

VARIABILIDAD PRODUCTIVA EN ALGARROBO Y SU IMPACTO EN EL ECOSISTEMA

PRODUCTIVE VARIABILITY OF ALGARROBO AND ITS ECOSYSTEM IMPACT

PEÑA A. C., SALAZAR Z. P. & CRUZ A. G.

Resumen

El algarrobo representa una fuente de ingresos constante para las comunidades rurales. En este proyecto determinamos cómo varía la productividad del algarrobo, su relación con el ecosistema y qué factores repercuten sobre ella. Seleccionamos nueve zonas de la región norte y tomamos datos morfológicos, ecológicos y productivos durante el verano. La producción de fruto y hoja fue estadísticamente diferente entre zonas. El bosque seco de la laguna de Ñapique presentó la mayor producción de fruto, mientras que Locuto no presentó producción. Estos resultados se relacionan con el contenido de agua en suelo, pero no se relaciona con el índice de producción de hoja, donde zonas con alta producción presentaron niveles de producción de fruto variado. Encontramos correlaciones significativas positivas entre la producción de frutos y agua en suelo, al igual que el contenido relativo de agua en hoja y el índice de producción de hoja. Esto significa que el agua juega un rol importante en la producción de frutos y hojas. Por otro lado, La respiración del suelo bajo el algarrobo, provocada por la actividad microbiana, fue estadísticamente diferente entre zonas. Siendo superior en Rinconada y en la laguna de Ñapique. Esta variable se relaciona significativamente con el diámetro basal y el índice de producción de hoja. Por tanto, bosques más longevos tienen un mayor impacto sobre la actividad microbiana. Los nuevos estudios deberían centrarse en determinar el impacto de las características edafológicas y ambientales sobre la producción, principalmente en zonas donde la producción de fruto se ha visto reducida.

Palabras claves: algarrobo, producción, variabilidad, bosque seco.

Abstract

The algarrobo is a constant source of income for rural communities. In this project, we determine how algarrobo productivity varies, its relationship to the ecosystem, and factors impacting on it. We selected nine zones in the northern region and took morphological, ecological and production data during the summer. The fruit and leaf production was statistically different between areas. The dry forest of Lake Ñapique had the highest fruit production, while no production occurred in Locuto. These results are related to soil water content, but not related to the rate of leaf production, where high production areas showed varied levels of fruit production. Significant positive correlations between fruit production and soil water were determined, as well as between the relative water content and rate of leaf production. This means that water plays an important role in the production of fruit and leaves. Furthermore, Soil respiration under the canopy of algarrobo caused by microbial activity, was statistically different between areas, and was highest in Rinconada and Lake Ñapique. This variable was related to the basal diameter and the rate of leaf production. Therefore, long-lived forests have a greater impact on microbial activity. Further studies should focus on determining the impact of soil and environmental characteristics on production, primarily in areas where fruit production has been reduced.

Keywords: Algarrobo, production, variability, dry forest.

Introducción

Las bosques secos de algarrobo (*Prosopis pallida*) de la región de Piura presentan una superficie de 539,670 hectáreas y aunque parece una cantidad mínima en comparación con la superficie total de la región (35,892 km²), representan más del 40% de la cobertura vegetal y proporcionan 72.77 millones de soles anuales en forma de recursos ecosistémicos (Orihuela y Albán, 2012). Y aunque esto nos permita estimar la productividad general del algarrobo en campo, aún desconocemos cuáles son las zonas de bosque más productivas del país y qué factores externos e intrínsecos repercuten sobre ellas.

En ecosistemas áridos, el agua es un factor esencial que actúa de forma limitante en el desarrollo y supervivencia del algarrobo, sobre todo en individuos jóvenes (de Villalobos *et al.*, 2002). Repercute sobre las características morfológicas y fisiológicas y la relación entre el algarrobo y el ecosistema (Vilela *et al.*, 2003). El contenido relativo de agua y el contenido en materia seca en hoja son las variables más afectadas por el estrés hídrico, repercuten sobre la capacidad fotosintética y la transpiración (Delatorre *et al.*, 2008), afectando significativamente la tasa de producción (Singh y Rathod, 2002).

El forraje y la producción de frutos del algarrobo son algunos de los principales beneficios directos para las comunidades rurales y el ecosistema. No solo representa un servicio ecosistémico directo, sino que facilita el reciclado de nutrientes y la biodiversidad de especies alrededor de los árboles. Esta característica es conocida actualmente como “Isla de fertilidad” y representa uno de los beneficios ecológicos más importantes del algarrobo (Herrera-Arreola *et al.*, 2007). Sin embargo, la productividad del algarrobo y el efecto de la isla de fertilidad son diferentes según la zona de estudio y las características ambientales que presente. Aun se conoce muy poco sobre los factores que repercuten en la productividad del algarrobo y su impacto sobre el ecosistema.

Materiales y métodos

El sitio de estudio se encuentra en Piura, al norte del Perú. Todas las mediciones en campo fueron tomadas entre enero y abril de 2014. Se seleccionaron nueve zonas con diferentes usos de suelo y características ambientales. Dentro de cada zona, se seleccionaron tres áreas distantes entre ellas para evitar muestras de solapamiento. De cada área fueron seleccionados cinco árboles de *Prosopis pallida*, con un diámetro superior a 10 cm y separados por más de 10 metros entre ellos. Para el análisis edafológico, se tomó una muestra de suelo de cada árbol a 1 metro de profundidad y 2 metros desde el tallo. La muestra tomada fue separada en 4 fracciones (de 25 cm cada una) y colocadas en bolsas herméticas para transportarse al laboratorio de química en la Universidad de

Piura. Una pequeña muestra de cada fracción fue pesada en condiciones frescas, y secada a 80° C por 24 horas, luego se pesó de nuevo para determinar el peso seco. El agua en el suelo fue calculada utilizando el peso fresco y seco del suelo. La respiración del suelo se calculó en campo, utilizando un analizador infrarrojo de gases (Inc CI-340-Cid Bioscience), realizando tres mediciones a 2 metros de árbol.

Para el análisis fisiológico se calculó el índice de la producción de frutos y el número de nidos de arañas por cada árbol, siguiendo el método descrito en Rodríguez *et al.* (2008). Para calcular el índice de producción de hojas, se tomó una rama de cada árbol de 40 cm de largo y se calculó la proporción en peso de las hojas nuevas por rama. Así mismo, se calculó el contenido de materia seca en hojas (LRWC), mediante el peso de hojas frescas y secas. Para calcular el contenido de agua en hoja (LRWC), se colocaron hojas frescas en recipientes herméticos y se llevaron al laboratorio donde fueron pesadas (peso fresco), luego hidratadas durante 10 horas y pesadas. Por último, las hojas se secaron durante 24 horas a 80° C y se pesaron una vez más. El LRWC fue calculado usando la ecuación: $LRWC = \frac{\text{hoja fresca peso} - (\text{hidratación completa peso de la hoja} - \text{Peso en seco de la hoja})}{\text{hidratación completa peso de la hoja} - \text{Peso en seco de la hoja}}$. Para la densidad de la madera, se midió 3 cm de tallo y se sumergió en un cilindro graduado para calcular el volumen y luego se secó para calcular la masa.

El análisis estadístico consistió en un análisis de la varianza (ANOVA) de una vía. En los casos donde los datos no superaban los supuestos del ANOVA, se realizó una transformación logarítmica y cuadrática. Cuando el análisis no fue posible, se optó por realizar un análisis no paramétrico con Kruskal-Wallis.

Resultados

El factor “zona de estudio” afecta significativamente a todas las variables. Ñapique (zona húmeda) presentó una alta tasa para las variables de contenido de agua en suelo y producción de frutos (9.25% y 108.5 frutos/minuto). Rinconada ha presentado mayores tasas sobre las variables altura total, respiración de suelo, diámetro basal y nido de arañas (11.8m, 1.599 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}_2/\text{s}$, 0.537 m y 53.73 nidos/min). Ignacio Távara presentó los valores más altos para densidad de la madera y contenido de materia seca en hojas (0.655 g/mL y 43.98%). Río Seco presentó valores altos para el contenido relativo de agua “LRWC” (89.84 %) y Universidad de Piura (zona 1) presentó valores altos para el índice de producción de hojas (42.30%).

Para las variables producción de hojas, respiración de suelo y contenido relativo de agua en hoja, la zona de Ignacio Távara mantuvo los valores más bajos (13.72%, 0.390 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}_2/\text{s}$ y 51.68%, respectivamente); en las variables producción de frutos y nidos de arañas, los

TABLA 1
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ENTRE LAS MEDIAS DE VARIABLES MORFOLÓGICAS, FISIOLÓGICAS, PRODUCTIVAS Y ECOLÓGICAS DEL ESTUDIO

	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Altura total (1)	0.56*	0.09	0.20*	0.34*	-0.20*	0.01	-0.23*	0.28*	0.06
Diámetro basal (2)		0.25*	0.20*	0.11	0.10	-0.11	-0.08	0.26*	0.06
Producción de fruto (3)			0.45**	0.45**	0.03	0.16 ^a	-0.27*	0.40**	0.30**
Nidos de arañas (4)				0.38**	-0.14 ^a	0.15 ^a	-0.23*	0.52**	0.29**
LRWC (5)					-0.33**	0.22*	-0.31**	0.32**	0.20*
RDMC (6)						-0.28*	0.05	-0.23*	-0.04
Producción de hoja (7)							0.03	0.23*	0.07
Densidad madera (8)								-0.25*	-0.13
Respiración del suelo (9)									0.16*

Coefficiente de correlación (r) para variables morfológicas: (1)Altura total (m), (2)diámetro basal (m); variables productivas: (3)producción de frutos (frutos/minuto), (4)producción de hojas (%); variables fisiológicas: (5)Contenido relativo de agua en hoja (LRWC) (%), (6)contenido de materia seca en hoja (RDMC) (%), (7)densidad de la madera (g/mL); variables ecológicas: (8)Nidos de arañas (nidos/min), (9)respiración del suelo ($\text{CO}_2/\text{m}_2/\text{s}$), (10)contenido de agua en suelo (%).

Nivel de significancia: ^a Nivel de significancia: $p < 0.1$, *Nivel de significancia: $p < 0.05$, ** Nivel de significancia: $p < 0.001$

valores más bajos se encontraron en Locuto (2.8 nidos/min); para el diámetro basal y el contenido de agua en suelo, el valor más bajo se observó en Quebrada Soledad (0.211 m y 1.02%); y para el contenido de materia seca en hoja, el valor más bajo se presentó la Universidad de Piura (zona 2) con 33.84%.

Se obtuvieron correlaciones significativas de la variable ecológica respiración de suelo con variables morfológicas como la altura total y el diámetro basal ($r=0.28$ y $r=0.26$ respectivamente). Así mismo, los índices de producción han mostrado una correlación significativa con variables fisiológicas, como es el caso del índice de producción de hojas con el contenido relativo de agua en hoja y el índice de materia seca en hojas ($r=0.22$ y $r= -0.28$ respectivamente). De otro lado, el índice de producción de frutos mantiene correlaciones significativas con variables morfológicas, como el diámetro basal ($r=0.25$), con variables fisiológicas como el contenido de agua en hoja y la densidad de la madera ($r=0.45$ y $r= -0.27$, respectivamente), y con variables ecológicas como la respiración del suelo, nido de arañas y contenido de agua en suelo ($r=0.49$, $r=0.45$ y $r=0.30$, respectivamente).

Discusión

La respiración del suelo bajo el algarrobo nos permite cuantificar la actividad microbiana y, por tanto, el reciclado de nutrientes, en el suelo. Es una característica ligada a la fertilidad y presenta fluctuaciones periódicas a lo largo del tiempo (Zhou y Yin, 2012). Los resultados de este estudio indican que las zonas con alta presencia de agua muestran valores relativamente altos de respiración de suelo (Ñapique y Rinconada), siendo estas aledañas

a cuerpos de agua (laguna y canales). Así mismo, se ha registrado una correlación significativa entre la respiración del suelo y el contenido de agua en suelo ($r=0.17$). Aunque el coeficiente de correlación obtenido es bajo, la relación entre ambas variables ya ha sido estudiada en el pasado (Zhou y Yin, 2012), posiblemente en bosque seco, el agua sea un factor importante para la actividad microbiana del suelo.

Por otro lado, la respiración del suelo depende también de la temperatura y de la disponibilidad de nutrientes (Qi *et al.*, 2010; Zhou y Yin, 2012). El área de copa del árbol tiene un efecto beneficioso en el suelo generando un microclima idóneo que regula la temperatura y humedad. Esto permite la formación de hongos y es un nicho para la presencia de artrópodos (Purohit *et al.*, 2002). Encontramos una correlación significativa entre el índice de producción de hojas y la respiración del suelo, lo cual significa que el efecto de “isla de fertilidad” generado por el algarrobo puede estar presente en nuestro ecosistema (Purohit *et al.*, 2002; Herrera-Arreola *et al.*, 2007; Ruiz *et al.*, 2008).

Los resultados de producción de frutos indican que existe alta variabilidad entre zonas, siendo Ñapique (húmedo) la zona con mayor producción de frutos, probablemente debido a factores intrínsecos de la planta, o factores externos ambientales (altitud, precipitación) o edafológicos (nutrientes en suelo, pH, etcétera). Un estudio profundo de estos factores nos ayudará a entender los factores que limitan o aumentan la producción de fruto; esperamos realizar estos análisis en el futuro, en el marco de un proyecto mayor. En el caso de Locuto, se ha registrado una ausencia de producción desde hace más de seis años (según los habitantes de la zona), tema que mantiene preocupado a muchos de los pobladores que se sustentan de esta especie.

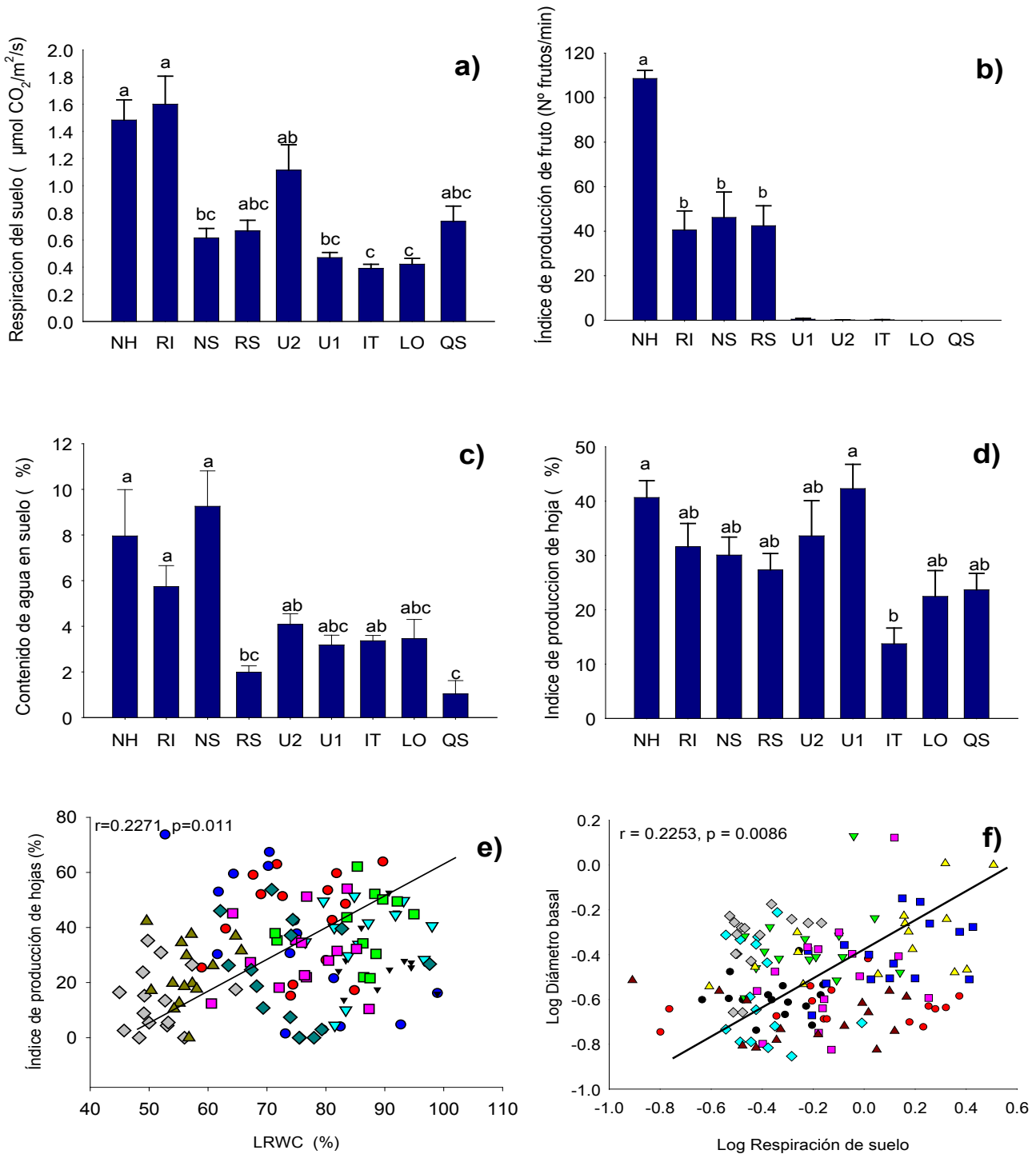


Figura 1. Diferenciación por zonas de estudio sobre las variables productivas y ecológicas (a, b, c y d) de *Prosopis pallida* QS: Quebrada soledad, IT: Ignacio Távara, NS: Napique seco, NH: Napique húmedo, RS: Río seco, U1: UDEP 1, LO: Locuto, RI: Rinconada, U2: UDEP 2. (e) Correlación con datos de contenido relativo de agua en hoja (LRWC) y el índice de producción de hojas. (f) Correlación con datos transformados Log 10 entre la respiración de suelo y el diámetro basal.

La densidad forestal también es un factor clave sobre la tasa de producción, pero depende de la edad y el tamaño del árbol (Singh *et al.*, 2007). No encontramos una relación significativa entre la altura y la producción, pero sí con el diámetro basal.

Encontramos una relación significativa y positiva entre el contenido de agua en suelo y la producción de fruto. Este resultado no indica causalidad, el desarrollo

radical del Algarrobo es profundo, alcanzando la napa freática para abastecerse de agua (Pasiecznik *et al.*, 2001). Sin embargo, el agua presente a diferentes profundidades puede sugerirnos indirectamente qué tan cerca se encuentra la napa freática y, por lo tanto, indicaría si la alta o baja producción de frutos está relacionada con la cercanía a esta fuente de agua.

Los trabajos posteriores deberían centrarse en deter-

minar el impacto de las características edafológicas y ambientales sobre la producción, principalmente en zonas donde la producción de fruto se ha visto reducida en los últimos años.

Relevancia del resultado y su aporte a la realidad nacional, regional o local

La especie *Prosopis pallida* representa un eje importante en el plano económico, principalmente en la zona norte del país debido a los múltiples usos que presenta. En el plano ambiental, los algarrobos permiten la existencia de microclimas adecuados para las especies faunísticas que habitan el bosque seco, brindándoles refugio y la principal fuente de alimentación.

Este estudio demuestra la variabilidad existente en las zonas evaluadas, determinándose la existencia de poblaciones de algarrobo con alta producción (frutos y hojas) en Ñapique (Sechura), así como poblaciones con mayor altura en Rinconada (Sullana). Estas observaciones pueden ser de utilidad (1) para el mejoramiento de trabajos en reforestación y (2) para las comunidades que elaboran subproductos de esta especie.

El impacto ecológico del algarrobo y su relación con la actividad microbiana bajo la copa se observan de manera indirecta en la respiración de suelo. Los suelos fértiles están asociados a valores altos de respiración y presentan una interacción planta-suelo óptima. Los resultados de este proyecto nos permiten determinar qué zonas de bosque presentan mayor fertilidad, promueven la regeneración del bosque y la biodiversidad.

El estudio se encuentra relacionado con el Eje Temático N.º 1 “Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica” de la Agenda de Investigación Ambiental, bajo el componente “Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales” y el área temática “Ecología de sistemas productivos”.

Conclusiones

Se ha determinado una amplia variabilidad en la producción de frutos, así como una relación significativa positiva con el contenido de agua en el suelo, indicando que la alta o baja productividad está relacionada con la cercanía a las fuentes de agua. Por otro lado, la respiración del suelo es una manera indirecta de medir la actividad microbiana y por ende el impacto ecológico, determinándose que zonas con árboles de mayor diámetro y alta producción de hojas tienen un mayor impacto sobre la actividad microbiana. Esto permite indicar que bosques longevos presentan una mayor fertilidad y promueven el incremento de la biodiversidad.

Agradecimientos

Agradecemos al equipo técnico del Proyecto “Rasgos funcionales de las poblaciones locales de algarrobo (*Prosopis pallida*) y su influencia sobre los servicios ecosistémicos en las principales comunidades rurales del norte de Perú”, conformado por Luis Urbina Zapata y Luis Sullón Pacherras, pues sus labores en campo hicieron posible la realización del presente trabajo; a la ingeniera Nora Grados por sus aportes de gran valor e incalculable experiencia en el tema; al personal del laboratorio de la Universidad de Piura integrados por el ingeniero José L. Barranzuela, la ingeniera Fabiola Ubillús y la técnica Janet Rodríguez.

Referencias

- DELATORRE J., PINTO M. y CARDEMIL L. (2008). Effects of water stress and high temperature on photosynthetic rates of two species of *Prosopis*. *J Photochem Photobiol B* 92: 67-76.
- HERRERA-ARREOLA, G., HERRERA Y., REYES-REYES B. G. y DENDOOVEN L. (2007). Mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) D. C.), huisache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera* Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico. *J Arid Environ* 69: 583-598.
- ORIHUELA C. y ALBÁN L. (2012). Servicio de consultoría del “Estudio de identificación, priorización, evaluación e integración de la valorización económica de los servicios ecosistémicos en los procesos de planificación y de inversión pública de la Región Piura”, pp. 1-100.
- PASIECZNIK N., FELKER P., CRUZ G. y CADORET K. (2001) *The Prosopis juliflora - Prosopis pallida Complex*.
- PUROHIT U., MEHAR S. K. y SUNDARAMOORTHY S. (2002) Role of *Prosopis cineraria* on the ecology of soil fungi in Indian desert. *J Arid Environ* 52: 17-27.
- QI Y.-C., Dong Y.-S., Jin Z., Peng Q., Xiao S.-S., He Y.-T. (2010). Spatial Heterogeneity of Soil Nutrients and Respiration in the Desertified Grasslands of Inner Mongolia, China. *Pedosphere* 20: 655-665.
- RUIZ T. G., Zaragoza S. R., Cerrato R. F. (2008). Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México. *J Arid Environ* 72: 1202-1212.
- SINGH G., Mutha S., Bala N. (2007) Effect of tree density on productivity of a *Prosopis cineraria* agroforestry system in North Western India. *J Arid Environ* 70: 152-163.

- SINGH G., Rathod T. (2002). Plant growth, biomass production and soil water dynamics in a shifting dune of Indian desert. *For Ecol Manage* 171: 309-320.
- VILELA A. E., RENNELLA M. J. y RAVETTA D. A. (2003) Responses of tree-type and shrub-type *Prosopis* (Mimosaceae) taxa to water and nitrogen availabilities. *For Ecol Manage* 186: 327-337.
- DE VILLALOBOS A. E., PELÁEZ D. V., BÓO R. M., MAYOR M. D. y ELIA OR. (2002). Effect of high temperatures on seed germination of *Prosopis caldenia* Burk. *J Arid Environ* 52: 371-378.
- ZHOU J. X., Yin L. (2012) Characteristics of Soil Respiration and its Environmental Factors of Poplar Plantation on Beach Land of the Yangtze River. *Procedia Environ Sci* 13: 18-29.