



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-107

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Estudio Edafológico del Monte “La Camorza”, Manzanares el Real (Madrid)

SERRADA HIERRO, R.¹; GÓMEZ SANZ, V.¹; SERRADA REDONDO, M.²

¹ Departamento de Silvopascicultura. EUIT Forestal. UPM. rafael.serrada@upm.es; valentin.gomez@upm.es

² GEDESMA: m.serrada@gedesma.es

Resumen

El monte "La Camorza" fue repoblado en el tercio central del siglo XX. Presenta diversidad de especies distribuidas en rangos altitudinales. En el rango correspondiente al pino rodeno hubo rodales en los que la única especie sobreviviente fue *Cupressus arizonica*. Otras zonas de pino rodeno presentan decaimiento y mortandad.

Con motivo de la redacción del Proyecto de Ordenación se ha realizado un estudio edafológico que ha aportado información para explicar el estado actual de las masas, aplicando la metodología de caracterización de la calidad de estación basada en factores ecológicos debida a Gandullo y Sánchez Palomares, que se ha manifestado como muy eficiente. En algunas zonas se manifiesta la escasa profundidad del perfil como limitante al desarrollo de la vegetación arbórea.

El estudio ha permitido generar directrices de tratamiento para mejorar la estabilidad y regeneración de las masas del monte. Se recomienda la ejecución de banquetas con microcuenca con retroexcavadora como procedimiento de preparación del suelo en futuras reforestaciones.

Palabras clave

Pino rodeno, decaimiento, elección de especie para reforestación, calidad de estación, estudio edáfico para ordenación de montes.

1. Introducción

El suelo es un componente consustancial de los sistemas ecológicos que juega un papel fundamental en la respuesta vegetal que muestra un sistema forestal o monte. Este indudable papel ha sido con frecuencia olvidado o menospreciado por los gestores forestales, que han optado de forma habitual por una descripción muy somera o poco comprometida, de trámite, de las condiciones edáficas generales, pero sin llevar a cabo la adecuada interpretación de los condicionantes y limitaciones que para la gestión de masas forestales tienen las propiedades particulares de los sistemas edáficos en el territorio a gestionar.

La descripción y diagnosis del estado edafológico del medio físico de los sistemas forestales, orientada al conocimiento de las complejas relaciones que se establecen entre el suelo y sus fitocenosis, debe fundarse en la evaluación de las propiedades edáficas que en mayor medida condicionan el desarrollo de las comunidades vegetales que los integran. Estas propiedades son: (1) profundidad suficiente para permitir el desarrollo espacial de los sistemas radicales; (2) porosidad adecuada para garantizar una efectiva aireación por presencia elevada de macroporos que posibiliten la renovación de la atmósfera edáfica y eviten encharcamientos prolongados al facilitar el drenaje de agua (buena permeabilidad); (3) capacidad de retención de agua que garantice una buena respuesta a los requerimientos hídricos de los vegetales; (4) fertilidad suficiente, entendida como capacidad que el suelo tiene para suministrar a la



vegetación, en forma asimilable por ésta, el conjunto de elementos nutritivos necesarios para su completo desarrollo; (5) ausencia de disfunciones o toxicidades que puedan comprometer la nutrición equilibrada de la vegetación (salinidad, abundancia de calcio o valores extremos de reacción del suelo) o tengan un efecto negativo en su desarrollo (contaminantes,...).

Conscientes de la importancia de esta información, los responsables de la gestión técnica del Monte de “La Camorza”, nº 163 del CUP, situado en término municipal de Manzanares el Real (Madrid), han decidido incluir y valorar en el Proyecto de Ordenación y en la planificación y ejecución de la actividad selvícola, la información de carácter edáfico que pueda condicionar la respuesta de las masas forestales a manejar.

Más concretamente, se considera de especial interés aclarar las siguientes cuestiones o problemas, cuyo origen no es suficientemente conocido y sobre los que el estado y propiedades de los suelos pudieran tener una clara influencia. Se trata de: (1) la aparición de corros de pinos, primero puntisecos, luego muertos, respecto de los cuales sería necesario descartar que un problema edáfico afecte al desarrollo y función de los sistemas radicales, o bien comprobar la posibilidad de que alguna propiedad edáfica favorezca el desarrollo o actividad de patógenos; (2) la abundancia de marras que en la fase de repoblación del monte se produjeron en algunos cantones de menor altitud, lo que motivó la introducción de *Cupressus arizonica* con la intención de superar dichas marras manejando una especie más xerófila que *Pinus pinaster*, que era inicialmente la más concordante con la estación.

2. Objetivos

Ante el conjunto de circunstancias y necesidades de conocimientos hasta aquí expuesto, parece incuestionable la conveniencia del desarrollo de un estudio edafológico específico que permita:

1. disponer de una caracterización suficiente de los suelos que sustentan los rodales en los que se han identificado problemas de desarrollo y estado fitosanitario de la masa forestal;
2. diagnosticar la posible causa edáfica sobre la mortalidad manifestada por corros después de un puntisecado en varias especies arbóreas;
3. identificar posibles relaciones entre la morfología de los sistemas radicales y las propiedades edáficas (excluyendo posibles modificaciones inducidas por las prácticas en vivero);
4. finalmente, orientar la toma de decisiones sobre procedimientos de preparación del suelo en futuras reforestaciones o densificaciones.

Estos cuatro puntos conforman los objetivos concretos que han orientado y enmarcado el planeamiento y ejecución del presente trabajo.

3. Metodología

Área de estudio. En la Tabla 1 se resumen datos sobre descripción general del monte.

Tabla 1. Resumen de datos del monte

CONCEPTO		DESCRIPCION
Comarca forestal		Nº 14 (PRCAM- NORTE).
Término municipal		Manzanares El Real. Una pequeña parte del monte está incluida en el T.M. de El Boalo.
Nº del Catálogo y Elenco		Nº 163 UP y M-1.024
Denominación		La Camorza
Pertenenencia		Comunidad de Madrid
Superficie* (ha) *Mediciones SIG.	Total	1.030,35 ha
	Forestal	1017,45 ha
	Poblada	784,02 ha
	Pastizal	27,24 Has
	Rasa a repoblar	17,95 ha
Altitudes (m)	Máxima	1.939 m La Maliciosa Chica
	Mínima	925 m Centro de Interpretación
	Media	1.320 m
Especies arbóreas principales		<i>P. sylvestris</i> , <i>P. pinaster</i> , <i>P. nigra</i> y <i>C. arizonica</i> , todas de repoblación entres etapas: 1955-1959; 1969; 1971.
Litología		Rocas plutónicas ácidas: granitos y gneiss
Clima		memoromediterráneo VI(IV) fresco semiárido (Allué)
Hidrología		Arroyo de la Umbría de la Garganta: situado en la parte norte del monte, vierte al río Manzanares. Arroyo de Suerte Navazo: está en el oeste del monte, vierte al embalse de Santillana. Arroyo de las Casiruelas: nace en el tramo medio del monte, y vierte en el río Manzanares. Arroyo de Campuzano: nace en el Collado de Quebrantaherraduras y vierte al Arroyo de S Navazo. Las pérdidas de suelo del monte están dentro de las tolerables, menos de 12 Tn/ha y año
Producciones del monte o usos principales		Protector, recreativo, leñas, ganadería y caza

Diseño del muestreo.

Desde un punto de vista edafogenético, el área de estudio muestra una gran homogeneidad litológica (materiales coherentes, de naturaleza predominantemente silíceo) y de composición específica de la cubierta vegetal, todo ello bajo un régimen térmico templado-frío y un régimen de humedad de carácter xérico (aridez en verano-estación cálida- y humedad en invierno), y no marcadamente percolante (la precipitación media anual supera ligeramente las pérdidas anuales por evapotranspiración potencial). Las principales variaciones son introducidas por la posición fisiográfica, que trae asociadas distintas posibilidades de drenaje, tanto superficial como subsuperficial, junto a la posibilidad de afloramientos rocosos.

No obstante, y dado el interés por detectar la posible concurrencia de ciertas disfunciones en localizaciones concretas en el monte, se optó por un muestreo dirigido, sin identificación y delimitación previa de superficies edáficamente homogéneas. Como información adicional, se contó con los datos correspondientes a un perfil muestreado años atrás en el monte, recogidos en el Banco de Datos de Suelos Forestales (FOREDAF) de la U. D. de Edafología y Ecología del Departamento de Silvopascicultura de la ETSI Montes de la UPM. Dicho perfil ha sido denominado en este estudio como Perfil 0 y se corresponde con un rodal poblado por pino silvestre, situado en el tercio superior del rango altitudinal del monte.

El muestro se completó con la localización y el estudio de 5 nuevos perfiles edáficos, cuyas características aparecen recogidas en la tabla 2 y su localización en la figura 1.

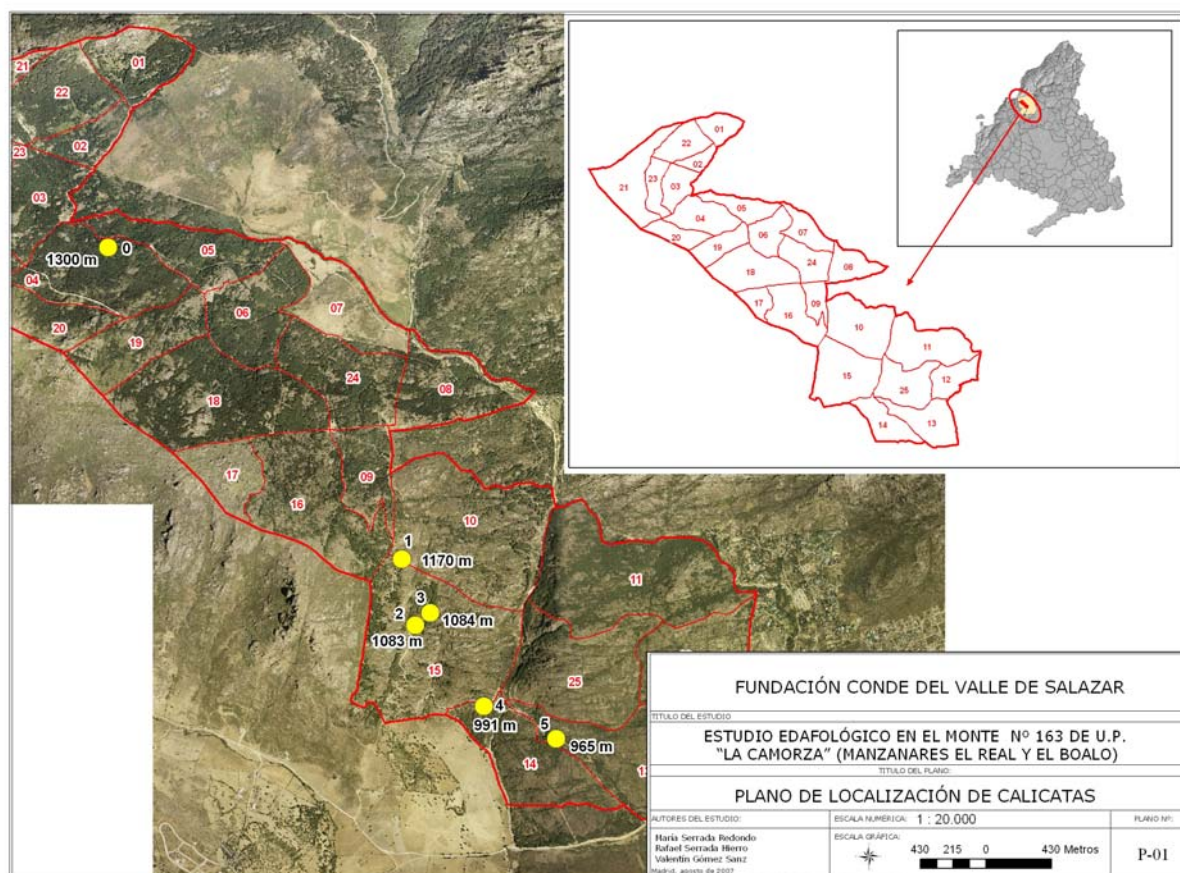


Figura 1. Localización del monte en la Comunidad de Madrid y de las calicatas del estudio.

Una vez seleccionado el punto de muestreo y realizada su descripción macromorfológica, se procedió a la apertura de una calicata mediante mini-retroexcavadora, toma de muestras de tierra tras identificación de horizontes, y en los cinco casos, se procedió a la extracción de una cepa de un pie arbóreo cercano a la calicata, a los efectos de valorar la morfología y el desarrollo del sistema radical en relación con la observación macroscópica del perfil. Las muestras de suelo se remiten para su análisis al laboratorio de CONTECSA, S.L.

Tabla 2. Descripción general de las localizaciones de muestreo.

Perfil	Cantón	Descripción	Pendiente	Altitud	Coord. UTM
0	4	Masa pura de <i>Pinus sylvestris</i> en estado de fustal joven y espesura completa, con pies muertos por exceso de competencia.	25 %	1.300	421654,128 4512343,401
1	10	Masa pura de <i>Cupressus arizonica</i> de desarrollo deficiente, origen artificial, instalada con preparación del suelo por subsolado. El sotobosque es un jaral de escasa espesura.	20 %	1.170	423464,560 4510401,897
2	15	Masa pura de <i>Pinus pinaster</i> que tiene un desarrollo normal, pero en la que se observan bastantes pies muertos y algunos en fase de puntisechado, sin que se puedan atribuir estos hechos al exceso de espesura. En los pies muertos se observa resinosis en la base del fuste pero no el micelio característico de <i>Armillaria</i> .	0 %	1.083	423562,864 4510033,257
3	15	Masa pura de <i>Pinus pinaster</i> de desarrollo muy bueno en altura, manteniendo espesura alta. Se establece como localización testigo de buena respuesta vegetal.	0 %	1.084	423636,592 4510025,065
4	14	Masa mixta de ciprés y pino rodeno con desarrollos mediocres y espesura media. Se trata de masa artificial instalada sobre acaballonados con desfonde. Hay síntomas de puntisechado en las proximidades.	15 %	991	423997,040 4509361,513
5	13	Zona con aparente hidromorfía en la que hay un bosque de pinos piñonero, varios de ellos puntisechados tras alcanzar alturas concordantes con su edad	10 %	965	424423,024 4509173,097

Con la información del inventario de campo, los datos climatológicos adaptados a los distintos puntos de muestreo, según SÁNCHEZ PALOMARES *et al.* (1999), y los resultados de los análisis físicos y químicos de las distintas muestras de suelo extraídas, se elaboró un conjunto de parámetros definidores de las condiciones tanto fisioclimáticas como edáficas de las localizaciones de estudio (GANDULLO y SÁNCHEZ PALOMARES, 1994), completándose el trabajo de gabinete con la clasificación de los suelos según lo establecido por la FAO (WRB, 2006).

Los parámetros elaborados, descriptivos de las condiciones del medio abiótico de las localizaciones, han sido:

- Parámetros Fisiográficos: **ALT**, elevación (altitud) sobre el nivel del mar expresada en metros; **PND**, pendiente del lugar expresada en porcentaje; **INS**, parámetro adimensional que evalúa la cantidad de radiación solar incidente sobre un lugar en función de su pendiente y orientación (GANDULLO, 1974).

- Parámetros Climáticos: **PI**, precipitación media en los meses de invierno, expresada en mm; **PP**, precipitación media en los meses de primavera, expresada en mm; **PV**, precipitación media en los meses de verano, expresada en mm; **PO**, precipitación media en los meses de otoño, expresada en mm; **PA**, precipitación media anual, expresada en mm; **TM**, temperatura media anual en °C; **TMC**, temperatura media mensual más alta (mes más cálido), en °C; **TMF**, temperatura media mensual más baja (mes más frío), en °C; **OSC**, Diferencia en °C entre los valores de TMC y de TMF; **ETP**, evapotranspiración potencial anual, en mm (THORNTHWAITE, 1948); **SUP**, suma de superávits mensuales (THORNTHWAITE y

MATHER, 1955, 1957); **DEF**, suma de déficits mensuales (THORNTHWAITE y MATHER, 1955, 1957); **IH**, índice hídrico (THORNTHWAITE y MATHER, 1955, 1957), valor adimensional que se establece en función de SUP, DEF y ETP; **DSQ**, duración de la sequía en meses, según criterio de Gaussen –meses en los que el doble de la temperatura media mensual es superior a la precipitación media mensual- (WALTER y LIETH, 1960); **ISQ**, intensidad de la sequía establecida por cociente entre el área seca y el área húmeda en los climodiagramas de Walter-Lieth.

- Parámetros edáficos. **TF**, Media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales mayores a 2 mm (Tierra Fina), expresada en porcentaje respecto del suelo natural (USDA, 1975); **ARE**, media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales comprendidas entre 2 mm y 50 μ (Arena), expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975); **LIM**, media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales comprendidas entre 50 y 2 μ (Limo), expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975); **ARC**, media ponderada con el espesor de cada horizonte de las partículas minerales inferiores a 2 μ (Arcilla), expresada en porcentaje respecto a la Tierra Fina (USDA, 1975); **PER**, media ponderada con el espesor de cada horizonte de la Permeabilidad, expresada en valores de 1 (muy poco permeable) a 5 (muy permeable) según GANDULLO (1994); **HE**, media ponderada con el espesor de cada horizonte de la Humedad Equivalente en mm de agua, según SÁNCHEZ PALOMARES y BLANCO (1985); **CRA**, suma en mm de agua de los valores de Capacidad de Retención de Agua para cada horizonte, calculada según GANDULLO (1994); **MO**, media ponderada siguiendo el criterio de RUSSELL y MOORE (1968) del contenido de Materia Orgánica en cada horizonte (WALKLEY, 1946), expresada en porcentaje respecto de la Tierra Fina; **MOS**, contenido en Materia Orgánica (WALKLEY, 1946) de los 25 cm superiores del suelo expresado en porcentaje respecto de la Tierra Fina; **PHA**; media ponderada siguiendo el criterio de RUSSELL y MOORE (1968) del pH en H₂O (1:2,5) en cada horizonte; **PHK**, media ponderada siguiendo el criterio de RUSSELL y MOORE (1968) del pH en ClK (1:2,5) en cada horizonte; **NS**, contenido en Nitrógeno (BREMNER, 1965) de los 25 cm superiores del suelo expresado en porcentaje respecto de la Tierra Fina; **CNS**, relación Carbono/Nitrógeno de los 25 cm superiores del suelo; **ETRM**, evapotranspiración Real Máxima posible anual en mm según THORNTHWAITE y MATHER (1957); **SF**, sequía Fisiológica anual en mm según THORNTHWAITE y MATHER (1957); **DRJ**, drenaje calculado del suelo anual en mm según THORNTHWAITE y MATHER (1957).

3. Resultados

Se muestra a continuación el conjunto de resultados obtenidos, relativos a la descripción edáfica de las localizaciones seleccionadas. Los valores concernientes al total del perfil responden al valor medio ponderado con el espesor de cada horizonte de la variable edáfica considerada. Finalmente, se incluye la descripción de las cepas extraídas y los valores de los parámetros que caracterizan el ámbito fisioclimático de cada localización.

Resultados analíticos de los perfiles e identificación de posibles limitaciones.

Los valores de las variables edáficas relativas a la profundidad y a la granulometría de los suelos estudiados vienen recogidos en la tabla 3. La profundidad efectiva de los distintos suelos es muy variada. En dos casos, perfiles 1 y 4, la presencia de roca coherente y dura a menos de 1 m de profundidad les otorga propiedades lépticas, de las que se deduce una

limitación física importante para el completo desarrollo en vertical de los sistemas radicales de la vegetación arbórea.

Los elementos gruesos son dominantes en todos los perfiles, circunstancia que es especialmente manifiesta en el 1 (carácter esquelético) y en el 4, mientras que los elementos más finos (arcillas) no superan, en ningún caso, el 20 % de la Tierra Fina. Respecto del horizonte superficial, su grado de desarrollo es también muy variable, mostrando contenidos claramente inferiores en lo referente a la presencia de elementos gruesos.

Tabla 3. Desarrollo y granulometría de los suelos en las localizaciones de estudio.

Nº de PERFIL	HORIZONTE SUPERFICIAL					PERFIL				
	Espesor (cm)	Gravas (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Espesor (cm)	Gravas (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
0	8,0	24,8	59,0	25,0	16,0	> 125,0	61,0	63,1	25,5	11,4
1	20,0	62,0	65,5	21,5	13,0	40,0	59,5	63,8	23,2	13,0
2	40,0	10,0	62,8	24,2	13,0	> 125,0	23,7	68,7	19,8	11,5
3	70,0	16,0	73,8	14,8	11,4	> 125,0	11,8	73,5	15,5	11,0
4	20,0	38,0	74,9	15,3	9,8	40,0	51,5	73,0	16,4	10,6
5	35,0	17,0	65,3	21,7	13,0	> 125,0	28,6	58,3	28,1	13,6

En relación con las propiedades biológicas y químicas de las muestras analizadas, cuyas variables aparecen en la tabla 4, los suelos son de reacción moderadamente ácida (en algunos horizontes, fuertemente ácida), deficientemente humíferos, con humus tipo moder (a excepción del perfil 1 que es moderadamente humífero en superficie y presenta un humus tipo mull forestal), y unas condiciones de fertilidad predominantemente deficientes. Todas las muestras presentan un nulo contenido en carbonatos equivalentes, lo cual permite calificar el global de los perfiles estudiados como totalmente descarbonatados, con insuficiencia de calcio soluble.

Tabla 4. Variables bioquímicas de los suelos en las localizaciones de estudio.

Nº de PERFIL	HORIZONTE SUPERFICIAL						PERFIL				
	pH en agua	MO (%)	C/N	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	pH en agua	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)
0	5,8	6,39	11,61	0,32	-	-	5,9	2,57	-	-	-
1	5,7	3,48	15,56	0,13	2,0	3,0	5,5	2,45	0,09	2,00	2,0
2	5,7	2,08	13,44	0,09	2,0	4,0	6,0	1,04	0,04	0,64	1,6
3	5,6	1,07	15,55	0,04	2,0	3,0	5,5	0,91	0,03	1,12	2,8
4	5,8	1,41	16,40	0,05	2,0	4,0	5,7	1,38	0,05	1,50	3,0
5	5,7	1,41	13,66	0,06	0,0	5,0	5,6	0,79	0,03	0,00	2,5

MO: materia orgánica; método de extracción del Fósforo: Olsen; método de extracción del potasio: solución de acetato amónico normal a pH=7.

Esta valoración de la fertilidad se refuerza con los datos obtenidos sobre el tamaño y estado del complejo adsorbente de los suelos (Figura 2). La capacidad de adsorción de cationes (Capacidad de Intercambio Catiónico –CIC-) es reducida, debido al pequeño tamaño del complejo adsorbente, por lo que su fertilidad potencial es escasa, con una marcada tendencia a la acidez.

El grado de saturación en bases (V) muestra valores muy dispares. Recurrentemente, el horizonte superficial tiene su complejo adsorbente saturado en bases (perfiles 2, 4 y 5) o prácticamente saturado (perfiles 1 y 3). Respecto a los horizontes profundos, aparece una marcada diferencia entre los perfiles 1, 2 y 4, con tasas claramente superiores al 50 %

(carácter eútrico) y los perfiles 3 y 5 donde el complejo adsorbente está prácticamente insaturado (carácter marcadamente dístrico).

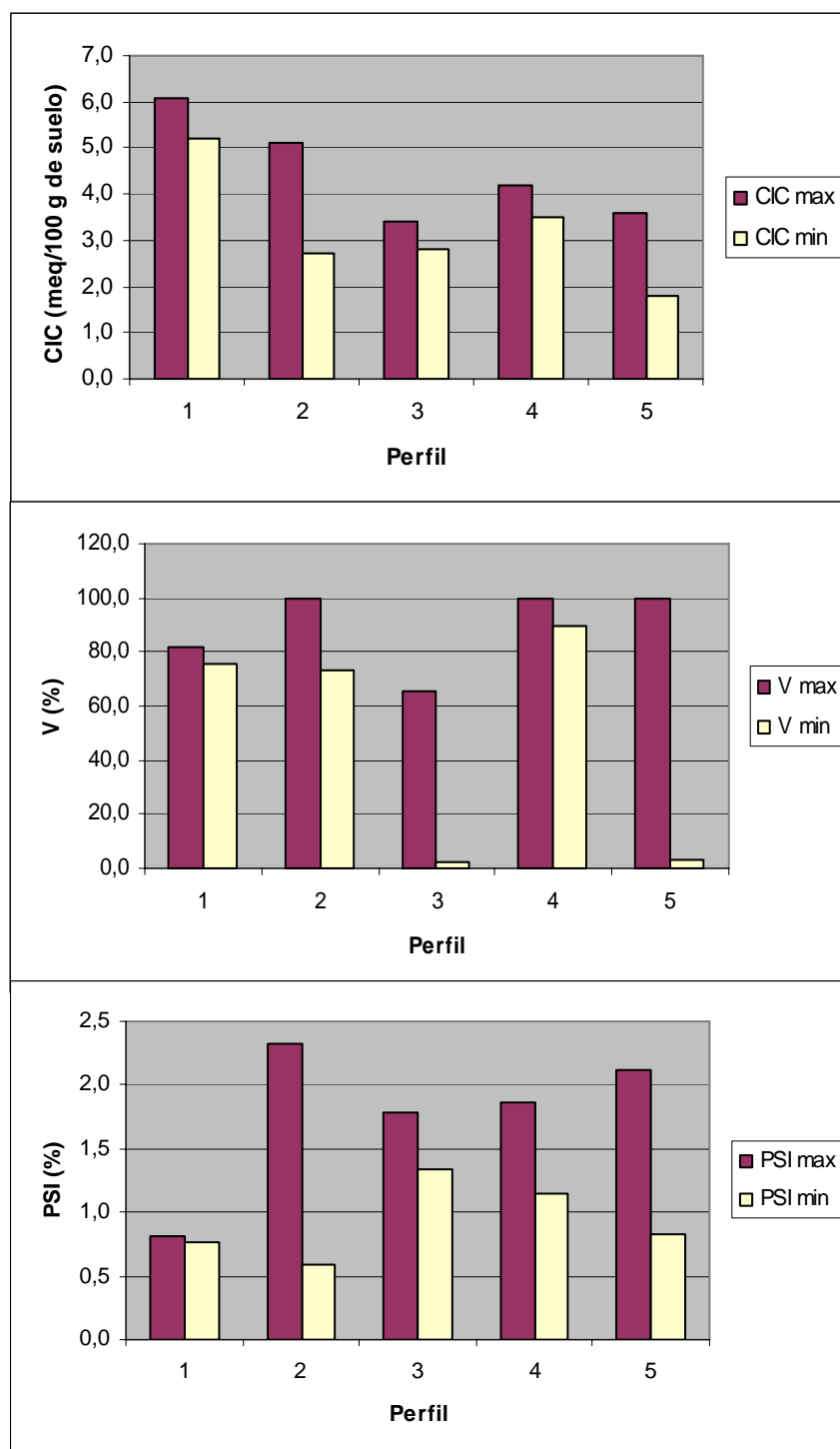


Figura 2. Valores extremos de las variables que cuantifican el tamaño y estado del complejo adsorbente de los suelos (CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico; V: Tasa de saturación en bases; PSI: Porcentaje de sodio intercambiable).

Respecto de la presencia de disfunciones por sales, la tasa de sodio intercambiable (PSI) es en cualquier caso inferior al 15 %, y los valores de conductividad eléctrica obtenidos no muestran ningún indicio de afección por salinidad.

Desde el punto de vista de sus propiedades físicas (tabla 5), los suelos son muy homogéneos en cuanto a su permeabilidad (muy permeables) y aireación (suficientemente aireados), consecuencia de la clase textural franca bastante arenosa, que recurrentemente aparece en todos los perfiles estudiados.

Un comportamiento diferente muestra la capacidad de retención de agua, muy condicionada por la profundidad útil del suelo y por la relativa abundancia de elementos gruesos. Los perfiles más desarrollados (de mayor espesor, perfiles 2, 3 y 5) muestran valores medios de capacidad de retención de agua (superiores a 150 mm), mientras que aquéllos limitados en profundidad (perfiles 1 y 4) presentan unos valores especialmente bajos, lo cual lleva a calidades deficientes de estación desde el punto de vista hídrico.

Tabla 5. Principales propiedades físicas de los perfiles estudiados.

Nº de PERFIL	Tipo textural (región)	Permeabilidad		CRA (mm)
		Máxima (horizonte)	Mínima (horizonte)	
0	Franca bastante arenosa (IXb)	5 (1 y 2)	4 (3)	90,5
1	Franca bastante arenosa (IXb)	5 (1)	4 (2)	40,3
2	Franca bastante arenosa (IXb y IXd)	5 (1, 2, 3, y 4)	5 (1, 2, 3, y 4)	190,7
3	Franca bastante arenosa (IXb)	5 (1, 2 y 3)	5 (1, 2 y 3)	197,1
4	Franca bastante arenosa (IXb)	5 (1)	4 (2)	42,4
5	Franca bastante arenosa (IXb)	5 (1 y 2)	4 (3)	188,3

CRA: Capacidad de Retención de Agua del perfil.

Los perfiles analizados muestran diferentes grados de desarrollo edáfico (tabla 6). Desde suelos poco diferenciados (perfiles 1 y 4), sin horizonte de diagnóstico intermedio y con presencia de roca coherente y dura a menos de un metro de profundidad, hasta suelos evolucionados, con horizonte intermedio de alteración o estructural (horizonte de diagnóstico cámbico) y ninguna limitación física para el desarrollo en profundidad de los sistemas radicales. De acuerdo con esto, los grupos de suelos de referencia de la WRB (2006) se corresponden con Regosoles y Cambisoles, asociados respectivamente a calificadores de tipo Léptico y Háptico .

Tabla 6. Identificación de perfiles y clasificación del suelo.

Nº de PERFIL	PERFIL TIPO	HORIZONTES DE DIAGNOSTICO		GRUPO Y UNIDAD DE SUELO (WRB, 2006)
		SUPERFICIAL	INTERMEDIOS	
0	A (B) C	Ócrico	Cámbico	Cambisol Háptico
1	A C R	Móllico	-	Regosol Léptico (Esquelético, Eútrico)
2	A (B) C	Móllico	Cámbico	Cambisol Háptico (Eútrico)
3	A (B) C	Móllico	Cámbico	Cambisol Háptico (Dístrico)
4	A C R	Móllico	-	Regosol Léptico (Eútrico)
5	A (B) C	Móllico	Cámbico	Cambisol Háptico (Dístrico)

Características de las cepas y edad de los pies extraídos

El proceso de desenterrado y descripción de cepas de pies desarrollados en las proximidades de los perfiles edáficos muestreados arroja como principales resultados los siguientes:

Perfil 1. La cepa de ciprés extraída tiene una limitación importante de profundización, equivalente al espesor del perfil (40 cm). Raíces laterales orientadas en sentido de la labor. Edad 43 años. Repoblado en 1964.

Perfil 2. Se procedió a descubrir una cepa de pino rodeno que presentaba un notable puntisecado, pero fue imposible su extracción. La cepa es profunda, más de 70 cm, equilibrada y no presenta deficiencias morfológicas. Edad 32 años. Repoblado en 1975. En los 6 últimos años los anillos son muy estrechos. Hay galerías de perforadores entre corteza y leño (ver Figura 3).



Figura 3. Se descubre y resulta imposible extraer una cepa de pino rodeno que ha presentado un notable puntisecado. La cepa es profunda, más de 70 cm, equilibrada y no presenta deficiencias morfológicas. Edad 32 años. Repoblado en 1975. En los 6 últimos años los anillos son muy estrechos. Hay galerías de perforadores entre corteza y leño.

Perfil 3. La cepa extraída se corresponde con un pie muerto y dominado en la cercanía de la calicata. La raíz principal alcanza una profundidad notable, del orden de 1,30 m. No hay disfunciones morfológicas.

Perfil 4. La cepa de ciprés desenterrada muestra una muy limitada capacidad de profundización, equivalente a la del perfil muestreado (40 cm). Ciprés: Edad 38 años. Repoblado en 1969.

También se analizó una cepa de un pie de pino rodeno inclinado, situado en las cercanías, la cual presentaba un enraizamiento potente, que hacía imposible su extracción, por penetración en fisuras de la roca madre. Pino rodeno: Edad 38 años. Repoblado en 1969. En los 6 últimos años los anillos son muy estrechos. No hay galerías de perforadores entre corteza y leño (ver figuras 4 y 5).



Figura 4. Escasa profundidad en el Perfil 4



Figura 5. En Perfil 4 se extrae una cepa de ciprés con muy limitada capacidad de profundización, equivalente a la del perfil muestreado (40 cm). Ciprés: Edad 38 años. Repoblado en 1969.

Perfil 5. La cepa extraída corresponde a un pie de pino piñonero de desarrollo normal y que había iniciado un importante puntisechado. La morfología y profundización (del orden de 80 cm) del sistema radical es normal y muy potente. Desarrollo del sistema lateral normal. Edad del pino piñonero entre 40 y 43 años; Repoblado entre 1964 y 1967. En los 6 últimos años los anillos son muy estrechos. No hay galerías de perforadores entre corteza y leño.

Parámetros descriptivos del ámbito fisioclimático de las localizaciones de estudio

Finalmente, y como resultado del proceso de caracterización climática de las localizaciones estudiadas, se incluye la tabla 7, que recoge los valores descriptivos de cada una de ellas.

Tabla 7. Valores de los parámetros fisioclimáticos para las localizaciones estudiadas.

Variables Fisioclimáticas	PERFIL N°					
	0	1	2	3	4	5
INS	0,89	0,98	1,00	1,00	1,11	1,07
PA	928,0	842,0	787,0	787,0	723,0	705,0
PI	310,0	282,0	266,0	266,0	241,0	235,0
PP	254,0	230,0	214,0	214,0	197,0	192,0
PV	99,0	92,0	86,0	86,0	81,0	79,0
PO	265,0	238,0	221,0	221,0	204,0	199,0
TM	9,5	10,4	11,0	11,0	11,6	11,7
TMC	19,5	20,6	21,2	21,2	21,8	22,0
TMF	2,1	2,7	3,2	3,2	3,6	3,7
OSC	17,4	17,9	18,0	18,0	18,2	18,3
ETP	618,0	646,0	665,0	665,0	684,0	689,0
SUP	558,0	472,0	419,0	419,0	362,0	347,0
DEF	248,0	276,0	297,0	297,0	324,0	331,0
ÍH	66,2	47,4	36,2	36,2	24,6	21,5
DSQ	1,77	2,00	2,18	2,18	2,37	2,44
ISQ	0,033	0,049	0,065	0,065	0,087	0,096
ETRM	454,0	392,0	517,0	520,0	392,0	514,0
SF	164,0	254,0	148,0	144,0	292,0	175,0
DRJ	474,0	450,0	270,0	266,0	331,0	191,0

Puede observarse un gradiente decreciente en la precipitación y creciente en la temperatura, asociado al descenso de cota desde el perfil 0 al perfil 5. Asociado a ello, es apreciable un incremento en las condiciones climáticas de aridez, tanto en duración como en intensidad. Por último, la escasa capacidad de retención de los perfiles 1 y 4 lleva a unas condiciones de sequía fisiológica muy superior en ambos casos a las de las restantes localizaciones, lo que se traduce en una merma importante en el rendimiento metabólico de la vegetación allí instalada (sólo alcanza el 60 % de su capacidad metabólica máxima).

5. Discusión

A la luz de los resultados obtenidos, parece poco cuestionable que algunas de las localizaciones estudiadas presentan condiciones edáficas que han determinado de manera trascendente la respuesta vegetal observada.

Si bien no se han identificado disfunciones relevantes desde el punto de vista químico o biológico, presentando el conjunto de perfiles muestreados una gran homogeneidad, las principales diferencias han aparecido en los atributos físicos, directamente relacionados con la presencia del agua en el suelo y con las limitaciones físicas para un adecuado desarrollo radicular.

Aparecen con frecuencia en el monte condiciones de escaso grado de evolución edáfica, principalmente asociadas a lugares con elevada presencia de afloramientos rocosos, en laderas pronunciadas o parte superior de pequeñas lomas. En estos lugares, donde

dominantemente aparecen suelos de la serie Leptosol-Regosol, el poco grado de desarrollo del perfil edáfico (roca madre dura muy próxima a la superficie) junto a la especial abundancia de elementos gruesos (baja capacidad de retención de agua), suponen importantes limitaciones para el adecuado desarrollo de vegetación de porte arbóreo, por lo que se deberá valorar la conveniencia de su instalación y/o de su progresiva sustitución por especies de menos exigencias edáficas. Los perfiles 1 y 4 son buen ejemplo de esta situación.

El resto del territorio del monte, en especial las zonas llanas, al pie de escarpes o en ligeras depresiones, no muestra limitaciones reseñables para el desarrollo de cubiertas arbóreas, estando estos suelos especialmente indicados para albergar especies acidófilas, poco tolerantes a la falta de aireación y permeabilidad del suelo. Ejemplo de estas localizaciones son los perfiles 0, 2, 3 y 5, que pueden ser integrados en la serie Regosol-Cambisol.

Así mismo, y calculado el conjunto de los 32 parámetros edafo-climáticos propuestos en la metodología de GANDULLO y SANCHEZ PALOMARES (1994), para el análisis de la compatibilidad ecológica de la localización con la presencia de las principales especies forestales españolas, los resultados obtenidos permiten hacer la valoración siguientes:

- Perfil 0.* Queda acreditada la compatibilidad estacional del pino silvestre y del pino salgareño, ambos con una calidad de estación equivalente (II-) y mejor en ambos que para el pino rodeno, también compatible, pero con peor posibilidad de adaptación (III-) por factores climáticos.
- Perfil 1.* En esta estación no resulta ningún pino compatible. Los que lo pudieran ser por factores climáticos, *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus pinaster*, resultan incompatibles por la escasez de tierra fina y la correspondiente reducida capacidad de retención de agua. Explica este análisis las marras habidas en el momento de la repoblación, el precario desarrollo de los cipreses y las dificultades para realizar una sustitución de los mismos por otras especies arbóreas.
- Perfil 2.* Queda acreditada la compatibilidad estacional del pino rodeno como especie más adaptada, con una calidad de estación (III-). El pino silvestre manifiesta exceso de calor y déficit hídrico, el pino salgareño resultaría compatible y para el pino piñonero se manifiesta únicamente un exceso de altitud, aunque no de compatibilidad térmica.
- Perfil 3.* En este perfil, con condiciones fisiográficas y climáticas idénticas al anterior, queda acreditada la compatibilidad estacional del pino rodeno como especie más adaptada, con una calidad de estación (III+) manifestando una mejor condición que en el perfil anterior por causas edáficas. El pino silvestre manifiesta exceso de calor y déficit hídrico, el pino salgareño resultaría compatible y para el pino piñonero se manifiesta únicamente un exceso de altitud, aunque no de compatibilidad térmica.
- Perfil 4.* Queda acreditada la compatibilidad estacional del pino rodeno con una calidad de estación (III-) reducida. La escasez de tierra fina y la reducida capacidad de retención de agua explican la baja calidad del pino rodeno y la exclusión para los pinos carrasco, piñonero y salgareño.

Perfil 5. Queda acreditada la compatibilidad estacional del pino rodeno como especie más adaptada, con una calidad de estación (IV+). También resultan compatibles los pinos carrasco y piñonero.

Como comentario final a este epígrafe cabe decir que la diagnosis de los resultados obtenidos confirma en buena medida las expectativas que se plantearon en el diseño del muestreo, por una parte y por otra la eficacia de la metodología de GANDULLO y SANCHEZ PALOMARES (1994) para predecir la calidad de la estación en relación con las diferentes especies y para elegir especie compatible con la estación en la planificación de repoblaciones forestales.

5. Conclusiones

El desarrollo del trabajo ha permitido extraer el conjunto de conclusiones siguientes, y que satisfacen de manera patente, la consecución de los objetivos inicialmente propuestos:

1. En relación con el objetivo del presente estudio acerca de diagnosticar sobre la mortalidad manifestada por corros después de un puntiseado en varias especies arbóreas, la conclusión obtenida es que no se han encontrado propiedades en los perfiles edáficos que puedan relacionarse con el puntiseado, la muerte o el favorecimiento de los hongos de raíz. Por tanto cabe afirmar que las causas de las mortalidades tras un desarrollo normal en todas las especies de pino afectadas hay que buscarlas entre los agentes bióticos.
2. En relación con el objetivo de comprobar la morfología de los sistemas radicales en dependencia con las propiedades edáficas y posibles modificaciones inducidas por las prácticas en vivero, para explicar algunos derribos o asociar con el puntiseado, la conclusión obtenida se concreta en que no se detectan más defectos morfológicos en los sistemas radicales estudiados que la escasa profundización allí donde el horizonte R (roca madre consistente) se manifiesta a escasa profundidad.
3. En relación con el objetivo de aconsejar sobre el tratamiento o sustitución de los rodales con presencia de *Cupressus arizonica*, a la vez que se justifica la necesidad de su empleo por causa de abundantes marras cuando se realizó la repoblación, los resultados que aportan los perfiles 1 y 4 se concretan en que la escasa profundidad y la abundante pedregosidad hacen que las propiedades edáficas sean incompatibles con la presencia o desarrollo de una masa arbórea normal. Esta reducida capacidad de retención de agua del suelo explica la causa de las marras habidas y la escasa espesura y desarrollo de muchos rodales de masa pura de ciprés. Dado que esta inconveniente propiedad no puede ser modificada, no cabe mejora edáfica ni, por tanto, es aconsejable tratar de sustituir las masas arbustivas o arbóreas presentes en estos rodales.
4. En relación con el objetivo de orientar en la toma de decisiones sobre procedimientos de preparación del suelo en futuras reforestaciones o densificaciones, la conclusión se concreta en que en aquellos rodales donde se observan afloramientos rocosos o donde se manifiesta escasa profundidad y alta pedregosidad, deben descartarse las preparaciones del suelo a base de subsolados y ahoyados con barrena. La única alternativa es la elaboración de banquetas con microcuencia, ejecutadas con retroexcavadora de suficiente potencia, que realice remoción y fractura de la roca



madre de modo puntual, donde sea posible, en profundidad mínima del orden de 60 cm, con volumen removido mínimo de un tercio de metro cúbico. Los intentos fallidos no se repueblan y se aprovechan únicamente las banquetas con dimensiones superiores a las apuntadas. Dadas las limitaciones, en estas zonas, la densidad inicial de las reforestaciones estará entre 800 y 400 pies/ha.

La información obtenida en el presente estudio edafológico contribuye a explicar las adaptaciones de las especies a la estación y, corrobora la calidad de la metodología aplicada tanto para predecir especies compatibles para la reforestación, como para valorar de forma aplicada la calidad estacional.

7. Agradecimientos

Los autores agradecen a Pablo Sanjuanbenito, Jefe del Servicio del Plan Forestal de la Dirección General de Medio Natural de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid haber posibilitado la realización de este trabajo.

8. Bibliografía

BREMNER, J.M.; 1965. Methods of soil analysis. Part 2. *American Society of Agronomy*, 1162-1164.

GANDULLO, J.M.; 1974. Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno. *An. INIA, ser. Recursos Naturales* 1, 95-107.

GANDULLO, J.M.; 1994. Climatología y Ciencia del Suelo. Fundación Conde Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 404 pp. Madrid.

GANDULLO, J.M. y SÁNCHEZ PALOMARES, O.; 1994. Estaciones ecológicas de los pinares españoles. Colección Técnica. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

RUSSELL, J.S. & MOORE, A.W.; 1968. Comparison of different depth weightings in the numerical analysis of anisotropic soil profile data. *Proc. 9th. Int. C. Soil Sci.* 4, 205-213.

SANCHEZ PALOMARES, O. y BLANCO, A.; 1985. Un modelo de estimación del equivalente de humedad de los suelos. *Montes* 4, 26-30.

SÁNCHEZ PALOMARES, O.; SÁNCHEZ SERRANO, F. y CARRETERO CARRERO, M.P.; 1999. Modelos y Cartografía de Estimaciones Climáticas Termopluiométricas para la España Peninsular. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Madrid.

THORNTHWAITE, C.W.; 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38, 55-94.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R.; 1955. The water balance. *Climatology* 8, 1-104.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R.; 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balances. Centerton. New Jersey.

USDA; 1975. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Handbook n° 436. Soil Survey Staff. U.S. Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Washintong, DC.

WALKLEY, A.; 1946. A critical examination of a rapid method of determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63, 251-263.

WALTER, H. & LIETH, H.; 1960. Klimadiagramm Wetatlas. Veb. Gustav Fischer. Jena.

WRB; 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd. Edition. World Soil Resources Report 103. IUSS Working Group WRB. FAO. 132 pp. Rome.

