



Caracterización del arbolado de un sistema pastoril-silvícola del matorral submontano, México

TANIA ISELA SARMIENTO MUÑOZ, EDUARDO ALANÍS RODRÍGUEZ, JOSÉ MANUEL MATA BALDERAS,
JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ, EDUARDO JAVIER TREVIÑO GARZA

La agroforestería es el nombre genérico que describe un sistema de uso de la tierra antiguo y ampliamente practicado, en el cual los árboles se combinan espacial y temporalmente con animales y cultivos agrícolas.¹ De la agroforestería se desprende el sistema pastoril-silvícola, asociación de árboles maderables o frutales con animales (figura 1).^{2,3} En años recientes, muchos ganaderos han empezado a practicar sistemas pastoril-silvícolas, con el fin de incrementar la

productividad de sus tierras y promover la conservación de los recursos naturales.⁴

Entre las diversas bondades que brindan los sistemas pastoril-silvícolas, se ha documentado que cumplen un papel importante para la dispersión de especies nativas de plantas, así como en la conservación

* Departamento de Impacto Ambiental y Desarrollo de Proyectos, Gestión Estratégica y Manejo Ambiental, S.C.
Contacto: tania.sarmz@gmail.com

de animales silvestres.⁵ En términos de productividad, se ha descrito que los árboles presentes en ellos, además de proveer madera para cercas y combustible, generan un microclima mediante la sombra, que es de preferencia para el ganado al proporcionar protección contra la radiación solar.⁶⁻⁸ Asimismo, se prevé que los árboles pueden mejorar el balance hídrico de la vegetación herbácea debajo de ellos, que junto con el incremento de la fertilidad que generan en el suelo aumentan la productividad de herbáceas con respecto al pastizal.^{9,10}

Las investigaciones con respecto a estos sistemas se han generado principalmente en los trópicos y ecosistemas templados del continente; algunas de éstas describen la composición de especies vegetales que los conforman; sin embargo, la mayoría son objeto de estudio desde el punto de vista productivo, en el cual se preconice su importancia y potencial ecológico, pero la evidencia científica que compruebe estas afirmaciones es aún escasa y la información se encuentra dispersa.

En el noreste de México se registra un número limitado de trabajos referentes a la agroforestería.^{11,12} En términos de composición arbórea, Pando y Villalón¹³ elaboraron un estudio sobre el conocimiento local que objeta la sociedad con respecto a los múltiples usos de las especies arbóreas con potencial agroforestal.

La presente investigación evalúa algunos parámetros dasométricos y de diversidad del arbolado presente en un sistema pastoril-silvícola del matorral submontano en el sureste de Nuevo León, México, con el fin de caracterizar y analizar su significado ecológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en un terreno pastoril-silvícola en el rancho Doña Aurora, en el ejido de

San Rafael, municipio de Linares, Nuevo León (noreste de México) (figura 2). Las coordenadas registradas están dentro del rango de los 24°45', en latitud norte, y los 99°40', de latitud oeste, en el suroeste de la región fisiográfica Llanura Costera del Golfo Norte.¹⁴ El clima dominante en esta región es semicálido subhúmedo, en que se registran precipitaciones mayores de 800 mm, debido a los fenómenos de condensación por cambios de altitud en la misma.

El sistema de topoformas pertenece a lomerío suave con bajada, donde los suelos predominantes son los regosoles, y las posibilidades de uso pecuario son de pastoreo extensivo sobre vegetación natural distinta del pastizal.¹⁴

La vegetación predominante es el matorral submontano, que se caracteriza por arbustos o árboles de cuatro a seis metros de alto, con hojas pequeñas, caducifolias y subespinosas, las especies más representativas son *Helietta parvifolia*, *Cordia boissieri*, *Sophora secundiflora*, *Havardia pallens*, *Vachellia rigidula*, *Caesalpinia mexicana*, *Dyospiros texana*, entre otras.¹⁵

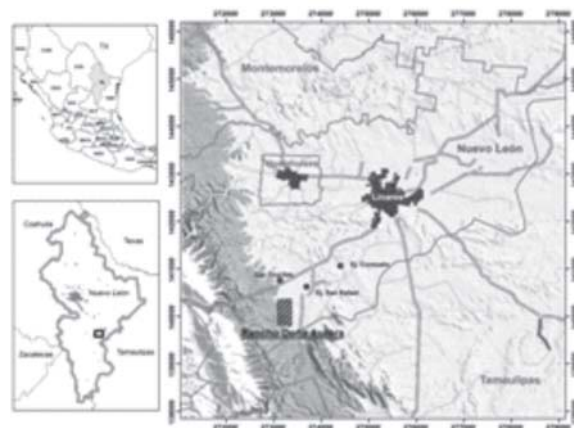


Fig. 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

Análisis de la vegetación

El área de estudio es un matorral submontano donde se realizó un aclareo por lo bajo, que implicó la eliminación de todos los individuos de dimensiones menores a 10 cm de diámetro. La intención de este manejo es modificar la estructura de la comunidad vegetal existente, para crear espacios abiertos donde se puedan establecer pastos y permitir el desplazamiento del ganado. Además, las copas del arbolado proporcionan media sombra, lo que favorece la creación de un microclima para el resguardo del ganado en temporadas de calor; y algunos árboles brindan frutos como follaje caducifolio que los animales aprovechan en ciertas épocas del año.

La evaluación se llevó a cabo mediante el establecimiento de cuatro sitios de muestreo cuadrados de 1600 m², distribuidos completamente al azar. En los sitios de muestreo se evaluaron todas las especies arbóreas y se obtuvieron parámetros dasométricos, consistentes en el registro de la nomenclatura taxonómica, la altura total (h), el diámetro ($d_{0,10}$) en sentido norte-sur y este-oeste; y la cobertura de copa también en sentido norte-sur y este-oeste para cada individuo. El diámetro se midió a 0,10 m sobre la base del suelo, debido a las bifurcaciones que presentaron los individuos a mayor altura, por lo que resulta más práctico y económico realizar una sola medición.¹⁶

Análisis de la información

Para evaluar el significado ecológico de las especies arbóreas, se estimaron los indicadores relativos de abundancia (AR_i), dominancia (DR_i), frecuencia (FR_i) e índice de valor de importancia (IVI),^{17,18} calculados a partir de las siguientes ecuaciones matemáticas:

La abundancia relativa se obtuvo mediante la fórmula:

$$AR_i = \left(\frac{N_i/S}{\sum_{i=1}^n A_i} \right) * 100$$

donde AR_i es la abundancia relativa de la especie i , con respecto a la abundancia total (A_i); N_i es el número de individuos de la especie i , y S la superficie (ha).

Para estimar la dominancia relativa se empleó:

$$DR_i = \left(\frac{Ab_i/S}{\sum_{i=1}^n D_i} \right) * 100$$

donde DR_i es la dominancia relativa de la especie i , con respecto a la dominancia total (D_i); Ab_i el área basal de especie i , y S la superficie (ha).

La frecuencia relativa se obtiene con la siguiente ecuación:

$$FR_i = \left(\frac{P_i/NS}{\sum_{i=1}^n F_i} \right) * 100$$

donde FR_i es la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total (F_i); P_i la frecuencia de la especie i en los sitios de muestreo, y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) se define como:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

donde AR_i es la abundancia relativa; DR_i es la dominancia relativa, y FR_i la frecuencia relativa.

Para estimar la diversidad alfa y la riqueza de es-

pecies se utilizaron el índice de Shannon¹⁹ y el índice de Margalef,²⁰ respectivamente. El índice de Shannon se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

donde S es el número de especies presentes, \ln es logaritmo natural, y p_i es la proporción de las especies $p_i = n_i/N$; donde n_i es el número de individuos de la especie i , y N es el número total de individuos. Con el mismo significado de las variables en común, el índice de diversidad de Margalef (D_a) se estimó con la ecuación:

$$D_a = \frac{(S - 1)}{\log N}$$

La distribución de las especies en tres diferentes zonas de altura se calculó mediante el índice de distribución vertical de Pretzsch,²¹ el cual toma tres zonas de altura: zona I: 80-100% de la altura máxima de la población, zona II: 50-80%, zona III: 0-50%. Posteriormente, se calculó el índice de distribución vertical de especies (A), el cual cuantifica la diversidad de especies y su ocupación en el espacio vertical en la población.²² El índice de distribución vertical se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula matemática:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln(p_{ij})$$

donde S es el número de especies presentes; Z el número de zonas de altura, y p_{ij} la proporción de especies en cada zona de altura:

$$p_{ij} = n_{ij}/N$$

n_{ij} es el número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j), y N el número total de individuos.

RESULTADOS

Se registraron nueve familias, 12 géneros y 13 especies arbóreas (tabla I), siendo la familia *Fabaceae* la mejor representada con cuatro especies, lo cual concuerda con la caracterización del matorral submontano por Canizales *et al.*²³ En cuanto a las especies más representativas en términos de abundancia, dominancia y frecuencia se registraron *Casimiroa pringlei*, *Diospyros palmeri* y *Celtis pallida* (tabla I), lo cual muestra que el disturbio debido a los aclareos por lo bajo no ha sido de alto impacto como en áreas de actividad pospecuaria, donde se reduce la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y las leguminosas se regeneran como las especies más representativas.²⁴⁻²⁶ La representatividad de estas especies también muestra que el área presenta condiciones favorables para el desarrollo de las especies reportadas como características del matorral submontano.^{27,28}

Como resultado de la selección del arbolado en el área, *Casimiroa pringlei*, *Diospyros palmeri* y *Celtis pallida*, que significan 23.07% de las especies registradas, concentran 57.65% del valor de importancia ecológica del área, siendo *Casimiroa pringlei* la de mayor peso ecológico al concentrar 24.5% de este valor (tabla I). Contrario a caracterizaciones del matorral submontano en condiciones naturales, donde los mayores valores de importancia ecológica están dados por las especies *Vachellia rigidula* y *Cordia boissieri*,^{15,23,29} e inclusive en condiciones prístinas²⁷ reportaron a *Helietta parvifolia* como la especie de mayor importancia ecológica.

De acuerdo al índice vertical de especies (A), el estrato I (alto, de 6.9 m a 8.7 m) se encuentra conformado por cuatro individuos de las especies *Havardia pallens*, *Casimiroa pringlei* y *Juglans microcarpa*. El estrato II (medio, de 4.2 m a 6.89 m), que fue el mejor representado, está conformado casi en su totalidad por *Casimiroa pringlei*, *Diospyros*

palmeri, *Celtis pallida*, *Condalia hookeri*, *Ehretia anacua*, entre otros con menor representatividad. *Casimiroa pringlei* fue la especie predominante en este estrato. Por su parte, el estrato III (bajo, menor a 4.19 m) se encuentra conformado principalmente por *Celtis pallida*, *Diospyros palmeri*, *Cordia boissieri*, *Condalia hookeri*, *Casimiroa pringlei* y *Zanthoxylum fagara*; alcanzando *Cordia boissieri* la altura máxima con 4.2 m. Las especies del estrato I poseen una abundancia de 3.60%; el estrato II, de 79.28%; y el estrato III, de 17.12%, lo que indica que el sistema estudiado es cohortal, es decir, que predomina un sólo estrato (II) (figura 3). El índice vertical de especies fue de 2.45, que comparado con su valor máximo de 3.66, se puede inferir que el área está conformada

principalmente por un estrato, el cual está bien representado por un alto número de especies.

Se analizó la abundancia de individuos por hectárea, de acuerdo a las clases diamétricas mediante un gráfico de barras, donde se observa una línea de tendencia lineal negativa en la densidad de individuos, conforme aumenta el diámetro de los mismos (figura 4). Las densidades mayores de individuos (≈ 30 N/ha) se concentran en las clases diamétricas I, II y III. Aunado a esto, y siendo que el diámetro menor registrado es de 9.1 cm, se tiene un sistema que no se encuentra en regeneración, como otros matorrales;^{25,30} sino que sus componentes conforman una masa irregular e incoetánea en la cual los árboles crecen principalmente en diámetro.³¹

Tabla I. Abundancia (N/ha), dominancia (m²/ha), frecuencia e índice de valor de importancia del estrato arbóreo del sistema agroforestal en el matorral submontano

Nombre científico	Abundancia		Dominancia		Frecuencia	I.V.I.
	N/ha	Rel	m ² /ha	Rel		
<i>Casimiroa pringlei</i> (S. Watson) Engl.	45	26.01	1852.83	35.52	12.12	24.55
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	36	20.81	972.95	18.65	12.12	17.19
<i>Celtis pallida</i> Torr.	34	19.65	832.58	15.96	12.12	15.91
<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berl.) I.M.	9	5.20	267.48	5.13	12.12	7.48
<i>Condalia hookeri</i> M.C. Jhonst	13	7.51	326.07	6.25	6.06	6.61
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton et Rose	9	5.20	221.50	4.25	9.09	6.18
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	9	5.20	153.72	2.95	9.09	5.75
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	6	3.47	112.22	2.15	9.09	4.90
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Barneby & J.W. Grimes	5	2.89	190.79	3.66	6.06	4.20
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	2	1.16	101.50	1.95	3.03	2.04
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)	1	0.58	127.24	2.44	3.03	2.02
<i>Juglans microcarpa</i> Berl.	2	1.16	35.11	0.67	3.03	1.62
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	2	1.16	21.69	0.42	3.03	1.53
Suma	173	100	5215.68	100	100	100

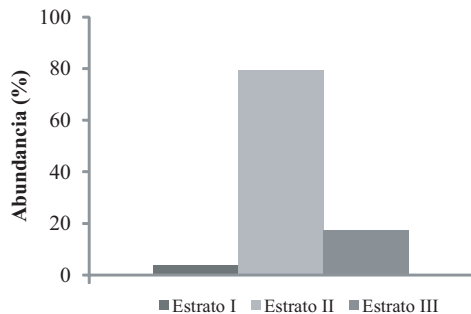


Fig. 3. Distribución vertical de las especies en el área de estudio.

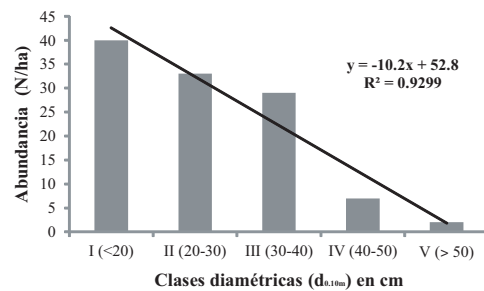


Fig. 4. Abundancia de individuos de acuerdo a clases diamétricas en el sistema pastoril-silvícola.

El área evaluada mostró valores de riqueza $D_{Mg}=2.55$ y de diversidad alfa de $H'=2.04$. Estos valores son similares a los registrados en evaluaciones de distintas áreas del matorral poco perturbado del noreste de México.^{23,32}

CONCLUSIONES

Del estudio se pueden deducir las siguientes conclusiones: 1) en el área de uso pastoril-silvícola dominan tres especies arbóreas: *Casimiroa pringlei*, *Diospyros palmeri* y *Celtis pallida*, con más de 70.13% de dominancia absoluta; 2) en el sistema descrito predomina el estrato II (4.3-6.9 m) de altura, 3) la distribución de las clases diamétricas indican un sistema de masa irregular e incoetánea, 4) los índices de riqueza y diversidad son similares a los registrados en matorrales poco perturbados. Lo anterior muestra que la composición de especies arbóreas en un sistema pastoril-silvícola, determinada por las preferencias iniciales de los ganaderos, puede conservar su potencial ecológico natural.

RESUMEN

Los sistemas pastoril-silvícolas comienzan a practicarse en el noreste de México para incrementar la productividad de la tierra y promover la conservación de los recursos naturales. En el sistema pastoril-silvícola del matorral submontano estudiado se realizaron aclareos por lo bajo. Se estimaron variables dasométricas y ecológicas, registrándose nueve familias, 12 géneros y 13 especies vegetales arbóreas; con una densidad de 173 N/ha, una área de copa de 5216 m²/ha e índices de riqueza ($D_a=2.55$) y diversidad ($H'=2.04$) similares a matorrales sin actividad productiva. Los sistemas estudiados representan una alternativa de producción que mantiene las especies arbóreas nativas con valores aceptables.

Palabras clave: Agroforestería, Sistema pastoril-silvícola, Matorral submontano, Riqueza y diversidad.

ABSTRACT

Silvo-pastoral systems begin to be used in northeastern Mexico to increase land productivity and promote the conservation of natural resources. In the silvo-pastoral system studied, located in a submontane scrub, were selected only trees $d \geq 10$ cm diameter. Dasometric and ecological variables were estimated, registering 9 families, 12 genera and 13 arboreal species, with a density of 173 N/ha, a canopy area of 5216 m²/ha and indexes of richness ($D_a = 2.55$) and diversity ($H' = 2.04$) similar to scrubs with no productivity. The silvo-pastoral system studied represents an alternative of production that keeps native tree species with acceptable values.

Keywords: Agroforestry, Silvo-pastoral system, Submontano scrub, Richness and diversity.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado parcialmente por el Promep/103.5/12/3585.

REFERENCIAS

1. Farrell, J. G., Altieri M.A. (1999). Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. Nordan Comunidad. Montevideo, Argentina. Pp.229-243.
2. Musalem, S .A. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente 8(2): 91-100.
3. Russo, RO. (1994). Sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. Agroforestería en las Américas 1(2):10-13.

4. Ibrahim, M. y Schlonvoigt, A. (1999). Silvopastoral systems for degraded lands in the humid tropics. Environmental friendly silvopastoral alternatives for optimising productivity of livestock farms: CATIE's experience. *Actas de la IV Semana Científica*, CATIE. 6 al 9 abril 1999. pp. 277-282.
5. Harvey C., Haber W. (1999). Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rica pastures. *Agroforestry System* 44: 37-68
6. Bennett I.L., Finch V.A., Holmes C.R. (1985). Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in three breeds of cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 13:227-236.
7. Gaughan J.B., Goodwin P.J., Schoorl T.A., Young B.A., Imbeah M., Mader T.L., Hall A. (1998). Shade preferences of lactating Holstein-Friesian cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 38:17-21
8. Mitlohner F.M., Galyean M.L., McGlone J.J. (2002). Shade effects on performance, carcass traits, physiology, and behavior of heat-stressed feedlot heifers. *Journal of Animal Science* 80:2043-2050.
9. Sanford, W.W.; Usman, S.; Obot, E.O.; Isichei, A.O.; Wari, M. 1982. Relationship of woody-plants to herbaceous production in Nigerian Savannas. *Tropical Agriculture* 59:315-318.
10. Belsky A.J. (1993). Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. *Ecology* 75: 922-932.
11. Delgadillo, A.P. (1999). Integración de un sistema agroforestal bajo condiciones de secano en el noreste de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, México. Pp.103.
12. Maldonado, A.L.J. (1991). El rol de los sistemas agroforestales en zonas áridas y semiáridas (experiencia en Latinoamérica). Reporte científico No. especial 6. FCF, UANL.
13. Pando M.P., Villalón H.M. (2000). Especies arbustivas del matorral tamaulipeco con potencial agroforestal. Reporte científico No. 37. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
14. INEGI (1986). Síntesis geográfica de Nuevo León. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. 170 p.
15. Alanís Flores G. J. (1996). Vegetación y flora de Nuevo León, una guía botánico-ecológica. Impresora Monterrey, S.A. de C.V. San Nicolás de los Garza, N.L. Pp. 1-20.
16. Alanís E., Jiménez, J., Aguirre, O. A., Treviño J. E., Jurado E., González M. A. 2008a. Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *CiENCiAUANL* 11(1):56-62.
17. Mueller-Dombois D., Ellenberg H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley, New York, 547 p.
18. Magurran, A. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
19. Shannon, C. (1948). The Mathematical Theory of Communication. En Shannon, C.E.; Weaver, W. (Ed). Univ. of Illinois Press. pp. 134-154.
20. Clifford, H., Stephenson, W. (1975). An Introduction to Numerical Classification. Academic Press. New York. 229 p.
21. Pretzsch, H. (1996). Strukturvielfalt als Ergebnis Waldbaulichen Handels. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten. Sekt. Ertragskunde. Jahrestagung, Nehresheim. pp. 134-154.
22. Estrada, E.; Villarreal J.; Jurado, E. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 1-18.
23. Canizales P., Alanís E., Aranda R., Mata J., Jiménez J., Alanís G., Uvalle J. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(2): 115-120.
24. Estrada, E., Yen, C., Delgado, A., Villarreal, J. (2004). Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Botánica.* 75(1): 78-85.
25. Jiménez J., Alanís E., González J.L., González M.A., Yerena J.I., Alanís G.J. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *CiENCiAUANL.* 15(58): 66-71.

26. Pequeño, M.A., Alanís, E., Jiménez, J., González, M.A., Yereña, J.I., Cuellar, G., Mora, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva pospecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México.
27. García J., Jurado E. (2008). Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, N.L. México. Revista Ra Ximhai4(1): 1-21.
28. Correa J.B. (1996). Evaluación y cuantificación de los cambios del uso del suelo mediante imágenes de satélite en los municipios de Linares y Hualahuises, N.L. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, México. Pp.47.
29. Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ª edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 p.
30. Alanís E., Jiménez J., Valdecantos, A., Pando M., Aguirre O., Treviño E.J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa postincendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(1):31-39.
31. Araujo, P.A, Iturre, M.C. 2006. Ordenación de bosques irregulares. Cátedra de Ordenación Forestal. FCE, Universidad Nacional de Santiago del Estero.
32. González H. Ramírez R., Cantú I., Gómez M., Uvalle J. (2010). Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León, México. Polibotánica.29: 91-106.

Recibido: 26/07/13

Aceptado: 04/09/14