

# Adaptación a la sequía de plantas arbustivas de matorral espinoso tamaulipeco

Humberto González Rodríguez\*, Israel Cantú Silva\*

Los matorrales subtropicales de las planicies semiáridas de la región Noreste de México están dominados por una diversidad muy densa de especies arbustivas. Este tipo de vegetación, constituida de especies deciduas y siempre verdes o perennes<sup>1,2,3</sup>, está caracterizada por un amplio rango de patrones de crecimiento, diversidad en la longevidad foliar, dinámicas de crecimiento y de contrastantes desarrollos fenológicos. El matorral es utilizado por los habitantes de la región en varias formas, tales como: forraje para el ganado, carbón, madera para construcción, estantería, alimentos, herbolaria, medicinas y semillas para reforestación con plantas nativas. Además, estas plantas proveen de un hábitat a la fauna silvestre y una cubierta para prevenir la erosión del suelo. Adicionalmente, las plantas nativas del matorral han desarrollado diversas características morfológicas y fisiológicas apropiadas para la adaptación a factores ambientales adversos, particularmente al estrés por sequía y altas temperaturas. Tales características incluyen: dimensión y orientación foliar, morfología, dimensión y densidad de estomas, abscisión de folíolos, pubescencia foliar, cutícula gruesa y cerosa, disminución en el potencial osmótico en forma activa y pasiva, y resistencia al flujo de agua.<sup>4,5</sup> Aunque se ha demostrado variación genética de los mecanismos fisiológicos para evitar la deshidratación del tejido vegetal en plantas cultivadas,<sup>6,7</sup> a la fecha son limitados los estudios disponibles sobre las relaciones hídricas y adaptaciones a la sequía en plantas arbustivas de la región Noreste de México<sup>8,9</sup>. Por tanto, esta región proporciona una oportunidad para investigar la fisiología de las especies arbustivas nativas y sus respuestas a las variaciones en la disponibilidad de recursos, específicamente,



Ganado caprino y ovino ramoneando plantas arbustivas como fuente de nutrimentos minerales y orgánicos.

el contenido hídrico del suelo. El presente estudio se llevó a cabo con diez especies de plantas arbustivas dominantes del matorral, con el objetivo de conocer la relación de los potenciales hídricos diurnos y estacionales, con la disponibilidad del contenido de humedad del suelo y describir si ocurre ajuste osmótico entre las especies como un mecanismo potencial de la adaptación al estrés por sequía estacional.

## Materiales y métodos

### *Sitio de estudio*

El estudio se llevó a cabo dentro del Área Experimental de Matorral de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizada a 10 km al sureste de Linares,

\* Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Apartado Postal 41, Linares, N.L. 67700 México. E-mail: humberto@fcf.uanl.mx

NL, México (24°47' LN; 99°32' LO, a una altitud de 350 m). El clima de la región es típicamente semiseco, muy cálido, con lluvia en el verano. Las temperaturas promedio mensuales oscilan desde 14.7°C en enero, a 22.3°C, en agosto. La precipitación promedio anual fluctúa de 500 a 700 mm.<sup>10</sup>

## Material vegetal y determinación de potenciales hídricos y osmóticos

Con el fin de cumplir los objetivos propuestos, diez especies de plantas arbustivas fueron seleccionadas. Cuatro de ellas: *Acacia berlandieri* Benth o Guajillo (Fabaceae), *Pithecellobium ebano* (Berl.) Muller o Ébano (Fabaceae), *Cordia boissieri* DC. o Anacahuita (*Boraginaceae*) y *Helietta parvifolia* (Gray) Benth o Barreta (*Rutaceae*), se encontraban previamente establecidas en una plantación con dimensiones de 8 m por 8 m, con un espaciamiento entre plantas de 2 m y con una edad de aproximadamente 16 años.

Las seis especies restantes fueron: *Pithecellobium pallens* (Benth) Standl o Tenaza (Fabaceae), *Acacia rigidula* Benth o Chaparro Prieto (Fabaceae), *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg o Vara Dulce (Fabaceae), *Diospyros texana* Scheele o Chapote (*Ebenaceae*), *Randia rhagocarpa* Standl o Crucillo (*Rubiaceae*), y *Bernardia myricaefolia* (Scheele) Watts. u Oreja de Ratón (*Euphorbiaceae*). Dichas especies fueron elegidas aleatoriamente de una parcela representativa (20 m por 20 m) y sin disturbio del matorral espinoso.

En las diez especies, las determinaciones de los potenciales hídricos y osmóticos se realizaron a intervalos de 14 días. En cada fecha de muestreo, cuatro plantas (repeticiones) representativas y permanentemente etiquetadas fueron elegidas aleatoriamente de las parcelas experimentales. En cada fecha de muestreo, las determinaciones de los potenciales hídricos foliares fueron realizadas a partir de ramillas terminales, efectuando estas mediciones a las 06:00 (amanecer) y 14:00 horas (tarde), en cada arbusto marcado durante el periodo experimental. El periodo de estudio para las especies de la plantación correspondió a las fechas entre abril 23 de 1997 y septiembre 22 de 1998, mientras que para las especies de la parcela del matorral sin disturbio, el periodo de estudio comprendió las fechas entre septiembre 10 de 1998 y septiembre 11 de 1999. El potencial hídrico se realizó utilizando una

bomba de presión tipo Scholander.<sup>9,11</sup> Simultáneamente, al momento de la escisión de la ramilla o tejido foliar, cuatro discos de tejido foliar maduro (0.19 cm<sup>2</sup>) fueron muestreados de cada planta para realizar las determinaciones de potenciales osmóticos.<sup>12</sup> Variables ambientales, tales como temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), precipitación (mm), y contenido gravimétrico de la humedad del suelo fueron registradas.

## Resultados y discusión

### Variabilidad estacional en el potencial hídrico

Los patrones estacionales de los potenciales hídricos foliares para las diez especies de plantas arbustivas evaluadas se presentan en la figura 1. Durante el periodo de estudio de las cuatro especies en la plantación, dos periodos de sequía fueron registrados; el primero ocurrió entre julio 2 y septiembre 26 de 1997; mientras que el segundo, y más severo, se registró entre diciembre 17 de 1997 y agosto 13 de 1998 (figura 1A). Los potenciales hídricos al amanecer durante el periodo más húmedo (de abril 23 a junio 19 de 1997) promediaron valores entre -0.18 y -0.68 MPa para las especies *C. boissieri* y *P. ebano*, respectivamente, mientras que para el periodo más largo y seco (de febrero a julio de 1998; figura 1A), los valores de los potenciales hídricos fluctuaron entre -5.0 y -7.3 MPa para *A. berlandieri* y *H. parvifolia*, respectivamente (figura 1A). Estos resultados fueron asociados a un gradual abatimiento en el contenido de humedad del suelo, conforme el estudio progresaba y a eventos de lluvia de baja precipitación y altas temperaturas (datos no presen-



Bomba de presión para determinar el potencial hídrico

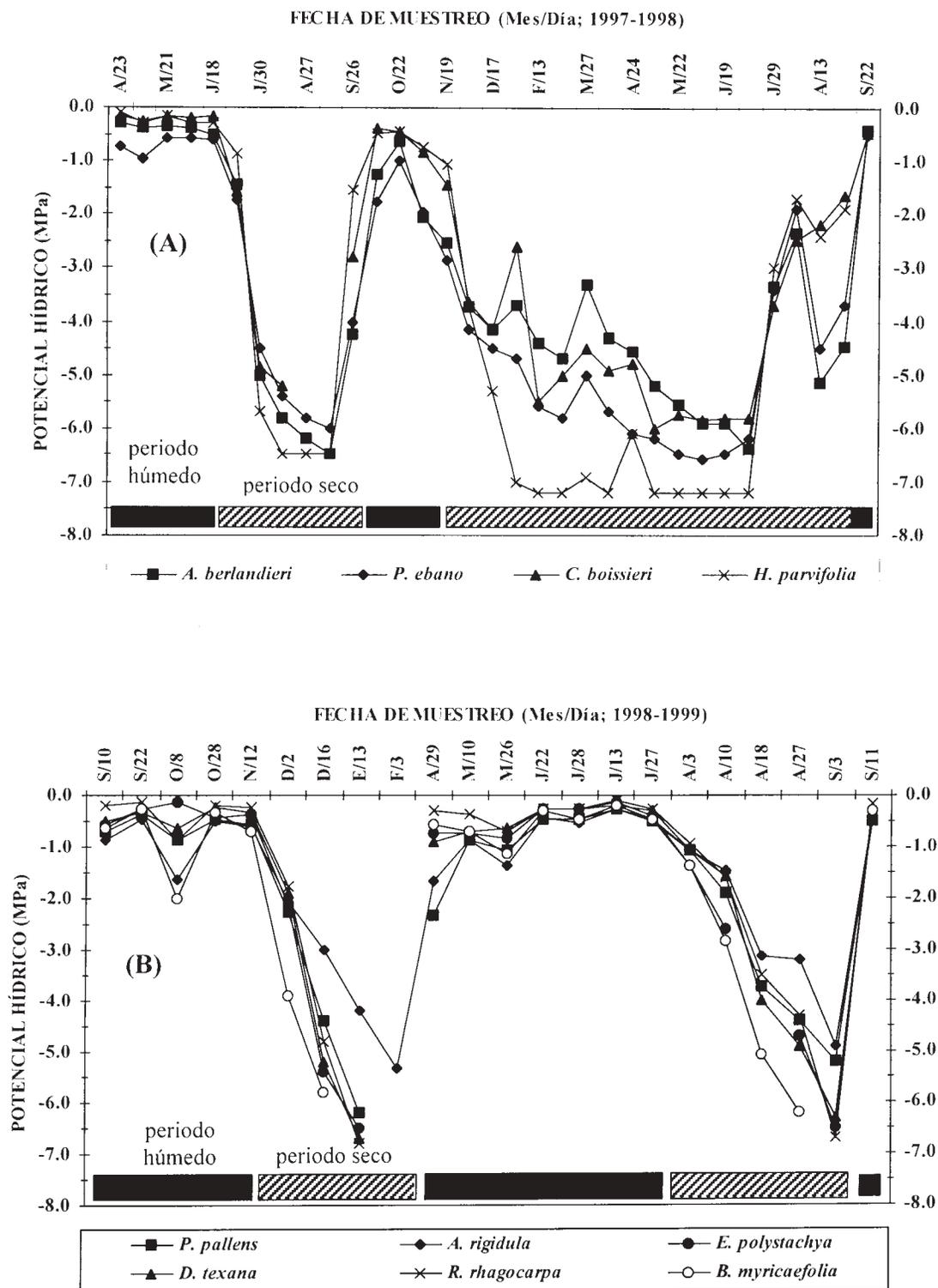


Fig. 1. Variaciones estacionales de los potenciales hídricos al amanecer en especies arbustivas evaluadas en la parcela de la plantación (A; entre abril 23 de 1997 y septiembre 22

de 1998) y del matorral sin disturbio (B; de septiembre 10 de 1998 a septiembre 11 de 1999) en el sitio de estudio. Los periodos húmedos y secos son denotados dentro del gráfico.

tados). Similarmente, durante el periodo de estudio de las seis especies en el matorral sin disturbio, dos periodos secos fueron observados: el primero ocurrió entre noviembre 12 de 1998 y abril 29 de 1999, y el segundo se registró entre julio 27 y septiembre 3 de 1999; ambos tuvieron un efecto en la disminución del potencial hídrico al amanecer (figura 1B). Aunque los periodos secos fueron asociados a bajas precipitaciones, las reducciones en el potencial hídrico fueron debidas a las bajas y altas temperaturas durante el primero y segundo periodo, respectivamente. Los valores de los potenciales hídricos máximos (-0.10 MPa) y mínimos (-0.27 MPa) durante el periodo más húmedo fueron observados en *R. rhagocarpa* y *A. rigidula*, respectivamente. En cambio, durante el periodo más seco, máximos (-4.9 MPa) potenciales hídricos al amanecer fueron observados en *A. rigidula*, mientras que los valores mínimos fluctuaron entre -6.3 y -6.7 MPa para *D. texana* y *R. rhagocarpa*, respectivamente (figura 1B).

Durante los dos periodos secos registrados en la parcela del matorral sin disturbio, las especies más susceptibles y más tolerantes a la sequía fueron *B. myricaefolia* y *A. rigidula*, respectivamente. De hecho, conforme el estrés hídrico se desarrolló en el suelo, se presentó una disminución muy pronunciada en los potenciales hídricos de *B. myricaefolia*, con respecto a las otras cinco especies estudiadas. Además, mientras *A. rigidula* adquirió valores de potenciales hídricos en el rango de -4.0 a -5.5 MPa, los potenciales hídricos en *B. myricaefolia* no pudieron ser determinados, ya que sus valores estuvieron por debajo del límite de calibración de la bomba, el cual en este estudio fue -7.3 MPa.

Las fluctuaciones estacionales en los potenciales hídricos al amanecer, en las diez especies, mostraron una considerable respuesta a la precipitación, la cual determinó de hecho el patrón de disponibilidad hídrica en el suelo. Otros factores asociados a las variaciones en los potenciales hídricos fueron las propiedades físicas del suelo. Por ejemplo, durante la estación más seca en la parcela de plantación, el mayor estrés hídrico foliar se observó en *H. parvifolia*, ya que su sistema radicular superficial (según observaciones de campo) se confinó a una profundidad de suelo de 40 cm; además, esta especie se encontraba establecida en un suelo de textura gruesa o arenosa. En cambio, las otras tres especies de la plantación presentaron potenciales hídricos relativamente mayores, presumiblemente debido a sue-

los más profundos y de clase textural más fina o arcillosa. Otro posible factor relacionado a elevados potenciales hídricos durante los periodos secos (tal como fue observado en *A. berlandieri*, *P. ebano*, *P. pallens* y *A. rigidula*) se debió tal vez a la presencia de una raíz pivotante profunda, cuyo sistema radicular aparentemente tendría acceso a un mayor volumen de agua en el suelo, tal como ha sido documentado.<sup>13</sup> Al igual que en la presente investigación, respuestas similares en los potenciales hídricos han sido observadas en otras especies de arbustivas tales como: *Larrea tridentata*,<sup>14</sup> *Prosopis glandulosa*,<sup>2,14</sup> *Berberis trifoliata*, *Diospyros texana*, y *Zanthoxylum fagara*, cuando fueron expuestas a un estrés de sequía.<sup>2</sup>

Dos procesos fisiológicos básicos pueden ser explicados en respuesta a los bajos potenciales hídricos: 1) se puede establecer que las estructuras rígidas de las hojas pueden prevenir el colapso celular por la deshidratación inducida, lo cual permite inferir que el ajuste osmótico (activo o pasivo) pudo haber ocurrido al menos a un valor por debajo del potencial hídrico para mantener el potencial de turgencia y 2) el posible aumento en las propiedades elásticas de las paredes celulares de la hoja pudo haber contribuido al mantenimiento de la turgencia más que a los cambios en el potencial de solutos, del cual en algunos casos, parece haber cambios muy grandes, entre -3.0 y -4.0 MPa. En este sentido se ha sugerido que estos dos mecanismos tienen el mismo efecto en diferentes especies de plantas; evitar el estrés mecánico en la capa del protoplasto y particularmente en la membrana plasmática.<sup>13,15</sup>

## Potencial osmótico

La disminución en el potencial osmótico, a través de la acumulación de solutos en condiciones de estrés hídrico, ha sido documentado como un criterio fisiológico de la adaptación a la sequía.<sup>7,14,16</sup> Los cambios en el potencial osmótico, al amanecer en el experimento mixto, fueron evaluados en condiciones de altos (0.238) y bajos (0.138), contenidos de humedad ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) en el suelo (figura 2). En condiciones de alta humedad en el suelo, los valores máximos (-1.16 MPa) y mínimos (-2.09 MPa) de potenciales osmóticos fueron observados en *B. myricaefolia* y *A. rigidula*, respectivamente, mientras que en condiciones de baja humedad en el suelo, los valores en el potencial osmótico variaron de -

2.74 (*E. polystachya*) a  $-4.04$  MPa (*D. texana* y *R. rhagocarpa*). Si se asume que los valores del potencial hídrico en condiciones de óptima y limitada humedad en el suelo representan un verdadero equilibrio con el potencial hídrico del suelo (no determinado en el presente estudio), los resultados anteriormente descritos sugieren que la capacidad de osmorregulación, expresada a través de la variación total en los cambios de potencial osmótico entre los periodos húmedos y secos, varió desde  $-2.65$  (*B. myricaefolia*) a  $-1.11$  MPa (*P. pallens*). El ajuste estacional en el potencial osmótico determinado en el presente trabajo está dentro del rango de valores reportado para otras especies de plantas arbustivas de hábitats desérticos<sup>13</sup> y méxicos<sup>14</sup>.

## Relación agua-suelo-plantas

La relación entre el potencial hídrico foliar y el contenido de humedad en el suelo para las seis especies de plantas arbustivas evaluadas en la parcela de matorral sin disturbio se ilustra en la figura 3.

Los valores de los potenciales hídricos fueron positiva y curvilíneamente relacionados con el contenido promedio de humedad gravimétrica del suelo, para un perfil de profundidad de suelo de 0 a 50 cm. El análisis de regresión mostró que la mejor relación del potencial hídrico (WP) al amanecer como función del contenido promedio de humedad gravimétrica del suelo (ASWC) fue descrita a través de la siguiente ecuación matemática:

$$WP = \beta_0 ASWC^{\beta_1}$$

donde,  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los valores estimados del intercepto en el eje de la ordenada y la pendiente del gráfico, respectivamente.

En la parcela de la plantación, el contenido promedio de humedad gravimétrica del suelo para el perfil de profundidad de 0 a 50 cm explicó entre el 65 y 77% de la variación en el potencial hídrico, en cambio, en la parcela del matorral sin disturbio, esta relación fluctuó entre 66 y 87%. Además, se detectó que valores en el contenido gravimétrico de humedad en el suelo por arriba de 0.17 (parcela de plantación) y 0.15 kg kg<sup>-1</sup> (parcela de matorral sin disturbio), los valores en los potenciales hídricos al amanecer fueron altos y relativamente constantes; con valores por debajo de estos umbrales, los potencia-

les hídricos disminuyen gradualmente. Resultados similares han sido reportados en pastos y plantas arbustivas.<sup>17</sup>

## Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- Sobre una base estacional, las diez especies arbustivas mostraron básicamente la misma tendencia del potencial hídrico ante los cambios de humedad en el suelo. En este sentido, las especies investigadas se agrupan como sigue: 1) altamente responsivas (*H. parvifolia*, *C. boissieri*, *R. rhagocarpa* y *B. myricaefolia*), 2) moderadamente responsivas (*P. pallens*, *E. polystachya* y *D. texana*) y 3) ligeramente responsivas (*A. berlandieri*, *P. ebano* y *A. rigidula*).
- Los patrones estacionales en los potenciales hídricos pueden ser explicados por la disponibilidad hídrica del suelo en un rango de 65 al 87%, el cual depende de la tendencia en precipitación.
- Los valores de potenciales hídricos entre los periodos húmedos y secos fluctuaron entre  $-0.5$  y  $-7.3$  MPa para las diez especies evaluadas. Esto permitió que las plantas mostraran un amplio rango en la plasticidad de sus relaciones hídricas.
- Dado que el ajuste osmótico está relacionado al estrés por sequía, este mecanismo fisiológico fue observado y los valores del ajuste osmótico fluctuaron entre  $-1.11$  y  $-2.65$  MPa.
- En condiciones de altos contenidos hídricos en el suelo, los cambios diarios de los potenciales hídricos foliares pueden estar controlados por la capacidad del tejido foliar, para regular la tasa de pérdida de vapor de agua a través del flujo transpiracional, mientras que en condiciones de bajos contenidos hídricos, las diferencias en los valores de potenciales hídricos están asociados a la capacidad del sistema radicular para absorber agua de capas profundas del suelo.
- Con esta clase de estudios se permite identificar y conocer los patrones de absorción y requerimientos hídricos entre las especies arbustivas y entender los procesos de sucesión vegetal. Con base en ello, se podrán seleccionar aquellas especies tolerantes a la sequía, las cuales pueden ser utilizadas en los diferentes sistemas de uso del suelo en zonas semiáridas.

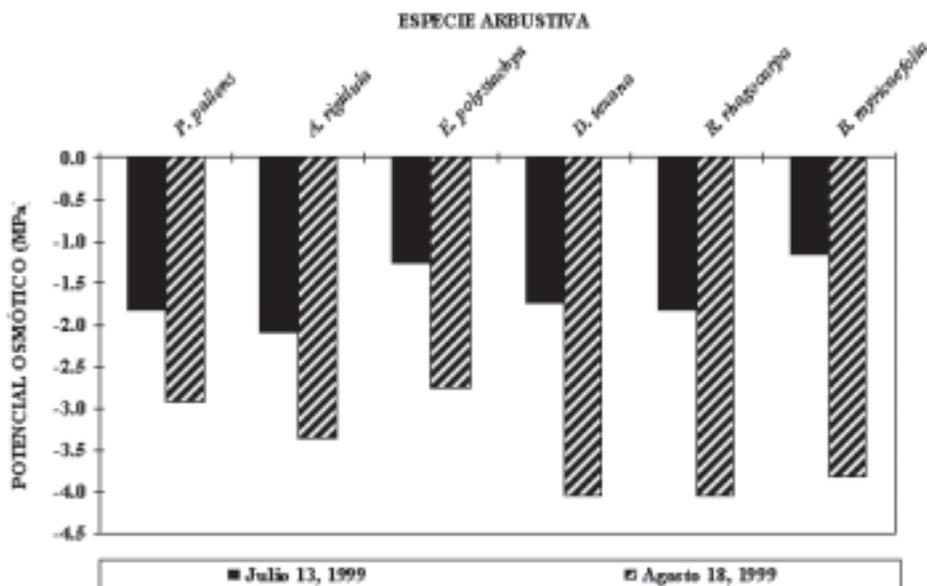


Fig.2. Potenciales osmóticos al amanecer de seis especies arbustivas determinadas en julio 13 y agosto 18 de 1999, en la parcela de matorral sin disturbio. Los contenidos

gravimétricos de humedad para el perfil de profundidad de suelo de 40-50 cm en estas dos fechas fueron  $0.238 \pm 0.011$  y  $0.138 \pm 0.003 \text{ kg kg}^{-1}$ , respectivamente.

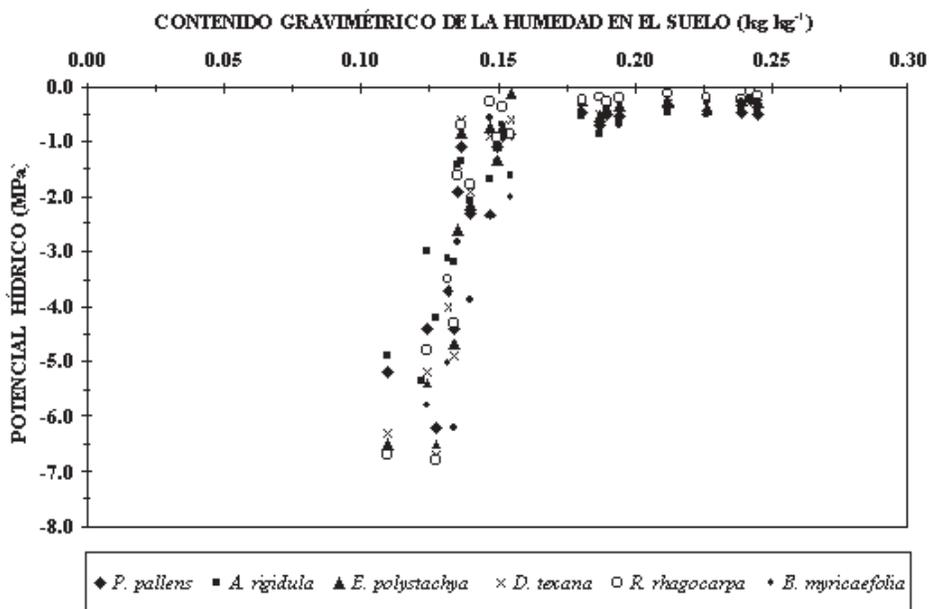


Fig. 3. Relación entre el potencial hídrico al amanecer de seis especies arbustivas y el contenido promedio de humedad gravimétrica del suelo en la parcela del matorral sin

disturbio. Los datos graficados corresponden al periodo experimental, entre septiembre 10 de 1998 y septiembre 11 de 1999, en el sitio de estudio.

## Resumen

Con el objeto de entender de qué manera los potenciales hídricos están relacionados a la disponibilidad hídrica del suelo y describir si ocurre ajuste osmótico como un mecanismo de adaptación al estrés por sequía, fueron investigadas las respuestas adaptativas de diez especies de plantas arbustivas (*Acacia berlandieri*, *Pithecellobium ebano*, *Cordia boissieri*, *Helietta parvifolia*, *Pithecellobium pallens*, *Acacia rigidula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Diospyros texana*, *Randia rhagocarpa*, y *Bernardia myricaefolia*) de la región Noreste de México. Los valores de potenciales hídricos al amanecer entre los periodos más húmedos y secos fluctuaron entre  $-0.5$  y  $-7.3$  MPa para las diez especies estudiadas. La capacidad de osmorregulación fue observada en seis especies arbustivas. Este valor osciló entre  $-1.11$  y  $-2.65$  MPa. Los patrones estacionales de los potenciales hídricos pueden ser explicados por la disponibilidad hídrica del suelo en un rango de 65 al 87%. Los resultados han indicado que la respuesta de las especies arbustivas para evitar el estrés por sequía está relacionado con sus potenciales hídricos y osmóticos y con la respuesta de la interacción ante variables ambientales, específicamente la disponibilidad hídrica del suelo.

**Palabras clave:** Plantas arbustivas, Sequía, Potencial hídrico, Osmorregulación, Humedad en el suelo.

## Abstract

As an approach to understanding how seasonal plant water potentials are related to soil water availability and to describe if osmotic adjustment occurs as a mechanism of adaptation to drought stress, the adaptive responses of ten native shrubs species (*Acacia berlandieri*, *Pithecellobium ebano*, *Cordia boissieri*, *Helietta parvifolia*, *Pithecellobium pallens*, *Acacia rigidula*, *Eysenhardtia polystachya*, *Diospyros texana*, *Randia rhagocarpa*, and *Bernardia myricaefolia*) of the northeastern region of Mexico were investigated. Predawn water potential values between the wettest and driest period ranged from  $-0.5$  to  $-7.3$  MPa for the shrub species studied. The capacity for osmoregulation was noted among six shrub species. This value varied from  $-1.11$  to  $-2.65$  MPa. Seasonal patterns in water potentials could be

explained by the soil water availability in a range from 65 to 87%. The results have indicated that the response of a shrub species to evade drought stress is related to their water and osmotic potentials and to the response of interacting to environmental variables, specifically soil water availability.

**Keywords:** Shrub plants, Drought, Water potential, Osmoregulation, Soil water content.

## Agradecimientos

La presente investigación fue financiada por el International Foundation for Science, IFS, (proyecto D/2610-1), al programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica de la UANL (proyecto PAICYT CT354-00) y al CONACYT (proyecto 4074-N). Los autores agradecen al Dr. Marco Vinicio Gómez Meza, catedrático de la Facultad de Economía de la UANL, por su excelente colaboración en la realización de este estudio. Igualmente, expresamos nuestro agradecimiento a Elsa D. González Serna y Manuel Hernández Charles por su valioso y dedicado trabajo de campo para cumplir con los objetivos propuestos.

## Referencias

1. Reid, N., Marroquín, J. and Beyer-Münzel, P. Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the Tamaulipan thornscrub, northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 1990, 36:61-79.
2. McMurtry, C.R., Barnes, P.W., Nelson, J.A. and Archer, S.R. Physiological responses of woody vegetation to irrigation in a Texas subtropical savanna. *La Copita Research Area: 1996 Consolidated Progress Report*. Texas Agricultural Experiment Station, Corpus Christi, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA, 1996, pp.33-37.
3. Northup, B.K., Zitzer, S.F., Archer, S.R. and Boutton, T.W. 1996. A technique to allocate biomass of woody plants. *La Copita Research Area: 1996 Consolidated Progress Report* 47-50. Texas Agricultural Experiment Station, Corpus Christi, Texas A&M University System, College Station, Texas, USA, 1996, pp.47-50.
4. Kramer, P.J. *Water relations of plants*. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA, 1983,

- pp.390-415.
5. Kozlowski, T.T. and Pallardy, S.G. Physiology of woody plants. Academic Press, Inc., San Diego, California, USA, 2<sup>nd</sup> ed., 1997, pp.269-308.
  6. Boyer, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiology*, 1970, 46:233-235.
  7. Morgan, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 1984, 35:299-319.
  8. Stienen, H., Smits, M.P., Reid, N., Landa, J., and Boerboom, J.H.A. Ecophysiology of 8 woody multipurpose species from semiarid northeastern México. *Annales des Sciences Forestières*, 1989, 46:454-458.
  9. González Rodríguez, H., Cantú Silva, I., Gómez Meza, M.V., Jordan, W.R. Seasonal Plant Water Relationships in *Acacia berlandieri*. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 2000, 14:343-357.
  10. SPP-INEGI. Síntesis geográfica del estado de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Geografía e Informática, México D.F., México, 1986.
  11. Ritchie, G.A. and Hinckley, T.M. The pressure chamber as an instrument for ecological research. *Advances in Ecological Research*, 1975, 9:165-254.
  12. González, R.H., Roberts, J.K.M., Jordan, W.R., and Drew, M.C. Growth, water relations, and Accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant Physiology*, 1997, 113:881-893.
  13. Monson, R.K. and Smith, S.D. Seasonal water potential components of Sonoran Desert plants. *Ecology*, 1982, 63:113-123.
  14. Montaña, C., Cavagnaro, B., and Briones, O. Soil water use by co-existing shrubs and grasses in the southern Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments*, 1995, 31:1-13.
  15. Meier, C.E., Newton, R.J., Puryear, J.D., and Sen, S. Physiological responses of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings to drought stress: osmotic adjustment and tissue elasticity. *Journal of Plant Physiology*, 1992, 140:754-760.
  16. Lemcoff, O.A., Guarnaschelli, B., Garau, A.M., Bascialli, M.E., and Ghera, C.M. Osmotic adjustment and its use as a selection criterion in *Eucalyptus* seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994, 24:2404-2408.
  17. Hesla, B.I., Tieszen, L.L., and Boutton, T.W. Seasonal water relations of savanna shrubs and grasses in Kenya, East Africa. *Journal of Arid Environments*, 1985, 8:15-31.