^{-2}$	41,60	56,57	4,20	
	P	49,19	49,40	47,28	3,50	7,16	-0,43	-0,15	39,86	56,54	4,83	

LEYENDA:

S: tramo de sendero.

V: tramo de vegetación.

P: valor estimado para la parcela ponderando la superficie que representan ambos tramos.

CV: coeficiente de variación.

RIC: rango intercuartílico.

2.2.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas.

Como era de esperar la porosidad, en todas las parcelas analizadas, es más elevada en los tramos de vegetación que en los de sendero.

En los tramos de sendero las medias de las máximas son superiores al 50%, lo que se alcanza únicamente en las unidades calcáreas. Concretamente, en las parcelas 16, 3, 15 y 4 se alcanzan una porosidad del 50,86, 51,40, 50,54 y 51,29%, respectivamente.

Por otra parte, la porosidad máxima absoluta puede alcanzar valores del 56%, como en el caso de la parcela 1, correspondiente también a las unidades calcáreas (cuadro 61).

En estos mismos tramos las medias de las mínimas se encuentran en las parcelas que corresponden a las unidades silíceas de exposición Sur, Este, Oeste e indefinida, con una porosidad que oscila entre el 41 y el 42%. Concretamente en la parcela 14 se alcanza el 41%, mientras que en las 5, 7 y 6 se llega hasta el 42% (cuadro 51).

La porosidad mínima absoluta se ha alcanzado en la parcela 8 con un 36,73%, correspondiendo ésta, nuevamente, a una parcela silícea de exposición indefinida.

En los tramos de vegetación las medias de porosidad máximas se alcanzan en las unidades calcáreas con unas cifras superiores al 53%. Concretamente en la parcela 16 con un 53,59%.

La porosidad máxima absoluta registrada en estos tramos asciende al 56% y, en este caso, se corresponde con la parcela 15, de carácter calcáreo y de exposición Sur.

Las porosidades medias de las mínimas en estos tramos se encuentran por debajo del 47%. La parcela 9, correspondiente a la unidad silícea de exposición indefinida, registra la media más reducida con un valor del 45,24%; sin embargo, se puede considerar que son en las unidades silíceas de exposición Sur donde se han obtenido los valores medios más bajos.

La porosidad mínima absoluta de los tramos de vegetación es del 41,60%, valor que se ha registrado en la parcela 9 de la unidad silícea de exposición indefinida, precisamente donde también se ha constatado el valor medio más bajo, correspondiente a estos tramos.

Las estimaciones de porosidad, teniendo en cuenta ambos tramos, presentan unos valores muy parecidos a los registrados en los tramos de vegetación, cuya causa ya fue señalada cuando se analizó la densidad aparente.

La porosidades medias de las máximas en estos tramos se encuentran en las unidades calcáreas con unas cifras superiores a 50%. Las parcelas 16 y 3 registran los valores más elevados, 52,72 y 52,42%, respectivamente. Mientras que, el valor absoluto máximo corresponde a la parcela 16 con un 54,84% de porosidad.

La porosidad media estimada de las mínimas se encuentra por debajo del 45%. La parcela 9, al igual que ocurrió en el caso de la vegetación, es donde se registra la media más reducida con un valor de 44,32%. En esta misma parcela es donde se ha registrado la porosidad mínima absoluta, con un valor del 40,73%.

A excepción de los valores de tendencia central, analizados hasta ahora, el resto de los resultados son muy similares. Así, la desviación típica es en todos los casos reducida, lo mismo que el coeficiente de variación que, tan sólo en una

distribución de valores supera el 10%, concretamente en los tramos de sendero de la parcela 8 y en una de las unidades silíceas de exposición Sur.

Los bajos valores del coeficiente de asimetría indican que las distribuciones son, en general, bastante simétricas, con un coeficiente de apuntamiento que suele estar bastante marcado.

Gráfico 29. Histograma de frecuencias porosidad. Senderos

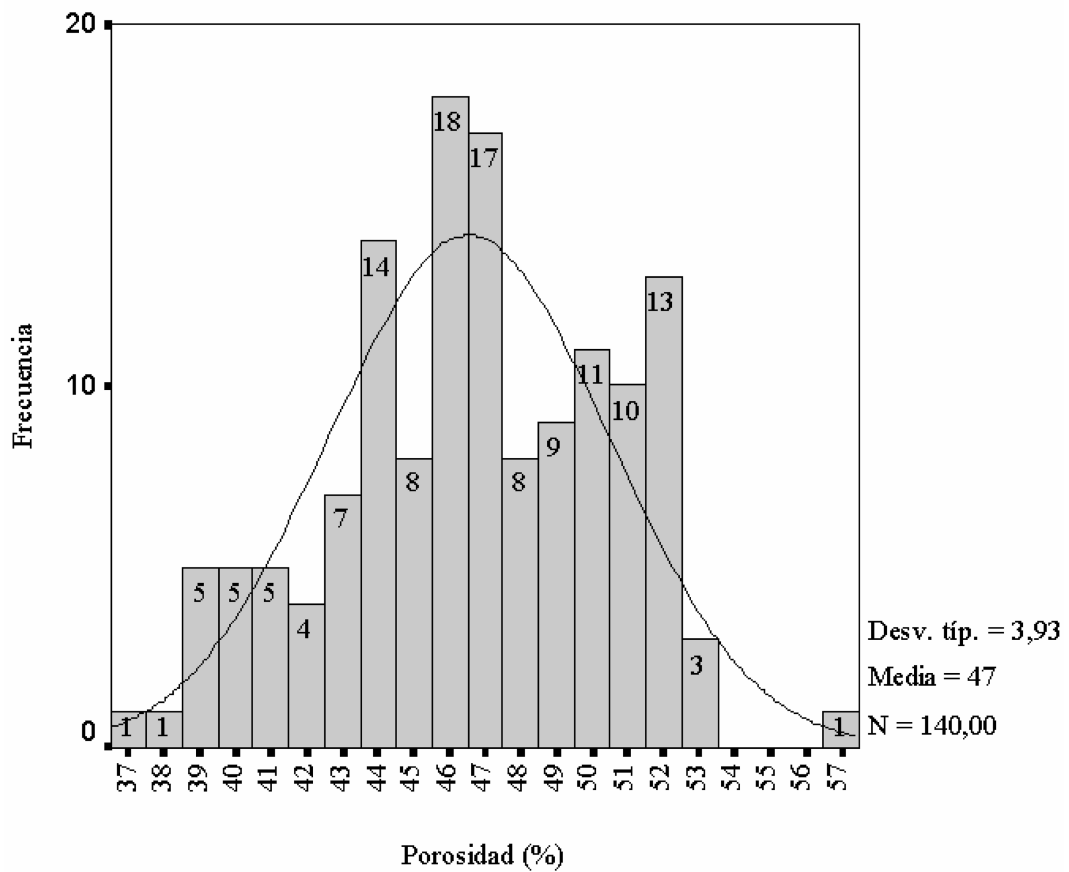


Gráfico 30. Histograma de frecuencias porosidad. Vegetación

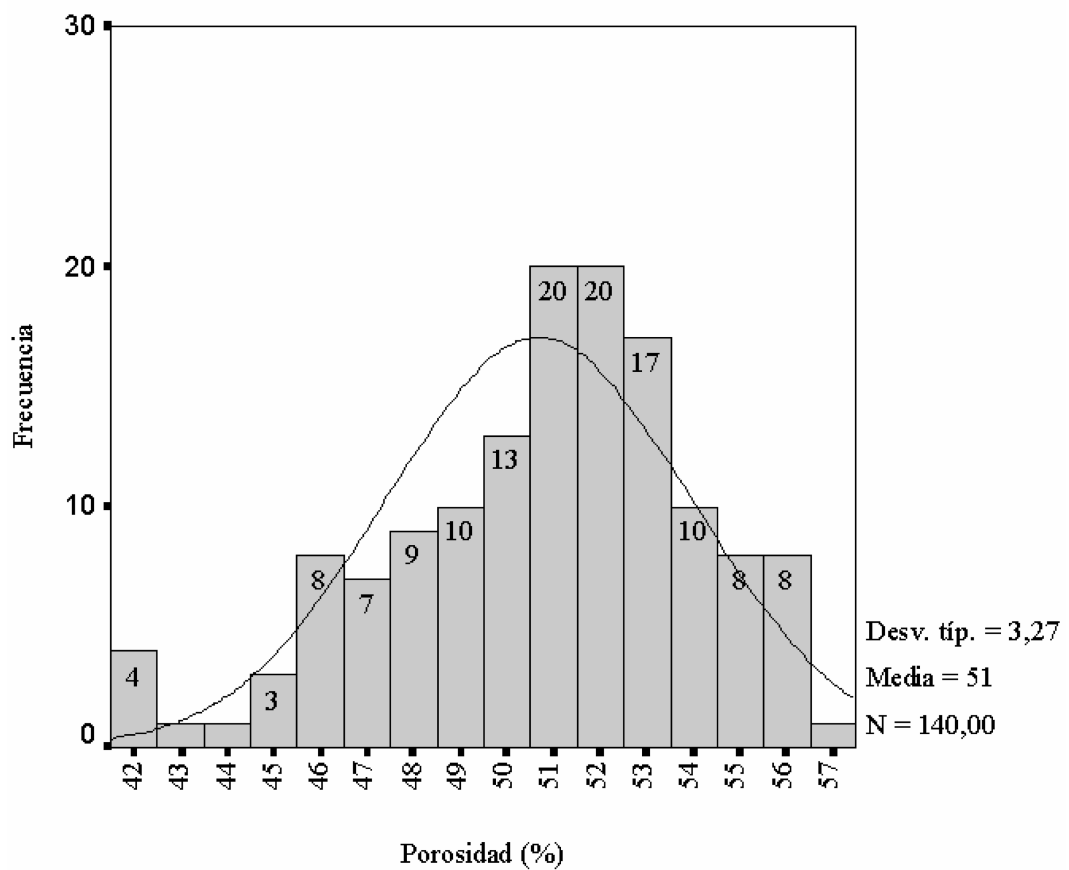


Gráfico 31. Diagramas de caja de la porosidad (datos agrupados)

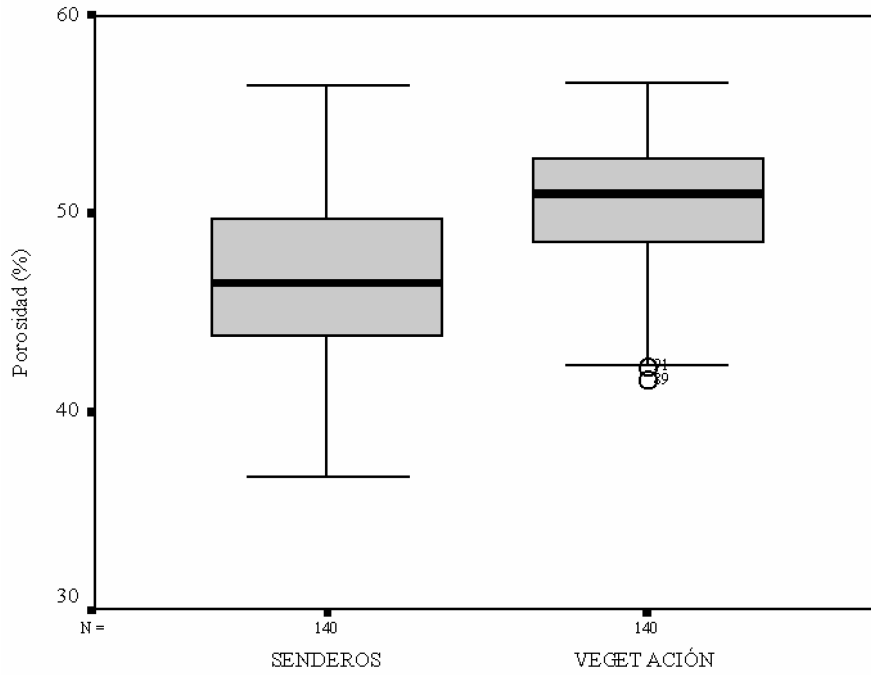
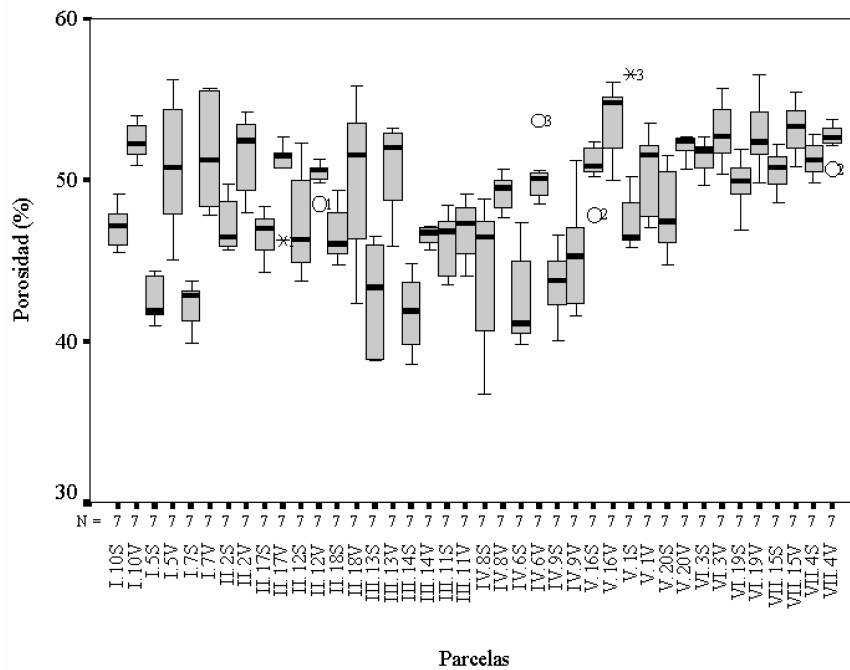


Gráfico 32. Diagramas de caja de la porosidad (parcelas)



2.3. LA CAPACIDAD DE CAMPO.

2.3.1. Análisis estadístico de los datos agrupados.

Los resultados obtenidos indican la existencia de una capacidad de campo más elevada en los tramos de vegetación que en los de sendero.

Atendiendo en primer lugar a los valores de tendencia central (cuadro 62) se puede deducir que las 2 distribuciones son homogéneas.

En ambos tramos la media y la mediana coinciden. En los senderos ambas medidas ascienden al 30%; mientras que, en las zonas de vegetación se elevan al 37%. La moda es la que se aparta en ambos casos, ya que para el primero se eleva al 26% y para el segundo al 41%.

Esta coincidencia entre la media y la mediana no son suficientes para que las distribuciones sean homogéneas. El coeficiente de variación, en este caso, pone de relieve la existencia de una variabilidad moderada, al elevarse al 14% en ambos tramos.

De la observación de los dos histogramas (gráficos 33 y 34) se deduce que la distribución de senderos es más simétrica que la de vegetación, al presentar ésta última una asimetría negativa. Esto viene confirmado por unos coeficientes de asimetría diferentes: 0,09 y -0,42 para los senderos y la vegetación respectivamente.

El tramo de sendero presenta una mayor frecuencia del valor central, de ahí que la distribución de sus valores presente mayor apuntamiento que la correspondiente a la vegetación: -0,84 del primero frente a -0,18 del segundo.

Los diagramas de caja (gráfico 35) indican, por una parte, una mayor capacidad de campo en los tramos de vegetación, como ya se ha puesto de manifiesto anteriormente y, por otra parte, una variabilidad muy parecida en ambas distribuciones, lo que viene marcado por unos rangos intercuartílicos muy próximos, 7,5 y 6,67 en los tramos de sendero y vegetación respectivamente.

2.3.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas.

Como era de esperar, la capacidad de campo en todas las parcelas analizadas, es más elevada en los tramos de vegetación que en los de sendero.

En los tramos de sendero las medias de las máximas son superiores al 35%, lo que se alcanza únicamente en las unidades calcáreas. Concretamente, en las parcelas 4, 3, 16 y 15 se alcanzan respectivamente los siguientes valores: 37,72, 36,63, 35,65 y 35,37% (cuadro 62).

Por otra parte, la capacidad de campo máxima absoluta alcanza un valor del 39,64% en una de las parcelas anteriores, concretamente la número 3.

CUADRO 62. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE CAMPO

Unidad	Parcela /Tramo	Media (%)	Mediana (%)	Moda (%)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (%)	Máximo (%)	RIC	
MUESTRA DESAGREGADA POR PARCELAS												
I	10	S	31,27	31,70	29,19	1,29	4,13	-0,65	-0,89	29,19	32,62	2,40
		V	42,25	42,20	41,20	0,96	2,21	$5 \cdot 10^{-3}$	-2,46	41,20	43,32	2,00
		P	39,94	39,99	38,67	1,02	2,61	-0,13	-2,1	38,67	41,07	2,00
	5	S	26,57	26,14	24,63	1,73	6,51	0,31	-1,75	24,63	28,93	3,70
		V	38,44	37,24	30,36	6,27	16,31	0,34	-0,85	30,36	47,74	12,70
		P	34,13	33,21	28,28	4,62	12,75	0,32	-1,17	28,28	40,91	9,43
	7	S	25,80	25,80	23,21	1,46	5,69	-0,74	0,50	23,21	27,60	2,10
		V	37,73	36,80	32,10	4,24	11,25	0,19	-1,43	32,10	43,37	8,40
		P	32,51	31,98	28,21	3,02	8,81	-0,21	-0,58	28,21	36,47	5,64
II	2	S	32,09	31,85	30,60	1,28	3,99	0,56	-1,11	30,60	33,85	2,90
		V	38,94	38,10	35,41	2,67	6,87	$8,2 \cdot 10^{-2}$	-1,71	35,41	42,48	5,00
		P	36,82	36,16	33,92	2,24	5,98	0,17	-1,52	33,92	39,81	4,35
	17	S	32,34	32,20	31,80	0,42	1,31	0,11	-1,71	31,80	32,90	0,86
		V	38,01	39,00	30,29	3,83	10,08	-1,49	3,19	30,29	42,50	3,00
		P	36,57	37,28	30,66	2,97	7,87	-1,08	1,95	30,66	40,08	2,46
	12	S	31,74	30,84	27,29	3,40	10,72	0,37	-1,29	27,79	36,60	7,40
		V	35,78	36,75	32,37	1,92	5,37	-1,13	0,14	32,37	37,57	3,19
		P	34,79	35,31	31,13	2,27	4,06	-0,76	-0,20	31,25	37,33	4,21
	18	S	28,46	27,50	26,50	2,73	9,62	1,97	3,98	26,50	34,22	3,08
		V	36,59	37,22	24,95	8,18	22,36	-0,14	-1,29	24,95	47,60	14,45
		P	34,28	34,46	25,38	6,63	18,74	0,45	0,20	25,38	43,80	11,22
III	13	S	25,79	25,90	23,68	1,46	5,69	$2,4 \cdot 10^{-2}$	-0,88	23,68	27,92	2,29
		V	40,04	40,25	38,50	1,06	2,65	-0,36	-1,43	38,50	41,23	2,22
		P	35,21	35,38	33,48	1,19	3,66	-0,23	-1,24	33,48	36,71	2,24
	14	S	24,54	25,20	20,62	2,34	9,53	-0,67	$8,9 \cdot 10^{-2}$	20,62	27,50	3,80
		V	28,94	29,43	26,78	1,53	5,29	-0,75	-1,20	26,78	30,60	3,20
		P	27,48	28,03	24,74	1,79	6,68	-0,72	-0,80	24,74	29,57	3,39
	11	S	28,58	28,50	25,56	2,54	8,91	$2 \cdot 10^{-2}$	-2,27	25,56	31,60	5,00
		V	32,02	32,14	29,25	1,83	5,72	$9,4 \cdot 10^{-3}$	-0,54	29,25	34,67	2,90
		P	30,61	30,65	27,74	2,11	7,01	$6,3 \cdot 10^{-2}$	-1,24	27,74	33,41	3,75
IV	8	S	30,07	32,30	20,00	5,91	19,67	-0,94	-0,45	20,00	35,12	10,61
		V	36,91	37,50	34,32	1,77	4,82	-0,24	-0,52	34,32	39,50	2,82
		P	34,83	35,92	29,98	3,02	9,31	-0,45	-0,49	29,98	38,17	5,18
	6	S	27,10	26,03	23,88	3,27	11,94	0,66	-1,19	23,88	32,32	6,75
		V	36,90	35,10	34,74	2,75	7,53	1,80	2,79	34,74	42,07	3,44
		P	33,61	32,06	31,10	2,92	5,00	1,41	1,45	31,10	38,80	4,54
	9	S	27,08	26,50	26,10	1,74	6,42	2,27	5,49	25,90	30,89	0,98
		V	27,05	27,00	24,20	2,26	8,36	1,45	3,72	24,20	31,65	1,00
		P	27,06	26,72	25,21	1,98	7,32	1,88	4,66	25,10	31,23	0,98

CUADRO 62 (continuación). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE CAMPO.

Unidad	Parcela /Tramo	Media (%)	Mediana (%)	Moda (%)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (%)	Máximo (%)	RIC	
V	16	S	35,65	35,65	34,50	0,87	2,46	0,38	-0,58	34,50	37,05	1,40
		V	41,41	41,25	35,65	4,78	11,54	0,12	-2,01	35,65	47,18	10,10
		P	39,60	39,49	35,28	3,55	8,69	0,20	-1,56	35,28	44,00	7,37
	1	S	29,32	28,90	25,25	3,22	11,01	4,4·10 ⁻²	-1,93	25,25	33,40	6,50
		V	43,77	44,10	42,86	0,67	1,54	-0,38	-2,27	42,86	44,44	1,30
		P	38,64	38,70	36,60	1,57	4,90	-0,24	-2,14	36,60	40,52	3,14
	20	S	28,11	28,10	26,80	1,28	4,57	0,97	0,40	26,80	30,42	2,10
		V	37,94	37,21	35,54	1,94	5,11	0,80	-0,33	35,54	41,08	3,20
		P	34,51	34,03	32,49	1,70	4,92	0,85	-0,07	32,49	37,36	2,81
VI	3	S	36,63	36,42	34,42	2,01	5,50	0,52	-1,14	34,42	39,64	4,30
		V	40,07	40,23	36,03	2,85	7,13	0,16	-0,80	36,03	44,11	5,40
		P	38,87	38,90	35,46	2,55	6,56	0,28	-0,91	35,46	42,55	5,01
	19	S	32,91	32,50	31,25	1,38	4,20	1,43	3,06	31,25	35,68	1,09
		V	41,37	41,30	35,51	5,29	12,80	0,49	-1,07	35,51	49,32	11,37
		P	37,23	36,99	33,42	3,38	8,59	0,94	0,946	33,42	42,65	6,34
VII	15	S	35,37	34,63	34,19	1,27	3,61	0,78	-1,39	34,19	37,30	2,50
		V	41,08	41,53	34,03	4,40	10,71	-0,19	0,26	34,03	47,70	5,60
		P	38,61	38,54	34,09	3,04	7,64	0,22	-0,45	34,09	43,20	4,26
	4	S	37,72	37,80	35,14	1,51	4,00	-0,63	-0,14	35,14	39,42	2,30
		V	40,73	40,25	39,61	1,37	3,38	2,07	4,70	39,61	43,69	0,97
		P	39,21	39,01	37,36	1,44	3,69	0,71	2,27	37,36	41,54	1,63
MUESTRA AGRUPADA												
Tramos	S	30,37	30,80	25,90	4,38	14,44	9,3·10 ⁻²	-0,84	20,00	39,64	7,50	
	V	37,78	37,95	41,50	5,35	14,17	-0,42	-0,18	24,20	49,32	6,67	
	P	35,13	35,39	35,93	5,00	14,26	-0,27	-0,41	22,69	45,86	6,96	

LEYENDA:

S: tramo de sendero.

V: tramo de vegetación.

P: valor estimado para la parcela ponderando la superficie que representan ambos tramos.

CV: coeficiente de variación.

RIC: rango intercuartílico.

En estos mismos tramos las medias de las mínimas se encuentran en las parcelas que corresponden a las unidades silíceas de exposición Sur, Este, Oeste e indefinida, con unos valores que oscilan entre el 20 y el 25%.

Mientras que, la mínima absoluta desciende al 20% en la parcela 8, correspondiendo esta a una unidad silícea de exposición indefinida.

En los tramos de vegetación las medias de las máximas de capacidad de campo se encuentran en las unidades calcáreas, con unas cifras superiores al 41%. Concretamente, la parcelas 1 presenta la media más elevada con un 43,77%.

La capacidad de campo máxima absoluta, registrada en estos tramos, se eleva al 49,32%, correspondiéndole en este caso a la parcela 19, también de componente calcáreo.

Las medias de las mínimas de los registros de capacidad de campo se encuentran por debajo del 30%. La parcela 14, correspondiente a la unidad silíceo de exposición Sur, es la que registra la media más reducida con un valor del 28,94%.

El mínimo absoluto de la capacidad de campo se encuentra en torno al 24%, valor que se ha registrado en las parcelas 18 y 9. Ambas son silíceas, la primera de exposición Norte y la segunda de exposición indefinida.

Las estimaciones de la capacidad de campo representativas de las parcelas presentan unos valores muy parecidos a los registrados en los tramos de vegetación.

Las medias de las máximas de capacidad de campo se obtienen en las unidades calcáreas, con unas cifras superiores al 38%. Las parcelas 16 y 4 registran los valores más elevados, 39,6 y 39,21%, respectivamente. Lo mismo ocurre con la máxima absoluta que le ha correspondido a la parcela 16, con un valor del 44%.

La media de las mínimas estimadas de capacidad de campo se encuentran por debajo del 30%. La parcela 9, al igual que ocurrió en el caso de la vegetación, es donde se registra la media más reducida con un valor del 27,06%.

La mínima absoluta de capacidad de campo se registra en la parcela 14, con un valor del 29,57%.

La desviación típica de las distribuciones de valores analizadas es generalmente reducida, aunque el coeficiente de variación, en numerosos casos, supera el 10%, lo que evidencia que existe una cierta variabilidad en determinadas series de valores.

Los bajos valores del coeficiente de asimetría indican que las distribuciones son, en general, bastante simétricas, con un coeficiente de apuntamiento que suele estar bastante marcado.

Gráfico 33. Histograma de frecuencias capacidad de campo. Senderos

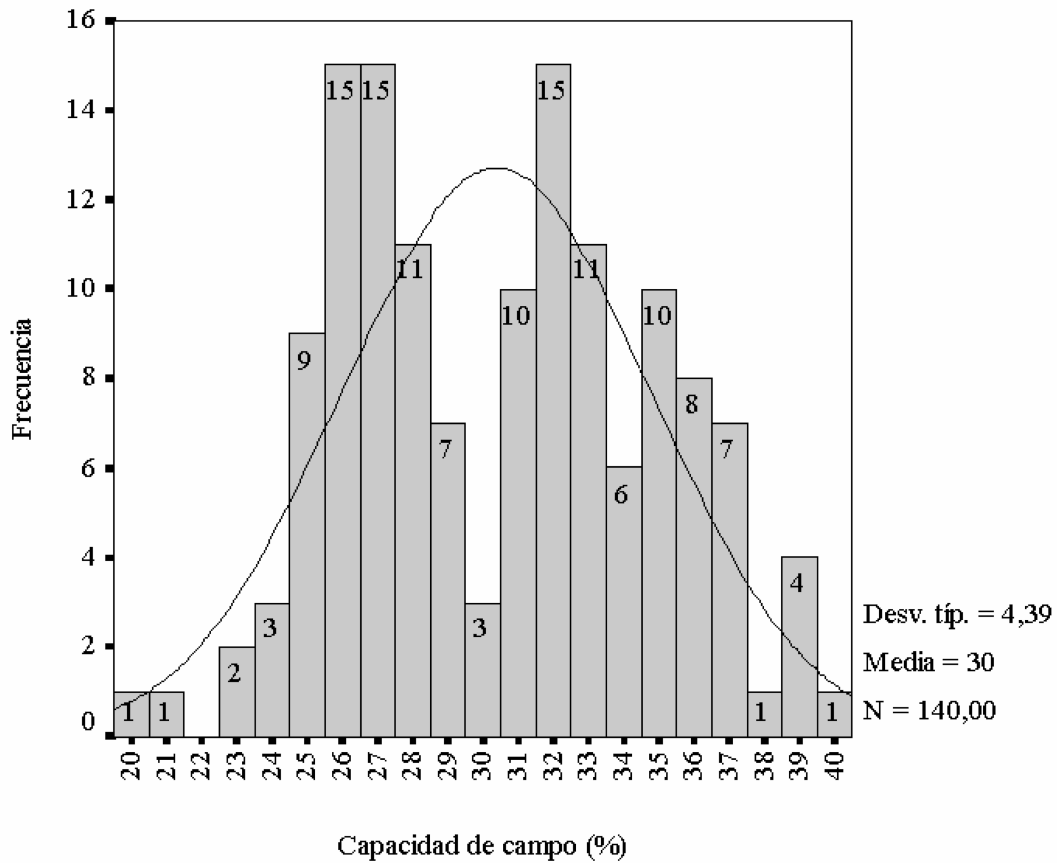


Gráfico 34. Histograma de frecuencias capacidad de campo. Vegetación

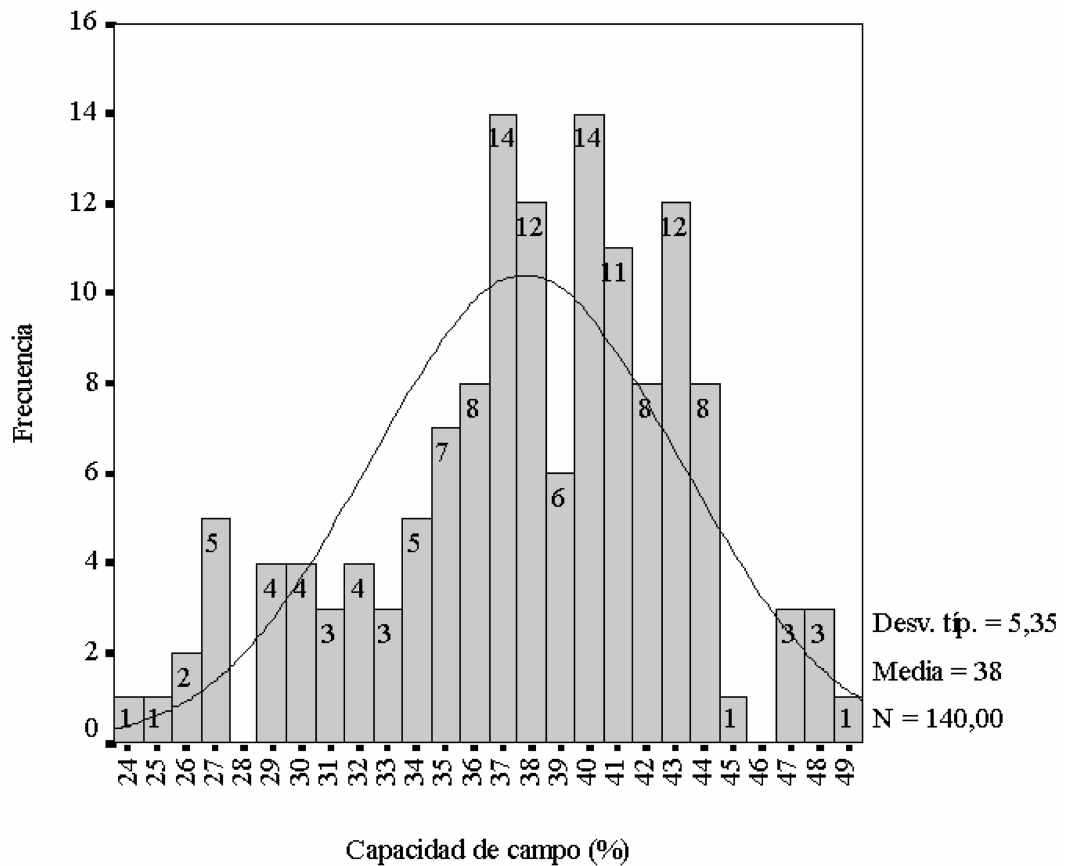


Gráfico 35. Diagramas de caja capacidad de campo (datos agrupados)

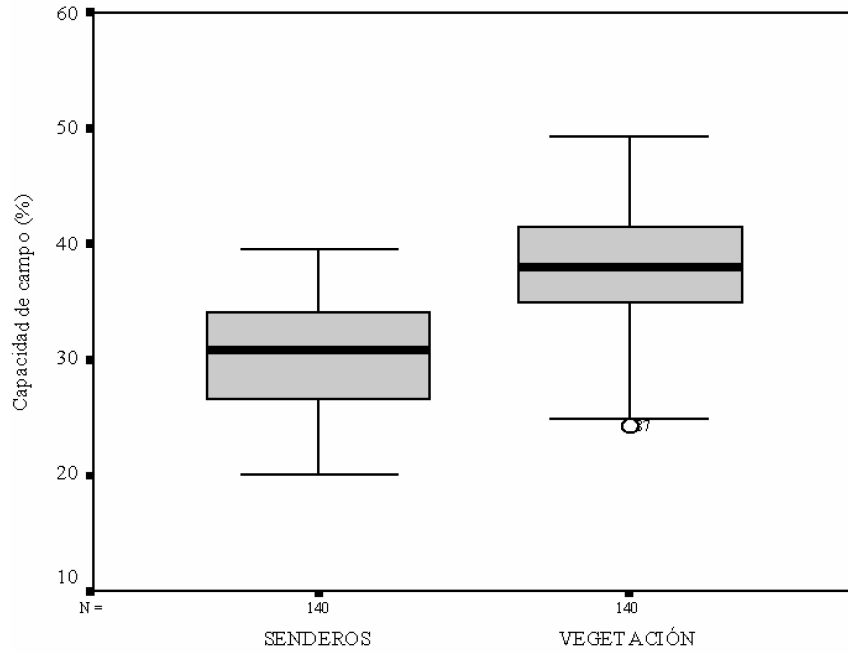
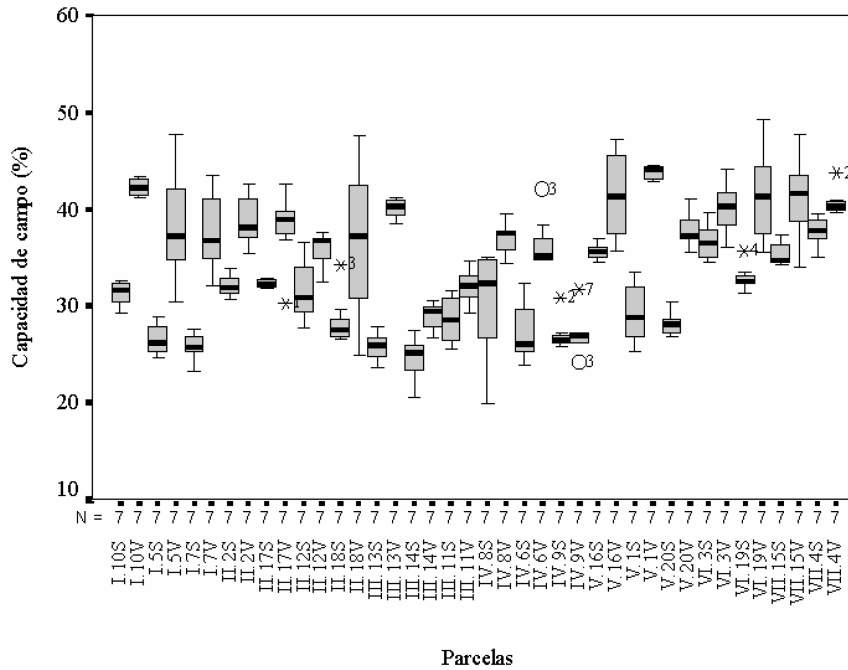


Gráfico 36. Diagramas de caja capacidad de campo (parcelas)



2.4. LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.

2.4.1. Análisis estadístico de los datos agrupados.

En primer lugar hay que destacar la mayor capacidad de infiltración que se registra en los tramos de vegetación en relación a los de sendero.

En los tramos de senderos la media y la mediana ascienden a 18,98 y 15,01 cm/h, respectivamente, con una moda que se aparta considerablemente de estos valores, con 8,34 cm/h. Mientras que, en los tramos de vegetación la media, la mediana y la moda registran, respectivamente, los siguientes valores: 53,41, 48,18 y 75,06 cm/h. (cuadro 63).

Las diferencias de valores registrados en cada tramo, ponen de manifiesto la existencia de una elevada dispersión en los resultados, lo que viene a confirmarse por los bajos valores de la desviación típica y el coeficiente de variación. En el caso de este último parámetro los valores son muy elevados ya que ascienden al 62,96% en los senderos y al 41,54% en la vegetación.

De la observación de los dos histogramas (gráficos 37 y 38) se deduce que las dos distribuciones tienen una asimetría positiva, lo que viene confirmado por unos coeficientes de 0,75 y 0,38 para los senderos y la vegetación, respectivamente.

En el primer caso, como se puede observar, la asimetría es mayor, por lo que el histograma describe una curva con una cola más marcada a la derecha de la distribución.

Aunque la curtosis en ambas distribuciones son parecidas, -0,58 para los senderos y -0,68 para la vegetación, quizás se pueda hablar de un mayor apuntamiento en el tramo de vegetación.

Pese a que las medidas de dispersión anteriores indican que la distribución de la vegetación es algo más homogénea que la de sendero, los diagramas de caja (gráfico 39) ponen de manifiesto lo contrario. La anchura variable que presentan ambas cajas indican el menor rango intercuartílico de la capacidad de infiltración en las zonas de vegetación. Los valores de este rango, 18,53 y 35,78 para los tramos de sendero y vegetación, respectivamente, indican la mayor variabilidad de las observaciones en la segunda distribución.

CUADRO 63. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

Unidad	Parcela /Tramo	Media (cm/hr)	Mediana (cm/hr)	Moda (cm/hr)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (cm/hr)	Máximo (cm/hr)	RIC	
MUESTRA DESAGREGADA POR PARCELAS												
I	10	S	20,56	17,6	11,67	9,53	46,36	1,09	0,40	11,67	36,69	16,12
		V	41,14	42,48	33,36	4,64	11,28	-0,9	0,85	33,36	46,70	6,98
		P	36,81	37,25	28,80	5,66	18,64	-0,48	0,75	28,8	44,59	8,89
	5	S	18,90	15,49	8,34	10,10	53,47	0,88	-0,42	8,34	35,03	17,58
		V	37,25	37,55	33,15	3,52	9,45	$-8,9 \cdot 10^{-2}$	-1,79	33,15	41,7	7,26
		P	30,58	29,54	24,14	5,90	25,42	0,26	-1,29	24,14	39,27	11,00
	7	S	24,18	23,92	20,35	2,70	11,16	0,43	1,61	20,35	28,6	3,35
		V	80,07	76,28	65,30	15,45	19,29	0,88	-0,26	65,3	105,09	27,97
		P	55,61	53,37	45,63	9,87	15,73	0,68	0,55	45,63	71,62	17,19
II	2	S	34,19	34,7	28,35	4,68	13,69	$-9,4 \cdot 10^{-2}$	-2,01	28,35	40,03	8,80
		V	76,73	76,51	74,9	1,89	2,46	1,17	1,59	74,9	80,07	3,01
		P	63,60	63,61	60,54	2,74	5,92	0,78	0,47	60,54	67,71	4,79
	17	S	38,36	38,38	33,36	3,19	8,32	-0,26	0,92	33,36	42,9	4,82
		V	80,07	77,56	66,72	13,32	16,63	1,61	3,24	66,72	105,09	15,96
		P	69,56	67,69	58,31	10,76	14,53	1,139	2,65	58,31	89,43	13,15
	12	S	41,70	42,00	36,70	3,90	9,35	$-5,8 \cdot 10^{-2}$	-1,80	36,70	46,70	7,15
		V	75,06	75,06	75,06	2,73	3,64	1,37	2,53	72,50	80,07	3,70
		P	66,95	67,02	65,73	3,01	5,02	1,02	1,47	63,80	71,96	4,53
	18	S	20,01	19,75	15,01	4,02	20,12	0,71	0,80	15,01	26,69	5,69
		V	77,56	79,4	50,04	23,64	30,48	-0,15	-1,90	50,04	105,0	51,07
		P	61,25	62,49	40,11	18,07	27,54	0,09	-1,13	40,11	82,87	38,20
III	13	S	16,67	15,9	13,34	3,09	18,54	0,83	-0,12	13,34	21,68	5,23
		V	53,38	52,51	45,04	7,37	13,81	1,27	2,46	45,04	66,72	9,69
		P	40,99	40,15	34,34	5,92	15,38	1,12	1,59	34,34	51,51	8,18
	14	S	9,45	9,05	6,67	2,24	23,72	0,95	1,74	6,67	13,34	3,13
		V	35,02	35,00	30,02	3,70	10,7	$2,0 \cdot 10^{-3}$	-1,41	30,02	40,03	6,32
		P	26,58	26,43	22,31	3,21	14,99	0,31	-0,37	22,31	31,22	5,26
	11	S	15,01	14,34	10,01	4,15	27,68	0,22	-1,98	10,01	20,01	8,35
		V	19,45	19,43	15,01	2,84	14,64	-0,31	0,49	15,01	23,35	4,41
		P	17,64	17,35	12,97	3,37	19,95	$-9,4 \cdot 10^{-2}$	-0,51	12,97	21,98	6,01
IV	8	S	7,42	6,42	5	3,27	44,13	1,41	1,84	5,00	13,34	4,59
		V	30,02	29,91	23,35	5,05	16,82	0,59	1,19	23,35	38,36	7,50
		P	23,17	22,79	17,78	4,51	25,09	0,83	1,38	17,78	30,77	6,61
	6	S	8,34	8,09	8,34	3,57	42,88	1,55	3,03	5,00	15,01	4,63
		V	42,53	42,63	38,36	2,48	5,84	-0,87	0,6	38,36	45,1	4,01
		P	31,07	31,05	28,30	2,84	18,24	$-5,9 \cdot 10^{-2}$	1,41	27,18	35,01	4,21
	9	S	8,34	8,09	8,34	3,57	42,88	1,55	3,03	5,00	15,01	4,63
		V	46,7	44,95	30,02	12,40	26,56	0,13	-1,07	30,02	63,38	22,66
		P	26,18	25,23	18,42	7,67	35,27	0,88	1,12	16,63	37,50	13,01

CUADRO 63 (continuación). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.

Unidad	Parcela /Tramo	Media (cm/hr)	Mediana (cm/hr)	Moda (cm/hr)	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Mínimo (cm/hr)	Máximo (cm/hr)	RIC	
V	16	S	32,24	25,96	23,35	11,29	35,03	0,96	-1,64	23,35	48,37	21,40
		V	70,06	69,35	63,39	7,39	10,54	1,31	2,10	63,39	83,4	11,08
		P	58,20	55,74	50,83	8,61	18,21	1,20	0,92	50,83	72,41	14,31
	1	S	10,01	9,43	10,01	2,60	25,96	1,85	3,79	7,85	15,01	3,04
		V	35,58	35,67	23,35	8,00	22,49	-0,42	-0,59	23,35	45,04	13,86
		P	26,50	26,35	18,61	6,08	23,72	0,38	0,96	17,84	34,37	10,01
	20	S	12,78	12,49	6,67	5,54	43,39	0,68	-0,21	6,67	21,68	8,75
		V	35,86	35,67	31,69	3,82	10,66	2·10 ⁻²	-2,98	31,69	40,03	7,26
		P	27,81	27,59	22,97	4,41	22,05	0,24	-2,01	22,97	33,63	7,77
VI	3	S	8,34	8,09	8,34	3,57	42,88	1,55	3,03	5,00	15,01	4,63
		V	28,19	27,69	16,68	10,56	37,47	0,14	-2,43	16,68	41,7	19,90
		P	21,30	20,89	13,78	8,13	39,34	0,62	-0,53	12,63	32,44	14,60
	19	S	6,67	6,10	5,00	1,95	29,33	1,12	0,51	5,00	10,01	3,39
		V	55,88	54,67	45,04	8,93	15,98	0,22	-1,81	45,04	66,72	18,39
		P	31,84	30,94	25,48	5,52	22,49	0,65	-0,67	25,48	39,02	11,06
VII	15	S	13,89	13,89	11,67	1,76	12,72	0,47	7·10 ⁻²	11,67	16,68	2,80
		V	84,23	81,2	75,06	10,85	12,88	1,84	3,76	75,06	105,0	12,96
		P	53,86	52,14	47,69	6,92	12,80	1,24	2,16	47,69	66,92	8,57
	4	S	32,52	32,19	28,35	2,96	9,1	0,095	-0,35	28,35	36,7	5,16
		V	63,39	62,43	63,39	11,30	17,83	0,95	2,80	48,37	83,4	11,03
		P	47,89	47,25	45,80	7,11	13,44	0,52	1,21	38,32	59,96	8,08
MUESTRA AGRUPADA												
Tramos	S	18,98	15,01	8,34	11,95	62,95	0,75	-0,58	5,00	48,37	18,53	
	V	53,41	48,18	75,06	22,19	41,55	0,38	-0,68	15,01	105,0	35,78	
	P	41,13	36,35	51,27	18,53	49,16	0,51	-0,64	11,44	84,85	29,62	

LEYENDA:

S: tramo de sendero.

V: tramo de vegetación.

P: valor estimado para la parcela ponderando la superficie que representan ambos tramos.

CV: coeficiente de variación.

RIC: rango intercuartílico.

2.4.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas.

Como era de esperar, la capacidad de infiltración en todas las parcelas analizadas, es más elevada en los tramos de vegetación que en los de sendero.

En los tramos de sendero las medias de las máximas son superiores a 30 cm/h., lo que se alcanza únicamente en las unidades silíceas con exposición Norte y en las unidades calcáreas. Concretamente, en la parcela 12 de carácter silíceo la infiltración se eleva hasta 48,37 cm/h. Mientras que, la máxima absoluta se alcanza en la parcela 16 con una infiltración de 48,37 cm/h. (cuadro 63).

En estos mismos tramos las medias de las mínimas se encuentran en las parcelas que corresponden a las unidades silíceas de exposición indefinida y Sur, aunque en una de las parcelas calcáreas se haya registrado la media más baja con 6,67 cm/h., concretamente en la número 19 (cuadro 63).

La mínima absoluta desciende a 5 cm/h., este valor se ha registrado en todas las unidades silíceas de exposición indefinida y en las parcelas 16 y 4 de las unidades calcáreas.

En los tramos de vegetación las medias de las máximas de la capacidad de infiltración se encuentran en las unidades silíceas de exposición Norte y en las unidades calcáreas, con unas cifras superiores a los 70 cm/h. Concretamente, la parcela 15 de carácter calcáreo presenta el valor más elevado con 84,23 cm/h.

La máxima absoluta asciende a 105 cm/h., lo cual se alcanza en la parcela 15 y 18, la primera de carácter calcáreo y exposición Sur y la segunda silícea de exposición Norte.

Las medias de las mínimas en estos tramos se encuentran por debajo de 20 cm/h. La parcela 11, correspondiente a la unidad silícea de exposición Sur, es la que registra la media más reducida con un valor de 19,45 cm/h.

Mientras que, la mínima absoluta desciende a 15,01 cm/h., valor que se ha registrado en la misma parcela anterior.

Las estimaciones de la capacidad de infiltración ponderadas para ambos tramos presentan unos valores muy parecidos a los registrados en los tramos de vegetación.

Las medias de las máximas de capacidad de infiltración se encuentran en las unidades silíceas de exposición Norte, con unas cifras superiores a los 60 cm/h. De todas las parcelas analizadas en estas unidades destaca la 17 con 69,56 cm/h. Igualmente aquí es donde se ha registrado la máxima absoluta, con un valor de 89,43 cm/h.

Las medias de las mínimas se encuentran por debajo de 25 cm/h. La parcela 11, de carácter silíceo y exposición Sur es donde se alcanzan los registros más bajos con una media de 17,64 cm/h. Mientras que, la mínima absoluta la comparten las parcelas 3 y 11, con unos valores de 12,63 y 12,97 cm/h., respectivamente.

La desviación típica es en todos los casos relativamente homogénea, lo mismo que el coeficiente de variación, ya que en tan solo algunos de los tramos de 6 de las parcelas analizadas se baja del 10%. Esto indica que la distribución de valores en esos casos es moderadamente variable.

Los bajos valores en general del coeficiente de asimetría indican que las distribuciones son simétricas. El coeficiente de apuntamiento es variable aunque en ciertos casos se encuentra bastante marcado.

Gráfico 37. Histograma de frecuencias capacidad infiltración. Senderos

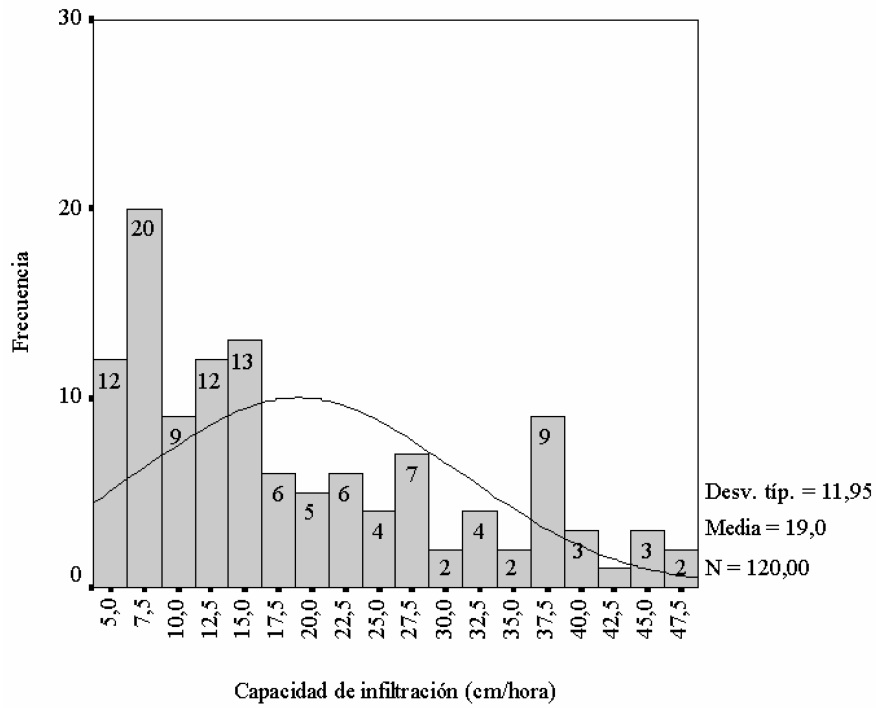


Gráfico 38. Histograma de frecuencias capacidad infiltración.Vegetación

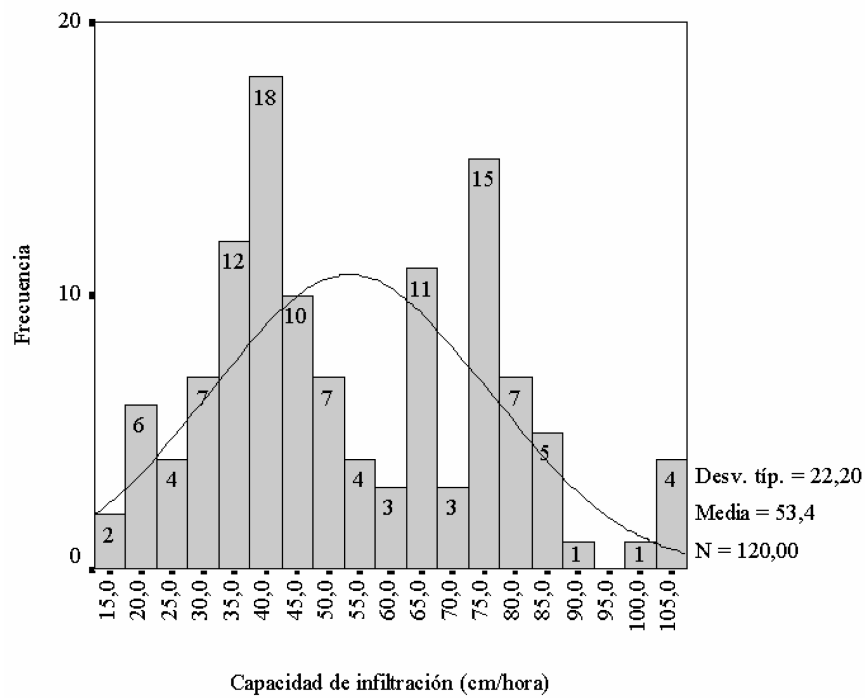


Gráfico 39. Diagramas de caja capacidad infiltración (datos agrupados)

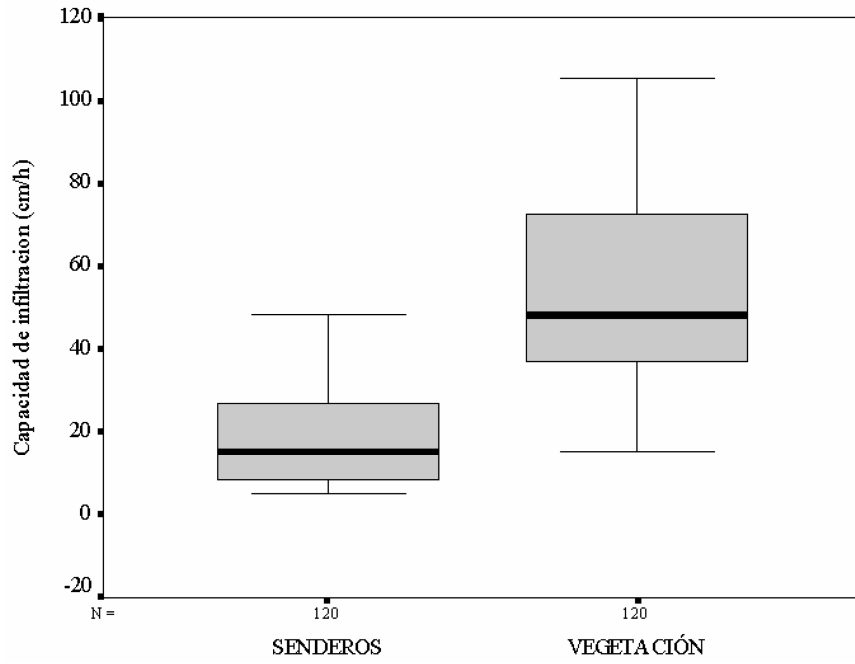
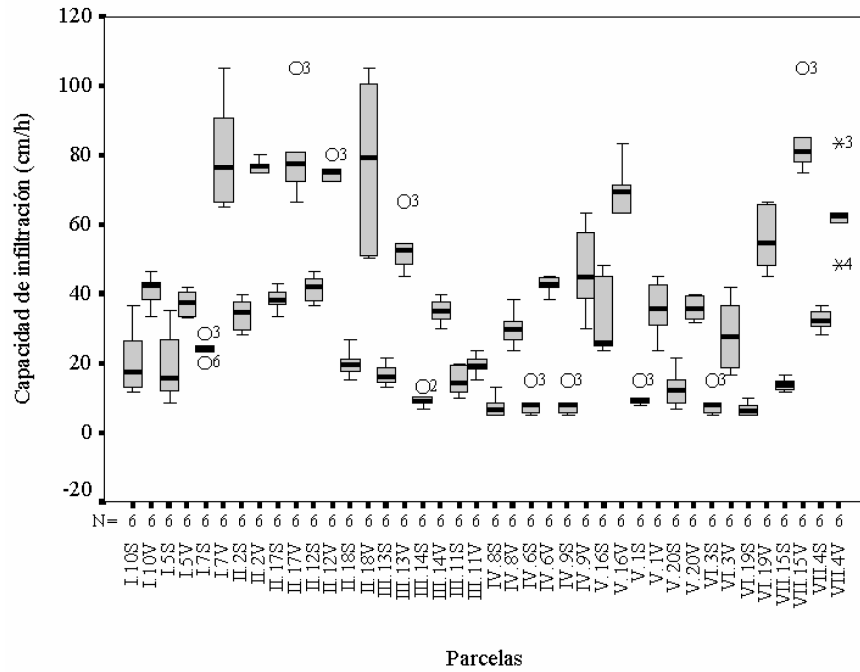


Gráfico 40. Diagramas de caja capacidad infiltración (parcelas)



2.5. LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

2.5.1. Análisis estadístico de los datos agrupados.

De la observación de los valores de tendencia central destaca, en primer lugar, la mayor inestabilidad estructural que se registra en los tramos de sendero. En estos, la media y la mediana se elevan a 3,08 y 2,80, respectivamente, con una moda de 2,25; mientras que, en el caso de los senderos las 3 medidas de tendencia central son, respectivamente, 2,61, 2,39 y 1,85 (cuadro 64).

Los resultados obtenidos presentan una dispersión que se puede considerar moderada, con un coeficiente de variación que se eleva al 34,73% en los senderos frente al 30,82% en la vegetación.

De la observación de los dos histogramas (gráficos 41 y 42) se deduce que las dos distribuciones son asimétricas. La asimetría es positiva por lo que las curvas presentan unas colas a la derecha de la distribución, que es mayor en el caso de las distribuciones de senderos que en la de vegetación. Los coeficientes de asimetría confirman este hecho, en los tramos de senderos asciende a 1,84, frente a un coeficiente de 0,78 en la vegetación.

El tramo de senderos presenta una mayor frecuencia del valor central, de ahí que la distribución de sus valores presente mayor apuntamiento que la correspondiente a la vegetación: 4,88 del primero frente a 0,07 del segundo.

Los diagramas de caja (gráfico 43) vuelven a confirmar las características de la distribución que se pusieron de manifiesto con anterioridad. La inestabilidad estructural es más elevada en los tramos de sendero y la variabilidad en ambas distribuciones es semejante, ya que el rango intercuartílico se eleva a 1,17 y 1,18 para los tramos de sendero y vegetación, respectivamente.

2.5.2. Análisis estadístico de los datos diferenciados por parcelas.

Como era de esperar la inestabilidad estructural es, por lo general, más elevada en los tramos de sendero que en los de vegetación.

En los tramos de sendero las medias de las máximas superan el índice 4, lo que se alcanza únicamente en las unidades silíceas con exposición Sur e indefinida. Concretamente, en la parcela 11 es donde se alcanza la media más elevada con un índice de 5,97. Lo mismo que la máxima absoluta que se obtiene en la misma parcela con un índice de 7,98 (cuadro 64).

En estos mismos tramos, las medias de las mínimas se encuentran distribuidas por todas las parcelas, entre las que destaca la número 4 de carácter calcáreo y exposición Sur con un índice de 1,9, el más bajo de todos los registrados.

CUADRO 64. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Unidad	Parcela /Tramo	Media	Me diana	Moda	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Míni mo	Máxi mo	RIC	
MUESTRA DESAGREGADA POR PARCELAS												
I	10	S	2,38	2,39	2,41	$4,8 \cdot 10^{-2}$	2,05	-0,96	0,52	2,29	2,44	0,068
		V	2,37	2,37	2,28	$6,4 \cdot 10^{-2}$	2,70	-0,16	-1,21	2,28	2,45	0,12
		P	2,37	2,37	2,30	$6,0 \cdot 10^{-2}$	2,56	-0,32	-0,84	2,28	2,44	0,10
	5	S	2,61	2,65	2,36	0,19	7,35	-0,30	-1,83	2,36	2,84	0,39
		V	2,19	2,18	2,06	0,11	5,38	$1,3 \cdot 10^{-2}$	-2,51	2,06	2,33	0,23
		P	2,34	2,35	2,16	0,13	6,09	-0,10	-2,26	2,16	2,51	0,28
	7	S	2,54	2,57	2,37	0,13	5,45	-0,10	-1,66	2,37	2,72	0,28
		V	2,77	2,73	2,12	0,47	16,96	-0,18	-1,06	2,12	3,42	0,90
		P	2,66	2,66	2,22	0,32	11,92	-0,14	-1,32	2,22	3,11	0,62
II	2	S	2,41	2,43	2,02	0,28	12,00	$-6,5 \cdot 10^{-2}$	-1,65	2,02	2,81	0,53
		V	2,09	2,16	1,28	0,43	20,71	-0,72	0,85	1,28	2,69	0,56
		P	2,18	2,24	1,50	0,38	18,02	-0,51	$7,9 \cdot 10^{-2}$	1,50	2,72	0,55
	17	S	2,36	2,45	1,99	0,20	8,80	-0,95	-0,22	1,99	2,56	0,34
		V	1,99	1,99	1,69	0,21	10,84	0,57	0,53	1,69	2,39	0,29
		P	2,08	2,10	1,76	0,20	10,32	0,18	0,34	1,76	2,43	0,30
	12	S	2,37	2,34	2,20	0,12	5,39	0,46	-0,94	2,20	2,58	0,22
		V	1,66	1,63	1,53	0,13	7,97	0,81	-0,34	1,53	1,90	0,22
		P	1,83	1,80	1,69	0,12	7,34	0,72	-0,48	1,69	2,06	0,22
18	S	2,79	2,78	2,57	0,18	6,66	$5,1 \cdot 10^{-2}$	-1,77	2,57	3,03	0,39	
	V	3,07	3,19	2,50	0,35	11,69	-0,55	-1,04	2,50	3,51	0,65	
	P	2,99	3,07	2,51	0,30	10,26	-0,37	-1,24	2,51	3,37	0,57	
III	13	S	2,87	2,92	2,06	0,5	17,71	-0,47	-0,48	2,06	3,54	0,91
		V	2,34	2,32	2,04	0,22	9,56	0,16	-1,14	2,04	2,68	0,41
		P	2,51	2,51	2,04	0,31	12,28	-0,05	-0,91	2,04	2,96	0,57
	14	S	4,34	4,31	4,00	0,19	4,56	0,14	1,41	4,00	4,69	0,21
		V	4,01	4,14	2,75	0,86	21,48	-0,29	-1,13	2,75	5,16	1,65
		P	4,11	4,19	3,16	0,63	15,89	-0,14	-0,29	3,16	5,00	1,17
	11	S	5,97	6,45	2,92	1,69	28,44	-0,72	-0,25	2,92	7,98	2,51
		V	3,65	3,80	1,98	0,86	23,63	-1,09	0,77	1,98	4,55	1,31
		P	4,59	4,87	2,36	1,19	25,59	-0,93	0,35	2,36	5,94	1,79
IV	8	S	3,01	3,02	2,79	0,16	5,36	$-4,2 \cdot 10^{-2}$	-1,26	2,79	3,25	0,28
		V	3,66	3,67	3,49	0,12	3,34	-0,12	-0,65	3,49	3,85	0,22
		P	3,47	3,47	3,27	0,13	3,95	$-9,6 \cdot 10^{-2}$	-0,83	3,27	3,66	0,23
	6	S	4,21	4,20	3,75	0,32	7,77	$4,4 \cdot 10^{-2}$	-1,19	3,75	4,68	0,61
		V	2,52	2,51	2,06	0,44	17,50	0,93	0,82	2,06	3,38	0,64
		P	3,08	3,07	2,62	0,39	14,24	0,63	0,14	2,62	3,81	0,62
	9	S	2,22	2,24	2,01	0,10	4,85	-1,03	1,11	2,01	3,35	0,15
		V	3,26	3,46	1,26	1,05	32,29	-0,98	0,52	1,26	4,43	1,57
		P	2,70	2,80	1,66	0,54	17,61	-1,00	0,83	1,66	3,85	0,81

CUADRO 64 (continuación). ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

Unidad	Parcela /Tramo	Media	Me diana	Moda	Desviación típica	CV (%)	Asimetría	Curto sis	Míni mo	Máxi mo	RIC	
V	16	S	2,34	2,50	1,26	0,64	27,25	-0,74	-0,37	1,26	3,14	1,08
		V	2,41	2,41	2,39	$2,3 \cdot 10^{-2}$	0,98	0,32	-1,20	2,39	2,45	$4,5 \cdot 10^{-2}$
		P	2,38	2,43	2,03	0,21	9,21	$-1 \cdot 10^{-2}$	-0,93	2,03	2,66	0,36
	1	S	4,17	4,11	3,59	0,39	9,47	0,58	0,84	3,59	4,90	0,51
		V	2,19	2,14	1,93	0,19	9,06	0,30	-0,78	1,93	2,51	0,35
		P	2,89	2,83	2,51	0,26	9,20	0,39	-0,20	2,51	3,35	0,40
	20	S	3,19	3,16	2,39	60,00	18,77	0,26	-0,35	2,39	4,21	0,93
		V	3,33	3,34	3,38	$7,6 \cdot 10^{-2}$	2,30	-0,13	-1,63	3,23	3,44	0,13
		P	3,28	3,27	3,03	20,94	8,03	$5,8 \cdot 10^{-2}$	-1,18	2,93	3,70	0,40
VI	3	S	2,99	2,89	2,44	0,37	12,68	0,22	-0,92	2,44	3,56	0,63
		V	1,89	2,01	1,39	0,30	16,15	-1,15	-0,31	1,39	2,18	0,53
		P	2,27	2,31	1,75	0,12	14,94	-0,67	-0,52	1,75	2,65	0,56
	19	S	3,01	3,01	3,04	0,03	1,17	$6,6 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-3}$	2,96	3,08	0,05
		V	1,97	1,91	1,69	0,22	11,25	1,08	1,11	1,69	2,40	0,28
		P	2,48	2,44	2,34	0,12	6,32	0,58	0,56	2,30	2,73	0,16
VII	15	S	3,92	3,89	3,16	0,55	14,04	$1,3 \cdot 10^{-2}$	-1,39	3,16	4,68	1,05
		V	3,17	3,12	2,46	0,48	15,22	0,41	0,11	2,46	4,00	0,72
		P	3,49	3,45	2,76	0,51	14,70	0,23	-0,53	2,76	4,29	0,86
	4	S	1,90	1,93	1,48	0,29	15,41	-0,29	-0,63	1,48	2,32	0,54
		V	1,73	1,71	1,32	0,30	17,43	0,10	-1,22	1,32	2,15	0,60
		P	1,81	1,82	1,40	0,29	16,41	$-9,5 \cdot 10^{-2}$	-0,92	1,40	2,23	0,56
MUESTRA AGRUPADA												
Tramos	S	3,08	2,80	2,25	1,07	34,73	1,84	4,88	1,26	7,98	1,17	
	V	2,61	2,39	1,85	0,80	30,82	0,78	$7 \cdot 10^{-2}$	1,26	5,16	1,18	
	P	2,77	2,53	1,99	0,89	32,20	1,15	1,78	1,25	6,16	1,17	

LEYENDA:

S: tramo de sendero.

V: tramo de vegetación.

P: valor estimado para la parcela ponderando la superficie que representan ambos tramos.

CV: coeficiente de variación.

RIC: rango intercuartílico.

En los tramos de vegetación las medias de las máximas de inestabilidad estructural se encuentran principalmente en las unidades silíceas de exposición Sur e indefinida, con unos índices superiores a 3. Concretamente la parcela 14, silícea de exposición Sur, presenta el índice más elevado, 4,01. Mientras que, la máxima absoluta se eleva a 5,16, lo que se alcanza en la misma parcela anterior.

La media de las mínimas de inestabilidad estructural en estos tramos se encuentran por debajo de 2. La parcela 12, correspondiente a la unidad silícea de exposición Norte es la que registra el índice medio más bajo con un valor de 1,66; sin embargo, se puede considerar que, a nivel medio, las unidades silíceas de exposición Norte registran los mismos valores que las unidades calcáreas.

Las estimaciones ponderadas para ambos tramos de inestabilidad estructural presentan unos valores muy parecidos a los registrados en los tramos de vegetación.

Las medias de las máximas de inestabilidad estructural se encuentran en las unidades silíceas de exposición Sur, con unos índices superiores a 4. Las parcelas 11 y 14, registran los índices más elevados, 4,59 y 4,11, respectivamente. Lo mismo ocurre con la máxima absoluta que ha correspondido, igualmente, a la parcela 11 con un índice de 5,94.

Las medias de las mínimas se encuentran por debajo de 2, lo que se ha alcanzado en las parcelas 4 y 12, con unos índices de 1,81 y 1,83, respectivamente. La primera de las parcelas es calcárea y de exposición Sur; mientras que, la segunda es silícea con exposición Norte.

La misma parcela 12 es donde se registra la mínima absoluta con un índice de 1,69.

El coeficiente de variación registrado en todas las series indica que la distribución de valores es homogénea en la mayoría de los tramos, aunque en algunos de ellos se torna a moderadamente variable al elevarse el coeficiente por encima del 10%.

Gráfico 41. Histograma frecuencias inestabilidad estructural. Senderos

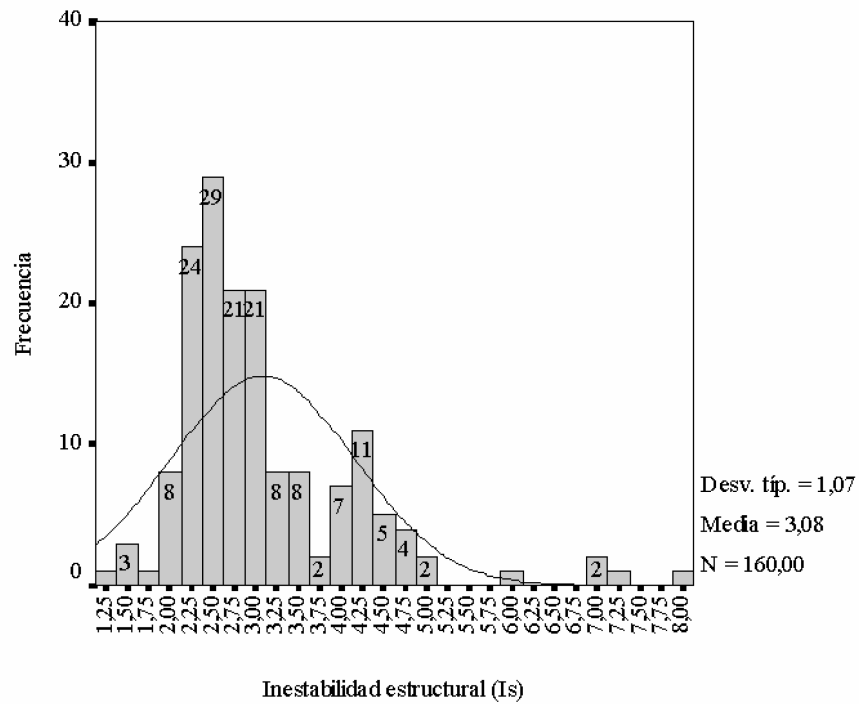


Gráfico 42. Histograma frecuencias inestabilidad estructural. Vegetación

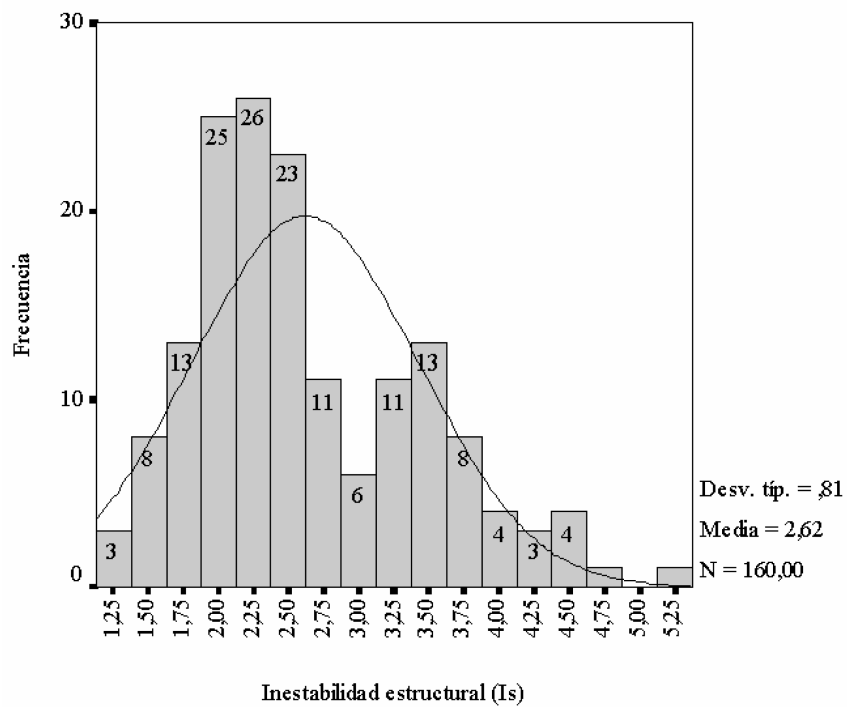


Gráfico 43. Diagramas caja inestabilidad estructural (datos agrupados)

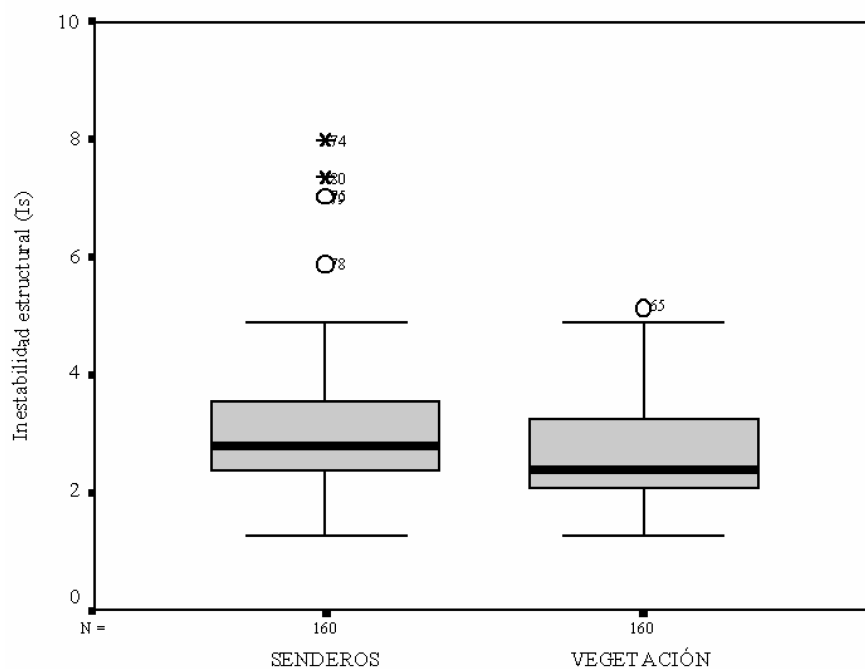
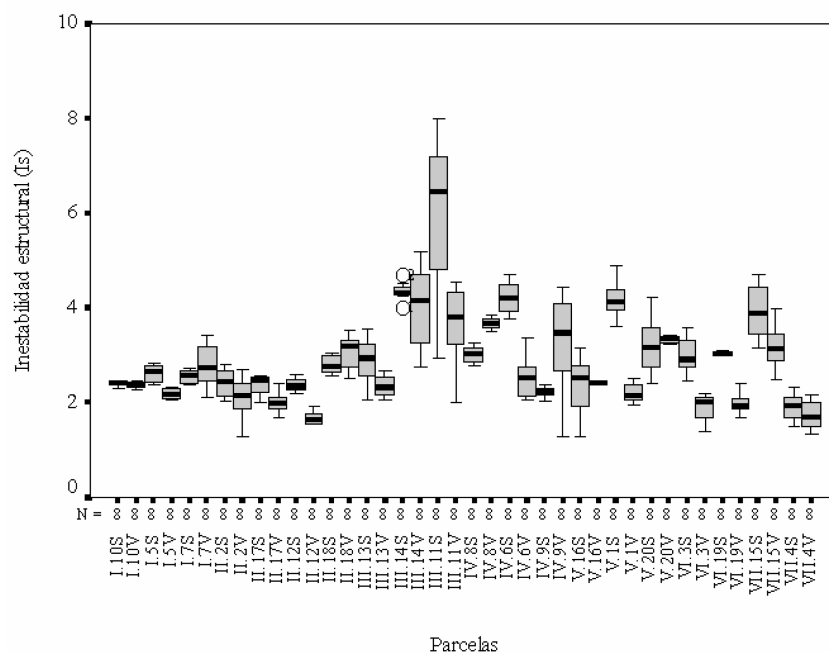


Gráfico 44. Diagramas de caja inestabilidad estructural (parcelas)



3. ANÁLISIS FACTORIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO Y LOS FACTORES DE DIAGNÓSTICO INCLUIDA LA CARGA GANADERA.

El orden seguido en los comentarios de los resultados del análisis factorial responde a unos objetivos concretos.

En primer lugar se analizan los resultados obtenidos en los tramos de vegetación porque éstos se pueden considerar como la situación ideal de las propiedades físicas del suelo de la zona de estudio. Se continúa analizando los resultados en los senderos que es donde se ha producido el impacto. Y, para terminar, se analizan las estimaciones ponderadas para tener una referencia de la situación media que caracteriza a la zona.

El primer factor de la matriz de componentes del **tramo de vegetación** (cuadro 65) corresponde con las propiedades físicas del suelo. Todas ellas presentan aquí los pesos factoriales más elevados, a excepción de la capacidad de infiltración que, aunque se satura en el cuarto factor, el escaso ratio que presentan ambos coeficientes (0,507 y 0,475) hacen pensar que esta propiedad no presenta una relación muy estrecha en ninguno de los factores.

En esta matriz las propiedades físicas están relacionadas con la exposición y, en menor medida, con el carbonato cálcico y la pendiente.

El descenso de la densidad aparente y la inestabilidad estructural están relacionados, lógicamente, con el aumento de la porosidad, la capacidad de retención de agua a la capacidad de campo y la capacidad de infiltración del suelo¹¹.

La relación que mantienen estas propiedades con los factores de diagnóstico es la siguiente. La tendencia descrita se manifiesta a medida que la pendiente aumenta y la exposición pasa de una orientación indefinida, típica de las zonas de cumbre a una orientación de componente Norte, pasando antes por la Sur, Este y Oeste, junto con el aumento del contenido de carbonato cálcico en el suelo.

En este sentido, la pendiente se debe interpretar desde el punto de vista de la unidad de relieve a la que caracterizan, ya que las pendientes más reducidas son propias de las zonas de cumbre; mientras que, las más elevadas son características de las unidades de ladera.

La matriz de componentes rotados hace un giro a las relaciones establecidas anteriormente (cuadro 65). En esta matriz las propiedades físicas del suelo se relacionan principalmente en los 2 primeros factores.

¹¹ Las tasas de infiltración de la unidad 3 en el tramo de vegetación están sesgadas, concretamente se han sobrestimado porque la parcela de muestreo está constituida por un suelo con un elevado contenido en gravas. Éstas originan un suelo con grandes poros artificiales que provocan una elevada circulación de agua, sobreestimándose, por tanto, la tasa final estable de infiltración. Por todo ello, este valor no se han tenido en cuenta en el análisis efectuado.

CUADRO 65. ANÁLISIS FACTORIAL. TRAMO DE VEGETACIÓN.

VARIABLES	Matriz de componentes				Matriz de componentes rotados			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Carbonato cálcico	0,509	0,285	-0,310	-0,538	0,668	-	-0,461	-
Estructura	-	-0,751	0,385	-	-	-	0,827	-
Textura	-	-0,469	-0,546	0,312	-	-	-	-0,750
Cobertura herbácea	0,374	-0,434	0,520	-	0,268	-	0,662	0,282
Exposición	0,697	0,391	0,296	0,313	0,286	0,814	-	0,283
Pendiente	0,496	0,474	-	0,401	-	0,762	-	-
Carga ganadera	0,257	-	0,658	-0,410	-	-	-	0,780
Densidad aparente	-0,750	0,359	-	-	-0,802	-	-	-
Porosidad	0,903	-	-	-	0,873	0,313	-	-
Capacidad campo	0,888	-	-0,261	-	0,924	-	-	-
Capacidad infiltración	0,475	-	-	0,507	-	0,663	-	-
Inestabilidad estructural	-0,764	-	-	-	-0,626	-0,404	-0,328	-
Varianza explicada (%)	34,84	13,91	12,43	9,58	27,87	17,31	13,44	12,15
Varianza acumulada (%)	34,84	48,75	61,18	70,77	27,87	45,18	58,62	70,77

CUADRO 66. ANÁLISIS FACTORIAL. TRAMO DE SENDERO.

VARIABLES	Matriz de componentes				Matriz de componentes rotados			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Carbonato cálcico	0,601	-0,562	-	-	0,782	-0,262	-	-
Estructura	-	0,598	-0,440	-	-0,260	0,585	-0,463	-
Textura	-	-	-0,423	0,617	-	-	-	-0,752
Cobertura herbácea	0,390	0,600	-	-	-	0,727	-	-
Exposición	0,634	-	0,587	-	-	0,272	0,822	-
Pendiente	0,363	-	0,670	0,413	-	-	0,870	-
Carga ganadera	-	0,263	0,428	-0,635	-	-	-	0,811
Densidad aparente	-0,904	-	0,305	-	-0,890	-0,370	-	-
Porosidad	0,892	-0,373	-	-	0,949	-	-	-
Capacidad campo	0,857	-	-0,382	-	0,910	0,261	-	-
Capacidad infiltración	0,522	0,614	-	0,337	-	0,760	0,377	-
Inestabilidad estructural	-0,452	-0,534	-	-	-	-0,669	-	-
Varianza explicada (%)	32,93	16,79	13,67	10,57	27,54	19,02	15,68	11,72
Varianza acumulada (%)	32,93	49,72	63,40	73,97	27,54	46,56	62,24	73,97

CUADRO 67. ANÁLISIS FACTORIAL. ESTIMACIÓN PONDERADA.

VARIABLES	Matriz de componentes				Matriz de componentes rotados			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Carbonato cálcico	0,487	-0,539	-	0,451	0,783	-	-0,331	-
Estructura	-	0,816	-	-	-	-	0,796	-
Textura	-	-	-0,621	-0,345	-	-	-	-0,714
Cobertura herbácea	0,417	0,568	-	0,284	-	-	0,686	-
Exposición	0,705	-	0,494	-0,260	0,287	0,814	-	0,298
Pendiente	0,492	-0,313	0,371	-0,394	-	0,724	-0,262	-
Carga ganadera	-	-	0,644	0,535	-	-	-	0,830
Densidad aparente	-0,874	-	0,278	-	-0,796	-0,311	-0,360	-
Porosidad	0,905	-	-	-	0,916	0,313	-	-
Capacidad campo	0,890	-	-0,377	-	0,902	0,276	-	-
Capacidad infiltración	0,561	0,263	-	-0,538	-	0,776	0,280	-
Inestabilidad estructural	-0,712	-0,385	-	-	-0,399	-0,494	-0,514	-
Varianza explicada (%)	36,53	14,38	13,10	10,54	27,22	19,71	15,33	12,29
Varianza acumulada (%)	36,53	50,91	64,01	74,56	27,22	46,94	62,26	74,56

En el primero de ellos, la densidad aparente, la porosidad, la capacidad de campo y la inestabilidad estructural tienen un peso elevado. Todas ellas se relacionan en este caso con el contenido de carbonato cálcico, a diferencia de la interpretación que daba la matriz de componentes no rotados que relacionaba estas propiedades físicas con la exposición y la pendiente.

En este caso, el descenso de la densidad aparente y la inestabilidad estructural y el aumento de la porosidad y la capacidad de campo se explican atendiendo al aumento del contenido de carbonato cálcico en el suelo.

El factor 2 es el factor exposición y pendiente. Aquí el aumento de la capacidad de infiltración del suelo está relacionado con la tendencia hacia exposiciones Norte y el paso de las unidades de relieve de cumbre de reducida pendiente a las unidades de ladera donde la pendiente se incrementa.

En el caso del análisis factorial realizado sobre las propiedades físicas de los **tramos de senderos** (cuadro 66), el primer factor de la matriz de componentes es el factor propiedades físicas. La densidad aparente, la porosidad y la capacidad de campo presentan las cargas más elevadas en este factor; mientras que, la capacidad de infiltración y la inestabilidad estructural, aunque se saturan en el segundo factor, presenta un coeficiente que, aunque moderado, se puede considerar significativo.

Estas propiedades se relacionan con la exposición y el carbonato cálcico. El sentido que siguen es el mismo que se indicó en los comentarios anteriores.

La infiltración y la inestabilidad estructural se relacionan en el segundo factor con la cobertura herbácea y la estructura y, en menor medida, con el carbonato cálcico. En este último caso, la relación que manifiestan es contraria a

la que se indicó en el primer factor; sin embargo, el 16,79% de la varianza que se explica aquí frente al 32,93% que se explica en el primer factor hace más fiable la primera relación.

La matriz de componentes rotados confirma a la densidad aparente, a la porosidad y a la capacidad de campo en el primer factor (cuadro 66), con una carga muy significativa tan sólo con el carbonato cálcico, manifestando la misma relación anterior.

El segundo factor corresponde a la infiltración y la inestabilidad estructural. Estas propiedades se vuelven a relacionar con la cobertura herbácea, principalmente y con la estructura. En este factor el descenso de la inestabilidad estructural y el aumento de la capacidad de infiltración están relacionados con el aumento de la cobertura herbácea en el suelo y con el paso de una estructura en bloques a una granular.

En el caso del análisis factorial realizado sobre las **propiedades físicas estimadas**, ponderando los 2 tramos anteriores (cuadro 67) se ha observado que los resultados obtenidos siguen, aproximadamente, las mismas pautas que se pusieron de manifiesto durante el análisis de los tramos de vegetación.

El primer factor de la matriz de componentes corresponde a las propiedades físicas del suelo. En este factor se reagrupan las 5 propiedades muestreadas y se relacionan con la exposición y, en menor medida con la pendiente. Con el carbonato cálcico y la cobertura herbácea también tienen una cierta relación pero las cargas que presentan en este factor no son las más altas, de ahí que no se consideren.

El descenso de la densidad aparente y la inestabilidad estructural junto con el aumento de la porosidad, la capacidad de retención de agua a la capacidad de campo y la capacidad de infiltración del suelo están relacionados, principalmente, con la exposición y la pendiente, ya que la tendencia descrita se sigue a medida que la exposición tiende a ser de componente Norte y la pendiente aumenta.

La matriz de componentes rotados hace un giro en las relaciones establecidas anteriormente (cuadro 67). En esta matriz las propiedades físicas del suelo se relacionan principalmente en los 3 primeros factores.

En el primero de ellos la densidad aparente, la porosidad y la capacidad de campo presentan las cargas más elevadas en este factor. En este caso se relacionan con el contenido de carbonato cálcico, a diferencia de la interpretación que daba la matriz de componentes no rotada que daba mayor peso a la exposición y la pendiente.

El segundo factor es el factor exposición. La capacidad de infiltración del suelo presenta un peso elevado con los factores de diagnóstico exposición y pendiente. La relación que existe es la misma que se puso de manifiesto en el análisis de la matriz anterior.

La inestabilidad estructural se relaciona en los 3 primeros factores con unas cargas moderadas. Este hecho es sintomático de que no existe una relación estrecha con ninguna variable en concreto, difuminándose, por tanto, las posibles explicaciones que se podrían argumentar para explicar los resultados obtenidos.

A modo de conclusión se ha realizado un balance general en el que se evalúa la importancia relativa de cada uno de los factores de diagnóstico sobre las propiedades físicas del suelo.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los factores carbonato cálcico y exposición son los que de una forma más destacada inciden sobre las propiedades físicas del suelo. La importancia de estos factores, en mayor o menor medida, se deja sentir sobre los dos tramos considerados y, lógicamente, sobre la estimación ponderada.

La presencia de carbonato cálcico en el suelo, como ya se puso de manifiesto en el apartado dedicado al análisis de las fases de suelos, favorece la formación de estructuras estables ya que actúa como agente estabilizante. Esta circunstancia determina que los valores de densidad aparente y porosidad sean muy adecuados, lo que unido a la mayor resistencia de los agregados a la desintegración, inciden directamente sobre la capacidad de infiltración y de almacenamiento de agua en el suelo.

La exposición juega también un papel muy destacado sobre las propiedades físicas. Su influencia se relaciona con el contenido en materia orgánica del suelo (CHURCHILL, 1982; LÓPEZ y MINTEGUI, 1986; CERDÀ, 1995).

En este sentido, cabe indicar que las zonas con exposición de umbría, a diferencia de lo que ocurre en las de solana, presentan una regulación edafoclimática más equilibrada, ya que los contrastes de temperatura y humedad son menores. La conservación de la humedad, por tanto, es mayor, lo que favorece el desarrollo de la vegetación, cuyas influencias sobre el contenido de materia orgánica en el suelo son evidentes. Sobre estas reflexiones no se volverá a entrar porque ya fueron analizadas en apartados anteriores.

El mayor contenido en materia orgánica de las exposiciones Norte incide favoreciendo el desarrollo de la estructura del suelo.

El sentido con el que hay que entender el papel de la pendiente, como ya se expresó durante el transcurso de este apartado, es atendiendo a la unidad de relieve que representan.

Las unidades de cumbre son llanas o presentan a lo sumo una reducida pendiente. Estas se caracterizan, como ya se indicó en el apartado de descripción de las unidades cartográficas de suelo a nivel de fase, por presentar unos suelos someros con frecuentes afloramientos rocosos y una vegetación rala. Es decir, se trata de suelos muy degradados.

Por el contrario, las unidades de ladera, de mayor pendiente, se caracterizan por presentar unos suelos más profundos donde la vegetación está mejor asentada.

Esta es la causa por la que las propiedades físicas del suelo se deterioran a medida que la pendiente disminuye.

La estructura y la cobertura herbácea son 2 factores con unas influencias menos destacadas que las anteriores sobre las propiedades físicas de los suelos analizados. Sin embargo, hay que destacar que la capacidad de infiltración y la inestabilidad estructural en los tramos de senderos están en cierta forma condicionadas por los factores citados.

Los resultados obtenidos indican que los horizontes superiores con estructura granular favorecen la estabilidad estructural y mejoran la circulación de agua en el suelo. Todo ello está relacionado con el mayor contenido en materia orgánica y la mayor presencia de raíces en este tipo de estructuras.

Las especies herbáceas, como ya se indicó en el apartado que analizaba los factores formadores del suelo que influyen sobre las propiedades físicas, tienen importantes implicaciones sobre la estructura de los suelos.

Estas especies mejoran la estructura, en primer lugar, porque su sistema radicular proporciona al suelo una red de poros muy favorables desde el punto de vista hidrológico, favoreciendo, de esta forma, los procesos de infiltración de agua y, en segundo lugar, porque aportan materia orgánica al suelo a partir de su descomposición.

La textura y la carga ganadera apenas han manifestado incidencia sobre las propiedades físicas analizadas. Estos parámetros tienen pesos factoriales muy bajos y sólo aparecen en factores que explican poca varianza.

En el caso de la carga ganadera pese a que son muchos los autores que hacen especial hincapié sobre las influencias que ejerce este factor sobre las propiedades físicas del suelo, los resultados obtenidos aquí no son tan claros.

Lo que es indiscutible es que en el primer apartado de este capítulo se puso de manifiesto desde el punto de vista estadístico unos resultados contrastados entre los tramos de sendero y vegetación. Sin embargo, el análisis factorial realizado, tanto en ambos tramos por separado como en la estimación ponderada, no indican una relación clara entre propiedades físicas y carga ganadera.

Aunque aquí no sea evidente dicha relación, en el análisis cluster del siguiente apartado la carga ganadera se ha utilizado como uno de los criterios para justificar las distintas agrupaciones realizadas.

4. ANÁLISIS CLUSTER DE LOS TRAMOS DE SENDERO Y VEGETACIÓN Y DE LA ESTIMACIÓN PONDERADA.

El análisis cluster realizado utilizando los resultados obtenidos en los **tramos de vegetación** (dendrograma 1) vuelve a poner de manifiesto la importancia de los factores de diagnóstico que sobresalieron en el análisis factorial del apartado anterior, concretamente el carbonato cálcico, la exposición y la pendiente.

El grupo 1 está formado por las unidades silíceas orientadas al Este y Oeste, una de las unidades de exposición Sur que presenta las mejores condiciones en cuanto a estructura granular y textura franca y una de las unidades de cumbre que presenta una carga ganadera baja, junto con una serie de unidades calcáreas sometidas a una carga ganadera alta y media.

El grupo 2 está formado por todas las unidades silíceas de componente Norte y las unidades calcáreas sometidas a una carga ganadera baja. La unidad 3 también se une pero ésta se puede interpretar como un sesgo dentro de este grupo, cuyas causas ya fueron comentadas en el apartado anterior.

Ambos grupos presentan las mejores propiedades físicas (gráficos 45-49), aunque en el gráfico de la capacidad de infiltración se ponen de relieve ciertas diferencias a favor del grupo 2, en el resto de las propiedades las 2 curvas de percentiles son muy semejantes, por lo que, en ambos grupos, se puede considerar que se encuentran los suelos con las mejores propiedades físicas.

El grupo 3 está formado por las unidades silíceas de orientación Sur, las unidades de cumbre sometidas a una carga media y elevada y una de las unidades calcáreas que presentan una carga ganadera muy elevada.

Este grupo presenta las propiedades físicas más degradadas de toda la zona (gráficos 45-49).

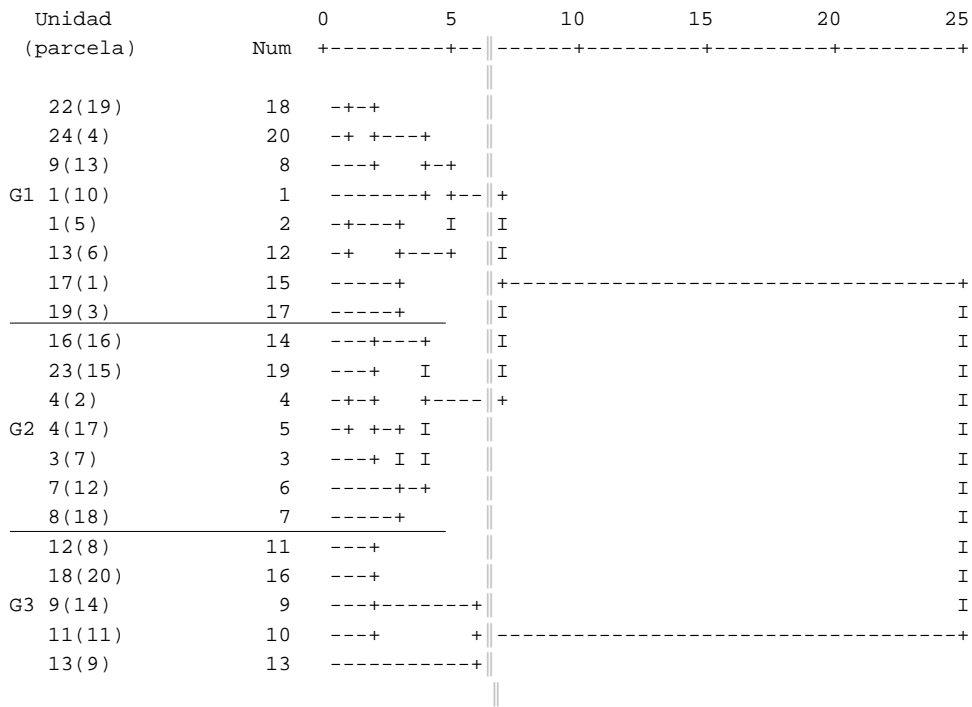
Teniendo en cuenta que se está evaluando el suelo para uso ganadero y sabiendo que los factores de diagnóstico que se están utilizando son los que influyen sobre las propiedades físicas del suelo se puede considerar que las unidades con menos aptitud para un posible uso ganadero son las que se reúnen en el grupo 3; mientras que, los dos primeros grupos, a priori, se deberían comportar de forma parecida frente al impacto de la carga ganadera.

No hay que olvidar que estos resultados corresponden a los tramos de vegetación que son las zonas que no están sometidas al pisoteo del ganado.

Con el objetivo de comprobar esta hipótesis se someten las unidades a un nuevo análisis cluster, utilizando en este caso los resultados obtenidos en los tramos de senderos.

DENDROGRAMA 1. TRAMO VEGETACION.

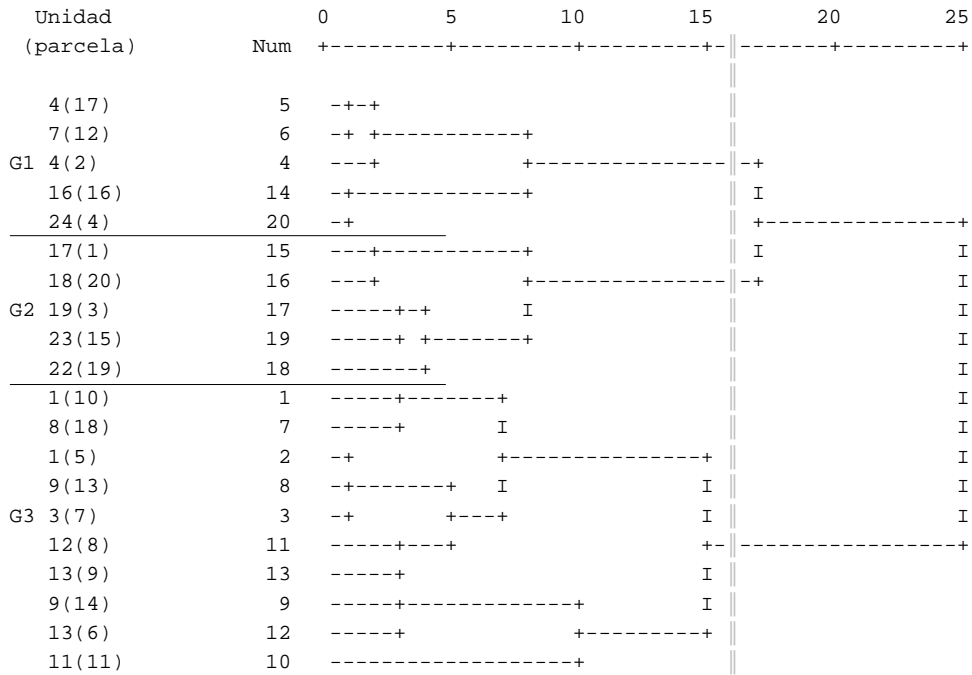
Escala de distancia entre clusters



G: grupo
|| Distancia de corte

DENDROGRAMA 2. TRAMO SENDERO.

Escala de distancia entre clusters



G: grupo
|| Distancia de corte

Si esto es lo que ocurre en los parámetros citados, el comportamiento es más contrastado cuando se analizan la capacidad de infiltración y la inestabilidad estructural (gráficos 53 y 54). En este caso, los resultados obtenidos indican que el grupo 1 presenta unas propiedades más favorables.

Como se puede observar en los gráficos el grupo 3 presenta, en conjunto, las propiedades físicas más desfavorables.

En general, se puede decir que las unidades silíceas de componente Norte y las unidades calcáreas son las que registran la mayor capacidad de amortiguación frente a la carga ganadera ya que la primera responde bien a todos los intervalos de carga; mientras que, la segunda se comporta de forma diferente según la presión del ganado. Estas unidades a cargas bajas y medias tienen el mismo comportamiento que las unidades anteriores, pero cuando se incrementa la carga experimentan una reducción de la capacidad de infiltración y un aumento de la inestabilidad estructural, aunque los valores de densidad aparente, porosidad y capacidad de campo no varíen con respecto al grupo anterior. Estas unidades son las que constituyen el grupo 2.

Por el contrario, las unidades silíceas de exposición Este, Oeste y Sur, junto con la unidades de cumbre son las que presentan los más bajos potenciales frente a la amortiguación de la carga ganadera.

Por último, se realiza el análisis cluster a los resultados obtenidos de la **ponderación de ambos tramos** (dendrograma 3).

El grupo 1 está compuesto exclusivamente por las unidades silíceas de exposición Norte, a excepción de la unidad 3 que, como en el caso de la vegetación, se considera un sesgo.

El grupo 2 está formado por las unidades silíceas de orientación Este-Oeste con carga media, por la única unidad silícea orientada al Sur que presentan una textura franca y una estructura granular, junto con las unidades de cumbre de carga baja y media y una de las unidades calcáreas con carga muy elevada y de textura arcillosa.

El grupo 3 está constituido por todas las unidades calcáreas a excepción de la anterior y por una unidad silícea orientada al Este que presenta una carga ganadera baja.

El grupo 4 está integrado por las unidades silíceas de exposición Sur y las unidades de cumbre con carga muy elevada.

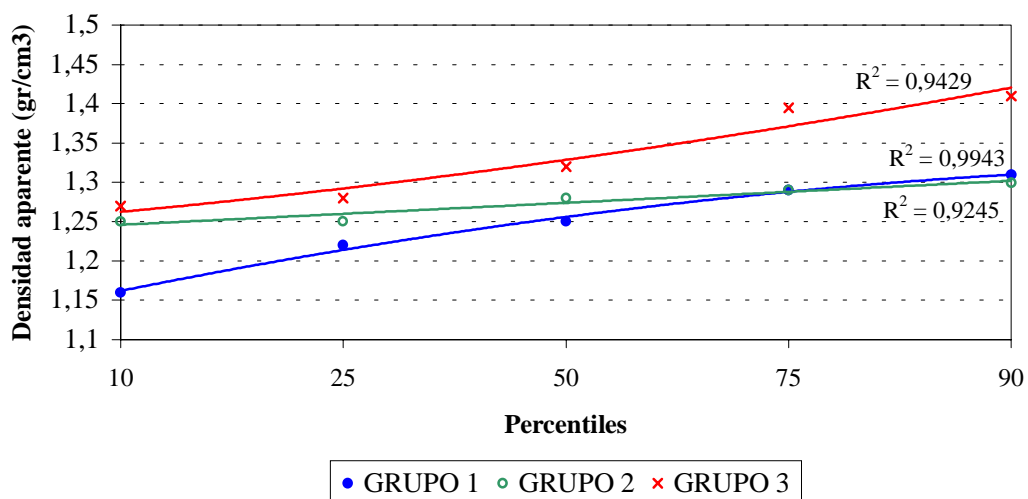
Los grupos 1 y 3 presentan las mejores propiedades físicas (gráficos 55-59). El grupo 3 destaca por una porosidad y una capacidad de retención de agua a la capacidad de campo más elevada; mientras que, el grupo 1 destaca por una mayor capacidad de infiltración junto con una inestabilidad más reducida

(gráficos 58 y 59). La curva de percentiles de la densidad aparente en ambos casos se mantienen muy próximas.

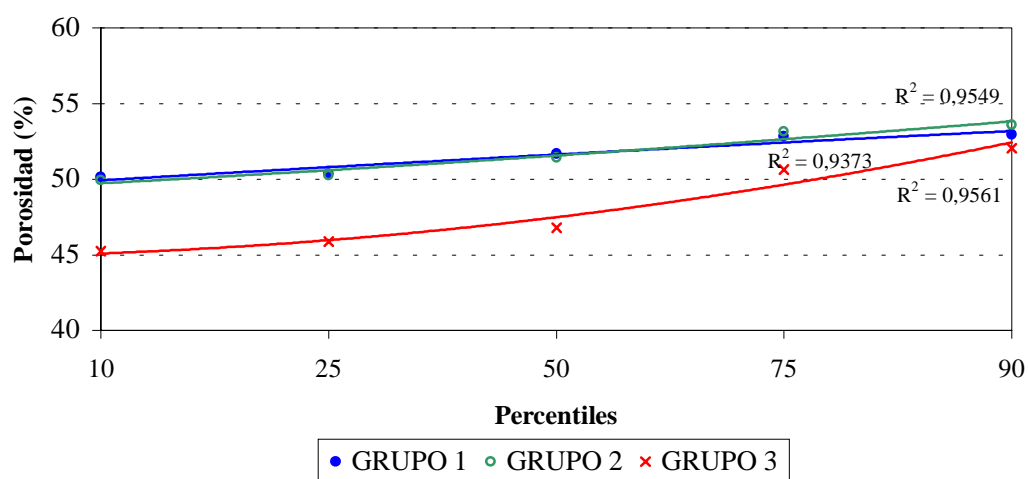
El grupo 2 aunque no se aleja excesivamente de los anteriores sí que manifiesta, en general, un cierto empeoramiento de las propiedades físicas.

El cuarto y último de los grupos diferenciados destaca por presentar las propiedades físicas del suelo más deterioradas. Tanto la densidad aparente como la inestabilidad son las más altas, además de presentar los más bajos valores de porosidad, capacidad de campo y capacidad de infiltración.

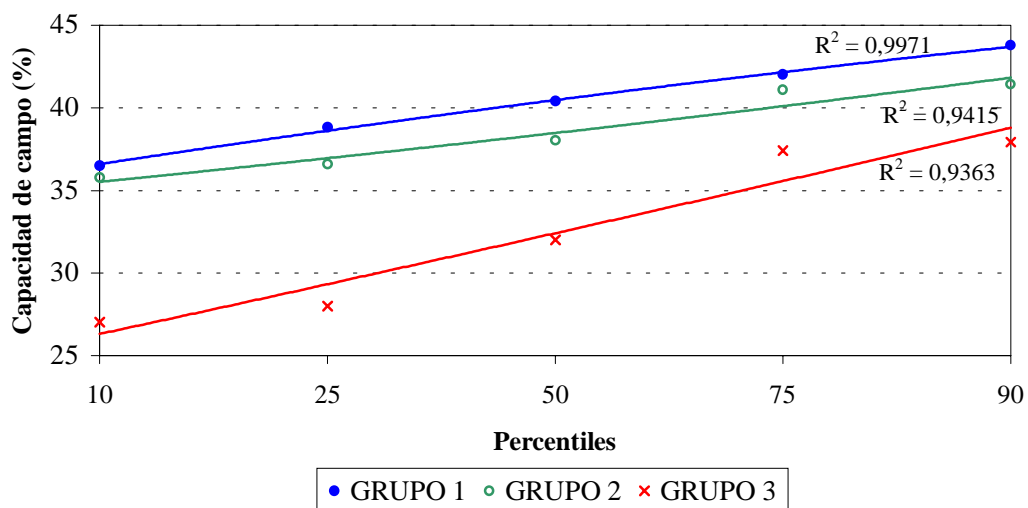
**GRAFICO 45. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE.
TRAMO VEGETACIÓN**



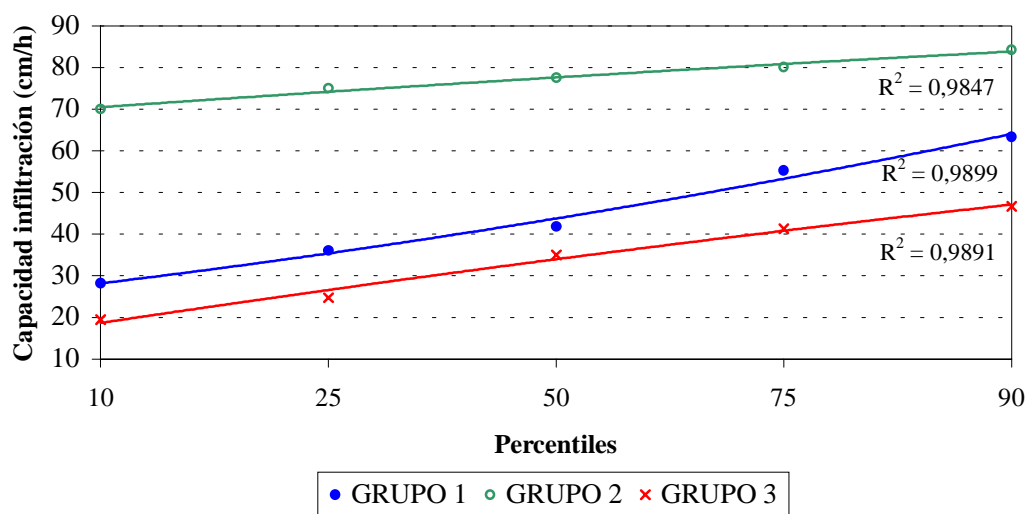
**GRAFICO 46. PERCENTILES DE LA POROSIDAD.
TRAMO VEGETACIÓN**



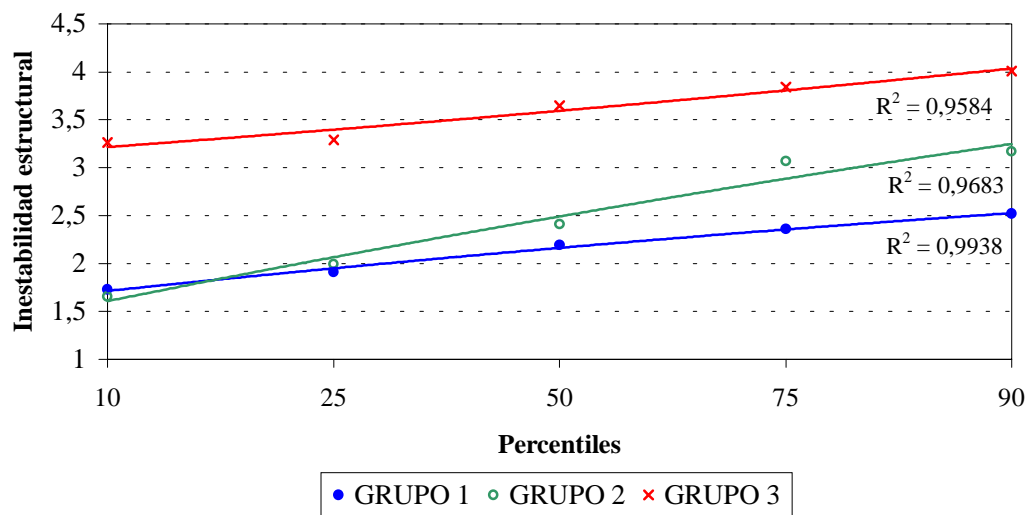
**GRAFICO 47. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO.
TRAMO VEGETACIÓN**



**GRAFICO 48. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
TRAMO VEGETACIÓN**



**GRAFICO 49. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.
TRAMO VEGETACIÓN**



**GRAFICO 50. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE.
TRAMO SENDEROS**

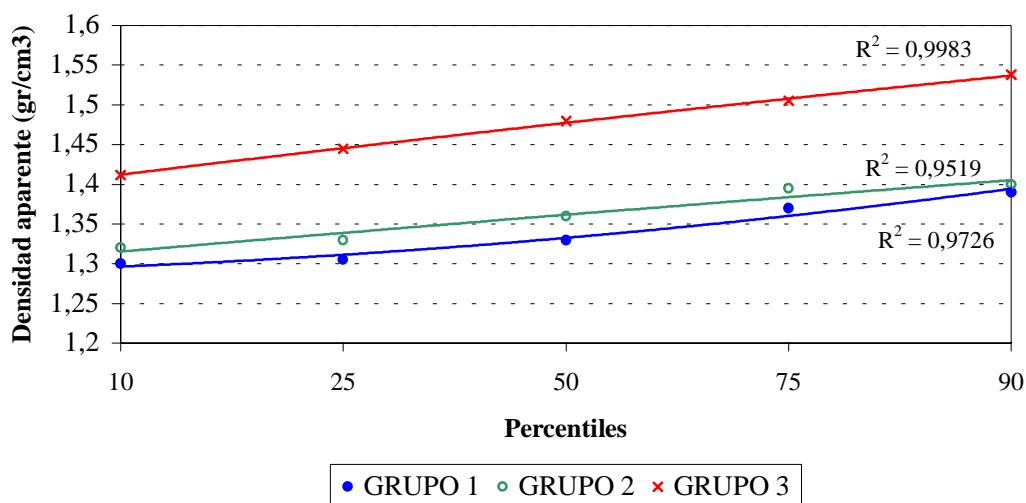


GRAFICO 51. PERCENTILES DE LA POROSIDAD. TRAMO SENDEROS

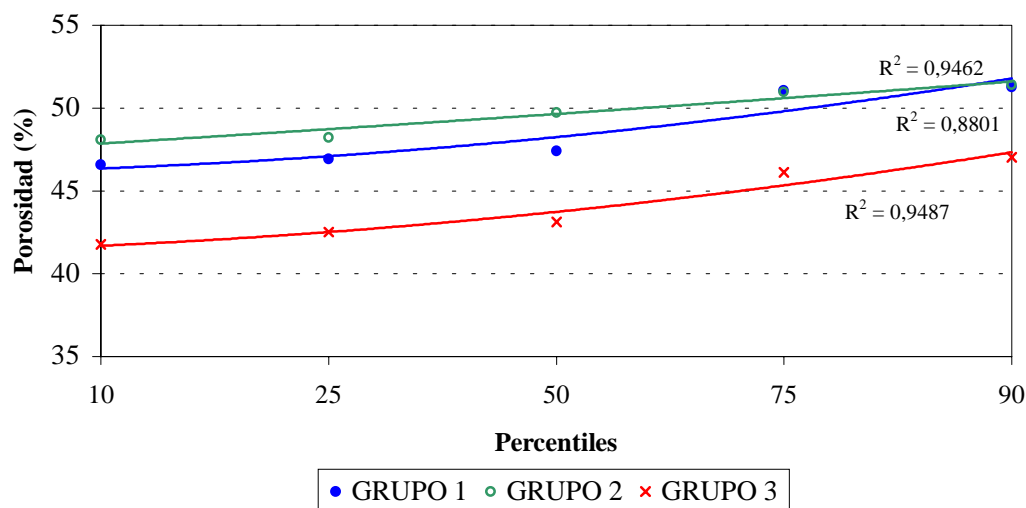
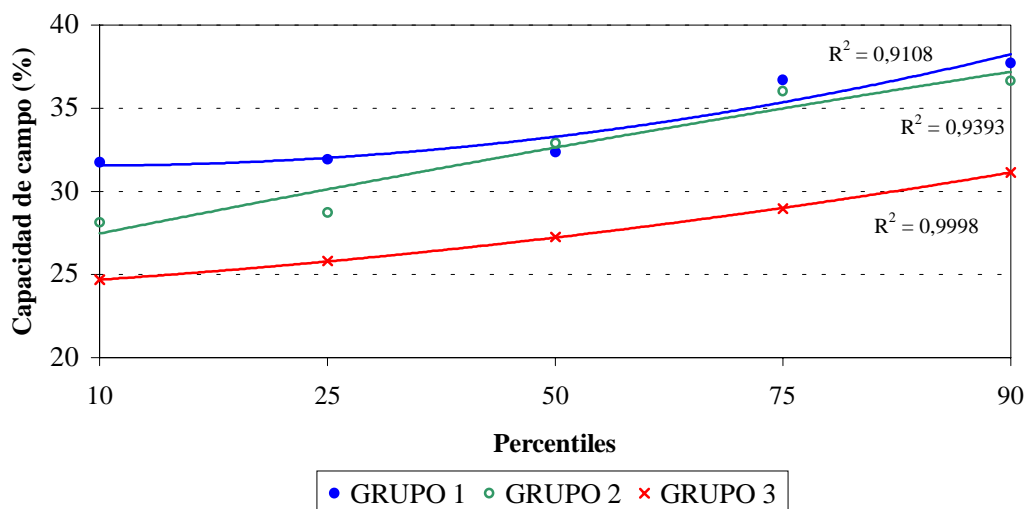
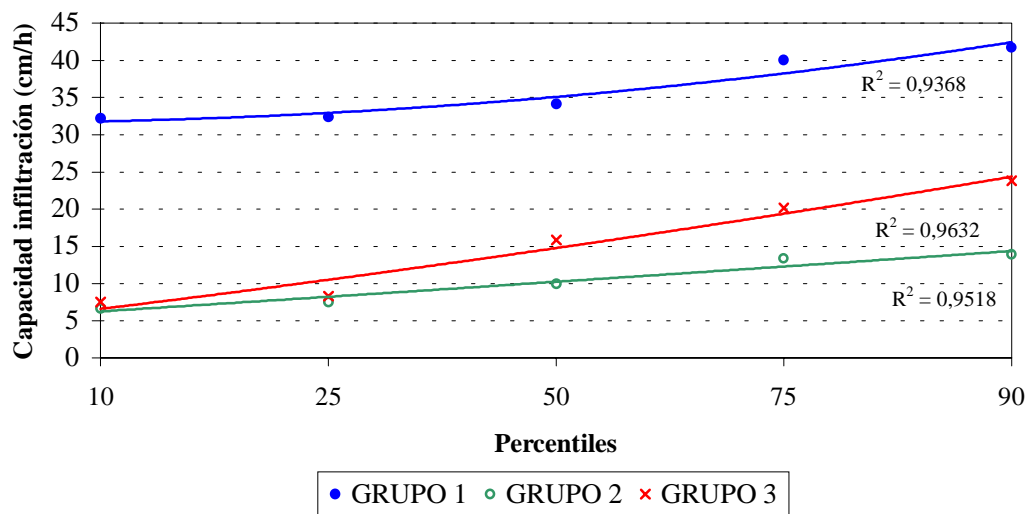


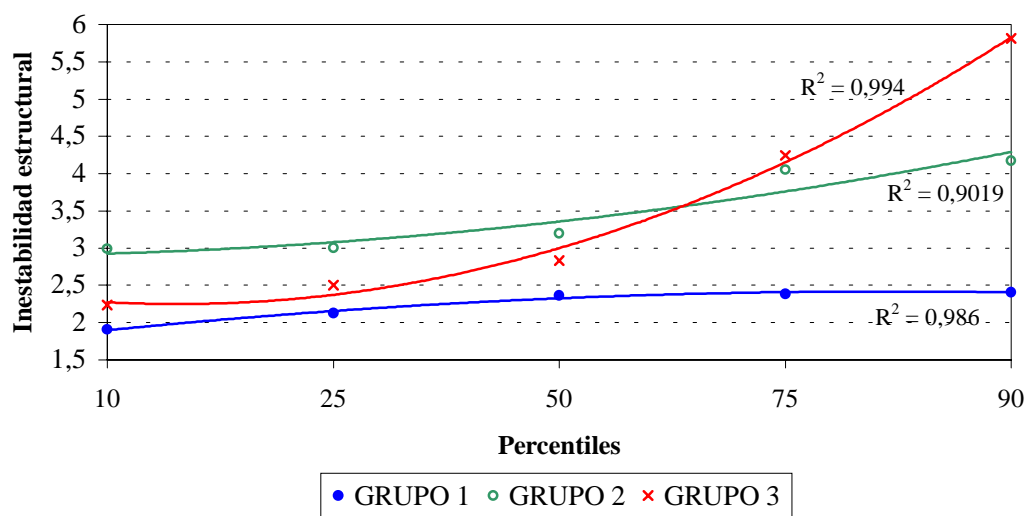
GRAFICO 52. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO. TRAMO SENDEROS



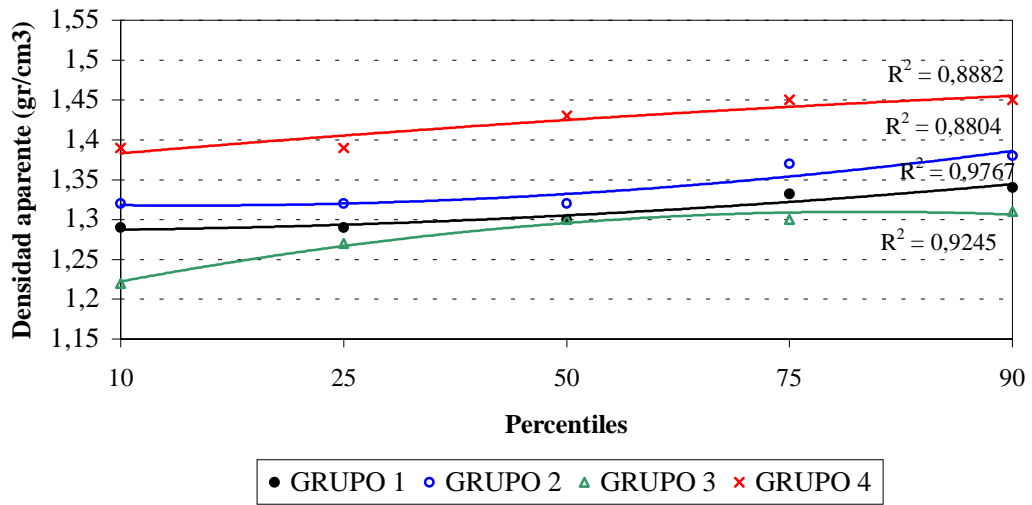
**GRAFICO 53. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
TRAMO SENDEROS**



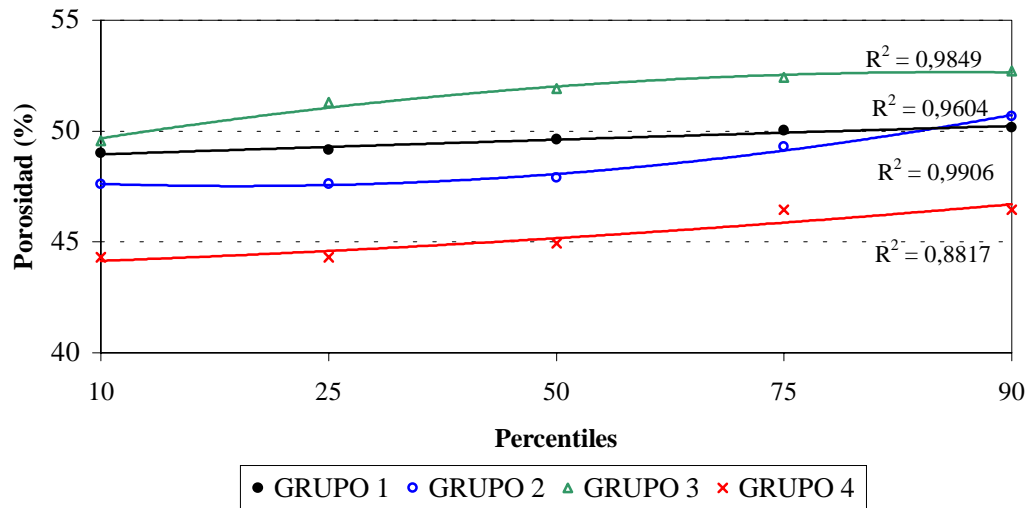
**GRAFICO 54. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.
TRAMO SENDEROS**



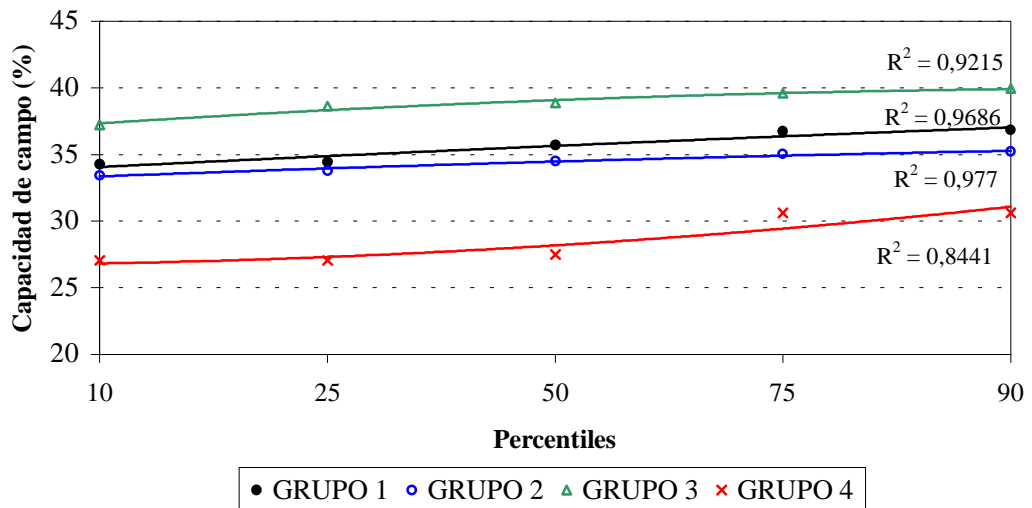
**GRAFICO 55. PERCENTILES DE LA DENSIDAD APARENTE.
ESTIMACIÓN PONDERADA**



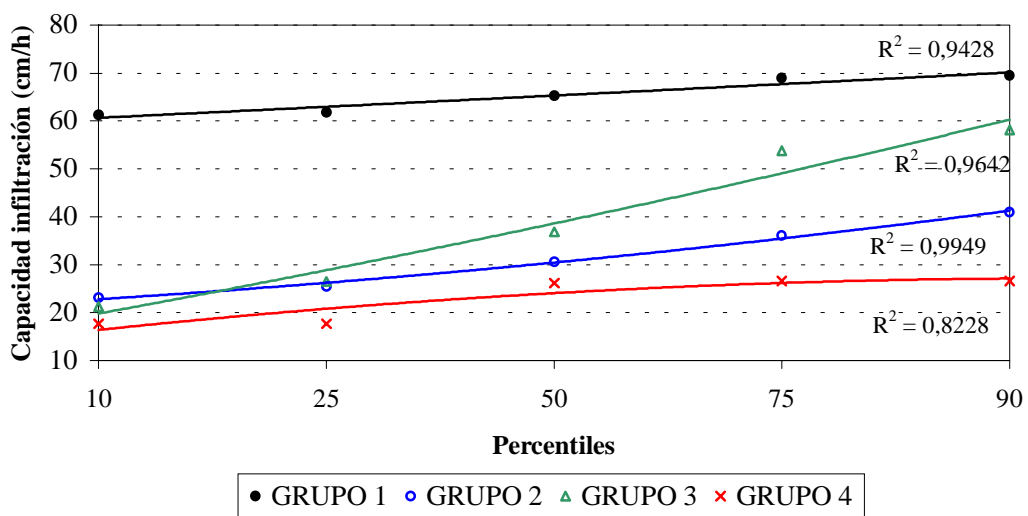
**GRAFICO 56. PERCENTILES DE LA POROSIDAD.
ESTIMACIÓN PONDERADA**



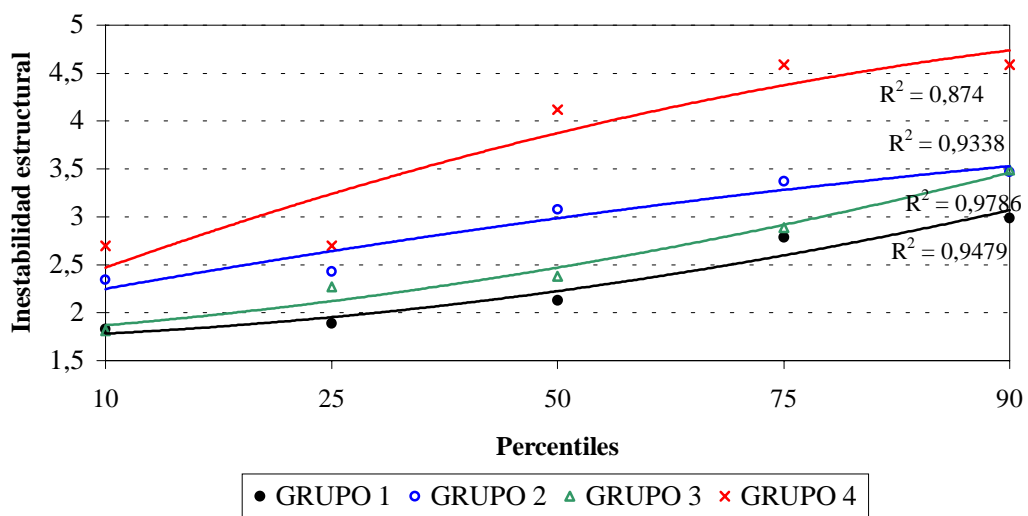
**GRAFICO 57. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE CAMPO.
ESTIMACIÓN PONDERADA**



**GRAFICO 58. PERCENTILES DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.
ESTIMACIÓN PONDERADA**



**GRAFICO 59. PERCENTILES DE LA INESTABILIDAD ESTRUCTURAL.
ESTIMACIÓN PONDERADA**



4.1. VALORACIÓN DE LA APTITUD DE LAS UNIDADES DE SUELOS PARA USOS GANADEROS.

El análisis de los resultados en los tramos de sendero ha permitido determinar la capacidad de amortiguación a la carga ganadera de los suelos que se destinan a este uso.

A continuación se realiza una valoración de cada una de las unidades de suelos de la explotación, utilizando para ello los resultados obtenidos en el análisis cluster, no sólo de los tramos de sendero, sino también de los tramos de vegetación, junto con las matizaciones que se pueden hacer utilizando el cluster sobre los resultados ponderados.

En cada una de las unidades se han diferenciado los intervalos de carga adecuados de los que no lo son, lo cual se puede considerar como la carga ganadera óptima en la que se ha observado no existe deterioro apreciable de las propiedades físicas del suelo.

Esta valoración se va a realizar en términos amplios sin excluir zonas concretas para el pastoreo. Para ello, se van a utilizar expresiones con significado no excluyente como “zonas aptas” y “zonas menos aptas”, porque de hecho, no hay que olvidar que las zonas que se van a considerar como menos aptas constituyen buena parte de la superficie de la explotación.

Las **unidades silíceas de exposición Norte** se consideran muy aptas a cualquier intervalo de carga, incluida la carga muy elevada con más de 2000 Ugc/ha/año.

En esta unidad la cobertura herbácea juega un papel importante. Con valores medios (25-50%) y elevados (50-75%) las influencias son positivas; mientras que con valores bajos, como el caso de <10% de cobertura herbácea en la unidad 8 influye desfavorablemente sobre las propiedades físicas.

Esta última unidad podría, al menos, sostener como máximo una carga baja, desde 0 hasta 500 Ugc/ha/año, como presenta en la actualidad. Se valora positivamente esta carga porque en el cluster ponderado, la unidad 8 se encuentra en el grupo de unidades con unas propiedades físicas valoradas positivamente. Un incremento de la carga en estas condiciones provocaría un aumento de la densidad de senderos y, por tanto, podría dar un giro a la estimación ponderada.

La superficie de estas unidades asciende a 55,08 has., los que equivale al 31,37% del total de la explotación.

Las **unidades calcáreas**, independientemente de la exposición que presenten, se pueden considerar muy aptas aunque con limitaciones de carga.

En los tramos de sendero los mejores resultados se han obtenido con cargas bajas y medias; mientras que, cuando estas unidades se someten a cargas elevadas y muy elevadas las propiedades físicas se degradan. Por tanto, se considera que esta unidad presenta sus máximas potencialidades a intervalos de carga como máximos moderados, desde 0 hasta 1000 Ugc/ha/año. Un incremento de la carga, como se vio en los comentarios del análisis cluster, se hace notar

principalmente en un aumento de la inestabilidad estructural y en un descenso de la capacidad de infiltración, por lo que la carga ganadera se debe ajustar para obtener la máxima potencialidad de estas unidades.

La superficie de estas unidades asciende a 32,24 has., lo que representa el 18,36% de la superficie total.

Las **unidades silíceas de exposición Este y Oeste** se pueden considerar que tienen una aptitud poco favorable para el uso ganadero.

Pese a que en el cluster de vegetación estas unidades presentan unas propiedades físicas adecuadas, una vez que son sometidas a uso ganadero, independientemente de la carga que se les aplique, sus propiedades físicas se deterioran y pasan a formar parte de los grupos menos cualificados para este uso, como se ha puesto de manifiesto en el cluster de senderos.

Pese a todo ello, en el análisis de la estimación ponderada las unidades sometidas, como máximo, a una carga baja son valoradas positivamente, lo que se corresponde con un intervalo de carga entre 0 y 500 Ugc/ha/año. Por ello, quizás sea adecuado sugerir este intervalo de carga como el más adecuado para estas unidades.

La superficie de estas unidades asciende a 56,78 has., los que representa el 32,46% del total de la explotación.

Las **unidades silíceas de exposición Sur** presentan una aptitud poco favorable al uso ganadero.

Pese a que en el cluster de vegetación las unidades que presentan una estructura granular y una textura franca se caracterizan por unas propiedades algo más favorables, una vez que todas ellas se someten a pastoreo se degradan y sus valores son comparables, de ahí que se reagrupen en el cluster de senderos en el grupo que presenta las propiedades físicas más degradadas.

Considerando que estos resultados se han obtenido en parcelas de muestreo a intervalos de carga baja y media se presupone que estas unidades no son aptas para sostener un uso ganadero frecuente, a lo sumo, quizás se podría sugerir una carga ganadera de intervalo muy bajo, menos de 100 Ugc/ha/año.

En el cluster de valores ponderados se confirman estas conclusiones. Las unidades comentadas se encuentran en los grupos que presentan las propiedades físicas más degradadas.

La superficie de estas unidades se eleva a 20,82 has., lo que equivale al 11,85% del total.

Las **unidades silíceas de cumbre**, al igual que las anteriores, son zonas con una aptitud muy limitada para el uso ganadero.

En el cluster de vegetación estas unidades, a excepción de la número 13, muestreada a carga baja, se agruparon entre las zonas con las propiedades físicas más deterioradas. Situación que no cambió en el cluster de senderos, pero en este caso todas las unidades se reagruparon, independientemente de la carga.

En el caso del cluster de valores ponderados, estas unidades se encuentran en los mismos grupos de las unidades silíceas de exposición Sur, de ahí que se pueda sugerir, como en aquel caso, el intervalo de carga muy bajo, menos de 100

Ugc/ha/año, como el único capaz de mantener unas adecuadas propiedades físicas en el suelo.

La superficie de estas unidades asciende a 10,66 has., lo que representa el 6,07% de la superficie total.

Atendiendo a los datos superficiales, se puede observar que la mitad del territorio, concretamente el 49,73% de la superficie, 87,32 has., se ha clasificado como zonas muy aptas para el uso ganadero; mientras que, la otra mitad de la superficie, presenta limitaciones que pueden ser importantes, como ya se ha comentado para cada caso concreto.

El ajuste del suelo a unos umbrales de carga, considerados idóneos, no depende tan solo del número de animales sino también del tiempo que éstos permanecen en el espacio y la superficie de la unidad espacial de pastoreo.

Teniendo en cuenta la carga ganadera acumulada máxima, que se ha asignado a cada una de las unidades de suelos (cuadro 68), se ha estimado el número máximo de animales que se pueden introducir por hectárea en función de la duración de la jornada de pastoreo.

CUADRO 68. CARGA GANADERA ACUMULADA MÁXIMA ASIGNADA A LAS UNIDADES DE SUELOS

UNIDADES	CARGA GANADERA ACUMULADA MÁXIMA (Ugc/ha/año)	SUPERFICIE (HA)
I. Silíceas exposición Este-Oeste	0-500	56,78
II (4-7). Silíceas exposición Norte	>2000 (3000 ¹)	53,18
II (8). Silíceas exposición Norte	0-500	1,90
III. Silíceas exposición Sur	0-100	20,82
IV. Silíceas de cumbre	0-100	10,66
V, VI, VII. Calcáreas	0-1000	32,24

NOTAS:

¹Como el rango de clase en el intervalo de carga ganadera anterior es de 1000 unidades (1000-2000 Ugc/ha/año) se ha considerado adecuado, en este caso, asignar el mismo rango al intervalo de carga muy elevada. Por tanto, se ha establecido entre 2000 y 3000 Ugc/ha/año, considerándose que la carga ganadera acumulada máxima se encuentra en 3000 Ugc/ha/año.

Para realizar esta estimación se ha considerado una jornada de pastoreo media anual de 6,20 horas y un número de días pastoreo anual de 306 días, descontados los días de lluvia (cuadro 69). Las cargas ganaderas acumuladas máximas son las que aparecen en el cuadro 68. La superficie considerada es de 1 hectárea y se ha variado el tiempo que los animales permanecen de pastoreo a un intervalo de tiempo entre 1 y 8 horas. Los resultados obtenidos se han representado en el gráfico 60 y en el cuadro 70.

El número de animales por hectárea, considerando los valores extremos de la jornada de pastoreo (1 y 8 horas), queda como sigue:

- a) Las unidades silíceas de exposición Este-Oeste y la unidad silíceas de exposición Norte número 8 (unidades I y II-8), con una carga ganadera acumulada máxima de 500 Ugc/ha/año, pueden sostener a 10,14 cabras

por hectárea durante 1 hora de pastoreo; mientras que, el número de animales disminuye hasta 1,26 cuando se incrementa la jornada a 8 horas diarias (gráfico 60 y cuadro 70).

CUADRO 69. JORNADA DE PASTOREO MEDIA ANUAL Y NÚMERO DE DÍAS DE PASTOREO ANUAL

ESTACIONES	JORNADA DE PASTOREO (horas/día)	ESTACIÓN DE PASTOREO (días) ¹
INVIERNO	5,19	66
PRIMAVERA	7,44	78
VERANO	6,53	90
OTOÑO	5,67	72
-	MEDIA: 6,20	TOTAL:306

NOTAS:

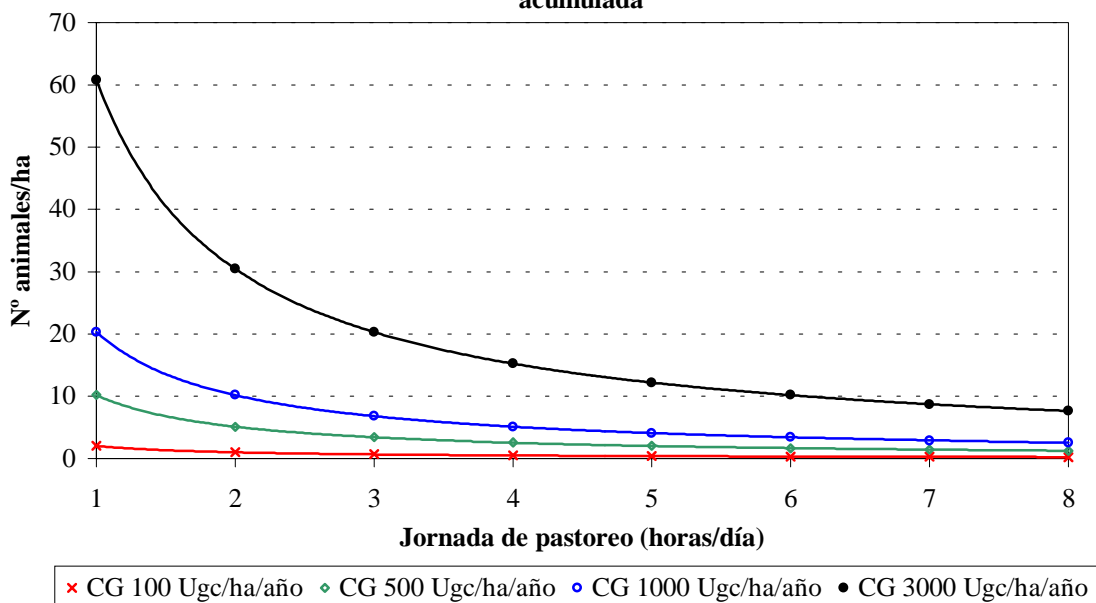
¹ Descontados días de lluvia.

- b) Las unidades silíceas de exposición Norte números 4,5,6 y 7 (unidad II-4,5,6,7), con una carga ganadera acumulada máxima de 3000 Ugc/ha/año, pueden sostener hasta 60,85 cabras por hectárea durante 1 hora de pastoreo, descendiendo este valor hasta 7,6 cabras por hectárea cuando la jornada de pastoreo se incrementa a 8 horas (gráfico 60 y cuadro 70).
- c) Las unidades silíceas de exposición Sur y de cumbre (unidades III y IV), con una carga ganadera acumulada máxima de 100 Ugc/ha/año, pueden sostener hasta 2,02 cabras por hectárea durante una jornada de pastoreo de 1 hora, descendiendo este valor hasta 0,25 cabras por hectárea cuando la jornada de pastoreo se incrementa a 8 horas (gráfico 60 y cuadro 70).
- d) Las unidades calcáreas (V, VI y VII), con una carga ganadera acumulada máxima de 1000 Ugc/ha/año, pueden sostener hasta 20,28 cabras por hectárea durante una jornada de pastoreo de 1 hora, descendiendo este valor hasta 2,53 cabras por hectárea cuando la jornada de pastoreo se incrementa a 8 horas (gráfico 60 y cuadro 70).

Se ha estimado también el tamaño del rebaño en función de la jornada de pastoreo en cada una de las unidades de suelos que constituyen la explotación para cada una de las cargas ganaderas acumuladas consideradas como máximas y teniendo en cuenta la superficie real de cada una de las unidades.

En este caso hay que tener en cuenta que los resultados obtenidos se deben interpretar con sumo cuidado porque hacen referencia a una distribución de los animales uniformemente por toda la unidad, lo que, obviamente, tiene difícil ajuste a la realidad, ya que todas las unidades están formadas por un número variable de parcelas, separadas entre sí, en ciertos casos, por una superficie considerable.

GRAFICO 60. Estimación del número de animales por hectárea en función de la duración de la jornada de pastoreo para distintos umbrales de carga ganadera acumulada



CUADRO 70. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE ANIMALES POR HECTÁREA EN FUNCIÓN DE LA DURACIÓN DE LA JORNADA DE PASTOREO PARA DISTINTOS UMBRALES DE CARGA GANADERA ACUMULADA

CARGA GANADERA (Ugc/ha/año)	JORNADA DE PASTOREO (nº horas/día)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
100	2,02	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
500	10,14	5,07	3,38	2,53	2,02	1,69	1,44	1,26
1000	20,28	10,14	6,76	5,07	4,05	3,38	2,89	2,53
3000	60,85	30,42	20,28	15,21	12,17	10,14	8,69	7,60

NOTA: Valores en número de animales / ha.

El tamaño del rebaño resultante queda como sigue:

- a) En las unidades silíceas de exposición Este-Oeste (unidad I), con una carga ganadera acumulada máxima de 500 Ugc/ha/año y una superficie de 56,78 has., el rebaño puede alcanzar las 575 cabras durante 1 hora de pastoreo diaria, es decir, en cada uno de los 306 días que constituyen el año de pastoreo que se ha considerado. Esta cifra descende hasta 72 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 61).
- b) En las unidades silíceas de exposición Norte números 4, 5, 6 y 7 (unidad II), con una carga ganadera acumulada máxima de 3000 Ugc/ha/año y con una superficie de 53,18 has., el rebaño puede alcanzar las 3236 cabras durante 1 hora de pastoreo diaria, cifra que

desciende hasta 404 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 62).

- c) En la unidad silíceas de exposición Norte número 8 (unidad II), con una carga ganadera acumulada máxima de 500 Ugc/ha/año y con una superficie de 1,9 has., el rebaño puede alcanzar las 19 cabras durante 1 hora de pastoreo diaria, cifra que desciende hasta 2 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 62).
- d) En las unidades silíceas de exposición Sur (unidad III), con una carga ganadera acumulada máxima de 100 Ugc/ha/año y con una superficie de 20,82 has., el rebaño puede alcanzar las 42 cabras durante 1 hora de pastoreo diaria, cifra que desciende hasta 5 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 63).
- e) En las unidades silíceas de cumbre (unidad IV), con una carga ganadera acumulada máxima de 100 Ugc/ha/año y con una superficie de 10,66 has., el rebaño puede alcanzar las 21 cabras durante 1 hora de pastoreo diaria, cifra que desciende hasta 2 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 63).
- f) En las unidades calcáreas (unidades V, VI, VII), con una carga ganadera acumulada máxima de 1000 Ugc/ha/año y con una superficie de 32,24 has., el rebaño puede alcanzar las 654 cabras durante 1 hora de pastoreo, cifra que desciende hasta 81 cabras si la jornada de pastoreo tiene una duración de 8 horas (gráfico 61).

Como se puede observar, las unidades con mayor capacidad de asentamiento ganadero corresponden a las unidades silíceas de exposición Norte, concretamente la 4, 5, 6 y 7 (unidad II) con un rebaño de 404 cabras en una jornada de pastoreo de 8 horas.

A gran distancia se encuentran las unidades calcáreas (V, VI, VII) y las unidades silíceas de exposición Este y Oeste (unidad I) con unos rebaños de 81 y 72 cabras respectivamente en una jornada de pastoreo de 8 horas.

Por último, se encuentran las unidades silíceas de exposición Sur (unidad III), silíceas de cumbre (unidad IV) y la unidad silícea de exposición Norte número 8 (unidad II) en las que el tamaño del rebaño durante una jornada de pastoreo de 8 horas se reduce hasta 5, 2 y 2 cabras, respectivamente.

GRAFICO 61. Estimación del tamaño del rebaño en función de la jornada de pastoreo en la unidad I para una carga ganadera acumulada de 500 Ugc/ha/año y en las unidades V, VI, VII para una carga ganadera acumulada de 1000 Ugc/ha/año

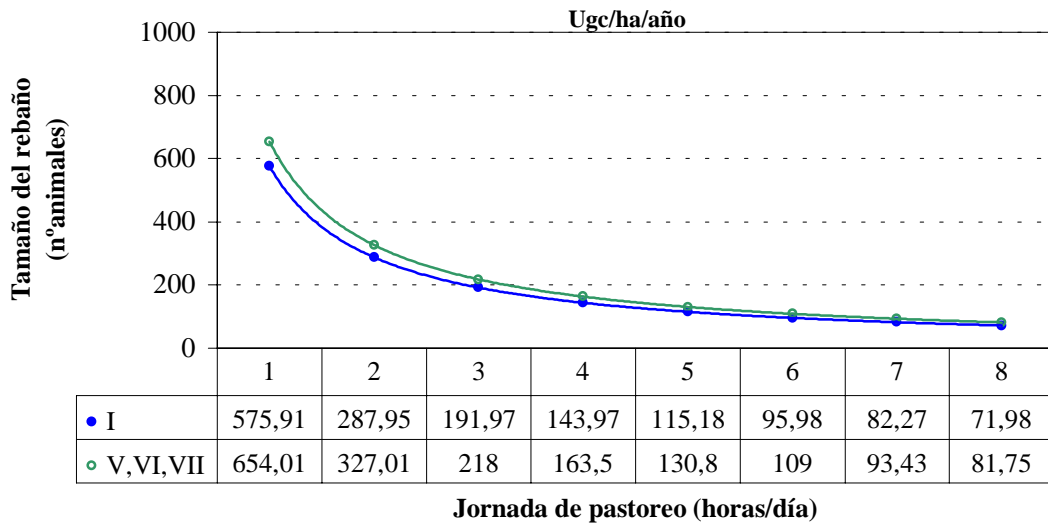


GRAFICO 62. Estimación del tamaño del rebaño en función de la jornada de pastoreo en la unidad II (4, 5, 6, 7) para una carga ganadera acumulada de 3000 Ugc/ha/año

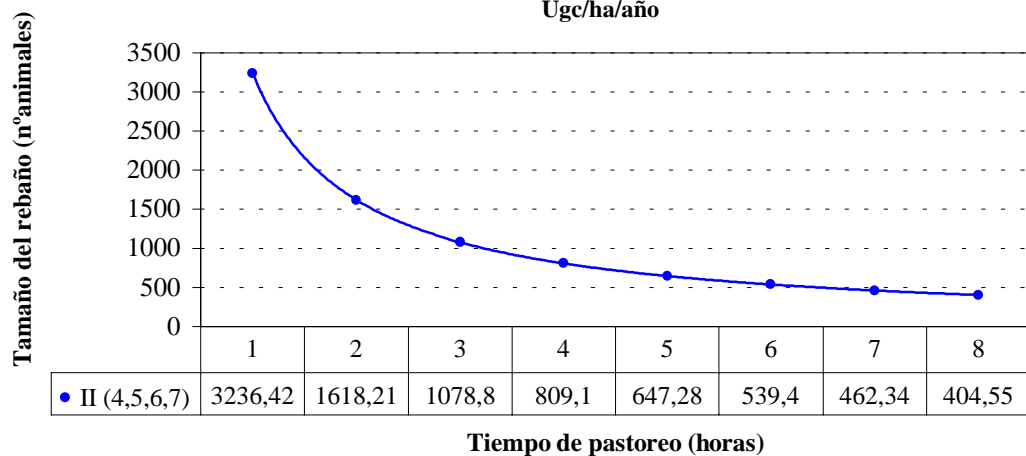
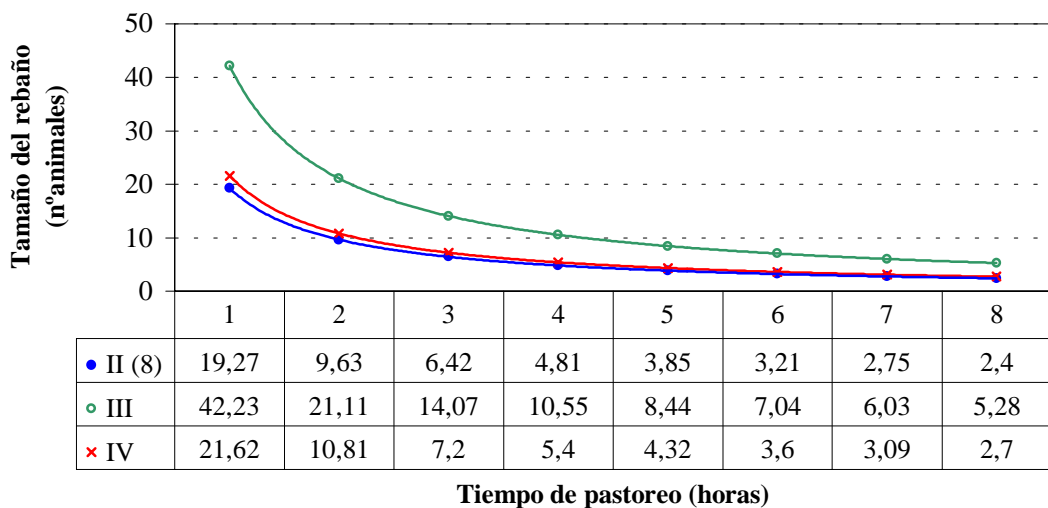


GRAFICO 63. Estimación del tamaño del rebaño en función de la jornada de pastoreo en la unidad II (8) para una carga ganadera acumulada de 500 Ugc/ha/año y en las unidades III y IV para una carga ganadera 100 Ugc/ha/año



4.2. OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA DE LA GESTIÓN.

Entre las propuestas de mejora de la gestión se pueden diferenciar, por una parte, una serie de prácticas desaconsejables por sus implicaciones negativas sobre las propiedades físicas del suelo y, por otro lado, una serie de propuestas encaminadas a la optimización del espacio.

Entre las prácticas que se desaconsejan hay que destacar 2 acciones, por una parte, la siembra de veza y avena y, por otro lado, realizar el pastoreo en condiciones de suelo mojado.

En ciertas unidades de la explotación se realiza una siembra de veza y avena. Los beneficios de estas especies herbáceas para el suelo son muy importantes, sobre todo la que proporciona la veza, como hubo ocasión de poner de manifiesto en el apartado de las fases de suelo.

Sin embargo, en el caso analizado no se puede considerar que sea una práctica adecuada porque la preparación del terreno se produce a finales de noviembre, momento que coincide con uno de los máximos de precipitaciones. La erosión se pone de manifiesto en los surcos que cada año se abren en dichas parcelas. Además, en ningún momento, la cubierta herbácea es suficientemente densa como servir de pantalla protectora contra la erosión.

Como ya se puso de manifiesto en el apartado dedicado al análisis de los factores formadores del suelo que influyen sobre las propiedades físicas hay que tener presentes además, que los suelos son tanto más susceptibles a la compactación cuanto más elevado es el contenido de humedad.

La resistencia del suelo a la deformación está controlado, entre otros factores por el contenido de humedad que presente el suelo en el momento que se ejerce la presión.

Entre las propuestas de optimización del espacio destaca la existencia de áreas dentro del territorio que se encuentran infrautilizadas.

En el mapa 9.5, correspondiente a la estimación anual de las cargas ganaderas acumuladas se puede observar que existen numerosas áreas del territorio que se han calificado anteriormente como muy aptas para el pastoreo, a cualquier intervalo de carga como el caso de las unidades silíceas de exposición Norte y en la realidad, sin embargo, reciben tan sólo unas cargas ligeras a moderadas. Estas zonas se pueden considerar infrapastoreadas, lo que constituye errores de manejo que conducen a una subutilización de la producción vegetal disponible.

Cuando el ganado herbívoro no puede acceder a los recursos de nuestros montes y pastizales se generan errores de manejo, lo que conduce a una infrautilización de los recursos.

Por el contrario, existen otras zonas que, pese a estar sometidas a los mismos intervalos anteriores se puede considerar que se encuentran

sobrepastoreadas porque se trata de las unidades calificadas anteriormente con baja aptitud para el pastoreo.

La puesta en práctica de todas las consideraciones anteriores posibilitaría llegar a revertir el proceso de deterioro desencadenado por el pastoreo al poder reorientar las estrategias de manejo del suelo.

Con una buena planificación a medio plazo de las jornadas de pastoreo, en función de diferente potencialidad de las unidades de suelos y teniendo en cuenta los factores que tienen una incidencia especial sobre la degradación de los suelos, como por ejemplo el contenido de humedad del suelo en el momento del pastoreo, se puede conseguir una utilización racional del territorio.

Esta planificación debe desembocar en una ordenación, es decir, en una ejecución de cada una de las actuaciones previstas en la planificación. Esto implica, por una parte, un compromiso de ejecución por parte de los ganaderos y, por otro lado, un seguimiento de la evolución de las propiedades físicas del suelo, lo que constituye uno de los objetivos de futuro.

CONCLUSIONES.

El proceso de análisis efectuado y los resultados obtenidos permiten distinguir 2 tipos de conclusiones, las cuales se pueden diferenciar, entre conclusiones que cubren objetivos generales y aquellas que cubren una serie de objetivos que se pueden considerar parciales.

Como objetivos generales, hay que señalar que los resultados obtenidos a través de la valoración de los factores de diagnóstico utilizados durante el proceso de análisis, han permitido desarrollar una propuesta de evaluación del suelo para uso ganadero.

Como objetivos parciales se pueden distinguir las siguientes valoraciones:

- a) Importancia de ciertos factores formadores en la cartografía de suelos en las zonas de montaña.
- b) Contemplar la carga ganadera con una componente temporal.

Con respecto a los objetivos generales, hay que señalar que los factores de diagnóstico que se han utilizado para evaluar el suelo para uso ganadero se pueden diferenciar por su mayor o menor influencia sobre las propiedades físicas del suelo.

De esta forma se pueden distinguir los que tienen un papel más destacado: exposición y carbonato cálcico, de aquellos que han mostrado una influencia más reducida sobre los resultados obtenidos: cobertura herbácea, estructura, textura y pendiente. De este último grupo, habría que destacar a la cobertura herbácea porque presenta un papel importante en los casos extremos.

La exposición es, quizás, de los factores considerados en el primer grupo, el que tiene una influencia más destacada.

Por una parte, destaca su importancia para explicar las variaciones de las propiedades físicas, lo que ya fue indicado en el análisis factorial del apartado anterior, en el que se relaciona el descenso de la densidad aparente y la inestabilidad estructural, así como el aumento de la porosidad, la capacidad de campo y la capacidad de infiltración, con el paso de la orientación Sur a la Norte, pasando antes por la Este y Oeste, las cuales se pueden considerar intermedias.

Por otra parte, destaca la importancia de este factor sobre el desarrollo y el estado de conservación de los suelos, relación que ya se puso de manifiesto en el capítulo dedicado al análisis del mapa de suelos a nivel de fase, lo que constituye además, una de las conclusiones parciales de este trabajo, la cual se volverá a explicitar más adelante.

Aquí se volverá a incidir sobre el hecho de que en las unidades de suelo en fase de exposición Norte se encuentran los suelos más desarrollados de la zona de estudio. La mayor estabilidad respecto a los procesos erosivos en las laderas con esta orientación, ha condicionado que los suelos de estas zonas se caractericen por un mejor estado de conservación, lo que se refleja en una mayor profundidad en el perfil, junto con una mayor diferenciación de horizontes, fruto de un estadio evolutivo más avanzado.

Una vez que se dejan las exposiciones de umbría, los suelos sufren un deterioro apreciable tanto en la potencia del perfil como en el desarrollo evolutivo de los taxones de suelos, ya que se aprecia en estas zonas un predominio más destacado de los suelos con ausencia de horizontes de diagnóstico.

Con estas características se agrupan los suelos orientados al Este, Oeste y Sur.

Por último, las zonas de exposición indefinida, lo que corresponde a las zonas de cumbre, por su carácter eminentemente exportador de materiales, ha motivado que aquí se encuentren los suelos más degradados.

Estas diferentes características de los suelos dependientes de la exposición se refleja en las propiedades físicas del suelo, lo que determina una diferente capacidad de amortiguación de los suelos al impacto que supone la pezuña animal, como se ha puesto de manifiesto durante el proceso anterior de análisis de los resultados.

De esta forma, las zonas silíceas de exposición Norte de la explotación son las que presentan las mejores posibilidades de uso sin limitaciones de carga al respecto, en contra de lo que ocurre con las unidades orientadas al Este, Oeste y Sur que se deben limitar a unos umbrales de carga específicos: bajo para las unidades con exposición Este-Oeste y muy bajo para las que están orientadas al Sur y para las unidades de cumbre.

Estas limitaciones se deben a que, ante un incremento de la carga considerada óptima, las consecuencias sobre el suelo se manifiestan de forma negativa sobre las propiedades físicas, dada la escasa capacidad de amortiguación a la carga ganadera de los suelos de estas zonas.

En relación al factor de diagnóstico carbonato cálcico, los resultados obtenidos indican que, las diferencias existentes con respecto a la exposición se difuminan, por lo que se puede considerar que en los suelos de carácter carbonatado las propiedades físicas se comportan independientemente de la exposición que tengan las unidades.

En estas unidades el umbral de carga óptimo se puede situar entre los intervalos de carga muy bajo y moderado; mientras que, las cargas elevadas y muy elevadas no son aconsejables porque se excede la capacidad de amortiguación de estos suelos.

Las limitaciones de muestreo no han permitido valorar al nivel deseado las hipótesis de trabajo planteadas con respecto al factor carbonato cálcico.

Es decir, no se sabe en este momento cuál es el comportamiento de las propiedades físicas del suelo con el aumento en carbonato cálcico, ni tampoco seguir contestando a las múltiples preguntas que se pueden plantear, como, por ejemplo, cuál es el nivel óptimo de carbonato cálcico en el suelo, a partir de qué momento se traza el punto de inflexión o estabilidad en la mejora de las propiedades físicas, siguen influyendo positivamente los altos contenidos en carbonato cálcico o bien las repercusiones ya son negativas, etc.

Las limitaciones de muestreo tampoco han permitido explicar porque las exposiciones Norte de las unidades calcáreas, no han tenido el comportamiento tan positivo que se ha obtenido en las unidades silíceas con esta misma orientación.

Pese a todo ello, los resultados obtenidos permiten deducir que los suelos de naturaleza calcárea tienen, a nivel general, un mayor poder de amortiguación frente al deterioro de las propiedades físicas que los suelos silíceos.

El papel que tienen el resto de los factores de diagnóstico es menos destacado. La cobertura herbácea, el tipo de estructura del horizonte superficial, la pendiente y la textura se pueden considerar poco significativos para evaluar el suelo para uso ganadero, ya que los resultados obtenidos permiten deducir que estos factores no tienen un gran peso para explicar las variaciones de las propiedades físicas, como ya se vio en el análisis factorial, ni tampoco para explicar los agrupamientos obtenidos en el análisis cluster, efectuado en el capítulo dedicado a analizar los resultados.

Dentro de este grupo hay que destacar, sin embargo, que la cobertura herbácea sí que presenta un papel más destacado. Las diferencias entre los intervalos extremos son muy significativas. Los mejores resultados se han obtenido en las unidades con una cobertura herbácea comprendida entre el 25 y el 50% y entre el 50 y el 75%, sin apreciar diferencias entre ambos intervalos; por el contrario, con una cobertura herbácea inferior al 25% las propiedades físicas se encuentran muy degradadas.

Es significativo destacar, en este sentido, que de todas las unidades de muestreo silíceas de componente Norte, la única que presenta las propiedades físicas más degradadas es la que presenta una cobertura herbácea inferior al 10%, aunque la carga ganadera a la que está sometida es baja.

Los resultados obtenidos permiten establecer, como conclusión, que los factores de diagnóstico exposición, carbonato cálcico y, en menor medida, cobertura herbácea son los que permiten evaluar el suelo para uso ganadero.

Siguiendo todavía en el ámbito de las conclusiones generales, hay que señalar que la modelización de los sistemas puede ser de gran ayuda para predecir los efectos que se producen a raíz de la interacción entre los factores que integran los sistemas complejos, como el que se establece entre animal-suelo-planta.

Sin embargo, la amplitud de características ambientales de los escenarios mediterráneos, susceptibles de ser explotados en régimen ganadero extensivo y la diversidad de cabañas ganaderas que se explotan bajo este sistema, indican que el sistema de evaluación propuesto no se puede aplicar con carácter universal.

Por ello, los resultados y conclusiones a las que se han llegado en este trabajo hay que tomarlos con sumo cuidado y darles tan sólo la importancia que merecen, en su justa medida, sin extralimitar las posibles aplicaciones que se puedan hacer.

Quizás los factores de diagnóstico del suelo definidos aquí puedan ser extrapolables tan sólo al ámbito espacial delimitado por las unidades internas de las Cordilleras Béticas y más concretamente el manto maláguide que es donde se ubica la zona de estudio. Siendo todavía más rigurosos, cabe la posibilidad que el ámbito de aplicación se reduzca a aquellas zonas donde las precipitaciones no superen los 800 mm. anuales (la zona de estudio presenta unas precipitaciones medias anuales de 701 mm.). Con esta idea se contempla la posibilidad de que en climas más húmedos, las diferencias de exposición se difuminen, por lo que habría que buscar nuevos factores de diagnóstico para dichas zonas.

Más allá del ámbito espacial propuesto sería muy arriesgado extrapolar los resultados obtenidos, porque no hay que olvidar que las experiencias de este trabajo se circunscriben a una montaña típicamente mediterránea con unas características muy particulares, no sólo desde el punto de vista climático, sino también altitudinal, topográfico, edafológico y humano, que las diferencian de otras áreas de montaña de la misma provincia como la Serranía de Ronda o las Sierras de Tejeda y Almirajara.

Por tanto, el proceso de análisis efectuado en este trabajo con el objetivo de desarrollar un sistema de evaluación del suelo para uso ganadero se debería llevar no sólo a otros escenarios montañosos sino también a otros tipos de cabañas porque no hay que olvidar que el bovino, el ovino y el porcino son, junto con el caprino, los animales con sistemas de aprovechamiento que suelen estar ligados al medio.

En este sentido, hay que hacer una valoración muy positiva de la utilidad de los factores de diagnóstico del suelo como herramientas de trabajo fundamentales encaminadas a la evaluación de suelos para uso ganadero

Los factores de diagnóstico facilitan la evaluación del suelo para uso ganadero porque suelen ser variables de fácil determinación, ya sea en el campo o en análisis rutinarios de laboratorio.

Todo ello posibilita la reducción de los costes económicos, lo que redundaría positivamente sobre su aplicabilidad. Costosos análisis de suelos tendrían efectos negativos sobre la utilidad del sistema de evaluación, limitando la posibilidad de aplicación.

Para finalizar las conclusiones generales, se va hacer referencia a la valoración de la aptitud para uso ganadero de las unidades de suelos de la zona de estudio, realizada en el capítulo dedicado al análisis de los resultados. La valoración efectuada permitió estimar el tamaño del rebaño que sería capaz de soportar cada una de dichas unidades.

En este sentido, hay que destacar que la evaluación de suelos para uso ganadero en zonas de montaña pone de manifiesto la existencia de fuertes discontinuidades espaciales de potencialidad, lo que viene marcado por la elevada fragmentación del territorio en estas zonas. Este hecho plantea que la valoración de la aptitud de las unidades de suelos para uso ganadero es eficaz para detectar las diferencias en la intensidad de uso actual y su relación con la potencialidad

edáfica, pero inadecuado para proponer sistemas de gestión alternativos resultantes del ajuste de la carga ganadera a las potencialidades evaluadas.

Por tanto y como paso siguiente de la investigación, se pretende entrar en contacto, a través de las cooperativas ganaderas, con los pastores para ver la posibilidad de poner en marcha las consideraciones a las que se ha llegado sobre potencialidad ganadera del suelo. Esta toma de contacto con los pastores debe poner de manifiesto el verdadero alcance práctico de las conclusiones obtenidas.

Como objetivos parciales, hay que destacar, por una parte, la importancia de los factores formadores, litología y relieve, en la elaboración de la cartografía de suelos en ámbitos de montaña. En el caso del relieve hay que referirse concretamente a la exposición y la posición en el relieve.

Estos factores formadores son los que han resultado más significativos para explicar la distribución de los suelos en la zona de estudio.

En segundo lugar, otro de los objetivos parciales que hay que poner de manifiesto son las consideraciones realizadas con respecto al concepto de carga ganadera.

La determinación de la carga ganadera en la bibliografía consultada se expresa normalmente en términos de densidad, sin contemplar la componente temporal que se puede asociar al concepto de carga. La expresión que se ofrece aquí expresa el número de animales por unidad de superficie y unidad de tiempo. Esta visión de carga ganadera se puede considerar más realista porque hay que tener en cuenta que en la incidencia de los animales sobre el suelo intervienen no sólo el número de animales y la superficie de la unidad espacial objeto de pastoreo, sino también el tiempo que dichos animales permanecen en la unidad espacial, de ahí la importancia de contemplar esta componente en los cálculos de carga ganadera.

BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAMS, A.D. y PARSONS, A.J. (1991): "Relation between infiltration and stone cover on a semiarid hillslope, Southern Arizona". *Journal of Hydrology*, 122: 49-59.

AEQUA-GAC (1995): III Seminario sobre Técnicas de Análisis y Laboratorio aplicadas al Estudio del Cuaternario. Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Córdoba. Inédito.

ALCALA, L. y MONTURIOL, F. (1988): "Variabilidad de los diferentes tipos de suelos rojos en España". *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XLVII, 1-2: 371-394.

ALCONADA, M. y LAVADO, R.S. (1993): "Efecto del tipo de pastoreo sobre las propiedades físicas de un natracualf típico". *Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. MAPA. SECS. Salamanca, 1219-1227.

ALFAGEME, L.A. et al. (1994): "Evaluación de pastos de montaña en función de la topografía y el suelo". *Actas XXXIV Reunión Científica de la S.E.E.P.*, 215-222.

ALÍA, M^aJ. (1989a): "Productividad numérica en rebaños caprinos extensivos". *AYMA*, 29 (1): 9-14.

ALÍA, M^aJ. (1989b): "Recomendaciones para mejorar la productividad numérica de las explotaciones caprinas extensivas mediante el manejo del rebaño". *AYMA*, 29 (2): 57-59.

ALIAS, L.J. et al. (1993): Aplicación del análisis estadístico al estudio de la degradación de suelos calizos en la region de Murcia. En *Problemática Geoambiental y Desarrollo* (Ortiz, R. Ed.) Vol. II, 469-478.

AMERMAN, C.R. (1983): "Infiltration measurement" En *Proc. Conf. On Advances in Infiltration*, Chicago. ASAE Publication, 11-83: 201-214.

ARRUE, J.L. y MARTIN, J. (1979): "Propiedades físicas y químicas en relación con la porosidad de los suelos: influencia del ciclo natural de humectación-deseccación II. Porosidad total y diferencial. *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XXXVIII, 5-6: 881-897.

BARAHONA, E. y LINARES, J. (1979): "Sobre la coexistencia de los procesos edáficos y geomorfológicos". *Anales de Edafología y Agrobiología*. Tomo XXXVIII, nº 11-12: 2039-2045.

BARBANCHO, A. (1980): *Estadística elemental moderna*. Ed. Ariel, Barcelona.

BARRIO, J.P. et al. (1990): "Valoración de los sistemas de pastoreo de rumiantes en montaña". REVUELTA, J.F. y CAÑÓN, F. (coord.): Sistemas extensivos de producción de rumiantes en zonas de montaña. Ciencias Veterinarias, vol. XIII, 69-81.

BARRY, R. (1985): *Atmósfera, tiempo y clima*. Omega. Barcelona.

BASTARDO, A. et al. (1993): "Relaciones entre algunas variables edáficas y características estructurales en comunidades de pastizal". Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. MAPA. SECS. Salamanca, 1602-1607.

BAVER, L.D. et al. (1991): *Física de suelos*. Ed. Limusa. México.

BEJARANO, R. (1991): "La vegetación de ribera y su dinámica en relación con el factor antrópico". En Cuadernos de Investigación Geográfica, tomo XVII, fasc. 1/2, mayo-diciembre 1991. Universidad de La Rioja.

BIRKELAND, P.W. (1984): *Soils and geomorphology*. Oxford Univ. Press. New York.

BLACKBURN, W.H. (1984): "Impacts of grazing intensity and specialized grazing systems on watershed characteristics and responses. DEVELOPING STRATEGIES FOR RANGELAND MANAGEMENT. National Research Council/National Academy of Sciences. Westview Press, Boulder, CO., USA, 927-983.

BLAKE, G.R. y HARTGE, K.H. (1986): "Bulk density". En PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Agronomy 9*. Madison. Wisconsin, USA, 363-375.

BLANCO, R. (1993): *El lagar de los Montes de Málaga. Memoria de Licenciatura*. Universidad de Málaga.

BOIX, C et al. (1996): "Algunos ejemplos de relación entre agregación, capacidad de infiltración y erosión en suelos mediterráneos". IV Reunión de Geomorfología, SEG, O Castro (A Coruña), 573-585.

BONNEAU, M. y SOUCHIER, B. (1987). *Edafología. Vol.II. Constituyentes y propiedades del suelo*. Ed. Masson.

BOOYSEN, P. de V. (1975): "Optimización de la carga de ganado y el manejo del pastoreo". *Pastos*, 5 (2): 372-381.

BOUWER, H. (1986): "Intake rate: cylinder infiltrometer". PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical*

and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy 9. Madison. Wisconsin, USA, 825-844.

BRASHER, B.R. et al. (1966): "Use of Saran Resin to coat natural soil clods for bulk density and moisture retention measurements". *Soil Science*, 101: 108.

BOZA, J. (1990): "Sistemas de producción caprina en las zonas áridas del SE de la Península Ibérica". Simposio Internacional de Explotación caprina en zonas áridas, Coquimbo, Chile. *Terra Arida* (10): 23-35.

BOZA, J. (1993a): "Uso ganadero de las zonas áridas del SE. Ibérico". *Rev. Paralelo* 37, (16): 53-58.

BOZA, J. (1993b): "Metodología integrada de evaluación y receptividad ganadera de pastos mediterráneos". GÓMEZ CABRERA, A. y PEDRO SANZ, E.J. de (coord.): *Nuevas Fuentes de Alimentos para la Producción Animal IV*. Colección: *Congresos y Jornadas*, nº 30. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, 11-18.

BOZA, J. et al. (1997): "Planificación ganadera de pastos de zonas desfavorecidas". XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Sevilla-Huelva, 395-409.

BOZA, J. et al. (1998): "Impacto ambiental en las explotaciones ganaderas del extensivo mediterráneo". I Congreso Internacional de Veterinaria y Medio Ambiente. Madrid.

BOZA, J. (1998): *Producción animal. Curso de Gestión de Sistemas de Pastoreo*. Universidad de Lleida, Solsona.

BRIGGS, D.J. y SHISHIRA, E.K. (1985): "Soil variability in geomorphologically defined survey units in the Albudeite area of Murcia province, Spain". *En Catena Suppl.*, 6: 69-84.

BRUBAKER, S.C. y HALLMARK, C.T. (1991): "A comparison of statistical methods for evaluating map unit composition". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, 8: 73-88.

BRUCE, R.R. y LUXMOORE, R.J. (1986): "Water retention: field methods". PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition*. Agronomy 9. Madison. Wisconsin, USA, 663-686.

BURROUGH, P.A. (1991): "Sampling designs for quantifying map unit composition". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, nº8: 89-125.

CALVO et al. (1994): “Suelos y procesos geomórficos en un gradiente climático altitudinal (Alicante)”. III Reunión de Geomorfología, SEG, Logroño, 29-39.

CAPEL, J. (1981): Los climas de España. Oikos-Tau. Barcelona.

CASSEL, D.K. y NIELSEN, D.R. (1986): “Field capacity and available water capacity”. PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy 9. Madison. Wisconsin, USA, 901-926.

CEOTMA (1998): Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. 3ª reimpresión. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

CERDÀ, A. (1995): Factores y variaciones espacio temporales de la infiltración en los ecosistemas mediterráneos. Ed. Geoforma. Logroño.

CEREZUELA, F. (1977): Evapotranspiración y microclimas de la vertiente mediterránea del sur de España. Universidad de Málaga.

CHURCHILL, R.R. (1982): “Aspect-induced differences in hillslopes processes”. En Earth Surface Processes and Landforms, 7: 171-182.

CLINE, M.G. (1944): “Principles of soil sampling”. Soil Science, 58: 275-288.

DE LA ROSA, D. y PANEQUE, G. (1977): “Criterios sobre evaluación de suelos y tierras para fines agrícolas con especial referencia a una zona de terrazas del Guadalquivir”. Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXXVI, 3-4: 293-306.

DE LEÓN, A. (1989): Caracterización agroclimática de la provincia de Málaga. MAPA. Madrid.

DELGADO, R. et al. (1988): “Evaluación de la aptitud para usos agronómicos (agrícolas, forestales y ganaderos) de los suelos del sector noroccidental de Sierra Nevada (Granada). Análisis de zonas piloto y extrapolación de las clases de aptitud a la totalidad del área”. Ecología, 2: 5-37.

DENT, D. y YOUNG, A. (1981): Soil survey and land evaluation. G. Allen & Unwin. Boston.

DORRONSORO, C. et al. (1999): “Cartografía de suelos” (<http://edafologia.ugr.es>).

DUCHAUFOR, P. (1975): Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson.

DUCHAUFOR, P. (1977): Atlas ecológico de los suelos del mundo. Toray-Masson, Barcelona.

EDESO, J.M. (1995): "Aplicaciones de los S.I.G. en los estudios geomorfológicos y medioambientales: el mapa sintético de riesgos potenciales y el mapa de erosión". En Rev. Lurralde, Investigación y espacio, 18.

ESTÉBANEZ, J. y BRADSHAW, R.P. (1979): Técnicas de cuantificación en Geografía. Ed. Tebar Flores. Madrid.

FAIRBRIDGE, R.W. (1968): The encyclopedia of geomorphology. Volume III. Reinhold Book Corporation.

FANLO, R. (1998): Importancia de los sistemas pastorales en el mundo. Curso de Gestión de Sistemas de Pastoreo. Universidad de Lleida, Solsona.

FAO (1976): Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de suelos de la FAO nº 32. Roma.

FAO (1977): Guía para la descripción de perfiles del suelo. Roma, 1977.

FAO (1983): Guidelines land evaluation for rainfed agriculture. Soil Bull 52. Roma.

FAO (1984): Directrices para el control de la degradación de suelos. FAO-PNUMA, Roma.

FAO (1990): Guidelines for soil description. 3rd edition. Roma.

FERNÁNDEZ, B. et al. (1996): "Efectos del matorral sobre las herbáceas en la comarca de Sanabria". Actas XXXVI Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 107-111.

FERNÁNDEZ, P. et al. (1997): "Carga ganadera y contribución del pastizal a las necesidades del rebaño en una dehesa de la Sierra Norte (Sevilla)". XXXVII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Sevilla-Huelva, 441-446.

FERRE, E. et al. (1995): Cartografía y delimitación de Unidades Geomorfoedáficas del Parque Natural de los Montes de Málaga. Memoria explicativa. Inédito.

FERRERAS, C. y FIDALGO, C. (1991): Biogeografía y edafogeografía. Ed. Síntesis. Madrid.

FILLAT, F. (1998): La cultura pastoril española. Curso Gestión de Sistemas de Pastoreo. Solsona, 1-11 junio de 1998.

FOURNIER, F. (1975): Conservación de suelos. Mundi-Prensa. Madrid.

- FUENTES, J.L. (1994): El suelo y los fertilizantes. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- GARCIA, F. (1991): Estudio sobre el comportamiento alimentario y social de la cabra doméstica en el SE. árido español. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- GIFFORD, G.F. y HAWKINS, R.H. (1978): "Hidrologic impact of grazing on infiltration". *Water Resources Research*, 14: 305-313.
- GÓMEZ, M^aL. (1987): Apuntes de Geografía Física de Andalucía. Universidad de Málaga.
- GONZÁLEZ, M. y BERGA, A.M., (1991): "Análisis económico de explotaciones caprinas extensivas en Extremadura". *AYMA*, 31 (1): 21-23.
- GONZÁLEZ, J.L. et al. (1993): "Evaluación de la capacidad sustentadora en pastos semiáridos del SE Ibérico". GÓMEZ CABRERA, A. y PEDRO SANZ, E.J. de (coord.): *Nuevas Fuentes de Alimentos para la Producción Animal IV*. Colección: *Congresos y Jornadas*, nº 30. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Sevilla, 31-45.
- GUITIÁN, F. y CARBALLAS, T. (1976): Técnicas de análisis de suelos. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
- Grazing Management Terminology. *Journal of Range Management*, 27 (4), 1974.
- HALL, G.H. y OLSON, C.G. (1991): "Predicting variability of soils from landscape models". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, 8: 9-24.
- HAMMER, R.D. et al (1991): "Geographic Information Systems for soil survey and land-use planning". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, 8: 243-270.
- HARTUNG, S.L. et al. (1991): "Scientific Methodology of the National Cooperative Soil Survey". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, 8: 39-48.
- HENIN, S. et al. (1972): El perfil cultural. El estado físico del suelo y sus consecuencias agronómicas. Mundi-Prensa, Madrid.
- HIDALGO, M^aI. (1994): Estudio de los recursos apícolas de la Sierra de Mijas. Tesis Doctoral. Dpto. de Biología Vegetal, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.
- HYCKA, M. (1993): Praderas artificiales, su cultivo y utilización. M.A.P.A.-S.G.T.

HODGSON (1987): Muestreo y descripción de suelos. Editorial Reverté. Barcelona.

HORTON, R.E. (1940): "An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity". Proc. Soil Sci. Am., 5, 399-417.

HOYOS, A.; PALOMAR, M.L. y HERNANDO, J. (1979): "Génesis de un suelo desarrollado sobre material calizo". Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXXVI, 3-4: 361-380.

ICONA (1990): Mapa de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del sur de España. MAPA.

JIALONG, L. y PING, J. (1997): "The effects of different rotational grazing intensities on the soil, grassland and sheep productions in the northern Tianshan in China". Archivos de Zootecnia, 46 (176): 301-310.

JOHNSTON, A. (1962): "Effects of grazing intensity and cover on the water intake rate of fescue grassland". J. Range Manage., 15: 79-82.

JONES, R.J.; SANDLAND, R.L. (1974): "The relation between animal gain and stocking rate in grazing trials: derivation of a model from experimental results". J. Agric. Sci., 33: 335-342.

JUSTICIA, A. (1988): La Axarquía malagueña y las costa oriental. Arguval. Málaga.

KEMPER, W.D. y ROSENAU, R.C. (1986): "Aggregate stability and size distribution". PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy 9. Madison. Wisconsin, USA, 425-442.

KLUTE, A. (1986): "Water retention: laboratory methods". PAGE, A.L.; MILLER, R.H. y KEENEY, D.R. (ed.): Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy 9. Madison. Wisconsin, USA, 635-662.

KNOLL, G. y HOPKINS, H.H. (1959): "Effects of grazing and trampling upon certain soil properties". Trans. Kans. Acad. Sci., 62: 221-231.

LACOSTE, A. y SALOMON, R. (1978): Biogeografía. Ed. Oikos-Tau. Barcelona.

LAYCOCK, W.A. y CONRAD, P.W. (1967): "Effect of grazing on soil compaction as measured by bulk density on a high cattle range". J. Range Management, 20: 136-140.

LE HOUEROU, H.N. (1989): "Agrosilvicultura y silvopastoralismo para combatir la degradación del suelo en la cuenca mediterránea: viejas soluciones

para problemas nuevos”. En Degradación de zonas áridas del entorno mediterráneo. Monografía de la Dirección General de Medio Ambiente. MOPU. Madrid, 105-116.

LÓPEZ, T. et al. (1985): “La carga animal en los pastos naturales y su influencia en la producción de ovino”. Anales del I.N.I.A. Serie Ganadera, vol. 22 (1): 51-79. MAPA.

LÓPEZ, F. y MINTEGUI, J.A. (1986): Hidrología de superficie (1ª parte). Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid.

LÓPEZ, J. y LÓPEZ, J. (1990): El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

LLORCA, R. (1991): Prácticas de edafología. Univ. Politécnica de Valencia.

LINNARTZ, N.E.; HSE, C. y DUVALL, V.L. (1966): “Grazing impairs physical properties of a forest soil in central Louisiana”. J. Forest., 64: 239-243.

MARKEWICH, H.W. y COOPER, S.C. (1991): “One perspective on spatial variability in geologic mapping”. MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): Spatial variability of soils and landforms. ASA-CSSA-SSSA, 8: 25-38.

MARTÍN, M. et al. (1986): “Metodología para la determinación de la carga ganadera de pastos extensivos”. INI. Secretaría General Técnica del MAPA. Monografía 57. Madrid.

MARTÍNEZ, J. (1986): Drenaje agrícola. Vol. I. MAPA. Manual Técnico 5. Madrid.

MARTÍNEZ, J. (1992): Variabilidad espacial de las propiedades físicas e hídricas de los suelos en medio semiárido mediterráneo. Cuenca de la Rambla de Perea (Murcia). Universidad de Murcia.

MARTÍNEZ, J. y LÓPEZ, F. (1996): Métodos para el estudio de las propiedades hídricas de suelos y formaciones superficiales. Cuaderno Técnico de la SEG, 9. Geoforma ediciones.

MARTÍNEZ, J. (1996): Variabilidad espacial de las propiedades físicas e hídricas de los suelos en medio semiárido mediterráneo. Cuenca de la Rambla de Perea (Murcia). Universidad de Murcia.

McFADDEN, L.D. y HENDRICKS, D.M. (1985): “Changes in the content and composition of pedogenic iron oxyhydroxides in a chronosequence of soils in Southern California”. Quaternary Research, 23: 189-204.

McMEEKAN, C.P. y WALSHE, M.J. (1963): "The interrelationships of grazing method and stocking rate in the efficiency of pasture utilization by dairy cattle". *J. Agr. Sci.*, 61: 147-163.

Ministerio de Agricultura (1978): Tipificación de las Comarcas Agrarias Españolas. Ministerio de Agricultura. Secretaria General Técnica.

MONTERO, J.L. y GONZÁLEZ, J.L. (1974): Diagramas bioclimáticos. ICONA. Madrid.

MONTSERRAT, F. y FILLAT, F. (1990): "The systems of grassland management in Spain". BREYMEYER, A. (ed.): *Managed grasslands*. Elsevier Science Publishers. Amsterdam.

MOREIRA, J.M. (1991): Capacidad de uso y erosión de suelos. Consejería de Medioambiente. Junta de Andalucía.

MOREIRA, N. (1995): Pastoreio. Interações animal-pastagem e seus reflexos no manejo e na produção. Série Didáctica Ciências Aplicadas, 44, UTAD (Universidade de Trás Os Montes e Alto Douro), Vila Real.

MOSQUERA, M.R. y GONZÁLEZ, A. (1993): "La presión de pastoreo en un sistema de producción animal, I. Efecto sobre la producción de pasto". *Actas XXXIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 553-561.

MOSQUERA, M.R. et al. (1993): "La presión de pastoreo en un sistema de producción animal, II. Efecto sobre la producción de leche". *Actas XXXIII Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 563-570.

MULLEN, G.J. et al. (1974): "Effects of animal treading on soil properties and pasture production". *Ir. J. Agric. Res.*, 13: 171-180.

Munsell Soil Color Chart (1988). Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. Baltimore, USA.

NIETO, J.M. et al. (1991): "Biogeografía y series de vegetación de la provincia de Málaga (España)". *Acta Botánica Malacitana*, 16 (2): 417-436.

NIEVES, M. et al. (1985): Precisión, escala y densidad de observaciones en los estudios de suelos. *Bol. Est. Central de Ecología*, 27. MAPA.

NORDT, L.C. et al. (1991): "Quantifying map unit composition for quality control in soil survey". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): *Spatial variability of soils and landforms*. ASA-CSSA-SSSA, 8: 183-197.

ORTEGA, E. et al. (1994): "Caracterización geomorfológica y edáfica de zonas aluviales de la hoja de Alora, Málaga". III Reunión de Geomorfología, SEG., Logroño, 327-337.

ORTUÑO, S.F. y GONZÁLEZ, S. (1999): La ganadería extensiva en España. Un elemento imprescindible en la gestión del medioambiente. Ed. Bellisco. Madrid.

OSORO, K. et al. (1992): "Efecto de la carga anual y estacional de primavera sobre la producción de las vacas de cría y el pasto". Investigación Agraria. Producción y sanidad animales. MAPA, 7 (3): 253-270.

PASSERA, C. y FANLO, R. (1998): Pastoreo y factores del medio. Curso de Gestión de Sistemas de Pastoreo. Universidad de Lleida, Solsona.

PATÓN, D. et al. (1993): "Cálculo de la carga ganadera máxima por métodos dendrocronológicos en matorrales de *Cistus ladanifer*". Archivos de Zootecnia, 42 (160): 415-428.

PEDRAZA, J. (1996): Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. Ed. Rueda, Madrid.

PEINADO, M. y RIVAS, S. (1987): La vegetación de España. Colección Aula Abierta.

PENNOCK, D.J. et al. (1987): "Landform classification and soil distribution in hummocky terrain, Saskatchewan, Canada". Geoderma, 40: 297-315.

PEÑA, D. (1995): Estadística. Modelos y métodos.1. Fundamentos. Alianza Universidad Textos, 2ª edición, Madrid.

PEREZ, R. y DIAZ-FIERROS, F. (1988): "Resistencia del suelo y susceptibilidad a la compactación en terrenos a monte sometidos a pastoreo". Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XLVII, 3-4: 547-560.

PERLES, M.J. (1995): El concepto de fragilidad erosiva: propuesta metodológica para su evaluación. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.

PERLES, M.J. (1996): Problemas en torno a la erosión hídrica. Conceptos y métodos de análisis. Textos mínimos, 29. Universidad de Málaga.

PERLES ROSELLÓ, M.J. (1997): Medir la erosión: fragilidad erosiva en el Valle del río Vélez. Servicio de publicaciones. Diputación Provincial de Málaga.

PINILLA, R. et al (1995): "Vegetación actual (P:N: Sierra de Hornachuelos)". En MOREIRA, J.M. (coord.): Reconocimiento biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Parque Natural Sierra de Hornachuelos. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

PONCE, V.M. (1989): Engineering hydrology. Principles and practices. Prentice Hall. New Jersey.

PORTA, J. et al. (1986): Técnicas y experimentos en edafología. Col.legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Barcelona.

PORTA, J. et al. (1999): Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. 2ª edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

PUERTO, A. (1980): "Relaciones estructurales y diferencias motivadas por la orientación en un sistema de vaguada". En Rev. Stvdia Oecologica 1: 79-87.

RAMOS, M.L. y CUADRADO, S. (1979): "El medio físico del suelo en ecosistemas de pastizales". Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XXXVIII, 11-12: 2083-2103.

RAUZI, F. (1963): "Water intake and plant composition as affected by differential grazing on rangeland". J. Soil Water Conserv., 18: 114-116.

RAUZI, F. y SMITH, M. (1973): "Infiltration rates: three soils with three grazing levels in northeastern Colorado". J. Range Manage., 26: 126-129.

REBOLLO, M. et al. (1998): Itinerarios por espacios naturales de la provincia de Málaga. Servicio de publicaciones de la Universidad de Málaga.

RHOADES, E.D. et al. (1964): "Water intake on a sandy range as affected by 20 years of differential cattle stocking rates". J. Range Manage., 17: 185-190.

RIQUIER, BRAMAO Y CORNET (1970): El sistema de evaluación de la productividad agraria de suelos de la FAO. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: contenido y metodología. CEOTMA, 1998, 3ª edición, 253-262.

ROBLES, A.B. (1990): "Evaluación de la oferta forrajera y capacidad sustentadora de un agrosistema semiárido del SE ibérico. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

RODRIGUEZ, J. (1993): Métodos de muestreo. CIS, colección Cuadernos Metodológicos, 1. Madrid.

ROUCO, P.F. et al. (1988): "Análisis estructural del ganado caprino en la Comunidad Autónoma de Murcia (1)". AYMA, 28 (2): 63-70.

ROUCO, A. et al. (1991): "Análisis económico de explotaciones tipo de ganado caprino". AYMA, 31 (4): 165-169.

RUANO, A.M. (1996): "Niveles de nutrientes en pastos semiáridos con referencia a los requerimientos del ganado". Actas XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P., 213-216.

RUBIO, P. (1991): "Clasificación de las provincias españolas según su tendencia ganadera (1950-1988)". *Revista Geographicalia*, 2ª época, diciembre, 193-212.

RUBIO, G. y LAVADO, R.S. (1990): "Efectos de alternativas de manejo pastoril sobre la densidad aparente de un Natracualf". *Ciencia del suelo*, 8: 79-82.

SAN MIGUEL, A. et al. (1996): "Contribución al conocimiento de los suelos de los pastizales naturales del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga (Asturias)". *Actas XXXVI Reunión Científica de la S.E.E.P. (Sociedad Española para el Estudio de los Pastos)*, 135-138.

SÁNCHEZ-MARAÑÓN, M. et al. (1996): "Multivariate analysis in the quantitative evaluation of soils for reforestation in the Sierra Nevada (southern Spain)". *Geoderma*, 69: 233-248. Elsevier.

SANCHO, C. (1997): "Los mapas de riesgos". PEÑA, J.L. (ed.): *Cartografía geomorfológica básica y aplicada*. Geoforma ediciones. Logroño, 181-200.

SANTOS, F. et al. (1993): "Relación suelo-paisaje-litología en la vertiente sur de la Sierra del Relumbrar (Albacete)". *Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación*. MAPA. SECS. Salamanca, 1147-1154.

SERVICIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS E.U.A. (1973, 1992): *Manual de conservación de suelos*. Ed. Limusa, grupo Noriega Editores. Séptima edición. México.

SENCIALES, J.M^a (1995): *La cuenca del río Vélez. Estudio hidrográfico*. Tomo II. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.

SOIL SURVEY STAFF (1993): *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture. Handbook n° 18.

SOIL SURVEY STAFF (1998): *Keys to soil taxonomy*. 8th edition. USDA.

SOMLO, R. et al. (1991): "Simulación de la distancia recorrida por el caprino en pastoreo mediante podómetros". *Archivos de Zootecnia*, 40 (147): 131-138.

STOOPS, G. (1997): "Application of micromorphological methods to the study of soil sequences in the tropics". *Ponencias 50 Aniversario de la SECS*, Madrid, 145-159.

TABOADA, M.A. y LAVADO, R.S. (1988): "Grazing effects on soil bulk density in the flooding Pampa of Argentina". *Journal Range Management*, 41: 497-503.

TERMINOLOGY COMMITTEE (1991): Terminology for grazing lands and grazing animals. The forage and grazing. Pocahontas Press, Inc. Blacksburg, Virginia, U.S.A.

TOUMA, J. y ALBERGEL, J. (1992): "Determining soil hydrologic properties from rain simulator or double ring infiltrometer experiments: a comparison". Journal of hydrology, 135: 73-86.

TUDELA, M.L. et al. (1993): "Relaciones geomorfología-suelos en la Sierra del Madroño y su piedemonte (Murcia)". Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. MAPA. SECS. Salamanca, 1192-1200.

TUDELA, M.L. et al. (1994): "Evaluación del estado de degradación de los suelos calizos de "Los Bernabeles" a partir del análisis factorial". III Reunión de Geomorfología, SEG., Logroño, 353-362.

TUDELA, M.L. (1998): "Aplicación del análisis factorial al estudio de la degradación de suelos calizos en la zona de Muela de Codoñas (Murcia)". Revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, 4: 155-164.

UPCHURCH, D.R. y EDMONDS, W.J. (1991): "Statistical procedures for specific objectives". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): Spatial variability of soils and landforms. ASA-CSSA-SSSA, 8: 49-71.

VALLEJO, V.R. et al. (1993): "Estrategias de muestreo en suelos forestales". Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. MAPA, SECS. Salamanca, 1717-1726.

VAN HAVEREN, B.P. (1983): "Soil bulk density as influenced by grazing intensity and soil type on a short grass prairie site". J. Range Management, 36: 586-588.

VAN ZUIDAM, R.A. et al. (1979): Terrain analysis and classification using aerial photographs. A geomorphological approach. ITC Textbook of photo-interpretation. Volumen VII. The Netherlands.

VISAUTA VINACUA, B. (1998): Análisis estadístico con SPSS para Windows. Vol. II, Estadística Multivariante. Mc Graw Hill, Madrid.

VIVAR, A. et al. (1993): "Aplicación del modelo de Green-Ampt para infiltrometría de doble anillo con carga variable sobre suelos alterados por labores de preparación para la repoblación". Actas XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. MAPA. SECS. Salamanca, 142-150.

WAMBEKE, A. van y FORBES, T. (1989): Guidelines for using Soil Taxonomy in the names of soil map Units. S.M.S.S. Technical Monograph, 10.

WARREN, S.D. (1987): "Soil hydrologic response to intensive rotation grazing: a state of knowledge". FOK, Y.S. (ed.): International Conference on Infiltration Development and Applications. University of Hawaii at Manoa. Honolulu, 580.

WARREN, S.D.; NEVILL, M.B.; BLACKBURN, W.H. y GARZA, N.E. (1986): "Soil response to trampling under intensive rotation grazing". Soil Sci. Soc. Am. J., 50: 1336-1340.

WILLAT, S.T. y PULLAR, D.M. (1984): "Changes in soil physical properties under grazed pastures". Aust. J. Soil Res. 22: 343-348.

WIND, G.P. y SCHOTHORST, C.J. (1964): "The influence of soil properties on suitability for grazing and of grazing on soil properties". Transactions of the Eighth International Congress of Soil Science. Bucharest, 571-580.

YOUNGS, E.G. (1983): "Soil physical theory and heterogeneity". Agricultural Water Management, 6, 145-159.

YOUNGS, E.G. (1987): "Estimating hydraulic conductivity values from ring infiltrometer measurements". J. Soil Sci., 38: 623-632.

YOUNG, E.G. (1991): "Infiltration measurements. A review". Hydrological processes, vol. 5: 309-320.

YOUNG, F.J. et al. (1991): "Confidence intervals for soil properties within map units". MAUSBACH, M. y WILDING, L. (ed.): Spatial variability of soils and landforms. ASA-CSSA-SSSA, 8: 213-229.

ZORITA, E. (1990): "Los sistemas pastorales y la conservación de la naturaleza en la España peninsular. Una perspectiva histórica". REVUELTA, J.F. y CAÑÓN, F. (coord.): Sistemas extensivos de producción de rumiantes en zonas de montaña. Ciencias Veterinarias, vol. XIII, 13-39.