

Control de la erosión del suelo con leguminosas arbustivas forrajeras endémicas de Canarias

E. Chinae, A. Rodríguez Rodríguez, J. L. Mora

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agrarias. Departamento de Edafología y Geología. Universidad de La Laguna. Tenerife (Islas Canarias) España.

Resumen

Se estudió el efecto de la cubierta vegetal de cuatro leguminosas arbustivas endémicas de Canarias, con desarrollo natural y sometidas a siegas sucesivas, sobre el encharcamiento y la escorrentía del agua en el suelo. Las especies estudiadas fueron *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste), *Teline canariensis*, *Teline osyrioides sericea* y *Teline osyrioides osyrioides*, las cuales tenían una edad de 24 meses. Se utilizó un simulador de lluvia portátil, la duración de cada ensayo fue de 30 minutos y la precipitación total fue de 32 mm. Los arbustos segados se comportaron de forma similar permitiendo en menor tiempo el encharcamiento (6,26-10,5 minutos) y la escorrentía (13,73-17,25 minutos). Se describe de forma cuantitativa la eficiencia de los arbustos no segados en mejorar la capacidad de infiltración de un suelo arcilloso. De las especies ensayadas, *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) es la más eficaz para disminuir la erosión hídrica, pues presenta mayores tiempos de encharcamiento (21,25 minutos) y escorrentía (27,25 minutos). Los arbustos del género *Teline* presentan menores pero similares tiempos de escorrentía oscilando entre 21,25 y 22,75 minutos.

Palabras clave: Tagasaste, Islas Canarias, erosión, suelo.

Introducción

Existen diversas publicaciones sobre la influencia de la cobertura vegetal permanente sobre la conservación de los suelos. La vegetación, en general, ejerce una acción directa amortiguando la energía cinética de las gotas de lluvia, influye en la erosión reduciendo la capacidad

de transporte del agua de escorrentía, fija el suelo con su sistema radicular y de forma indirecta mejora las propiedades físicas y físico-químicas de los suelos mediante la incorporación de materia orgánica (17).

Se están investigando en el Archipiélago de las Islas Canarias

propuestas de manejos y prevención de la degradación de los suelos mediante la utilización de la cubierta vegetal en los tres sectores geográficos: montes, medianías y costas (25) (26) (28). Asimismo se están desarrollando propuestas de metodología de regeneración de suelos degradados, basadas en la sucesión ecológica y en el índice de calidad del suelo (27).

El estudio de diferentes controles de la erosión y de la desertificación, como puede ser el cultivo de leguminosas arbustivas, tiene mucha importancia en la recuperación de los suelos degradados de ambientes áridos y semiáridos; también la tiene la doble simbiosis radicular, tanto con bacterias fijadoras de nitrógeno como con hongos micorrícicos, por su participación en la captación de P y otros nutrientes poco móviles en el suelo. Cuando se presenta un matorral con claros, su acción protectora no es total pero tiene una gran importancia, pues impide la erosión intensa y permite la degradación lenta del suelo, que en cierta medida se puede compensar por la acción formadora de suelo (17). Cuando este matorral tiene una estructura cerrada, su acción protectora y formadora de suelo es más eficaz.

En un trabajo específico (33), destacan la importancia de las

leguminosas arbustivas, para facilitar la sucesión ecológica. Otros autores (18), estudiando la recuperación de los ecosistemas llegaron a la siguiente conclusión: la única forma razonable de conseguir suficiente nitrógeno para que haya auto-sustentación, es introduciendo leguminosas. Han estudiado en Canarias (9) que el nitrógeno aportado por la hojarasca de *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) al suelo (25,3 g/kg) es superior al de otras leguminosas arbustivas.

Se ha demostrado la capacidad de las leguminosas arbustivas en el control de la erosión producida por el agua en terrenos con pendientes pronunciadas (1). Los arbustos añaden su probada rusticidad, su insustituible valor como complemento forrajero en momentos de baja producción herbácea y por fin, su influencia positiva en el desarrollo de las especies arbóreas (36). Al no existir ensayos previos en Canarias, se pretenden explicar los estudios llevados a cabo en la finca "Tahonilla Baja" para ver como afecta la cubierta vegetal permanente de las leguminosas arbustivas, con desarrollo natural y sometidas a siegas sucesivas, sobre la erosión hídrica de los suelos, utilizando un simulador de lluvia portátil.

Materiales y métodos

Material vegetal. El material estudiado procede de semillas recolectadas (1998) en poblaciones naturales localizadas en la isla de Tenerife. Las plántulas se cultivaron durante cinco meses en contenedores

forestal en invernadero. El transplante a la parcela experimental se realizó el 18/2/99, con un marco de plantación de 1,87x1,04m. Se colocó un sistema de riego localizado durante los primeros cuatro meses. El diseño

estadístico de la plantación fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones para cada especie estudiada. En el momento del ensayo los arbustos tenían una edad de 24 meses, su estado fenológico era de pleno crecimiento vegetativo. En el cuadro 1 se observan los valores medios de la altura, diámetro del tronco y de la copa de los arbustos estudiados: *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste), *Teline canariensis*, *T. osyrioides sericea* y *T. osyrioides osyrioides* (8). Se realizaron dos tipos de estudios uno en arbustos no segados y otro en arbustos sometidos a siegas sucesivas,

Características de la parcela. El presente ensayo se realizó en una parcela de 1000 m² establecida sobre un suelo Haplustalfs Típicos situado en La Laguna (Tenerife), a unos 550 msnm, en la finca "Tahonilla Baja" (Universidad de La Laguna) Las

precipitaciones medias anuales son de 530 mm, de octubre a abril (época de mayor desarrollo vegetativo de los arbustos) y temperaturas medias entre 12,4 y 22°C. Lleva desde 1994 dedicada a la domesticación de leguminosas arbustivas endémicas de Canarias con potencial agrosilvopastoral en zonas áridas. Durante este periodo no se abonaron. Con anterioridad estuvo dedicada al cultivo de *Medicago sativa* (alfalfa). Al haber sido cultivada y haberse realizado laboreo mecánico, presenta una superficie regular.

Análisis de agua y suelo. Para el suelo se efectuaron 3 muestreos a distinta profundidad (0-20 y 20-60 cm). Las muestras se tomaron recorriendo la parcela en zig-zag, donde se eligieron al azar 12 puntos, para las tomas de las submuestras. Las muestras de suelos fueron secadas al aire, disgregadas con un molino de bolas y

Cuadro 1. Características de los arbustos de la parcela experimental a los 24 meses de edad (n=24).

	cm	segados	no segados
<i>Chamaecytisus palmensis</i>	Altura	103	275
	Diámetro tronco	4,5	7,2
	Diámetro copa	71	108
<i>Teline canariensis</i>	Altura	80	154
	Diámetro tronco	3,4	5,3
	Diámetro copa	54	100
<i>T. osyrioides sericea</i>	Altura	98	150
	Diámetro tronco	2,9	4,3
	Diámetro copa	55	75
<i>T. osyrioides osyrioides</i>	Altura	77	95
	Diámetro tronco	2,8	4,1
	Diámetro copa	51	76

tamizadas a través de un tamiz de 2 mm de malla.

Para la toma de muestras de agua se utilizó una botella de vidrio que se introdujo en el estaque a 25 cm de la pared y 30 cm de profundidad, se llenó, se cerró perfectamente para no dejar espacios con aire y se trasladó al laboratorio para su análisis.

En el cuadro 2 se aprecian las técnicas y métodos analíticos empleados para la caracterización del agua y suelo.

Simulación de lluvia. Se empleó un simulador de lluvia basado en el utilizado por otros investigadores (4) (5) (7). El equipo tiene una altura de 300 cm; en el extremo tiene una prolongación lateral de 150 cm donde está localizada una boquilla de aspersión que, a 0,4 atmósferas, proporciona una intensidad de lluvia de 64,26 mm/h. Este equipo permite simular una lluvia de distribución uniforme sobre una superficie circular de 5 m². La duración de cada ensayo fue de 30 minutos y la precipitación total fue de 32 mm.

Se realizaron cuatro pruebas para cada una de las cuatro especies de arbustos segados y otras tantas para los arbustos que no habían sido

segados. Se registraron los tiempos que tardó en iniciarse el encharcamiento, la escorrentía, la zona donde se produjo y la profundidad aproximada de la infiltración. Antes de cada ensayo, se tomaron muestras de suelo y se secaron a 105° C durante 12 horas para saber en cada día el contenido de humedad del suelo.

Infiltrómetro. Se efectuaron dos tratamientos, uno en los arbustos segados y otro en los no segados donde se determinó la velocidad de infiltración y la Tasa de Infiltración Básica mediante el infiltrómetro de doble anillo, según el método de Mütz (19).

Análisis estadísticos de los resultados. Los niveles obtenidos del análisis de suelo para las distintas profundidades se analizaron por la distribución T de Student (nivel de significación $\alpha = 0,05$). Las diferencias entre los tiempos de encharcamiento y escorrentía se analizaron estadísticamente mediante el Análisis de Varianza (ANOVA), utilizando para la comparación de las medias el test de Duncan (nivel de significación $\alpha = 0,05$). El estudio se realizó con el programa SPSS 10,00 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows 98.

Resultados y discusión

Fertilidad de los suelos y calidad del agua. Los suelos de la finca (cuadro 3) no presentan diferencias significativas para ninguno de los parámetros analizados entre las distintas profundidades. Tienen un pH adecuado (6,5-6,4), CE (0,98 dS/m) baja, textura arcillosa, materia orgánica aceptable (29). Los cationes

asimilables (calcio, magnesio y potasio) muestran niveles elevados, si bien los valores de sodio son muy altos. Los niveles de fósforo (41-46 ppm) son estimados como altos (10). Los resultados del análisis del agua de riego (cuadro 4) muestran un pH alto, la CE es baja y también el SAR (2). La clasificación de aguas, normas

Cuadro 2. Métodos analíticos empleados en muestras de agua de riego y suelo.

Parámetros	Metodología
	Análisis de agua de riego
pH	(15) pH-metro, Crison 525
Conductividad eléctrica	(15) Conductímetro Crison 517
CO ₃ ²⁺ y HCO ₃ ⁻	(24)
Ca ²⁺ y Mg ²⁺	(15) Espectrofotometro de absorción atómica, Perkin-Elmer 370A
Na ⁺ y K ⁺	(15) Fotometría de emisión, EEL Evans
Cl ⁻	(15) Método de Mohr
SAR ajustado	(2)
	Análisis de suelo
pH	(22) Pasta saturada, pH-metro Crison 525
Conductividad eléctrica	(22) Extracto saturado, conductímetro Crison 517
Cationes asimilable	(3) Na ⁺ y K ⁺ fotometría de emisión, EEL Evans; Ca ²⁺ y Mg ²⁺ absorción atómica, Perkin-Elmer 370A
Capacidad de intercambio catiónico	(3) Na ⁺ fotometría de misión, EEL Evans
Materia orgánica	(34)
Fósforo asimilable	(21)
Granulometría	(12) Método Bouyouco

Riverside (6), indican que es agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos.

Encharcamiento y escorrentía. La profundidad media del suelo mojado fue de 20 cm en las plantas segadas y 30 cm en las no segadas. El encharcamiento y la escorrentía se iniciaron siempre en los pasillos donde el suelo estaba más compacto, pues el pisoteo es una de las causas de la compactación superficial del suelo (16) (23). Con humedades edáficas altas el impacto puede provocar la densificación y deformación de la

superficie del suelo (30) (12) (31). Esta alteración pueden causar en una disminución de los niveles de ingreso de agua en el perfil (35) (11) (20). Al realizarse los ensayos en distintos días, cuando se realizaron en arbustos segados, la humedad del suelo fue de 9.04%, y de 15.35% para las no segados, dado que se habían producido ligeras precipitaciones.

Las cuatro especies de arbustos segados (cuadro 5) se comportaron de forma similar al tener la misma forma de poda, pero el inicio del exceso de agua es más tardío en *Chamaecytisus*

Cuadro 3. Composición físico-química de los suelos (n=3) de las leguminosas arbustivas estudiadas.

	0-20 cm	20-50 cm
pH	6,50 (0,30) ^a	6,40 (0,25) ^a
CE (ds/m)	0,98 (0,35) ^a	0,97 (0,15) ^a
PS (%)	0,43 (3,60) ^a	0,46 (3,46) ^a
MO (%)	3,70 (1,30) ^a	2,30 (0,20) ^a
P (ppm)	0,49 (22,03) ^a	0,41 (12,71) ^a
Na (cmol/kg)	1,20 (0,30) ^a	1,50 (0,40) ^a
K (cmol/kg)	1,50 (0,37) ^a	1,30 (0,35) ^a
Ca (cmol/kg)	8,80 (1,04) ^a	10,40 (2,83) ^a
Mg (cmol/kg)	6,30 (1,35) ^a	4,60 (0,35) ^a
CIC (cmol/kg)	20,70 (1,19) ^a	20,80 (1,45) ^a
Arcilla (%)	42,20 (4,16) ^a	42,90 (0,05) ^a
Limo (%)	33,90 (2,47) ^a	39,20 (0,72) ^a
Arena (%)	23,80 (2,54) ^a	17,80 (17,86) ^a

CE: conductividad eléctrica; PS: porcentaje de saturación; MO: materia orgánica; CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico.

Notas. Los datos son valores medios. Entre paréntesis aparece la desviación típica.

Los valores con letras distintas difieren significativamente (fila). Para la distribución T de Student; P < 0,05.

palmensis (10,5 minutos) al tener mayor cobertura (cuadro 1), una mejor estructura de la cubierta vegetal; circunstancias que habrían favorecido la disipación de las gotas de lluvia y la retención en la masa foliar de parte de la precipitación caída. En los arbustos no segados el exceso de agua se produce al doble de tiempo que los segados, salvo en *Teline osyrioides sericea* (debido a su forma escoparia). Estos matorrales no segados, al tener su parte aérea más cerrada e intacta, las gotas de lluvia interceptadas se fracturan en gotas más pequeñas con menor energía, o se deslizan desde el borde de las hojas o descienden hasta el suelo por los troncos del arbusto, sus sistemas radiculares están muy activos

desde la superficie hasta una profundidad de unos 60 cm, lo que permite que los tiempos de escorrentía también sean más prolongados que los de los arbustos segados (17) y semejantes entre sí salvo en el caso del Tagasaste que es el mayor (27.25 minutos). Todos los tiempos (encharcamiento, escorrentía) fueron mayores en los arbustos no segados a pesar de tener el suelo un 6.31% más de humedad cuando se hizo el ensayo, lo que indica que la cubierta de los arbustos ejerció una acción positiva en la captación de agua por el perfil. Coincide con lo propuesto por otros investigadores (14) que dicen que la vegetación incrementa la infiltración de agua mediante dos acciones a) por

Cuadro 4. Análisis del agua utilizada en los ensayos.

pH	SAR	Ds/m			meq/l.				
		C.E.	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H ⁻
8,3	2,0	0,43	0,5	0,8	1,6	0,3	0,4	0,8	1,1

encauzamiento debajo de sus ramas y b) por poseer macroporos en la base de los arbustos a través de los cuales al agua puede entrar rápidamente en el suelo.

Tasa de infiltración. Al realizarse los ensayos, la humedad del suelo fue de 15,35%. La evolución de la velocidad de infiltración en el tiempo fue diferente entre los arbustos no segados y segados. En los primeros diez minutos la curva del agua infiltrada oscila entre 200 y 50 mm/h en las plantas no segadas, mientras en las segadas varía de 60 a 30 mm/h. Estos valores indican que el tamaño de la vegetación favoreció la penetración del agua al perfil, prácticamente desde el

inicio. Aunque a partir de los diez minutos las curvas son similares y lineales, en los matorrales sin siega (figura 1) se aprecia que presenta una Tasa de Infiltración Básica (23,56 mm/h) superior al de los segados (figura 2) en 8,5 mm/h, debido al menor pisoteo, al gran desarrollo del sistema radicular, tanto primario como secundario, que mejora las propiedades físicas del suelo. A pesar de tener el suelo un porcentaje alto de arcilla, se podría afirmar que con los arbustos no segados, éste se comporta como un suelo de textura franco arenosa (T.I.B.: 20-30 mm/h) y los suelos con arbustos segados como francos (T.I.B.:10-20 mm/h) (32).

Cuadro 5. Tiempo (minutos) de iniciación en la parcela experimental del encharcamiento y la escorrentía.

	Arbustos segados		Arbustos no segados	
	Charco	Escorrentía	Charco	Escorrentía
<i>Chamaecytisus palmensis</i>	10,50 (4,4) ^a	17,25 (5,5) ^a	21,25 (2,0) ^c	27,25 (1,7) ^b
<i>Teline canariensis</i>	6,25 (2,2) ^a	13,75 (0,9) ^a	18,25 (2,8) ^{bc}	22,75 (0,9) ^a
<i>T.osyrioides sericea</i>	9,50 (4,2) ^a	15,00 (2,4) ^a	12,75 (1,8) ^a	21,75 (1,2) ^a
<i>T.osyrioides osyrioides</i>	7,25 (3,2) ^a	16,25 (5,1) ^a	17,50 (1,2) ^b	21,25 (1,7) ^a

Nota. Los datos son valores medios. La desviación típica figuran entre paréntesis.

Los valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Test de Duncan P < 0,05.

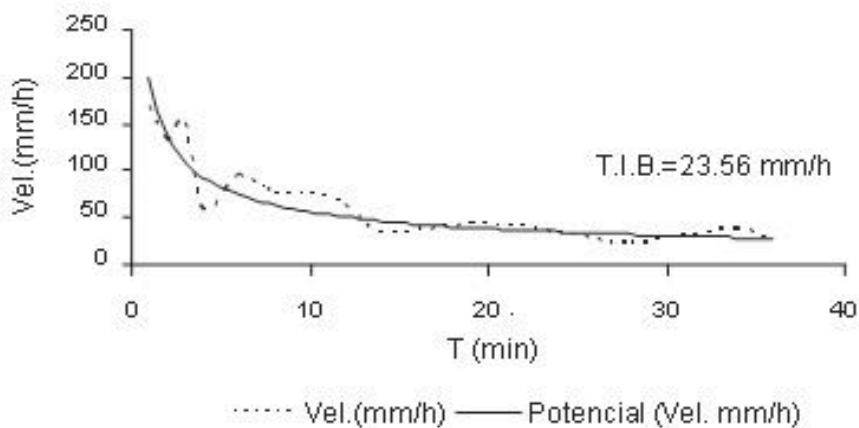


Figura 1. Velocidad de infiltración en los arbustos no segados

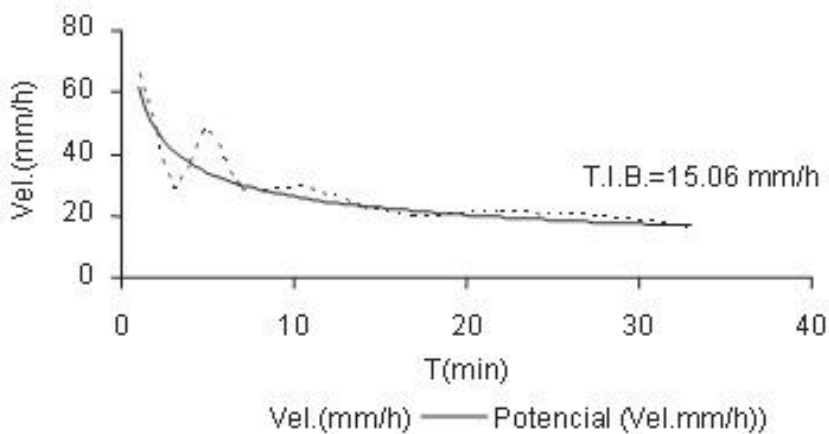


Figura 2. Velocidad de infiltración en los arbustos segados.

Conclusión

En una finca con propiedades físico-químicas de los suelos similares en los primeros 50 cm y de superficie casi horizontal, de las cuatro especies ensayadas es *Chamaecytisus palmensis* (tagasaste) la más eficaz para disminuir la erosión hídrica que sufren los suelos. Los arbustos del género

Teline que favorecen similares tiempos de encharcamiento y escorrentía, son los de menor desarrollo. También se pone de manifiesto de forma cuantitativa la eficiencia de estos arbustos no segados en mejorar la capacidad de infiltración de un suelo de textura arcillosa.

Literatura citada

1. Andreu, V., J.L. Rubio y R. Cerni. 1994. Use of a shrub (*Medicago arborea*) to control water erosion on steep slopes. *Soil Use Manage.*, 10: 95-99.
2. Ayers, R.S. y D.W. Westcot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Riego y Drenaje. nº 29. Rev. 1. FAO, Roma (Italia).
3. Bower, C.A., R. Reitemeier y M. Fireman. 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci.*, 73: 251-261.
4. Calvo, A., J.M. Gisbert, E. Palau y M. Romero. 1988. Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción. En: Métodos y técnicas para la medición en el campo de procesos geomorfológicos. 6-15. Sala, M. y Gallart, M.J. (Eds). Monografía nº 1, Sociedad Española de Geomorfología.
5. Calvo, A., A.M. Harvey, J. Payá y R.W. Alexander. 1991. Response of badlands surfaces in south east Spain to simulated rainfall. *Cuaternario y Geomorfología*, 5: 3-14.
6. Cánovas, J. 1980. Calidad agronómica de las aguas de riego. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid.
7. Cerdá, A. 1993. La infiltración en los suelos del País Valenciano. Factores y variaciones espacio-temporales. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.
8. Chinaea, E. 2001. Leguminosas arbustivas endémicas de Canarias. Interés como recurso forrajero y para la conservación del suelo. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna.
9. Chinaea, E., A. García-Ciudad, E. Barquín y B. García-Criado. 2002. Biomasa aportada al suelo por *Chamaecytisus palmensis* (Tagasaste). En: Producción de pastos, forrajes y céspedes. 361-365. Chocarro, C., Santiveri, F., Fanlo, R., Bovet, I., Lloveras, J. (Eds). Edicions de la Universitat de Lleida.
10. Cottenie, A. 1984. Los análisis de suelos y plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilización. *Boletín de suelos de la FAO* 38/2. Roma.
11. Ferrero, A. F. 1991. Effect of compaction simulating cattle trampling on soil physical characteristics in woodland. *Soil and Tillage Reserch* 19 (2-3), 319-329.
12. Gee, G.W. y J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analiyis. In. *Methodos of soil analysis analysis*. Agromy Monograph Nº 9. Part I. Physical and Mineralogical Properties Second Edition 283-411.
13. Gesche, C., E. Ossadin, C. Benavides y E. Riveros. 1993. Efecto del tránsito bovino sobre la compactación del suelo de una pradera sembrada. *Avance en Procción Animal*, 18 (1-3), 31-38.
14. Green, R. S. B., P. I. A. Kinnell y N. T. Wood. 1994. Role of plant cover and stock transplng on runoff and soil

- erosion from Semi-arid Wooded Rangelands. Australian Journal of Soil Research, 41, 279-290.
15. Greenberg, A.E., R. Rhodes Trussell y L.S. Clesceri. 1985. Standard Methods. For the examination of water and wastewater. 16th. Edition. American Public Health Association.
 16. Koppi, A. J., T. Douglas y C.J. Moran. 1992. An image analysis evaluation of soil compaction in granssland. Journal of Soil Science, 43 (1) 15-25.
 17. López Bermúdez, F., y J. Albaladejo. 1990. Factores ambientales de la degradación del suelo en el área mediterránea. En: Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas. 15-45. Albaladejo, J., Stocking, M.A., y Díaz, E. (Eds). CSIC, Murcia.
 18. Marrs, R.H., R.D. Roberts, R.A. Skeffington y A.D. Bradshaw. 1981. Nitrogen and the development of ecosystems. En: Nitrogen as an Ecological Factor. Lee, J.A., McNeill, S. y Rorison, I.H. (Eds). Balckwell Scientific Publications, Oxford (UK).
 19. Mathieu, C. y F. Pieltain. 1998. Analyse Physique des Sols. Méthodes choisis. Lavoisier. Tec. Coc. Paris (France).
 20. Nguyen, M. L., G.W. Sheath, C.M. Smith y A.B. Cooper. 1998. Impact of cattle trading on hill land 2. Soil physical properties and contaminant runoff. New Zeland Journal of Agricultural Research, 41, 279-290.
 21. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe y L. Dean. 1954. Estimation of available P in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular nº 939 USDA (USA).
 22. Porta Casanellas, J., López-Acevedo, M. y Rodríguez Ochoa R. (1986). Técnicas y experimentos en Edafología. Colegio Oficula de Ingenieros Agrónomos de Cataluña..
 23. Proffit, A.P.B., S. Bendott, M.R. Howell y E. Estham. 1993. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. Australian Journal of Agriculture Research, 44, 317-331.
 24. Reitemeier, R. F. 1943. Semimicroanalysis of saline soil solutions. Ind. Eng. Chem., Analyt., 15: 393-402.
 25. Rodríguez, A., C. C. Jiménez y M.L. Tejedor. 1998. The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. Geoforma. Logroño.
 26. Rodríguez, A., C. C. Jiménez y M.L. Tejedor. 1998. Soil degradation and desertification in the Canary Islands. En: The soil as a strategic resource: degradation processes and conservation measures. 13-22. Rodríguez, A., Jiménez, C.C. y Tejedor M.L. (Eds). Geoforma. Logroño.
 27. Rodríguez, A., C.C. Jiménez, C. Arbelo, M. Arco-Aguilar, F. Real y J. Mora. 2000. Establecimiento de bases científicas para la regeneración ambiental de suelos degradados por desertificación (erosión-salinización) en las Islas Canarias. Memoria del Proyecto de Investigación PI 1997 (BOC 11, 21.01.97). Universidad de La Laguna.
 28. Rodríguez, A., J.M. Torres y A. Álvarez. 1990. Degradación de suelos y desertificación por uso agropecuario en las Islas Canarias (España). Erosión y salinización en las Isla de Fuerteventura. XI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. La Habana (Cuba).
 29. Saña Vilaseca, J., J. Moré Ramos y A. Cohí Ramon. 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Fundamentos para la interpretación de los análisis de suelos y la recomendación de abonado. MAPA. Madrid.
 30. Scholefield, D. y D.M. Hall. 1986. A recording penetrometer to measure the strength of soil relation to the stresses exerted by walking cow. Journal of Soil Science, 37, 165-172.
 31. Sosa, O., B. Martín, G. Zerpa y R. Lavado. 1995. Acción del pisoteo de la hacienda sobre el suelo y la vegetación: influencia de la altura del tapiz. Revista Argentina de Producción Animal. Memorias XIV Reunión Latrinoamericana de Producción Animal. XIX Congreso Argentino de Producción Animal, 252-255.

32. Tarjuelo, J.M. 1995. El riego por aspersión y su tecnología. Mundi-Prensa. Madrid.
33. Van Andel, J., J.P. Bakker y A.P. Grootjans. 1993. Mechanisms of vegetation succession: a review of concepts and perspectives. *Acta Bot. Neerl.*, 42: 413-433.
34. Walkley, A. y A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.
35. Warren, S., M. Nevill, W. Blackburn, y N. Garza. 1986. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. *Soil Science Society of America Journal*, 50, 1336-1341.
36. Welch, B.L. 1994. Rangeland shrubs. *Encyclopedia of Agricultural Science*, 3: 575-585.