

MICROSITIOS DEL PASTO NAVAJITA (*Bouteloua gracilis*) EN COMUNIDADES DE PASTIZAL Y DE MATORRAL DEL ALTIPLANO MEXICANO

ROSALVA GARCÍA-SÁNCHEZ Y ARCADIO MONROY-ATA

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal. FES Zaragoza, UNAM. Batalla del
5 de mayo esq. Fuerte de Loreto, col. Ejército de Oriente. C.P. 09230, México, D.F.

E-mails: rosalsvags@correo.unam.mx y arcadiom@servidor.unam.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si hay un tipo de micrositio específico para el establecimiento de *Bouteloua gracilis*, con patrones recurrentes, en dos diferentes tipos de comunidades vegetales. El pasto navajita azul es una especie perenne de alto valor forrajero y resistente a la sequía. Para ello se realizó un recorrido por tres matorrales y tres pastizales del Altiplano Mexicano; los sitios estudiados fueron elegidos con base en los reportes de ejemplares colectados y herborizados. Los resultados muestran, por un lado, que en los pastizales se presentan micrositios más de tipo funcional que físico, que determinan el establecimiento de *B. gracilis*, debido principalmente a los altos requerimientos de humedad edáfica de las semillas para germinar y desarrollarse. El micrositio más frecuente que determina el reclutamiento de los individuos provenientes de semilla es el suelo cercano a individuos adultos de su propia especie. Por otro lado, en los matorrales se detectaron, de manera recurrente, varias condiciones de micrositio para la especie y se observó que el tipo de micrositio es determinante, tanto para el establecimiento como para el crecimiento de este y otros pastos; también, el estudio mostró que en comunidades de matorral existe una mayor diversidad de micrositios que en los pastizales, por lo que se concluye que los individuos de *B. gracilis*, en los matorrales, crecen asociados a micrositios específicos que le brindan protección contra la desecación.

Palabras Clave: *Bouteloua gracilis*, comunidad vegetal, establecimiento, matorral, micrositio.

ABSTRACT

This paper was aimed to determine if there is a specific kind of microsite for the establishment of *Bouteloua gracilis* and if there is a recurrent pattern in two different plant community types. The blue grama perennial grass has a great utilization as forage and it is drought resistant. In order to get this objective, a study on three areas of brushwood and three grasslands in the Mexican Plateau was conducted. The selection of the locations for the study was based on reports of the existence of collected and herborized specimens in the area. On one hand, the results show that there are more functional than physical microsities for the establishment of *B. gracilis* in grasslands. Probably this is due to the fact that the high soil humidity requirements for the seeds to germinate and to develop are found in these locations. The most frequent microsite for the recruitment of new individuals from seeds is in the neighborhood of adults of the same species. On the other hand, several microsite conditions were recurrently detected in brushwood. It was observed that the type of microsite is determinant for both the establishment and the development of *B. gracilis* and other grasses. Furthermore, the results of the study also show that there is a greater microsite diversity in brushwood than in grasslands. It was concluded that the development of *B. gracilis* individuals in brushwood is related to microsities which protect them from dehydration.

Key Words: *Bouteloua gracilis*, plant community, establishment, brushwood, microsite.

INTRODUCCIÓN

Una especie vegetal no puede crecer en cualquier sitio aun cuando su distribución sea cosmopolita, pues todas las plantas tienen una determinada plasticidad fenotípica y fisiológica que les permite desarrollarse y crecer sólo en espacios físicos que presenten un conjunto de condiciones particulares¹. Este espacio y sus condiciones están sujetos a cambios, ya que durante el desarrollo vegetal la planta interactúa de manera creciente en la configuración subterránea y aérea del microambiente que le rodea². Este espacio es único para cada individuo, sin embargo, tiene características comunes con los espacios donde se desarrollan otras plantas de la misma especie. Si se unen las características físicas del microambiente de una planta (microhábitat) con las condiciones funcionales de este sitio particular (radiación fotosintéticamente activa, flujo evapotranspiracional, presión de herbivoría, frecuencia e intensidad del viento, potencial hídrico edáfico, etc.), se obtiene un micrositio de desarrollo de esa planta. El micrositio queda entonces definido como, el ambiente tanto aéreo como subterráneo que rodea a una planta, a partir de su germinación, que permite la supervivencia y desarrollo al proporcionarle los requerimientos suficientes y necesarios para realizar al menos un evento reproductivo exitoso durante su ciclo de vida.

Los micrositios ocurren en forma natural en las comunidades y están conformados por elementos del paisaje físico a nivel de la microtopografía, como rocas, depresiones o bordos, así como por las plantas de los diferentes estratos vegetales, actuando en conjunto o como individuos.

Los micrositios no se encuentran aislados en la naturaleza, ni son estáticos, por el contrario, interactúan, cambian y también pueden trasladarse o combinarse entre sí; asimismo, la cantidad de factores que puede incluir el micrositio lo convierte en una condición compleja. Para caracterizar una condición de micrositio es conveniente detectar los factores ambientales limitantes, ya que son los ejes rectores de la organización de los procesos biológicos y ecológicos de la comunidad.

En relación al pasto navajita azul, se conoce que *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., es una de las especies dominantes de la vegetación de los agostaderos en México, los cuales en su mayoría están sujetos a sobrepastoreo y pisoteo excesivo, que evitan el desarrollo de la comunidad vegetal al disminuir la reproducción de las plantas y al propiciar el establecimiento de especies leñosas o herbáceas menos apetecibles para el ganado^{3,4}. Estas perturbaciones conducen finalmente a que el suelo quede sin protección vegetal, expuesto a los agentes erosivos como el viento y el agua, generando la degradación ecológica de los agostaderos. En algunos lugares, para evitar la pérdida de suelo, se ha recurrido al repoblamiento con gramíneas no nativas de la zona y que tienen la capacidad de resistir a la sequía; así, además de proporcionar protección al suelo, se aumenta la capacidad de retención de agua del mismo⁵. Sin embargo, esta práctica puede

provocar el desplazamiento y/o pérdida de valiosas especies nativas.

El pasto navajita azul es un elemento dominante en los pastizales del centro y norte de México (Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes y norte de Jalisco), donde conforma poblaciones densas casi monoespecíficas; también se le encuentra como elemento codominante en extensos matorrales del centro y norte del país. En los dos tipos de comunidades (pastizal y matorral) se le considera como uno de los pastos nativos con mayor valor forrajero^{6,7}. Este pasto crece en una amplia variedad de suelos y forma macollos bien desarrollados cuando crece en suelos francos, con pH ligeramente ácido (5.5 a 6.5), así como en suelos arenosos profundos nivelados o con pendientes suaves; cuando crece en suelos calcáreos con pH de neutro a ligeramente básico (7.0 a 8.0) o en pendientes gravosas y escarpadas, forma macollos de poca densidad y altura (20 cm aproximadamente), que crecen con distribución discontinua y dan la apariencia de poblaciones poco desarrolladas^{3,6,8-12}. Las temperaturas que se registran en las diferentes zonas de distribución de la especie en México, van de -10°C a 40°C, con precipitaciones de 350 a 800 mm anuales^{9, 13-15}. Sin embargo, *B. gracilis* es un especie que difícilmente se establece por semilla, ya que requiere de un período continuo de 8 a 10 semanas de humedad para su germinación, establecimiento y crecimiento inicial¹⁶ y estas condiciones son poco frecuentes en las zonas áridas y semiáridas de México.

Respecto al establecimiento vegetal, Harper¹⁷ considera que el desarrollo de plántulas a partir de semilla implica una serie de eventos determinísticos y aleatorios dentro de un ambiente heterogéneo, en el cual el grado de heterogeneidad ambiental está referido al tamaño del grano de la semilla; en esta heterogeneidad hay un gran número de propágulos presentes en el banco de semillas, aunque sólo una fracción de ellas germinan y emergen, lo que muestra que la presencia de plántulas depende no sólo de la existencia de semillas, sino de la frecuencia de micrositios favorables para el establecimiento de las especies, lo que se reflejará en los patrones de distribución de las plantas adultas de una cohorte particular.

En relación a los patrones de distribución de las gramíneas en ambientes con sequías estacionales, como los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas, el agua disponible en la superficie del suelo es un requisito indispensable para la germinación y establecimiento inicial de los pastos^{18,19}. Por ello, el establecimiento y crecimiento posterior de las plántulas de gramíneas en estos ambientes están asociados a la presencia de micrositios generados por la acumulación de reservas de agua disponible para la planta en el suelo; estos micrositios se forman como consecuencia de las variadas condiciones microtopográficas del suelo, como grietas, depresiones, grava

superficial, acumulación de restos vegetales, proximidad de plantas vecinas etc., es decir, donde se forman reservas hídricas del suelo, protegidas de la desecación por radiación solar directa y accesible a las plantas. Asimismo, el desarrollo vegetal está estrechamente vinculado con las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Un ejemplo de micrositio de establecimiento vegetal en zonas áridas y semiáridas lo constituyen las condiciones microclimáticas presentes bajo la cobertura de árboles y arbustos, las cuales son normalmente favorables para el establecimiento de otras plantas y por ello a estas leñosas se les denomina plantas nodriza²⁰⁻²³.

La relevancia de conocer las características determinantes del establecimiento del zacate navajita es que es una especie forrajera, perenne, resistente a la sequía, tolerante al pastoreo y que se propaga vegetativamente y por semillas. Sin embargo, su establecimiento a partir de semilla en áreas severamente dañadas es escaso y pueden transcurrir varias décadas sin que se presenten las condiciones favorables para su germinación y desarrollo. En algunos ensayos de siembra directa en campo se ha visto que su escaso éxito se debe posiblemente a la morfología de su raíz. En efecto, Hyder y colaboradores²⁴ señalan la desventaja de que el subcoleóptilo se elonga elevando al coleóptilo hasta la superficie del suelo, donde las raíces adventicias deberán desarrollarse entre 2 y 6 mm bajo la superficie del suelo, que es la zona de mayor desecación. Estas características de la especie sugieren que el establecimiento de *B. gracilis* a partir de semilla dependerá de la disponibilidad de micrositios favorables para su germinación y que se desarrollen, reflejándose en sus patrones de distribución en las diferentes comunidades vegetales. Por ello, este trabajo tiene como objetivo determinar si existe un tipo de micrositio específico para el establecimiento de individuos de *B. gracilis* en comunidades vegetales de pastizal y de matorral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las zonas de distribución de la especie y las localidades de muestreo se ubicaron mediante reportes bibliográficos y la revisión de ejemplares en el herbario MEXU (ubicado en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México). Una vez localizado un sitio particular, se inició la búsqueda de las poblaciones de *B. gracilis*. Si la(s) población(es) estaba(n) presente(s) se procedió a:

- Registrar las coordenadas geográficas de la localidad.
- Realizar una caracterización ecológica general del sitio (tipo de vegetación, estratificación vegetal, especies dominantes y características generales de la vegetación y del suelo).
- Determinar la densidad y diversidad de los estratos vegetales. Para el estrato arbóreo se realizaron dos líneas de Canfield de 100 m; para el estrato arbustivo se utilizaron dos transectos de 50 m de largo por 2 m de ancho y para el estrato herbáceo se realizaron dos transectos de 10 m de largo por 1 m de ancho.
- Caracterizar la heterogeneidad de la condición de suelo que

genera diferentes micrositios; esto se realizó mediante dos líneas de Canfield de 30 m cada una.

- Caracterizar los micrositios en los que crece *B. gracilis*, mediante el registro de las plantas (cepas) que se encontraron a lo largo de dos líneas de Canfield de 100 m cada una (o más cortas si antes se acumularon 100 registros); en todos los casos se describió la condición de micrositio en el que crece la planta, la altura promedio del vegetal, su estado fenológico, diámetro de la cepa y número de tallos florales.

En cada localidad se colectaron ejemplares para herbario y 30 muestras de suelo del entorno de las cepas; el suelo se colectó a los 15 cm de profundidad para su posterior análisis físico-químico. Parte del suelo colectado se utilizó como sustrato para realizar pruebas de germinación. En esta prueba se utilizaron dos condiciones: suelo esterilizado (125°C en calor seco durante 24 hrs) y suelo sin esterilizar, a fin de valorar el efecto que ejerce el suelo y la microbiota sobre la germinación de *B. gracilis*. Como testigo se empleó un lote sobre papel filtro. Cada unidad consistió en lotes de 100 cariopsis sin glumas; los tratamientos se pusieron por triplicado. El análisis físico-químico del suelo se realizó empleando las siguientes técnicas: pH (agua relación 1:1 con potenciómetro), densidad aparente con el método de la probeta, textura con el método de Bouyoucos, nitrógeno total con el método micro-Kjeldhal y fósforo soluble con el método Olsen.

Localidades visitadas (ver Figura 1):

- Localidad "La Monja", Guanajuato. Tipo de vegetación: matorral micrófilo; suelo de origen ígneo, tipo litosol; altitud 2190 m s.n.m.
- Localidad "Dolores Hidalgo", Guanajuato. Tipo de vegetación: pastizal-matorral micrófilo; suelo de origen sedimentario, tipo regosol; altitud 2020 m s.n.m.
- Localidad "Ojuelos", Jalisco. Tipo de vegetación: izotal-matorral micrófilo; suelo de origen ígneo, tipo regosol; cerca de una corriente de agua; altitud 1810 m s.n.m.
- Localidad "Santa Elena", Zacatecas. Tipo de vegetación: pastizal dominado por *B. gracilis*; suelo de origen sedimentario, tipo rendzina; altitud 2020 m s.n.m.
- Localidad "Saltillo-Matehuala", Coahuila. Tipo de vegetación: pastizal-izotal, donde el pastizal es dominado por *B. gracilis*; suelo de origen sedimentario, tipo rendzina; altitud 2020 m s.n.m.
- Localidad "Charcas", San Luis Potosí (carretera Charcas-San Luis Potosí). Tipo de vegetación: matorral espinoso-crasicaulescente (mezquites, huizaches y nopales); suelo de origen ígneo, tipo regosol; altitud 2120 m s.n.m.

RESULTADOS

En el Cuadro I se muestran las características ecológicas de las comunidades analizadas. La riqueza de especies en cada localidad varía desde una sola especie en un pastizal casi puro con árboles muy dispersos, hasta 16 especies en dos comunidades de matorral. El índice de diversidad de Shannon-Wiener mostró que



Figura 1. Localidades analizadas.

Localidad	Número de especies	Índice de diversidad (H')	Densidad de <i>B. gracilis</i> (cepas/m ²)	Micrositios para <i>B. gracilis</i>
La Monja, Gto. (matorral)	11	2.95	4.9	4
Ojuelos, Jal. (matorral)	16	3.35	11.2	4
Charcas, S.L.P. (matorral)	16	2.71	1.9	5
Dolores Hidalgo, Gto. (pastizal)	1	0.0	6.4	2
Santa Elena, Zac. (pastizal)	8	1.94	2.6	4
Saltillo-Matehuala, Coah. (pastizal)	5	1.91	11.0	4

Cuadro I. Características ecológicas de las comunidades vegetales.

la comunidad más diversa fue el matorral de la localidad de Ojuelos, con un índice de $H' = 3.3$, el cual es un valor característico de los matorrales semiáridos²⁵. En general los valores de diversidad son mayores en los matorrales que en los pastizales. La densidad promedio de cepas de *B. gracilis* varía desde 1.9 hasta 11.2 cepas por metro cuadrado. La presencia de micrositios diferentes va desde 2 hasta 7. En general, hay una mayor diversidad de micrositios en las localidades de matorral y menor en las de pastizales, en donde la superficie del suelo es más uniforme.

En el Cuadro II se resumen las características biológicas que presentaron los individuos de *B. gracilis* en cada localidad. El conjunto de estas características muestra el estado general de la planta y de la población. La altura de las cepas fue mayor en la localidad de Santa Elena, donde es baja la densidad de cepas; la localidad de Ojuelos presenta cepas de diámetro reducido (4.7 cm), con alturas promedio de 21 cm y con una frecuencia de 35% respecto a la presencia de espigas, las cuales alcanzan una altura media de 24.5 cm. Las cepas más grandes en diámetro se presentaron en la localidad de Santa Elena (17.0 cm); en la

localidad de Dolores Hidalgo, se encuentran cepas medianas (6.6 cm) con 100% de frecuencia de espigas, las cuales alcanzan en promedio de 37.3 cm de altura, casi la misma altura que las cepas (32.4 cm). En la localidad de Saltillo-Matehuala, las cepas son grandes en diámetro (13.8 cm) y presentaron una alta densidad: 11.0 cepas por metro cuadrado.

Los resultados muestran que las plantas de las localidades que crecen en las comunidades de matorral de la Monja y de Ojuelos, son las que alcanzan un mejor desarrollo vegetal como individuos y como población (talla de espiga y densidad respectivamente), aunque con mayor variación fenotípica, mientras que en las localidades de Santa Elena y de Saltillo-Matehuala, donde domina el pastizal, las cepas son extensas en diámetro y con macollos altos. Sin embargo, la reproducción sexual en los pastizales es tardía y las cepas presentan menor número promedio de inflorescencias que en los matorrales. En los pastizales predomina la propagación vegetativa mediante rizomas.

En el Cuadro III los resultados de los análisis físico-químicos de

Localidad	Altura media de cepas (cm)	Frecuencia de tallos reproductivos (%)	Altura media de tallos reproductivos (cm)	Diámetro medio de cepas (cm)
La Monja, Gto. (matorral)	28.8	98	41.6	5.6
Ojuelos, Jal. (matorral)	21.0	35	24.5	4.7
Charcas, S.L.P. (matorral)	15.3	99	27.2	4.2
Dolores Hidalgo, Gto. (pastizal)	32.4	100	37.3	6.6
Santa Elena, Zac. (pastizal)	33.7	17	29.2	17.0
Saltillo-Matehuala, Coah. (pastizal)	19.4	0	-	13.9

Cuadro II. Características fenotípicas promedio de *Bouteloua gracilis* en cada localidad.

Localidad	pH 1:1 H ₂ O	C.E. dS/m	D.A. g/cm ³	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Nt ppm	P ppm
La Monja, Gto. (matorral)	7.1	226	1.0	28.3	29.7	42.0	0.5	0.7
Ojuelos, Jal. (matorral)	7.1	230	1.7	16.4	31.6	52.0	0.2	0.8
Charcas, S.L.P. (matorral)	7.7	344	1.5	10.0	42.0	48.0	0.8	0.9
Dolores Hidalgo, Gto. (pastizal)	7.3	223	1.0	25.1	22.9	52.0	0.8	0.8
Santa Elena, Zac. (pastizal)	7.6	283	2.2	10.1	30.9	59.0	0.3	0.8
Saltillo-Matehuala, Coah. (pastizal)	7.8	215	2.0	14.4	47.6	38.0	0.8	0.8

C.E.: conductividad eléctrica, D.A.: densidad aparente, Nt: nitrógeno total, P: fósforo soluble

Cuadro III. Características físico-químicas del suelo en cada localidad.

los suelos muestran que no hay diferencias en las propiedades del suelo entre las comunidades. En términos generales son suelos ligeramente básicos, lo que sugiere que son suelos de baja salinidad; salinos; la textura predominante es arenosa. Los contenidos de nitrógeno y fósforo indican que los suelos son medianamente fértiles. En el Cuadro IV se presentan los resultados de las pruebas de germinación de *B. gracilis* realizadas en laboratorio; de ellos destaca el efecto negativo y estadísticamente significativo ($p < 0.5$) de la microbiota del suelo o de alguna sustancia alelopática evaporable al calentar el suelo a 105°C, ya que la germinación en suelo esterilizado casi duplica el porcentaje de germinación respecto al suelo no esterilizado (en 4 localidades). Es importante considerar este resultado si se desea hacer un repoblamiento del zacate navajita en las comunicaciones naturales, mediante la siembra directa de semillas.

En los suelos esterilizados, el porcentaje promedio de germinación más alto fue de 23.6% (localidad de Dolores Hidalgo); en el suelo de la localidad de Saltillo-Matehuala se obtuvo el menor porcentaje promedio con 7.2%. De los suelos sin esterilizar, es también en la localidad de Dolores Hidalgo donde se presenta el mayor porcentaje promedio de germinación con 10.4% y en el suelo de la localidad de Charcas fue en donde se obtuvo el menor porcentaje promedio de germinación (6.4%).

En la Figura 2 se muestran los tipos y la proporción relativa de

los micrositios mejor representados en cada localidad y en el Cuadro V, se presentan las características que definen los tipos de micrositios estudiados en las comunidades vegetales analizadas. Esto permite deducir que hay micrositios comunes a todas las localidades: gramíneas, bajo nodriza, entre rocas y entre grava; las especies que generan los microclimas favorables al establecimiento vegetal pueden ser diferentes, por ejemplo, el micrositio “gramíneas” lo pueden conformar *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula* o *Microchloa kunthii*. Asimismo, los porcentajes de cada tipo de micrositio son variables entre las comunidades. El caso extremo es el micrositio “gramíneas” con valores de 1.2% en un pastizal degradado hasta 45.5% en un matorral conservado.

La heterogeneidad de micrositios muestra también la variabilidad de los factores que influyen en el establecimiento de nuevas plántulas. Por ejemplo, en los micrositios con presencia de gramíneas, la generación de sombra continua y la consecuente retención de humedad en el suelo dependen del tamaño y densidad de tallos del macollo²⁶. Respecto a los micrositios con suelo o grava, éstos se presentaron en porcentajes altos especialmente en las comunidades de pastizal; también se registraron otros tipos de micrositio, aunque en menor proporción, así como una combinación de condiciones ambientales en un mismo micrositio. Esto refleja la diversidad de micrositios en una comunidad vegetal, sin embargo, todos tienen como factor

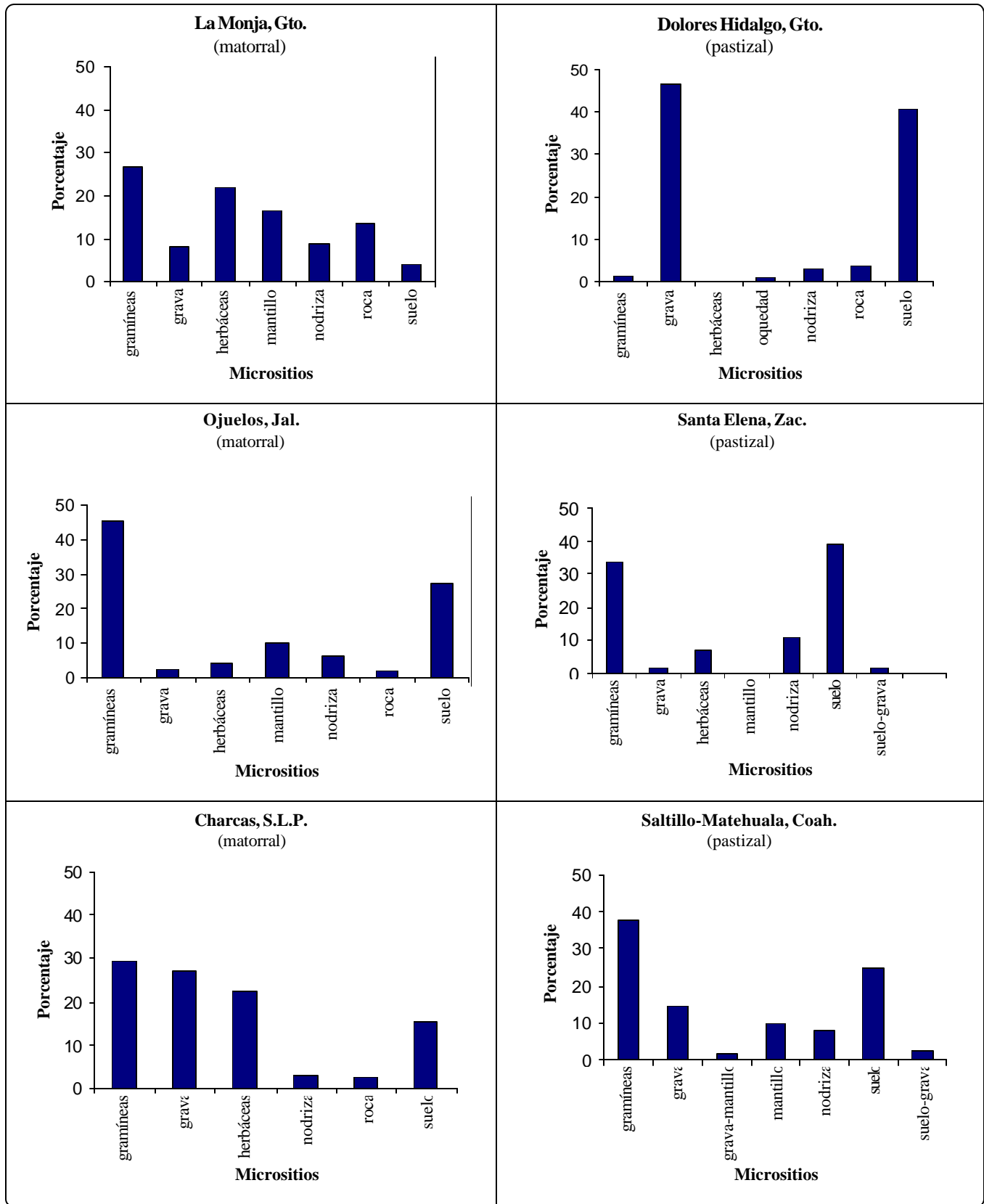


Figura 2. Proporción de tipos de micrositios presentes en cada localidad.

Localidad	Tratamientos	Germinación (%)	Comparación de medias*
La Monja, Gto. (matorral)	Esterilizado	15.6	A
	Sin Esterilizar	7.2	B
Ojuelos, Jal. (matorral)	Esterilizado	11.6	A
	Sin Esterilizar	8.0	A
Charcas, S.L.P. (matorral)	Esterilizado	12.0	A
	Sin Esterilizar	6.4	B
Dolores Hidalgo, Gto. (pastizal)	Esterilizado	23.6	A
	Sin Esterilizar	10.4	B
Santa Elena, Zac. (pastizal)	Esterilizado	15.2	A
	Sin Esterilizar	9.6	B
Saltillo-Matehuala, Coah. (pastizal)	Esterilizado	7.2	A
	Sin Esterilizar	8.0	A
Testigo	Papel filtro	10.4	-

*letras diferentes muestran diferencias significativas (ANOVA con $p < 0.05$)

Cuadro IV. Resultados de las pruebas de germinación al usar el suelo de cada localidad como sustrato.

Micrositio	Características
Gramíneas	Las cepas de gramíneas generan sombra en función de su densidad y de la altura de sus tallos, por lo que los sitios protegidos de la radiación solar directa la mayor parte del día, presentan escasa desecación del suelo.
Grava	La grava sobre el suelo evita parcialmente la evaporación del agua del suelo y lo protege de la desecación, al interceptar la radiación solar; esta condición también favorece la condensación de rocío, sin embargo no son sitios estables, ya que el arreglo de la grava puede cambiar.
Herbáceas	Plantas no leñosas que cubren el suelo de la radiación solar directa y generan un microclima donde las relaciones hídricas son más favorables que en las áreas expuestas; cuando predominan las especies anuales esta condición es efímera, aunque también compiten por la humedad del suelo.
Oquedad	Una oquedad acumula agua de escurrimiento como una microcuenca; la captación de humedad está en función de su profundidad y diámetro; recibe radiación solar directa en el fondo en sólo una pequeña fracción del día.
Mantillo	El mantillo protege al suelo de la evaporación del agua y de la radiación solar directa, permitiendo la filtración del agua en caso de lluvia; también es un amortiguador térmico y aporta materia orgánica al suelo.
Nodrizas	Bajo la cobertura de plantas leñosas, especialmente caducifolias (que aportan materia orgánica al suelo), se generan las llamadas "islas de recursos", donde el microclima y la conservación de la humedad del suelo son favorables para el establecimiento vegetal; esta condición tiene variantes estacionales a lo largo del año.
Roca	Una roca fija cuyo diámetro está entre 10 y 30 cm forma una sombra de humedad bajo la superficie del suelo, la cual puede ser aprovechada para el establecimiento de una plántula.
Suelo	Área de suelo expuesta a la radiación solar y que por su microtopografía, textura y materia orgánica puede acumular agua cerca de la superficie del suelo; esto genera condiciones adecuadas para el establecimiento vegetal en época de lluvias, pero la supervivencia de plántulas es difícil debido a la insolación y a la presión de desecación del suelo.

Cuadro V. Tipos de micrositios que generan reservas hídricas en el suelo favorables para el establecimiento de *B. gracilis*.

común el formar una reserva hídrica en el suelo que esté disponible para la planta.

En la Figura 3 se presentan los porcentajes de cada uno de los

micrositios donde crece *B. gracilis*, registrados en las distintas localidades y se aprecia que, en general, hay una mayor heterogeneidad de microambientes en el matorral respecto al pastizal. Asimismo, se puede constatar la relación entre individuos

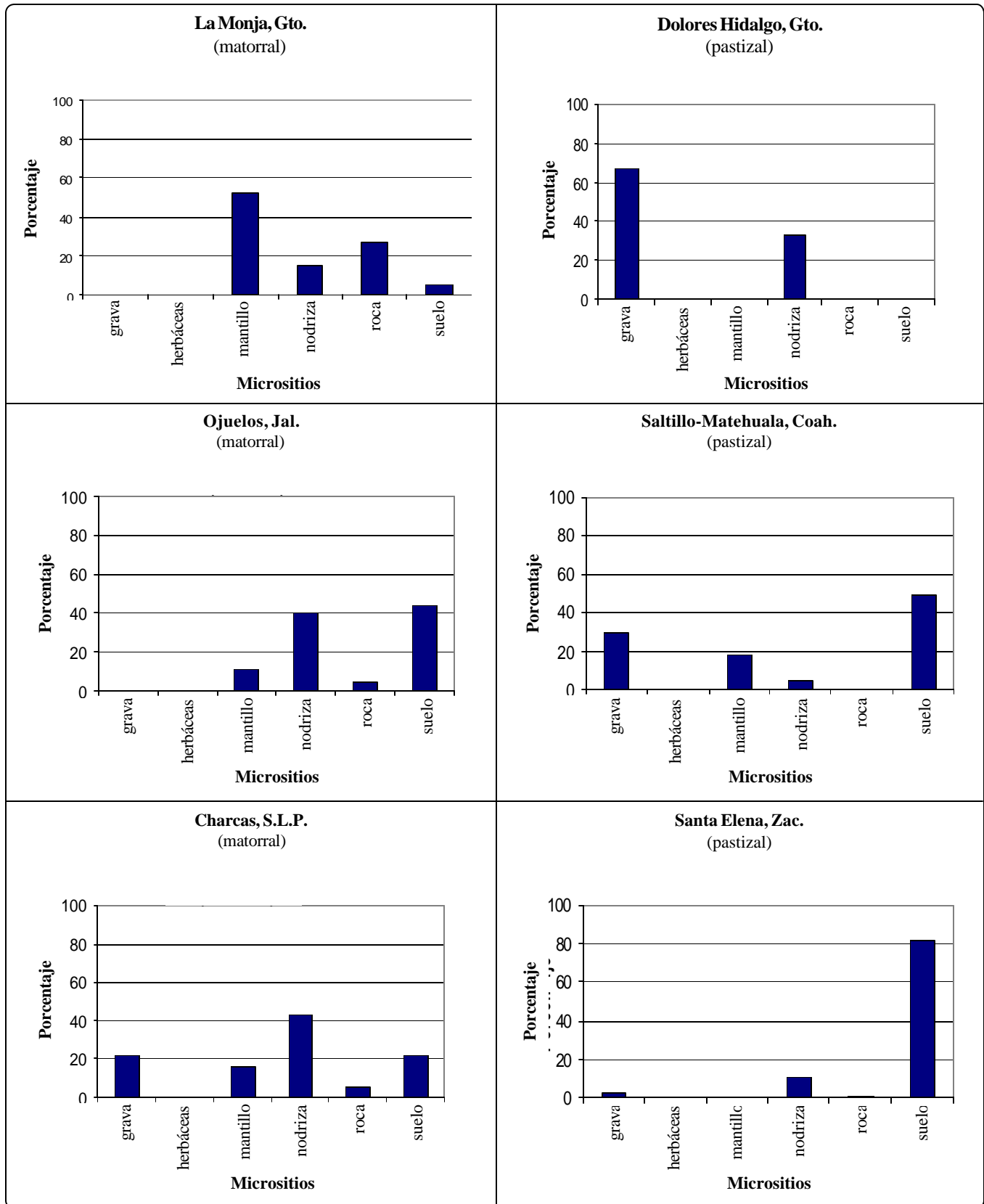


Figura 3. Porcentaje de micrositios donde crece *Bouteloua gracilis* en cada localidad.

del zacate navajita y micrositios físicos reconocibles y recurrentes en los pastizales y en los matorrales. En el caso de los pastizales, es importante destacar que predomina la propagación vegetativa, donde la planta madre proporciona los requerimientos esenciales para el desarrollo del vástago; ello determina que el establecimiento de nuevos individuos provenientes de semilla sea secundario, incluso la literatura reporta que las poblaciones de *B. gracilis* en estos tipos de ambientes tienen un tiempo generacional de aproximadamente 200 años, correlacionado con lluvias excepcionalmente abundantes, por lo que el establecimiento de nuevas plantas a partir de semilla es un evento raro; esto es debido a que se requiere de un micrositio funcional de alta humedad y que sea constante en la superficie del suelo durante unos dos meses, para lograr el establecimiento de esta especie²⁷. En los pastizales y en los matorrales estudiados no se detectó un tipo dominante de micrositio específico; sin embargo, en el caso de los pastizales la condición de micrositio denominada suelo es la que aparece con mayor frecuencia en dos localidades, lo que implica -dada la homogeneidad del sustrato- que los microambientes no son reconocibles físicamente, por lo que su papel es únicamente funcional, además de que las plantas adultas, han configurado su propio entorno a partir del desarrollo del vástago y de sus raíces.

En el pastizal poco perturbado, dominado por *B. gracilis* (localidad de Santa Elena), las poblaciones de este pasto son continuas, con cepas verdes extensas pero cortas en altura. No se encontraron diferencias de talla entre las cepas que crecen asociadas a los pocos individuos del estrato arbustivo y las que crecen fuera de su cobertura; la diferencia se observó en los tiempos de maduración de los tallos florales: son más tardías cuando las cepas crecen bajo la copa de los arbustos, aunque en este caso, la frecuencia de tallos florales es mayor; en este pastizal se observó también la presencia de plántulas provenientes de semilla y con altas probabilidades de que sean de *B. gracilis*.

En el pastizal de la localidad de Saltillo-Matehuala, dominado por *B. gracilis*, las plantas conforman cepas de amplio diámetro con abundante necromasa en el centro, las cuales tienen pocos tallos verdes en la periferia; los tallos viejos son duros y no presentaron estructuras reproductivas. En este pastizal no se detectó la presencia de plántulas de *B. gracilis* ni de otras gramíneas. La presencia de yucas en la comunidad es muy regular, pero su distribución es muy abierta con distancias promedio no menores a 60 m entre yuca y yuca y con 4.0 m de altura en promedio, por lo que no ejercen influencia como plantas nodrizas sobre el pastizal.

Estos resultados muestran que en los pastizales los micrositios son difíciles de distinguir a nivel fisonómico del suelo y de la vegetación, debido a la homogeneidad de las condiciones ambientales en que se desarrollan estas comunidades; sin embargo, los microambientes están presentes a nivel de la reserva de agua en el suelo y su disponibilidad para la plántula,

lo que determina el desarrollo fisiológico del vegetal; asimismo, es muy probable que estas características estén determinadas parcialmente por la cepa inmediata que conforma el micrositio y por la influencia de las plantas vecinas, que también suelen ser cepas de plantas adultas de *B. gracilis*, debido a la sombra que proyectan sobre el micrositio, lo que evita la desecación.

En los matorrales no se encuentran poblaciones densas de *B. gracilis*, sino que los individuos de esta especie forman cepas que se distribuyen dentro de la comunidad sin un patrón definido, separadas generalmente por más de 50 m. Sin embargo, es frecuente encontrar que *B. gracilis* crece en sitios protegidos de la desecación por radiación solar directa, lo que sugiere que la dinámica hídrica de estos micrositios es más favorable que en las áreas no protegidas. En estos matorrales los sitios con protección contra la desecación se encuentran conformados por los manchones de vegetación; en estos "parches" el elemento central es una planta del género *Opuntia* o *Mimosa*, generalmente de menos de 1 m de altura, que se asocia con otros elementos típicos del matorral como jatrofas, otras mimosas y herbáceas anuales, las cuales -en conjunto- generan condiciones microambientales más favorables para el crecimiento vegetal que las encontradas en las áreas expuestas. Dentro de esta gama de condiciones microambientales, es posible distinguir micrositios diferentes que a su vez propician una madurez diferencial entre las plantas que crecen en una y otra condición; asimismo, es probable que estos micrositios brinden además protección contra los herbívoros mayores. Finalmente, también fue posible observar, en los matorrales degradados, la tendencia del pasto navajita, y de otras gramíneas, a crecer en micrositios protegidos.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que los micrositios de establecimiento y desarrollo de plantas de *B. gracilis* son la resultante de un conjunto de factores donde es esencial la presencia de una reserva hídrica en el suelo que esté accesible a la plántula durante su establecimiento. En el micrositio deben reunirse las condiciones suficientes y necesarias para el desarrollo vegetal. Esta condición de micrositio se presenta también en los suelos planos y homogéneos de pastizales solamente en eventos de continua y abundante lluvia y por lo tanto, no se diferencia físicamente a nivel de la microtopografía del suelo, ya que en este caso el micrositio es de tipo funcional; en contraste, en los matorrales -donde hay una mayor heterogeneidad- los microambientes se pueden registrar fisonómicamente al ubicar sitios de acumulación de humedad en la superficie del suelo. Esto significa que hay un tipo de micrositio funcional para esta especie, caracterizado por un suministro hídrico constante durante unas 10 semanas, que adquiere diferentes modalidades, especialmente en las comunidades de matorral. En efecto, la distribución actual de las plantas adultas de *B. gracilis* dentro de los matorrales, muestra una tendencia a ubicarse en micrositios protegidos de la desecación por radiación solar directa. Asimismo, los individuos que crecen en

micrositios con sombra microclimática presentan madurez floral retrasada con respecto a las plantas que crecen en micrositios con mayor radiación solar. Esto permite a los individuos de *B. gracilis*, probablemente, privilegiar una estrategia de escape a la sequía en micrositios expuestos a desecación por insolación. Finalmente se concluye que la diversidad y escala espacial de los micrositios en las comunidades analizadas son función de la heterogeneidad ambiental (microtopográfica y de la vegetación) y del grado de deterioro de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los biólogos E. Fabiola Morales Gómez y Genaro Ochoa de la Rosa su ayuda en la colecta y procesamiento de datos; a Yolanda Maribel Flores Estrada por la edición de las figuras incluidas; asimismo, se agradece a los biólogos Silvia M. Avilés Marín y José C. Cortés Castelán y al Lic. Felipe Patiño L. su ayuda en el trabajo de campo. Finalmente se agradece el apoyo financiero otorgado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, a través de los proyectos PAPIIT IN-214501 e IN-235402.

REFERENCIAS

1. Grime, J.P. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación (Limusa, México, 1982).
2. Monroy A., A. Installation de plantes pérennes de la zone aride soumises à des contraintes hydriques contrôlées. Diplôme d'études approfondies d'écologie appliquée. Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, Francia (1985).
3. Rzedowski, J. Las principales zonas áridas de México. *Bios* **1**: 4-24 (1968).
4. Rzedowski, J. La vegetación de México (Limusa, México, 1978).
5. Gosz, R.J. & Gosz, J.R. Species interactions on the biome transition zone in New Mexico: response of blue grama (*Bouteloua gracilis*) and black grama (*Bouteloua eriopoda*) to fire and herbivory. *Journal of Arid Environments* **34**: 101-114 (1996).
6. González, D.J., Garza, H.M. & Villareal, C. Evaluación de ecotipos de zacate navajita azul *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. y su posible utilización en el desarrollo de variedades mejoradas (U.A.A.N., Saltillo, México, 1976).
7. Rodríguez O., M.E. Estudio de la germinación de cinco especies del género *Bouteloua*, en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura en Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán (1982). 123 págs.
8. Albertson, F.W. & Weaver, J.E.. History of the native vegetation of Western Kansas during seven years of continuous drought. *Ecological Monographs* **14**: 1-29 (1942).
9. Gentry, H.S. Los pastizales de Durango. Estudio ecológico, fisiográfico y florístico (IMRNR, México, 1957).
10. Read, J.J. & Morgan, J.A. Growth and partitioning in *Pascopyrum smithii* (C3) and *Bouteloua gracilis* (C4) as influenced by carbon dioxide and temperature. *Annals of Botany* **77**: 487-496 (1996).
11. García-Moya, E. & Villa, J.V. Factores ambientales que afectan la distribución geográfica y ecológica de *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex Steud., en el Estado de San Luis Potosí. *Agrociencia* **28**: 3-29 (1977).
12. Hernández, X.E. Zácates indígenas. Xolocotzia, Tomo II (UACH, México, 1987).
13. Hernández, X.E. Los pastizales de las zonas áridas y semiáridas del centro y noreste de México. Xolocotzia, Tomo II (UACH, México, 1964).
14. Moreno, M.E. Análisis agrostológico de la zona ganadera de Cananea. Tesis profesional. UACH, México (1965). 68 págs.
15. Rzedowski, J. & McVaugh, R. La vegetación de Nueva Galicia. Contributions from the University of Michigan. *Herbarium* **9**: 1-23 (1966).
16. Lauenroth, W.K., Sala, E.O., Coffin, D.P. & Kirchner, T.B. The importance of soil water in the recruitment of *Bouteloua gracilis* in the shortgrass steppe. *Ecological Applications* **4**: 741-749 (1994).
17. Harper, J.L. Population biology of plants (Academic Press, London, 1977).
18. Hartgerink, A.P. & Bazzaz, F.A. Seedling-scale environmental heterogeneity influences individual fitness and population structure. *Ecology* **65**: 198-206 (1984).
19. Keddy, P.A. & Constabel, P. Germination of ten shoreline plants in relation to seed size, soil particle size and water level: an experimental study. *Journal of Ecology* **74**: 133-141 (1986)
20. Peterson, J.Ch., Carson, P.W., McCarthy, B.C. & Pickett, S.T.A. Microsite variation and soil dynamics within newly created treefall pits and mounds. *Oikos* **58**: 39-46 (1990).
21. Snaydon, R.W. Microdistribution of *Trifolium repens* and its relation to soil factors. *Journal of Ecology* **50**: 133-143 (1962).
22. Watkins, J.A. & Wilson, J.A.. Fine-scale community structure of lawns. *Journal of Ecology* **80**: 15-24 (1992)
23. Valiente B., A. & Ezcurra, E. Shade as cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Ecology* **79**: 961-971 (1991).
24. Hyder, D.N., Everson, A.C. & Bement, R.E.. Seedling morphology and seedling failures with blue grama. *Journal of Range Management* **24**: 287-292 (1971).
25. García-Moya, E. Apuntes del curso Ecología de Agostaderos (Instituto de Recursos Renovables, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, 1996).
26. Rivas M., I.V. Cambios en el vecindario de *Bouteloua gracilis* por la exclusión del pastoreo en "El Gran Tunal", San Luis Potosí. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México (1988).
27. Lauenroth, W.K., Sala, O.E., Milchunas, D.G. y Lathrop, R.W. Root dynamics of *Bouteloua gracilis* during short-term recovery from drought. *Functional Ecology* **1**: 117-124 (1987).