

EFFECTO DEL *PROSOPIS JULIFLORA* ASOCIADO AL CULTIVO DE *ALOE VERA* SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS DE UN SUELO DEL SEMIÁRIDO FALCONIANO

Humberto Aponte¹; Jorge Paolini²; José Pastor Mogollón¹

¹Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” (UNEFM), Santa Ana de Coro, estado Falcón (Venezuela) y ²Centro de Ecología, IVIC, Apdo. 21827, Caracas 1020-A (Venezuela).

Email: titoaponte43@gmail.com

RESUMEN

El semiárido falconiano ubicado al norte de Venezuela, posee características climáticas adversas como altas temperaturas, estrés hídrico y un fuerte impacto por la erosión eólica; siendo éstos factores limitantes en el establecimiento de sistemas de cultivos sustentables, aumentando el riesgo de degradación de los suelos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del *Prosopis juliflora* asociado al cultivo de *Aloe vera* sobre la fertilidad biológica y química de suelos del sector El Cebollal del estado Falcón, para establecer cuál de las condiciones es la más idónea con miras de evitar la degradación de los suelos del ecosistema semiárido. Se seleccionaron 9 árboles de *Prosopis juliflora* evaluando los suelos bajo la copa de los mismos (a 1 y a 3 metros de la base del árbol) y fuera de la misma (a plena exposición solar). Los resultados indican que el *Prosopis juliflora* actúa como isla de fertilidad aumentando la disponibilidad de nutrientes (C, N y P) y presentando una mayor actividad microbiana en comparación a los suelos a plena exposición solar.

Palabras claves: semiárido falconiano, *Prosopis juliflora*, fertilidad química y biológica.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, alrededor del 5% del territorio nacional corresponde a zonas áridas o semiáridas y estos ambientes se consideran como los más susceptibles al proceso de desertificación, siendo sus áreas poco aptas para el proceso de producción agrícola (García, 1999). Aún así, algunos de estos sistemas de producción en estas áreas se especializan en monocultivos con alta demanda hídrica y química, donde se remueve la totalidad de la vegetación arbórea y se inducen cambios ambientales drásticos (Díaz, 2001). En la actualidad se están desarrollando algunos sistemas de manejo en el sector “El Cebollal” del estado Falcón, que implican el cultivo de sábila bajo un enfoque integral, con riego por goteo, fertilización orgánica y labranza mínima en contraposición al manejo convencional (Torres *et al.*, 2006; Mogollón *et al.*, 2001). Una de las medidas de interés en el estado Falcón, es la implementación de sistemas agroforestales sostenibles, debido a que estos constituyen una alternativa para estas zonas, de modo que, ayudan a proporcionar una mayor seguridad contra las variaciones climáticas; además de que forman la base de muchos sistemas de agricultura en regiones tropicales semiáridas, aportando beneficios socioeconómicos y culturales (Díaz, 2001; García, 1999). Sin embargo, estas

investigaciones han estado enfocadas en el estudio de la ecofisiología del *Aloe vera* y *Prosopis juliflora* como sistema agroforestal, por esta razón en el presente estudio se realizó la evaluación de algunas propiedades físico-químicas y bioquímicas de los suelos del sector “El Cebollal”, donde existe la asociación entre el cují (*Prosopis juliflora*) y el cultivo Sábila (*Aloe vera*) considerando dos condiciones: Sábila bajo sombra de Cují, y Sábila a plena exposición solar, se seleccionaron árboles de *P. juliflora* evaluando los suelos bajo la copa de los árboles (a 1 y a 3 metros de la base del árbol) y fuera de la misma (a plena exposición solar), con el objetivo de determinar el efecto que ejerce la utilización de esta leguminosa sobre las características físico-químicas y bioquímicas de los suelos del semiárido falconiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron al azar nueve árboles de *Prosopis juliflora* distribuidos aleatoriamente en la parcela de estudio para evaluar cada condición: Sábila bajo cují (a 1 m de la base del árbol) (T1), Sábila bajo cují (a 3 m de la base del árbol) (T2) y Sábila a plena exposición (T3), y se tomó una muestra compuesta de suelo a nivel superficial (0-5 cm) en cada tratamiento para un total de veintisiete muestras en total. Las muestras fueron pasadas por un tamiz de 2 mm de diámetro separando el material radicular y piedras del suelo del material destinado para los análisis de laboratorio. El pH se midió en agua en una relación 1:2,5 (FONAIAP, 1990), la textura se determinó mediante el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962), la capacidad de retención de humedad (CRH) por saturación del suelo con agua a capacidad de campo y medición gravimétrica del contenido de humedad, el carbono orgánico total (COT) mediante oxidación húmeda con ácido sulfúrico concentrado-dicromato de potasio mediante una modificación del método espectrofotométrico descrito por Heanes (1984) y Sims y Haby (1971) el cual consiste en la determinación del ión Cr⁺³, el nitrógeno total (Nt) por el método de destilación Kjeldhal (Bremner, 1996; Jackson, 1962), el fósforo disponible (Pd) por el método espectrofotométrico del complejo azul de molibdato (Murphy y Riley, 1962), previa extracción con bicarbonato de Sodio (Olsen *et al.*, 1954), la actividad de la deshidrogenasa (DH) por el método del INT (iodofenil-3-nitrofenil-5-feniltetrazolio) según la metodología propuesta por Camiña *et al.* (1998) donde se mide el iodonitroformazan (INTF) liberado; la hidrólisis del diacetato de fluoresceína (DAF) a través de la determinación de la fluoresceína producida (Schnürer y Rosswall, 1982); la fosfatasa alcalina (FAlc) y la β -Glucosidasa (β -Gluc) mediante la determinación del *p*-nitrofenol liberado (Tabatabai, 1994); la actividad ureásica (Ur) por el método de Kandeler y Gerber (1988), basado en la determinación del amonio liberado, cuando una muestra de suelo es incubada con urea como sustrato. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS 17.0 Statistics. Las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante un análisis de varianza ANDEVA de un factor, utilizando la prueba de LSD. Adicionalmente se aplicó la correlación de Pearson para observar el grado de asociación entre cada variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los valores medios de carbono orgánico total, nitrógeno total, fósforo disponible, pH, capacidad de retención de humedad (CRH) y la clase textural en los suelos estudiados.

Tabla 1. Características físico-químicas de los suelos (n=27)

Trat	pH	% Humeda d	COT (g C kg ⁻¹ de suelo)	Nt (g N kg ⁻¹ de suelo).	Pd (mg P kg ⁻¹ de suelo).	Clase Textural
T1	8,5 a	27,7 a	2,53 a	0,60 a	10,41 a	Fa
T2	8,6 a	26,4 a	1,72 ab	0,43 ab	6,40 b	Fa
T3	8,7 a	26,0 a	1,50 b	0,30 b	6,93 b	Fa

Las letras iguales representan similitud entre tratamientos según la prueba de Mínima Diferencia Significativa. Tratamiento (T1= bajo dosel a 1 m de la base del árbol; T2= bajo dosel a 3 m de la base del árbol; T3= a plena exposición). D.B.T. = Distancia a la Base del tronco.

Los resultados encontrados en este estudio en los suelos bajo la copa del *Prosopis juliflora* (T1) presentan un incremento de los contenidos de COT, Nt y Pd por efecto del mayor aporte de materia orgánica vía hojarasca en estos suelos en comparación a los sitios donde este aporte inferior (T3).

Es de importancia resaltar que en el caso de los ecosistemas áridos y semiáridos se ha propuesto la fijación biológica del N₂ atmosférico como la fuente principal de incorporación del nitrógeno al suelo; esta es realizada por las algas cianófitas presentes en la superficie del suelo (comúnmente en forma del costras) y por las bacterias simbióticas en algunas plantas como las leguminosas (Rychert *et al.*, 1978) como es el caso del *Prosopis juliflora*.

Tabla 2. Características Bioquímicas de los suelos (n=27)

Trat.	AD ($\mu\text{g INTF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	DAF ($\mu\text{g Fluor g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	AFA ($\mu\text{g p-NF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	B-Gluc ($\mu\text{g p-NF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	AU ($\mu\text{g NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)
T1	60,8 a	54,5 a	285,1 a	70,4 a	25,0 a
T2	39,0 ab	28,5 ab	181,4 b	29,0 b	16,6 b
T3	25,7 b	15,4 b	130,1 c	16,5 c	9,9 b

Las letras iguales representan similitud entre tratamientos según la prueba de Mínima Diferencia Significativa. Tratamiento (T1= bajo dosel a 1 m de la base del árbol; T2= bajo dosel a 3 m de la base del árbol; T3= a plena exposición). D.B.T. = Distancia a la Base del tronco.

En relación a los resultados encontrados para las propiedades bioquímicas de los suelos estudiados (Tabla 2), se evidencia la tendencia de una disminución de la actividad enzimática a medida que nos alejamos de la base del árbol, mostrándose diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$) para todos los casos, y confirmando que las actividades enzimáticas pueden ser consideradas de gran valor diagnóstico dentro de las pruebas bioquímicas, por su alta sensibilidad, y pueden expresar precozmente los cambios en la calidad del suelo de los diferentes tratamientos diseñados para el presente estudio (Dick, 1994). Siendo la zona más cercana a la base del árbol la que presenta la mayor actividad enzimática debido posiblemente al mayor contenido de suplementos energéticos y nutrientes (C, N y P) en la misma la cual brinda un mejor sustrato a los microorganismos; demostrándose esta tendencia las correlaciones significativas y positivas entre las variables bioquímicas y el COT, Nt y Pd (Tabla 3).

Tabla 3. Correlación entre variables físico-químicas y bioquímicas (n = 27).

	AD	DAF	AFA	B-gluc	AU	COT	Nt	Pd	%Hum	pH
AD	1,00									
DAF	0,89**	1,00								
AFA	0,74**	0,75**	1,00							
B-Gluc	0,84**	0,87**	0,82**	1,00						
AU	0,71**	0,53**	0,48*	0,54**	1,00					
CO	0,83**	0,82**	0,63**	0,69**	0,56**	1,00				
Nt	0,64**	0,54**	0,59**	0,56**	0,63**	0,52**	1,00			
Pd	0,71**	0,63**	0,52**	0,62**	0,55**	0,76**	0,53**	1,00		
%Hum	0,41*	0,51**	0,34 ns	0,40*	0,21 ns	0,64**	0,51**	0,52**	1,00	
pH	-0,40*	-0,44*	-0,21ns	-0,34 ns	-0,18 ns	-0,39*	-0,25 ns	-0,18 ns	-0,45*	1,00

* = $p < 0,01$; ** = $p < 0,05$; ns = no significativas

CONCLUSIONES

Se observó un gradiente con relación al contenido de nutrientes, de una mayor a menor concentración, en la medida en que aumenta la distancia desde la base del árbol hasta la zona de plena exposición solar.

Los suelos a plena exposición solar donde ha sido establecido el monocultivo de sábila, al carecer de un aporte constante de materia orgánica, además de ser sometidos a la erosión hídrica y eólica presentaron un menor contenido de nutrimentos (C, N y P), siendo más susceptibles a la degradación.

El *Prosopis juliflora* al poseer características que le permite sobrevivir en ecosistemas con condiciones estresantes; actúa como isla de fertilidad, contribuyendo a la salud y calidad del recurso suelo al generar un aporte de materia orgánica y nutrimentos (C, N y P) bajo la copa del mismo, aumentando así la actividad microbiana para el fácil establecimiento de múltiples especies vegetales en estos suelos. Por esta razón su asociación con otros cultivos, como es el caso del *Aloe vera*, puede ser de gran relevancia para el mantenimiento y recuperación del semiárido falconiano.

BIBLIOGRAFÍA

- BOUYOUCOS, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soil. *Agronomy Journal* 54: 464 – 465.
- BREMNER, J.M. 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.M., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. y Sommers, M.E. (eds.). *Methods of soil analysis, part 3. Chemical methods*. ASA-SSSA, Madison, WI, pp. 1085-1121.
- CAMIÑA, F.; TRASAR CEPEDA, C.; GIL SOTRES, F. y LÉIROS, C. 1998. Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter. *Soil Biology & Biochemistry* 30: 1005-1011.
- DÍAZ, M. 2001. Ecología experimental y ecofisiología: Bases para el uso sostenible de los recursos naturales de las zonas áridas neo-tropicales. *Interciencia* 26: 472-478.

- DICK, R. 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.F., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.). *Defining Soil Quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publications no. 35, Soil Science Society of America, Madison, WI., pp. 107-124.
- FONAIAP. 1990. Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia. Análisis de Suelo para Diagnóstico de Fertilidad. Serie D N° 26. Escuela de Agronomía. UCLA. Maracay. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. CENIAP (Centro de Investigaciones Agropecuarias).
- GARCÍA, I. 1999. Crecimiento y comportamiento ecofisiológico del *Agave cocui* y del *Sorghum bicolor* asociados a *Prosopis juliflora* en un sistema agroforestal simultáneo de la zona semiárida, Falcón. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, Coro, Venezuela.
- HEANES, D.L. 1984. Determination of total organic-C in soils by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Communications in Soil Science Plant Analysis* 15: 1191-1223.
- JACKSON, M.L. 1962. Nitrogen determination from soils and plant tissues. En: *Soil Chemical Analysis*. Constable and Company, Ltd. London. pp. 183-204.
- KANDELER, E. y GERBER, H. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 6: 68-72.
- MOGOLLÓN, J.P.; TREMONT, O. y RODRÍGUEZ, N. 2001. Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venesuelos* 9: 48 – 56.
- MURPHY, J. Y RILEY, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 31-36.
- OLSEN, S.R.; COLE, C.V.; WATANABE, F.S. y DEAN, L.A. 1954 Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. department of Agriculture (USDA). Circular 939, pp. 1-19.
- RYCHERT, R.; SKUJINS, J.; SORENSEN, D. y PORCELLA, D. 1978. Nitrogen fixation by lichens and free-living microorganisms in deserts. En: West, N.E. Skujins, J. (eds.) *Nitrogen in Desert Ecosystems*, US/IBP Synthesis Series 9. Dowden, Hutchinson, & Ross, Inc., Stroudsburg, PA., pp. 20-30.
- SCHNÜRER, J. Y ROSSWALL, T. 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology* 43: 1256-1261.
- SIMS, J.R. Y HABY, V.A. 1971. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Science* 112: 137-141.
- TABATABAI, M.A. 1994. Soil enzymes. En: *Methods of soil analysis. Part. 2 Microbiological and biochemical properties*. Mickelson S.H. y J.M. Bigham (Eds.) SSSA Book Series, no. 5, Madison, WI. Pp. 775 – 833.