

## Influencia de la cubierta vegetal arbustiva y la longitud de la ladera sobre la densidad aparente del suelo

R. Bienes<sup>(1 y 2)</sup>, R. Jiménez<sup>(3)</sup>, M. Ruiz<sup>(1)</sup>, P. García-Estringana<sup>(1)</sup>, M. J. Marqués<sup>(1)</sup>

(1) Departamento de Investigación Agroambiental, Instituto Madrileño de Investigación y Desarrollo Rural, Agrario y Alimentario (IMIDRA), 28800 Alcalá de Henares. (Madrid). E-mail: [ramon.bienes@madrid.org](mailto:ramon.bienes@madrid.org).

(2) Departamento de Geología, Universidad de Alcalá. E-mail: [ramon.bienes@uah.es](mailto:ramon.bienes@uah.es)

(3) Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid (España). E-mail: [raimundo.jimene@uam.es](mailto:raimundo.jimene@uam.es).

### INTRODUCCIÓN

En ambientes semiáridos y áridos típicos del clima mediterráneo, las especies arbustivas juegan un papel importante en la revegetación de las tierras abandonadas, pudiendo controlar las pérdidas de suelo, materia orgánica y agua.

Se comparan los resultados obtenidos bajo diferentes revegetaciones realizadas sobre terrenos abandonados en el centro de España. En las revegetaciones se ha empleado dos arbustos autóctonos: *Atriplex halimus* (Ah) y *Retama sphaerocarpa* (Rs), analizándose la influencia de estas revegetaciones sobre el contenido de materia orgánica del suelo (MO) y la densidad aparente al cabo de 5 años de la plantación. Como control se ha considerado las parcelas con vegetación espontánea abandonadas en la misma fecha que la revegetación de arbustos.

El *A. halimus* otorga una cobertura al suelo capaz de interceptar gran cantidad de gotas de agua absorbiendo parte de la energía cinética de la lluvia, a la vez que proporciona un microclima resultado de amortiguar el viento, la temperatura y la evapotranspiración, que lo hace eficiente para el control de la erosión y la desertificación (Le Houerou, 2000).

La *R. sphaerocarpa* fue seleccionada por tratarse de un arbusto autóctono muy característico y que, gracias a su simbiosis con el *Bradyrhizobium*, enriquece el suelo en nitrógeno que es aprovechado por especies nitrófilas, potenciándose la cobertura vegetal espontánea.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se localiza en Aranjuez (Madrid, España). Se trata de una zona semiárida, con un severo déficit hídrico (pluviometría media anual es de 390 mm y la ETP anual de 769 mm) que limita el desarrollo de la cubierta vegetal. El suelo es un *Xeric Haplogypsid* desarrollado sobre unas margas yesíferas, con un régimen de humedad del suelo *xérico* (USDA, 2006). Presenta altos contenidos en limo, débil estructura edáfica del horizonte Ap y baja resistencia de los agregados al impacto de la gota de agua (método CND de Imeson y Vis, 1984), lo que justifica la facilidad con la que se forman costras de splash. Estos suelos ocupan una amplia zona al sureste de la provincia de Madrid y norte de la provincia de Toledo, con una fisiografía de campiña caracterizada por un paisaje ondulado.

En 2003 se realizaron revegetaciones con las especies arbustivas autóctonas *Atriplex halimus* y *Retama sphaerocarpa*, dejándose crecer la vegetación espontánea (Ve), por lo que estas parcelas presentaban tanto un estrato arbustivo como herbáceo. En total se dispuso de 9 parcelas cerradas de 80 m<sup>2</sup> en una ladera con un 10.1 % de pendiente: 2 con Ah + Ve, 2 con Rs

+ Ve, 2 con mezcla en partes iguales de ambas especies de arbustos (*Ah+Rs+Ve*) y 3 solo con vegetación herbácea espontánea (control, Ve).

En 2008 se procedió a la toma de muestras para determinar el contenido en MO oxidable y la densidad aparente del espesor 0-5 cm, con el fin de comprobar el efecto de las diferentes cubiertas vegetales sobre la porosidad del suelo.

La fuerte heterogeneidad de la distribución de la vegetación (máxima en las partes bajas de las parcelas y mínima en las superiores) que evidencia la influencia de la pendiente y longitud de la ladera, ha obligado a diferenciar tres zonas dentro de cada parcela: tercio superior, medio e inferior. En cada tramo se tomaron muestras bajo copa de arbusto y muestras en el espacio entre arbustos, a excepción de las parcelas control, en las cuales no había arbustos. En total fueron 36 puntos de muestreo bajo los arbustos y 54 en espacios libres de arbustos (incluyendo el control). En todas las muestras se determinó la densidad aparente y el contenido de MO.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de MO (0-5 cm) muestran que en las parcelas revegetadas exclusivamente con *Rs* aparecían unos contenidos medios significativamente inferiores ( $p < 0.01$ ) al resto de las cubiertas ensayadas (Tabla 1). No encontrando diferencias significativas en el resto de tratamientos. La *Rs* es un arbusto que no genera prácticamente restos vegetales, pero que gracias a su asociación con *Bradyrhizobium* (Rodríguez-Echeverría et al, 2003), facilita el desarrollo de otras especies, especialmente gramíneas (Pugnaire et al., 1996).

Se ha estudiado el efecto de la copa del arbusto y en la tabla 1 se exponen los datos de densidad aparente y MO bajo el dosel del arbusto y los correspondientes a los espacios abiertos entre arbustos. En el caso del *Ah*, al cabo de 5 años, se ha llegado a formar un mulch de aproximadamente 1 cm. Además, los arbustos generan un mayor desarrollo de macroporos como consecuencia de la descomposición de gran cantidad de raíces del *Ah* (Chisci et al, 2001), lo que incrementa la macroporosidad.

Bajo el dosel del arbusto se ha registrado mayor contenido de MO, si bien esta diferencia no es significativa, tanto si consideramos globalmente todos los arbustos, como si lo analizamos por especies, dada la elevada variabilidad. Otro tanto sucede con la densidad aparente, también mayor en espacios abiertos tal como igualmente fue observado por Parizek et al. (2002).

Las partes altas de las parcelas son emisoras de agua, partículas y nutrientes. Evidenciándose así la interacción vegetación-erosión que algunos autores han destacado como aspecto fundamental en los ecosistemas mediterráneos (Thornes, 1985; García-Fayos, 2004). Como consecuencia, tiene lugar un menor desarrollo de la vegetación, en densidad de plantas y en porte. En el tramo medio, la pérdida de agua por escorrentía se compensa parcialmente con el escurrimiento procedente de las partes superiores de la parcela, por lo que déficit hídrico es algo menor y mejora el desarrollo de la vegetación. El tercio inferior de la parcela recibe además del agua de escorrentía, partículas finas y nutrientes del resto, teniendo lugar un fuerte desarrollo de la vegetación tanto herbácea como arbustiva. Al cabo de 2 años, la cubierta vegetal de la parte inferior cubre más del 80% del suelo y del 100% después del tercer año, aún para un clima que roza la aridez como es el de la zona de estudio.

Puesto que la cobertura del suelo está condicionada por la longitud de la ladera y la pendiente, hemos analizado la influencia del "efecto ladera". Se ha analizado la MO y la densidad aparente

del suelo correspondientes a los tramos superior, medio e inferior de las parcelas, con independencia de la cubierta vegetal. Se observa un incremento de MO del suelo y una disminución de la densidad aparente conforme bajamos de cota, siendo estas diferencias entre la parte inferior de la parcelas y los otros dos tramos significativas tanto en lo relativo a MO ( $p < 0.01$ ) como a densidad aparente ( $p < 0.05$ ) para el espesor 0-5 cm.

Tabla 1: Valores de densidad aparente y materia orgánica del suelo para el espesor 0-5 cm. Media, desviación típica, n y coeficiente de variación. Letras diferentes indican diferencias significativas (Test de Kolmogorov-Smirnoff). El nivel de significación en cada caso se indica con asteriscos.

		Densidad aparente (g.cm <sup>-3</sup> )				Materia orgánica (%)					
		Media	D.S.	n	CV (%)	Media	D.S.	n	CV (%)		
<b>Influencia de 1 factor:</b>											
Tratamiento	Ah+Ve	1,235	n.s.	0,082	24	6,6	3,38	a	2,012	12	59,5
	Rs+Ve	1,237	n.s.	0,080	24	6,5	1,91	b**	0,622	12	32,6
	Ah+Rs+Ve	1,222	n.s.	0,079	24	6,5	3,32	a	0,872	12	26,3
	Control (Ve)	1,237	n.s.	0,091	18	7,4	3,17	a*	0,903	9	28,5
Tramo	Superior	1,239	a*	0,069	29	5,7	2,39	a	0,923	15	38,6
	Medio	1,263	a**	0,079	30	6,3	2,70	ab	0,968	15	35,8
	Inferior	1,195	b**	0,084	30	7,0	3,70	b**	1,732	15	46,9
Situación	Entre arb	1,237	n.s.	0,082	54	6,6	2,88	n.s.	0,971	27	33,7
	Bajo arb	1,225	n.s.	0,083	36	6,8	3,00	n.s.	1,820	18	60,6
<b>Combinación de 2 factores:</b>											
Ah+Ve	Superior	1,253	a	0,043	8	3,5	2,88	n.s.	0,879	4	30,5
	Medio	1,290	a	0,081	8	6,3	2,18	n.s.	0,850	4	38,9
	Inferior	1,161	b**	0,060	8	5,2	5,09	n.s.	2,686	4	52,8
Rs+Ve	Superior	1,231	a	0,099	8	8,0	1,56	n.s.	0,442	4	28,3
	Medio	1,268	a	0,053	8	4,2	1,91	n.s.	0,479	4	25,0
	Inferior	1,213	b*	0,082	8	6,7	2,25	n.s.	0,826	4	36,8
Ah+Rs+Ve	Superior	1,227	a	0,071	8	5,8	2,53	n.s.	0,831	4	32,9
	Medio	1,260	a	0,041	8	3,2	3,47	n.s.	0,658	4	18,9
	Inferior	1,178	b**	0,100	8	8,5	3,95	n.s.	0,515	4	13,0
Control (Ve)	Superior	1,246	n.s.	0,049	6	3,9	2,66	n.s.	1,219	3	45,8
	Medio	1,225	n.s.	0,132	6	10,8	3,42	n.s.	0,863	3	25,3
	Inferior	1,240	n.s.	0,088	6	7,1	3,43	n.s.	0,670	3	19,5
Entre arbustos	Superior	1,247	n.s.	0,055	18	4,4	2,36	a	0,957	9	40,5
	Medio	1,265	n.s.	0,095	18	7,5	2,81	ab	1,049	9	37,4
	Inferior	1,200	n.s.	0,080	18	6,7	3,47	b	0,587	9	16,9
Bajo arbustos	Superior	1,227	a	0,084	12	6,8	2,43	n.s.	0,958	6	39,4
	Medio	1,261	a	0,049	12	3,9	2,55	n.s.	0,902	6	35,4
	Inferior	1,188	b	0,094	12	7,9	4,03	n.s.	2,761	6	68,5
Ah+Ve	Entre arb	1,241	n.s.	0,104	12	8,4	2,53	n.s.	0,915	6	36,2
	Bajo arb	1,229	n.s.	0,056	12	4,5	4,24	n.s.	2,511	6	59,2
Rs+Ve	Entre arb	1,237	n.s.	0,059	12	4,8	2,21	n.s.	0,711	6	32,2
	Bajo arb	1,237	n.s.	0,100	12	8,1	1,61	n.s.	0,354	6	22,1
Ah+Rs+Ve	Entre arb	1,233	n.s.	0,072	12	5,8	3,48	n.s.	0,994	6	28,6
	Bajo arb	1,210	n.s.	0,088	12	7,2	3,16	n.s.	0,790	6	25,0

Dado el peso tan grande que tiene el "efecto ladera", y las diferentes características de cada uno de los arbustos considerados (producción de hojarasca, densidad de la copa), hemos analizado los valores de densidad aparente y MO combinando ambos factores.

Las parcelas en las que no se introdujeron arbustos, no evidencian este “efecto ladera”, no encontrándose diferencias entre el tramo inferior y el resto. Por el contrario, en las parcelas con arbustos se observan diferencias significativas entre la parte inferior el resto de la parcela, con independencia de la especie arbustiva considerada.

En los espacios entre arbustos hay una menor densidad aparente no significativa en el tramo inferior, así como un incremento creciente de MO que termina siendo significativo ( $P < 0.05$ ) en la parte final de la parcela con respecto al resto. Bajo el dosel del arbusto, la densidad aparente del suelo presenta diferencias significativas en el tramo inferior de la parcela con respecto a la parte alta y media, tanto para *Ah* como para *Rs* (Tabla 1), y la MO se incrementa notablemente, en especial en la parte inferior de la parcela, si bien la diferencia no es significativa.

Cuando comparamos los contenidos de MO del suelo (0-5 cm) bajo la copa de los arbustos con el correspondiente al espacio entre arbustos manifiesta la importancia de la gran producción de hojarasca de *Ah*, con valores medios bajo sus copas (4,24%) de casi el doble que en el espacio entre arbustos (2,53%), aunque, la gran variabilidad no permite afirmar que estas diferencias sean significativas. Este efecto es inverso para el caso de la *Rs*, lo cual se debe a que este arbusto no genera restos vegetales bajo su dosel y es en los espacios entre arbustos donde la vegetación arvense adquiere mayor desarrollo.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Comunidad de Madrid la financiación del proyecto 07M/0009/2001.

### REFERENCIAS

- ❖ Chisci,GC; Bazzoffi,P; Pagliai,M; Papini,R; Pellegrini,S; Vignozzi,N. 2001. Association of sulla and atriplex shrub for the physical improvement of clay soils and environmental protection in central Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84 (1): 45-53.
- ❖ García-Fayos, P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En: Valladares, F. 2004. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. 309-334. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8
- ❖ Imeson AC, Vis M. 1984. Assessing Soil aggregate stability by water-drop impact and ultrasonic dispersion. *Geoderma* 34: 185-200.
- ❖ Le Houerou,H.N. 2000. Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of west Asia and north Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14 (2): 101-135.
- ❖ Parizek, B.; Rostagno, C.M.; Sottini, R. 2002. Soil erosion as affected by shrub encroachment in northeastern Patagonia. *Journal of Range Management*, 55(1): 43-48.
- ❖ Pugnaire, F. I.; Haase, P. and Puigdefábregas, J. 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. *Ecology*, 77 (5): 1420-1426.
- ❖ Rodríguez-Echeverría, S.; Pérez-Fernández, M.A.; Vlaar, S.; Finnan, T. 2003. Analysis of the legume-rhizobia symbiosis in shrubs from central western Spain. *J. of Applied Microbiology*, 95 (6): 1367-1374.
- ❖ Thornes, J.B. 1985. The ecology of erosion. *Geography* 70: 222-236.
- ❖ U.S.D.A., Natural Resources Conservation Service, 2006. National Soil Survey Handbook, title 430-VI. [Online] Available: <http://soils.usda.gov/technical/handbook/>