

RECLAMACIÓN DE ÁREAS DEGRADADAS DEL PIEDEMONT DE MENDOZA, ARGENTINA, MEDIANTE LA PLANTACIÓN DE *OPUNTIA FICUS INDICA F. INERMIS*

RECLAMATION OF DEGRADED LANDS IN THE PIEDMONT OF MENDOZA,
ARGENTINA, THROUGH THE *OPUNTIA FICUS INDICA F. INERMIS* PLANTATION

JUAN C. GUEVARA*, E. MARTINEZ CARRETERO**,
M.C. JUÁREZ*** Y A.B. BERRA**

* Fac. Cs. Agr., U.N. Cuyo, CC 7, 5505 Ch. de Coria, Mendoza

** IADIZA, CC 507, 5500 Mendoza

*** Fac. Quím., Bioquím. y Farm., U.N. San Luis Ejército de los Andes 950, San Luis

RESUMEN

El trabajo se propuso evaluar la sobrevivencia de plantas y la producción aérea de materia seca de *Opuntia ficus-indica* en dos sitios del piedemonte próximo a la ciudad de Mendoza. Se compararon los tratamientos siguientes: Sitio 1: cladodios simples enterrados en forma vertical (CSV), colocados horizontalmente sobre la superficie del suelo (CSP) y cladodios cortados por la mitad y enterrados (CCV); Sitio 2: CSV y CSVe (con agregado de estiércol de cabra, en forma simultánea con la plantación). La implantación de los cultivos se realizó en enero y octubre de 1996, en Sitios 1 y 2, respectivamente. La cantidad de cladodios producidos por planta, longitud y ancho de los mismos, diámetro de su inserción con el cladodio madre e índice de área de los cladodios (IAC) se determinaron en febrero de 1998, después de 1,5 y 1 ciclos de crecimiento en los Sitios 1 y 2, respectivamente. La producción de materia seca se estimó en

forma no destructiva, a través de técnicas de regresión. Para analizar la información se usó ANOVA; las medias fueron separadas con el test de Tukey's HSD ($p < 0,05$). Los tratamientos aplicados en Sitio 1 resultaron igualmente productivos en materia seca (125 a 215 g planta⁻¹). La incorporación de estiércol en Sitio 2 tendió a incrementar la productividad de materia seca (184 a 238 g planta⁻¹) pero la diferencia no fue significativa. La sobrevivencia de plantas en Sitio 2 fue del 94% o mayor. En ambos sitios, la producción de materia seca estuvo relacionada directamente con el IAC. Aunque el tiempo transcurrido entre la implantación de los cultivos y la evaluación efectuada no ha sido suficiente para establecer diferencias en los parámetros evaluados, las técnicas usadas para disminuir el costo de plantación (CSP), o adaptadas a áreas con disponibilidad escasa de material para propagación (CCV) o destinadas a incrementar la producción de materia seca (CSVe) mostraron resultados promisorios.

SUMMARY

The purpose of this work was to evaluate the plant survival and the above-ground dry matter production of *Opuntia ficus-indica* in two sites of the piedmont near Mendoza city. The following treatments were compared: Site 1: single cladodes placed upright (SCU) or flat (SCF) or half-single cladodes upright (SCU); Site 2: SCU y SCUF_e (fertilization with goat manure at planting time). The planting times were January 1996 (Site 1) and October 1996 (Site 2). Number of cladodes produced per plant, length and width of these cladodes, diameter of the insertion of the cladodes with the parent cladodes and cladode area index (CAI) were determined in February 1998, after 1.5 and 1 growing seasons in Site 1 and 2, respectively. Above-ground dry matter production per plant was non-destructively estimated by regression techniques. ANOVA procedure was used to test differences in the studied parameters between treatments. Means were separated with Tukey's HSD test ($p < 0.05$). In Site 1 the treatments were equally productive in dry matter (125 to 215 g plant⁻¹) Application of goat manure in Site 2 tended to increase above-ground dry matter production (184 to 238 g plant⁻¹) but the difference was not significant. Survival of plants in the latter site was 94% or higher. In the two sites, DM productivity was directly related with CAI. Although the elapsed time after planting is not enough to study the differences in production, the techniques used for decreasing the planting cost (SCF), or adapted to areas with low availability of plant material

(HSCU) or for improving the dry matter production (SCUF_e) showed promising results.

INTRODUCCIÓN

El interés creciente por las tunas, en particular *Opuntia ficus-indica* L. Mill, está basado en el papel importante que desempeñarían en el éxito de los sistemas agrícolas sustentables de zonas áridas y semiáridas (Barbera, 1995). Ello es debido principalmente a su alta eficiencia en el uso del agua, aún en áreas con lluvias anuales de 120-150 mm y su alta tolerancia a la sequía, creciendo hasta el límite de la zona hiperárida (Le Houérou, 1994).

Las opuntias y sus productos son útiles para varios propósitos y es difícil encontrar plantas más difundidas y mejor explotadas, particularmente en las zonas áridas y semiáridas. De esta manera se han convertido en una fuente amplia de productos y funciones (Tabla 1), inicialmente como planta silvestre y más tarde como cultivo tanto para la agricultura de subsistencia como para la orientada al mercado (Barbera, 1995).

Los cactus, debido a su fácil establecimiento por propagación vegetativa, resultan adecuados para la recuperación de tierras que no podrían ser mejoradas a través de los métodos agrícolas convencionales debido a la pendiente elevada, pedregosidad, escasa profundidad, sin estructura, contenido en materia orgánica menor al 1%, presencia de fuertes procesos erosivos, etc. La plantación de arbustos y especialmente de cactus, es la forma más rápida y segura, si no la más económica para recuperar áreas degradadas. La productividad de éstas, convirti-

Tabla 1. Usos actuales y potenciales de *Opuntia* spp.
 Table 1. Present and potential uses of *Opuntia* spp.

Rubro	Usos
Alimentación humana	Frutos: frescos, jugo, puré, mermelada, yoghurt, miel, queso (torta formada por presión de frutos secos), mucílagos, bebidas (fermentadas o no) Semillas: aceites, fragancias Cladodios: nopalitos, mucílagos
Energía	Frutos y cladodios: alcohol, biogás, leña
Alimentación animal	Cladodios (pastoreo directo o cosecha y suministro en corral), frutos
Medicina y cosmetología	Flores: diurético; aceite esencial para perfumería Cladodios: descongestionante, antidiabético, antidiarreico; mucílagos para uso farmacéutico y cosmético Raíces: diurético
Agronomía, protección y ornamentación del ambiente	Fijación de suelos; cercos; cortinas rompevientos; control de escorrentía y erosión; manejo de cuencas; mejoramiento de suelos; rehabilitación de áreas degradadas; alimentación y refugio de fauna silvestre
Colorantes	Frutos: betaninas Acido carmínico (tintura de cochinilla roja) para industrias cosmetológica, farmacéutica, textil y alimentaria y para actividades artesanales y artísticas
Otros	Cladodios: material plástico elástico y flexible (con características similares al caucho)

Fuente: Sáenz y Sepúlveda (1993); Barbera (1995); Inglese *et al.* (1995); Le Houérou (1996); Mohamed-Yasseen *et al.* (1996); D. Ueckert (com. pers., 1997).

das a huertos de cactus, se puede incrementar entre 1 y 10 veces (Le Houérou, 1996).

Estudios previos han establecido para Mendoza los probables escenarios rentables para la producción de frutos (Pizzi y Guevara, 1997) y forraje para los bovinos (Guevara *et al.*, 1997).

En este trabajo se propuso evaluar la sobrevivencia de las plantas y la produc-

ción aérea de materia seca de *Opuntia ficus-indica* L. f. *inermis* (Web.) Le Houérou en dos sitios del piedemonte próximo a la ciudad de Mendoza.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

El piedemonte mendocino se ubica en la zona cuya relación entre precipitación

(194 mm) y evapotranspiración potencial (1.041 mm) (calculada a través de la ecuación standard de Penman) es de 0,19. La estación de crecimiento de la vegetación, sobre la base del criterio propuesto por Le Houérou *et al.* (1993), abarca el período setiembre-abril.

Se seleccionaron dos sitios de estudio, ubicados en el piedemonte de la Sierra de Uspallata. El Sitio 1 (1.200-1.300 msm) conserva prácticamente su estructura morfológica natural. Los suelos son Entisoles, aluvionales, sin desarrollo edáfico y con concentración iluvial de CO_3Ca a 0,5m de profundidad. En el Sitio 2 (800 msm) el suelo es de tipo Arente, de relleno, con escombros de construcción en una matriz areno-limosa. La fracción de más de 2 mm representa entre

el 50-60% de la muestra. Otras características de los suelos de ambos sitios se indican en Tabla 2.

Los métodos de plantación y manejo usados se basaron en las premisas siguientes: a) los cladodios fraccionados constituyen la mejor opción cuando la disponibilidad de material para propagación es escasa (Mondragón-Jacobo y Pimienta-Barrios, 1995), como ocurre en el área de estudio; b) la ventaja del método de colocación de los cladodios en forma horizontal sobre la superficie del suelo es su bajo costo y buen arraigo; c) la respuesta al agregado de estiércol o fertilizantes (N y P) es importante en zonas áridas, aún con lluvias medias anuales de 200 mm (Le Houérou, 1996).

Características de la plantación: a)

Tabla 2. Características de los suelos de los sitios estudiados
Table 2. Soil characteristics in both studied sites

Parámetro	Sitio 1	Sitio2			
	Areno-arcillosa (hasta 0,7 m)	Areno- limosa			
		Actual		Potencial*	
		Con materia orgánica**	Sin materia orgánica	Con materia orgánica	Sin materia orgánica
Materia orgánica (%)	0,2	2,7	1,7	1,1	0,6
CO_3Ca (%)	3,6	1,2	1,0	11,3	20,0
pH	7,1	7,2	7,2	8,2	8,1
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	0,4 (hasta 0,4 m)	2,3	2,3	2,2	2,5

* Molienda de los escombros para simular meteorización

** Muestras extraídas en la zona en que se había incorporado estiércol de cabra.

Fuente: Sitio 1: Martínez Carretero (1993); Sitio 2: análisis realizados en el Laboratorio de aguas y suelos del IADIZA.

Epoca: enero (Sitio 1) y octubre de 1996 (Sitio 2); b) Distancia: 5m entre hileras y 2m entre plantas; c) Preparación del terreno: apertura de hoyos (Sitio 1) y de surcos (Sitio 2), sin alterar la pendiente natural; d) Material usado: cladodios simples enteros (CS) y cladodios cortados transversalmente por la mitad (CC), obtenidos de plantas ubicadas en las cercanías del área de estudio y secados a la sombra después de extraídos, durante tres a cuatro semanas; e) Forma de colocación de los cladodios en el terreno: vertical (V) y plana (P); f) Aplicación de estiércol (E) de cabra: 2 kg planta⁻¹, en el surco, a ambos lados del cladodio, en forma simultánea con la plantación.

Tratamientos analizados: Sitio 1: CSV, CSP y CCV; Sitio 2: CSV y CSVE.

Diseño experimental: Sitio 1: bloques completos al azar con tres repeticiones (20 plantas por parcela); en Sitio 2 se implantaron 12 hileras, con 25 plantas cada una y se seleccionaron al azar 20 plantas por tratamiento para la evaluación.

En febrero de 1998 y tomando en cuenta sólo los cladodios producidos durante 1,5 ciclos de crecimiento (enero-abril de 1996 y setiembre 1996-abril 1997) en el Sitio 1 y en 1 ciclo (octubre 1996-abril 1997) en Sitio 2, se determinaron los siguientes parámetros: cantidad de cladodios por planta, longitud y ancho de los cladodios y diámetro de la inserción de los mismos con el cladodio madre. La producción de materia seca por planta se estimó en forma no destructiva. Se estimó una ecuación de regresión entre volumen (longitud x ancho x inserción) y peso fresco de los cladodios. Se determi-

nó, por otro lado, el contenido de materia seca de los cladodios.

El índice de área de los cladodios (IAC) se estimó sobre la base de los valores medios de cantidad de cladodios por planta y longitud y ancho de los mismos medidos a campo, para cada tratamiento.

El análisis estadístico se realizó mediante el uso de ANOVA; las medias fueron separadas con el test de Tukey's HSD ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio 1

La producción de materia seca y el número de cladodios por planta no resultaron significativamente diferentes entre los tratamientos (Tabla 3). Si se consideran en conjunto los tratamientos en que se implantaron cladodios enteros (CS), la producción de materia seca y la cantidad de cladodios por planta tendieron a ser mayores que en las plantas derivadas de cladodios cortados (CC). Mondragón-Jacobo (1992) también encontró que el número y tamaño de los cladodios producidos durante el primer año de crecimiento en el campo se correlacionaron en forma directa con el tamaño del cladodio madre.

El peso de los cladodios fue significativamente mayor en el tratamiento CSP que en los restantes.

Sitio 2

No se verificaron en los parámetros analizados diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 3). Como consecuencia de la aplicación de estiércol, se

Tabla 3. Valores medios de producción aérea de materia seca, cladodios producidos por planta, peso de los cladodios e índice de área de cladodio (IAC)

Table 3. Mean values for dry mater aerial production, cladodes produced per plant, cladodes weight of cladiodious and cladode area index

Sitio	Tratamiento	Producción materia seca (g planta ⁻¹)	Cladodios por planta	Peso de cladodios (g)	IAC
1	CSV	138.0 a	4.4 a	27.5 b	0.21 ± 0.02
	CSP	215.5 a	5.7 a	37.9 a	0.30 ± 0.02
	CCV	125.3 a	4.8 a	25.3 b	0.19 ± 0.01
2	CSV	184.5 a	8.3 a	21.7 a	0.34 ± 0.01
	CSVE	238.3 a	10.5 a	20.7 a	0.42 ± 0.01

Los valores medios en la misma columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente ($p < 0.05$).

observó una tendencia a producir mayor cantidad de cladodios por planta y, por lo tanto, una biomasa mayor. Esta última es comparable con la biomasa citada por Han y Felker (1997) para *Opuntia ellisiana* Griffiths, después de un año de crecimiento (242 g planta⁻¹). La sobrevivencia de las plantas fue alta y no significativamente diferente entre los tratamientos: 94 y 99% para CSV y CSVE, respectivamente.

En ambos sitios, la producción de materia seca se relacionó en forma directa con el índice de área de los cladodios, lo cual es coincidente con los resultados de Han y Felker (1997). La producción baja de biomasa resultaría de un IAC bajo; en cambio la productividad anual se incrementa casi linealmente a medida que la superficie de los cladodios por unidad de área de suelo aumenta. Nobel (1994) indica que la productividad alcanza un máximo a valores de IAC de 4 a 5.

Respecto a los suelos se indican como adecuados para un buen crecimiento y

productividad, profundidades entre 60-70 cm, pH desde levemente ácido (4,8-6,4) hasta alcalino (8,2-8,5), no salinos (Conductividad eléctrica < 5-6 mScm⁻¹) y ricos en Ca y K (Wessels, 1988; Pimienta Barrios, 1990; Le Houérou, 1994, 1996; Inglese, 1995). Las características actuales de los suelos de los sitios estudiados satisfacen dichos requerimientos, lo cual también ocurriría con los del sitio 2 como resultado de la meteorización de los escombros y acumulación *in situ* (situación futura), lo que fue simulado mediante la molienda de los escombros y posterior análisis.

CONCLUSIONES

A pesar de que el tiempo transcurrido entre la implantación de los cultivos y las evaluaciones efectuadas no ha sido suficiente para establecer diferencias en producción, las técnicas usadas para disminuir el costo de plantación (CSP), o adaptadas a áreas con disponibilidad escasa de material de propagación (CCV) o

destinadas a mejorar la producción de materia seca (CSVE) mostraron resultados promisorios. Igualmente, el uso de los cactus surge como un alternativa de interés para poner en cultivo tierras degradadas por acumulación de material de demolición (escombros), actualmente marginadas.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Oscar R. Estevez, que participó en el análisis estadístico de la información. A la Sra. Marta N. Páez, que colaboró en las tareas de campo. Al Sr. Mario N. Medero, que realizó los análisis de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBERA, G., 1995. History, economic and agro-ecological importance. In: Barbera, G., INGLESE, P. y PIMIEN-TA-BARRIOS, E. (Eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, pp. 1-11. Rome, Italy: FAO. 216 pp.
- GUEVARA, J.C., O.R. ESTEVEZ y C.R. STASI, 1997. Factibilidad económica de la producción de cactus para forraje en la llanura de Mendoza. Resúmenes XVI Jornadas de Investigación U.N. de Cuyo, p. 228.
- HAN, H. y P. FELKER, 1997. Field validation of water-use efficiency of the CAM plant *Opuntia ellisiana* in South Texas. Journal of Arid Environments 36: 133-148.
- INGLESE, P. 1995. Orchard planting and management. In: Barbera, G., Inglese, P. y Pimienta-Barrios, E. (Eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, pp. 78-91. Rome, Italy: FAO. 216 pp.
- INGLESE, P., G. BARBERA and Y. LA MANTIA, 1995. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. Journal of Arid Environments 29: 455-468.
- LE HOUÉROU, H.N., 1994. Drought-tolerant and water-efficient fodder shrubs (DTFS), their role as a "drought insurance" in the agricultural development of arid and semi-arid zones in Southern Africa. Pretoria, South Africa: Report to the Water Research Commission of South Africa. 139 pp.
- LE HOUÉROU, H.N., 1996. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. Journal of Arid Environments 33: 135-159.
- LE HOUÉROU, H.N., G.F. POPOV and L. SEE, 1993. Agro-Bioclimatic classification of Africa. Agrometeorology Series N° 6. Rome, Italy: FAO. 227 pp.
- MARTINEZ CARRETERO, E., 1993. Carta de vegetación del sector cerro Casa de Piedra-San Isidro (Hoja Mendoza 230-21). Multequina 2: 89-140.
- MOHAMED-YASSEEN, Y., S.A. BARRINGER and W.E. SPLITTSTOESSER, 1996. A note on the uses of *Opuntia* spp. in Central/North America. Journal of Arid Environments 32: 347-353.
- MONDRAGÓN-JACOBO, C., 1992. Efecto del tamaño de cladodio y fracción en la propagación de nopal forrajero y de verdura. México: INIFAP, SARH: Informe Técnico. CE-Norte de Gto.
- MONDRAGÓN-JACOBO, C. and E. PIMIEN-TA-BARRIOS, 1995. Propagation. In: Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta-Barrios, E. (Eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, pp. 64-70. Rome, Italy: FAO. 216 pp.

- NOBEL, P.S., 1994. Remarkable agaves and cacti. New York, Oxford: Oxford University Press. 166 pp.
- PIMIENTA BARRIOS, E., 1990. El nopal tunero. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara, 246 pp.
- PIZZI, D. y J.C. GUEVARA, 1997. Situación mundial y factibilidad económica en Mendoza de la producción de frutos de cactus (*Opuntia* spp.). Resúmenes XVI Jornadas de Investigación U.N. de Cuyo, p. 229-230.
- SÁENZ, C. y E. SEPÚLVEDA, 1993. Alternativas de industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). Alimentos 18: 29-32.
- WESSELS, A.B., 1988. Spineless prickly pears. Johannesburg, South Africa: Perskor, 61 pp.
- Trabajo financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica, Univ. Nac. de Cuyo, en el marco del Proyecto: Productividad y rentabilidad del cultivo de cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) para producción de forraje y frutos en Mendoza.