

EVALUACION DE LA APTITUD DE LOS SUELOS DEL PARQUE NATURAL "SIERRA DE GRAZALEMA" PARA USO DE PINSAPAR

Marina Del Toro Carrillo²; Luis E. Corral Mora¹; Juan Gil Torres¹

¹ Dpto de Química Agrícola y Edafología. Facultad de Ciencias. Universidad de Córdoba. San Alberto Magno s/n. Córdoba.

² Dpto Cris. Min. y Química Agrícola. E.U.I.T.A. Universidad de Sevilla. Carretera de Utrera Km 1. Sevilla.

Abstract: The authors study the land suitability of soils to Natural Park "Sierra de Grazalema" for forestal use of *Abies Pinsapo* B., mediterranean sp. of high ecological value, by applying the "Evaluator" informatic program, which attains additive parametric evaluation of selected physico-chemical properties of soils. The results indicate that edaphic formations with calcareous and/or mollic horizons show a mayor suitability for development of this forestal species. The low suitabilities are related to edaphic formations with either a gley horizon or a limited development to soil profile.

Key words: Forestry suitability, additive parametric evaluation, Natural Park "Sierra de Grazalema", physico-chemical properties.

Resumen: Se estudia la aptitud de los suelos del Parque Natural "Sierra de Grazalema" para el uso del pinsapar, especie mediterránea de alto valor ecológico, mediante la aplicación del programa informático "Evaluator", que realiza una evaluación paramétrica aditiva de propiedades físico-químicas seleccionadas de los suelos. Los resultados revelan que las formaciones edáficas con horizontes mólicos y/o cálcáricos muestran una buena, muy buena e incluso óptima aptitud para el desarrollo de esta especie forestal. Las aptitudes bajas (regular y mala) se relacionan fundamentalmente con formaciones edáficas con características dístricas, gleicas o con una fuerte limitación de profundidad útil.

Palabras clave: Aptitud forestal, evaluación paramétrica aditiva, Parque Natural "Sierra de Grazalema", propiedades físicoquímicas.

INTRODUCCION

Los ecosistemas mediterráneos se caracterizan por simultanear el desarrollo de una amplia diversidad ecológica con una elevada productividad, aunque se ha podido comprobar que errores en la gestión de estos espacios provocan alteraciones, a menudo irreversibles. Por tanto, la elaboración y aplicación de siste-

mas de evaluación basados en las características y propiedades particulares de un área concreta deben ser una herramienta válida para racionalizar el uso y gestión de los citados ecosistemas mediterráneos.

En este sentido se orienta este trabajo en el que se aplica un sistema paramétrico de evaluación de los suelos del Parque Natural "Sierra de Grazalema" con el objetivo de establecer las

relaciones entre las formaciones edáficas y su aptitud para el desarrollo del pinsapar, contribuyendo así a su conservación racionalizando su uso.

MATERIAL Y METODOS

La zona de estudio se localiza en la provincia de Cádiz, en las hojas del Mapa Topográfico Nacional 1049-1050-1064 E:1:50.000 y constituye el Parque Natural "Sierra de Grazalema". Las alturas están comprendidas entre 216 y 1654 m, predominando las pendientes entre 16 y 30%. El clima se clasifica como Perhúmedo Mesotérmico II, y según Soil Survey Staff (1994) el régimen de temperatura es Térmico. Los materiales litológicos sobre los que se desarrollan los suelos son calizas (compactas, blancas y rojas), margas (abigarradas, rojas, grises, azuladas y compactas), arcillas (salíferas y descarbonatadas), yesos y areniscas del Aljibe.

El muestreo sistemático de suelos se llevó a cabo de acuerdo con las denominadas secciones de control: s1 (0-25 cm); s2 (25-50 cm); s3 (50-75 cm) recogiendo 467 sondeos

expeditivos. A cada una de las muestras se determinó: carbono orgánico (Sims y Haby, 1971), nitrógeno (Duchaufour, 1975), pH en agua y cloruro potásico (Gutian-Ojea y Carballas, 1976), carbonatos (Duchaufour, 1975), macroelementos asimilables (G.T.N.M.A., 1976), microelementos asimilables (Pinta, 1971), fósforo asimilable (Williams, 1941) y grava, expresándose los resultados en g/kg de suelo.

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico integrado BMDP (Dixon, 1985), y la evaluación paramétrica aditiva de las propiedades físico-químicas de los suelos del Parque, se realizó con el programa informático "Evaluator" (Del Toro, 1996), cuyo índice de evaluación y su relación con las diferentes clases de aptitud para cada uno de los diferentes ambientes seleccionados se indican en la tabla A.

RESULTADOS

El reconocimiento sistemático de los suelos en el Parque Natural "Sierra de Grazalema" ha permitido identificar 6 grupos de suelos de acuerdo con FAO (1991): Leptosoles (24.84%),

Tabla A.- Relación índice de evaluación/clases de aptitud para los distintos ambientes del Parque Natural «Sierra de Grazalema».

	MUY				
	OPTIMA	BUENA	BUENA	REGULAR	MALA
ENCINAR	> 75.32	75.31 - 68.54	68.53 - 52.81	52.80 - 46.03	≤ 46.02
QUEJIGAL	> 73.71	73.70 - 66.08	66.07 - 46.60	46.59 - 38.97	≤ 38.96
ALCORNOCAL	> 85.96	85.95 - 75.95	75.94 - 50.15	50.14 - 40.14	≤ 40.13
PINSAPAR	> 70.10	70.09 - 63.86	63.85 - 48.89	48.88 - 42.65	≤ 42.64
MATORRAL	> 77.33	77.32 - 68.62	68.61 - 47.31	47.30 - 38.60	≤ 38.59
PASTIZAL	> 82.54	82.53 - 71.86	71.85 - 46.79	46.78 - 36.11	≤ 36.10

Regosoles (14.13%), Cambisoles (17.56%), Calcisoles (15.85%), Phaeozems (25.05%) y Luvisoles (2.57%), distribuido en 17 unidades edáficas, con predominio de los calcáricos y móllicos (Tabla 1).

La tabla 2 muestra los contenidos medios, desviación estándar y error de la media de los niveles de grava, pH en agua, pH en cloruro potásico, carbono, materia orgánica, nitrógeno, carbonatos, fósforo, hierro, cobre, manganeso zinc, calcio, magnesio, sodio y potasio de cada una de las unidades edáficas identificadas.

Como puede apreciarse los suelos son neutros o ligeramente ácidos, en general ricos en materia orgánica y nitrógeno en el horizonte superficial, aunque los valores descienden rápidamente en las secciones de control s2 y s3. Los niveles de carbonatos diferencian bien las unidades calcáricas, con valores en algunos casos próximos al 60%, de las dístricas, eútricas y gleicas, cuya descalcificación obedece a proce-

sos edáficos o de naturaleza litológica. Los contenidos de macro y micronutrientes se encuentran dentro de los rangos normales habitualmente citados en la bibliografía para suelos forestales del área mediterránea (Corral, 1978; González, 1983; Mérida, 1983; Benitez, 1984; Martín, 1984).

El programa informático "Evaluator" (Del Toro, 1996) basado en la combinación aditiva de las diferentes contribuciones de las variables señaladas, seleccionó para el uso del pinsapo grava, pH en agua, pH en cloruro potásico, carbonatos, nitrógeno, calcio, sodio, potasio, hierro y cobre como variables a evaluar en los suelos con una única sección de control; grava, pH en agua, pH en cloruro potásico, carbonatos, nitrógeno, magnesio, sodio, potasio, hierro y manganeso para suelos con una profundidad útil hasta 50 cm, y finalmente para los suelos con tres secciones de control grava, pH en agua, pH en cloruro potásico, carbonatos, calcio,

Tabla 1.- Distribución porcentual de las unidades de suelos (FAO, 1991) del Parque Natural «Sierra de Grazalema».

Unidad edáfica	%	Unidad edáfica	%
Leptosol eútrico (LPe)	0.85	Leptosol dístrico (LPd)	0.85
Leptosol rendsico (LPk)	1.92	Leptosol móllico (LPm)	16.91
Leptosol lítico (LPq)	4.28	Regosol eútrico (RGe)	1.49
Regosol cálcico (RGc)	8.60	Regosol dístrico (RGd)	4.06
Cambisol eútrico (CMe)	1.50	Cambisol dístrico (CMD)	4.50
Cambisol cálcico (CMc)	8.13	Cambisol crómico (CMx)	1.07
Cambisol gleico (CMg)	2.14	Calcisol haplico (CLh)	15.84
Phaeozem haplico (PHh)	8.35	Phaeozem cálcico (PHc)	16.91
Luvisol crómico (LVx)	2.56		

Tabla 2.- Contenido medio, desviación estándar y error de la media de los parámetros físico-químicos de las unidades edáficas, expresado en g/Kg suelo.

		LPq	LPe	LPd	LPk	LPm	RGe	RGd	RGe	CMc	CMd	CMc	CMg	CMx	CLh	PHh	PHc	LVx
Grava	$\bar{x}$	268	241	251	428	166	193	267	361	320	263	282	235	130	333	194	253	110
	σ	177	214	243	155	126	124	137	190	139	134	169	119	77	166	125	168	38
	$\epsilon \bar{x}$	39	107	121	51	14	33	22	21	30	16	15	21	20	11	12	12	6
pHac.	$\bar{x}$	7.2	7.1	6.5	7.4	7.1	6.9	5.6	7.1	6.7	5.8	7.0	5.6	6.7	7.3	6.7	7.0	6.8
	σ	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4	0.3	0.8	0.3	0.4	0.7	0.4	0.9	0.4	0.3	0.5	0.4	0.5
	$\epsilon \bar{x}$	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
pHClk	$\bar{x}$	6.6	6.5	5.7	6.9	6.4	6.4	4.9	6.6	6.1	4.9	6.5	5.0	6.2	6.7	6.1	6.4	6.0
	σ	0.3	0.2	0.7	0.2	0.3	0.2	0.9	0.3	0.5	0.7	0.4	0.8	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5
	$\epsilon \bar{x}$	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
C	$\bar{x}$	48.95	18.97	34.20	73.99	91.37	11.96	12.17	20.44	9.71	9.77	11.81	8.49	19.43	18.17	36.14	38.70	23.96
	σ	34.07	9.45	20.20	65.36	54.08	7.84	7.49	17.61	9.94	10.14	13.41	10.07	21.57	25.16	33.05	41.44	27.37
	$\epsilon \bar{x}$	7.61	4.72	10.10	21.79	6.08	2.09	1.21	1.96	2.17	1.27	1.25	1.83	5.57	1.77	3.33	3.04	4.62
M.O.	$\bar{x}$	84.4	32.72	58.99	127.57	157.54	20.62	20.99	35.23	16.79	16.86	20.37	14.64	33.50	31.34	62.31	66.71	41.31
	σ	58.74	16.29	34.82	112.70	93.24	13.53	12.91	30.34	17.19	17.49	21.12	17.36	37.2	43.38	56.98	71.43	47.18
	$\epsilon \bar{x}$	13.13	8.14	17.41	37.56	10.49	3.61	2.09	3.39	3.75	2.2	2.16	3.17	9.6	3.06	5.75	5.24	7.97
N	$\bar{x}$	4.23	1.70	2.99	6.35	7.82	1.10	1.13	1.82	0.89	0.89	1.07	0.85	7.40	1.61	3.13	3.39	2.09
	σ	2.87	0.80	1.70	5.52	4.56	0.68	0.63	1.49	0.88	0.89	1.16	0.92	5.43	2.14	2.81	3.52	2.34
	$\epsilon \bar{x}$	0.64	0.40	0.85	1.84	0.51	0.18	0.1	0.16	0.19	0.11	0.10	0.16	1.4	0.15	0.28	0.25	0.39
CO ₃ ⁻	$\bar{x}$	70.68	16.56	0.00	578.42	47.29	12.55	0.00	150.24	12.13	0.84	117.28	1.38	3.01	525.26	6.48	95.70	0.97
	σ	107.49	10.32	0.00	177.17	87.88	12.10	0.00	117.12	18.76	3.27	106.72	3.76	5.34	219.23	24.71	110.57	2.31
	$\epsilon \bar{x}$	24.03	5.16	0.00	59.05	9.88	3.23	0.00	13.09	4.09	0.41	9.99	0.68	1.38	15.50	2.49	8.12	0.39
P	$\bar{x}$	0.0994	0.0157	0.0151	0.0799	0.0718	0.0437	0.0128	0.0351	0.0279	0.0141	0.0335	0.0139	0.1265	0.0439	0.0484	0.0535	0.0140
	σ	0.2295	0.0135	0.0109	0.1105	0.0835	0.067	0.0326	0.0413	0.0313	0.0279	0.0555	0.0375	0.3778	0.1337	0.0914	0.1030	0.0321
	$\epsilon \bar{x}$	0.0513	0.0067	0.0054	0.0368	0.0094	0.0179	0.0052	0.0046	0.0068	0.0035	0.0052	0.0068	0.0975	0.0094	0.0092	0.0075	0.0054

$\bar{x}$ = Media aritmética, σ = Desviación estándar, $\epsilon \bar{x}$ = Error en la determinación de la media

Tabla 2.- Continuación

	LPq	LPe	LPd	LPk	LPm	RGe	RGd	RGe	CMe	CMd	CMc	CMg	CMx	CLh	PHh	PHc	LVx
Fe	$\bar{x}$	0.1109	0.3896	0.1464	0.1276	0.3484	0.2219	0.3385	0.1020	0.1580	0.4218	0.3701	0.3301	0.1002	0.3342	0.1966	0.3642
	σ	0.1055	0.6725	0.0784	0.1413	0.4352	0.1515	0.4644	0.2857	0.1124	0.7698	1.0021	0.691	0.2228	0.4088	0.3831	0.6650
	$\epsilon \bar{x}$	0.0236	0.3362	0.0392	0.0471	0.0489	0.0405	0.0753	0.0319	0.0245	0.0969	0.0213	0.1829	0.0157	0.0412	0.0281	0.1124
Cu	$\bar{x}$	0.0041	0.0052	0.0057	0.0026	0.0051	0.0072	0.0033	0.0047	0.0063	0.0032	0.0030	0.0039	0.0031	0.0035	0.0048	0.0051
	σ	0.0022	0.0011	0.0034	0.0013	0.0030	0.0038	0.0036	0.0035	0.0052	0.0048	0.0024	0.002	0.0022	0.0044	0.0033	0.0037
	$\epsilon \bar{x}$	0.0004	0.0005	0.0017	0.0004	0.0003	0.001	0.0005	0.0003	0.0011	0.0006	0.0004	0.0005	0.0001	0.0004	0.0002	0.0006
Mn	$\bar{x}$	0.2416	0.2502	0.3584	0.1248	0.4030	0.6524	0.2286	0.2143	0.1848	0.1942	0.1986	0.5980	0.1199	0.5394	0.2934	0.4512
	σ	0.2459	0.3919	0.4211	0.1028	0.3262	0.5511	0.3716	0.3178	0.1821	0.2484	0.3453	0.3097	0.2001	0.5369	0.3063	0.3844
	$\epsilon \bar{x}$	0.0617	0.1959	0.2105	0.0342	0.0367	0.1472	0.0602	0.0355	0.0397	0.0313	0.0414	0.0799	0.0141	0.0542	0.0225	0.0649
Zn	$\bar{x}$	0.0050	0.0087	0.0013	0.0074	0.0074	0.0033	0.0077	0.0032	0.0029	0.0050	0.0065	0.0045	0.0035	0.0073	0.0090	0.0052
	σ	0.0045	0.0126	0.0005	0.0064	0.0108	0.0031	0.0092	0.0036	0.0023	0.0061	0.0098	0.0045	0.0073	0.0104	0.0385	0.0062
	$\epsilon \bar{x}$	0.0010	0.0063	0.0002	0.0021	0.0012	0.0008	0.0014	0.0004	0.0005	0.0007	0.0005	0.0017	0.0011	0.0005	0.0028	0.0010
Ca	$\bar{x}$	11.12	7.19	3.54	10.21	9.50	6.72	2.96	13.19	7.69	2.70	11.88	4.23	6.41	12.05	6.32	10.96
	σ	6.08	4.65	4.50	4.09	7.51	1.62	4.03	4.48	3.73	2.86	4.93	5.26	2.14	4.92	3.65	5.21
	$\epsilon \bar{x}$	1.36	2.32	2.25	1.36	0.84	0.44	0.65	0.50	0.81	0.36	0.46	0.96	0.55	0.34	0.36	0.50
Mg	$\bar{x}$	0.3476	0.1752	0.2083	0.6230	0.4089	0.3291	0.2576	0.3223	0.2863	0.3996	0.3323	0.3494	0.2453	0.5446	0.2777	0.4546
	σ	0.3278	0.1229	0.0994	0.4450	0.3405	0.1624	0.2243	0.2518	0.2923	0.3307	0.2602	0.2714	0.2516	0.6134	0.2417	0.5618
	$\epsilon \bar{x}$	0.0733	0.0615	0.0497	0.1483	0.0383	0.0434	0.0363	0.0281	0.0638	0.0416	0.0243	0.0495	0.0649	0.0433	0.0244	0.0385
Na	$\bar{x}$	0.0345	0.0389	0.0393	0.0613	0.0416	0.0442	0.0329	0.0762	0.0573	0.0442	0.0771	0.0360	0.0763	0.0826	0.0475	0.0691
	σ	0.0141	0.0126	0.0232	0.0490	0.0271	0.0362	0.2011	0.119	0.0494	0.0692	0.1115	0.0324	0.1465	0.1596	0.0573	0.1316
	$\epsilon \bar{x}$	0.0031	0.0063	0.0116	0.0163	0.0030	0.0096	0.0032	0.0133	0.0107	0.0087	0.0104	0.0059	0.0378	0.0112	0.0058	0.0096
K	$\bar{x}$	0.3970	0.1610	0.3231	0.2054	0.4911	0.2099	0.1612	0.4151	0.2460	0.1412	0.4184	0.2078	0.2490	0.2568	0.4075	0.3075
	σ	0.1983	0.0642	0.1372	0.1592	0.2763	0.1202	0.1038	0.3383	0.1448	0.0997	0.2623	0.1911	0.1839	0.2365	0.3074	0.2450
	$\epsilon \bar{x}$	0.0443	0.0321	0.0686	0.0530	0.0310	0.0321	0.0168	0.0378	0.0316	0.0125	0.0245	0.0349	0.0475	0.0167	0.031	0.0180

$\bar{x}$ = Valor Medio, σ = Desviación estándar, $\epsilon \bar{x}$ = Error en la determinación de la media

magnesio, sodio, potasio, hierro y manganeso.

La aplicación del programa al Parque Natural "Sierra de Grazalema" indica que el 0.42% de los suelos se clasifican dentro de la clase de aptitud "OPTIMA", 7.06% en la clase "MUY BUENA", 55.05% en la clase "BUENA", 22.69% en la clase "REGULAR" y finalmente 14.77% en la clase "MALA". Su distribución en relación con las diferentes unidades edáficas se muestra en la tabla 3. Como puede apreciarse, los Leptosoles, en general, no son aptos para el uso de pinsapar ya que se distribuyen principalmente entre las clases de aptitud "REGULAR" y "MALA", si bien la acumulación de materia orgánica en los mólicos favorece lige-

ramente la capacidad de los mismos. Cabe destacar, como excepción, la buena aptitud de los Leptosoles líticos (>65%) a pesar de estar limitados en profundidad, aunque su carácter orgánico en el Parque y su desarrollo a partir de materiales calizos, les confiere esa elevada potencialidad natural.

Respecto de los Regosoles, especialmente los eútricos y, sobre todo, los calcáricos favorecerían el desarrollo del pinsapo. Además, la acumulación de materia orgánica unido al carácter calcáreo mejora la aptitud de los Phaeozems calcáricos, como muestra que más del 16% de las muestras analizadas se incluyen en las clases de aptitud "OPTIMA" y "MUY BUENA".

Tabla 3.- Distribución porcentual de los suelos según las clases de aptitud.

U. edáf./ Clase apt.	O	MB	B	R	M
LPe	-	-	50.00	-	50.00
LPd	-	-	24.10	25.30	50.60
LPk	-	-	10.53	33.68	55.79
LPm	-	-	46.86	31.64	21.50
LPq	-	4.93	60.09	30.05	4.93
RGe	-	-	85.91	14.09	-
RGc	-	9.94	82.57	7.49	-
RGd	-	-	20.99	26.17	52.84
CMe	-	28.57	42.86	28.57	-
CMd	-	-	19.02	23.71	57.27
CMc	-	15.37	69.27	15.37	-
CMx	-	-	40.00	40.00	20.00
CMg	-	-	9.48	19.91	70.62
CLh	1.33	9.42	62.24	24.35	2.66
PHh	-	2.52	53.90	33.37	10.20
PHc	1.26	15.35	69.30	10.25	3.84
LVx	-	-	24.71	50.20	25.10

O = Optima, MB = Muy Buena, B = Buena, R = Regular, M=Mala.

Por otra parte, los Cambisoles eútricos y calcáricos, con una tasa de saturación en bases superior al 50% y con más del 2% de carbonato cálcico entre los 20 y 50 cm de profundidad, se clasifican entre las clases "MUY BUENA" y "BUENA", mientras que los dístricos y los saturados por agua procedente de una capa freática (propiedades gleicas) dificultan el desarrollo de esta vegetación. Tanto Cambisoles crómicos como Luvisoles crómicos no son especialmente favorables para el pinsapar, aunque el número de suelos con horizonte cámbico que muestran una aptitud "BUENA" frente a esta vegetación es el doble que el de los que tienen árgico.

Finalmente, la presencia de un cálcico, cámbico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda en los 125 cm superficiales de los Calcisoles les confiere una elevada aptitud, pues el 11% de las muestras se encuentran dentro de las clases "OPTIMA" y "MUY BUENA" y el 63% en la clase "BUENA".

REFERENCIAS

- Benitez Camacho, I. (1984): Niveles de macro y microelementos en suelos forestales de la Serranía de Grazalema (Cádiz, España). *Tesis de Licenciatura. Univ. de Córdoba.*
- Corral Mora, L. (1978): Estudio edafológico de la Sierra del Pinar, Grazalema (Cádiz). *Tesis Doctoral. Univ. de Córdoba.*
- Del Toro, M. (1996): Capacidad de uso forestal de los suelos del Parque natural "Sierra de Grazalema" en base a sus propiedades químicas". *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Del Toro, M. (1996): Evaluador. Programa de evaluación forestal de suelos. Registrado como propiedad intelectual.
- Dixon, W.J. (1985): BMDP Statiscal Software. *University of California Press. London.*
- Duchafour, P.H. (1975): Manual de Edafología. *Ed. Toray-Masson. Barcelona.*
- FAO (1991): Mapa Mundial de suelos. Leyenda revisada. *Informes sobre Recursos Mundiales de suelos n° 60. FAO. Roma.*
- González Fernández, J.L. (1983): Estudio de la materia mineral de suelos de la Serranía de Grazalema. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Guitián-Ojea, F. y Carballas, T. (1976): Técnicas de análisis de suelos. *Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.*
- G.T.N.M.A. (1976): Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. II: Potasio, calcio y magnesio. *Anal. Edafol. Agrobiol. XXXV n° 7-8.*
- Marín Moral, M.S. (1984): Parámetros químicos de suelos forestales de abetos y cedros de montañas circunmediterráneas. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Mérida García, J. (1983): Estudio de la materia orgánica de suelos de la Serranía de Grazalema. *Tesis Doctoral. Univ. de Sevilla.*
- Pinta, M. (1971): Spectrometrie d'absorption atomique. *Ed. Masson et cie. Paris.*
- Sims, J.R. y Haby, V.A. (1971): Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Sci. 112.*
- Soil Survey Staff (1994): Keys to soil taxonomy. *4th Ed. SMSSS*
- Technical Monograph n° 9. USDA-IAD. Blacksburg, Virginia.
- Williams, E.G. y Stewart, A.B. (1941): *J. Soc. Chem. Ind., 60, 291-297.*