

Ordenación de las comunidades vegetales en el centro del estado de Chihuahua, México

Vegetation ordination in the central part of the state of Chihuahua, Mexico

Guillermo Romero-Figueroa¹, Eduardo Estrada-Castillón⁴, Eloy A. Lozano-Cavazos^{3*}, Miguel Mellado-Bosque², Víctor Ortiz-Ávila²

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México. ⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León. ²Departamento de Nutrición Animal, ³Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
Email: alejandrolzn@yahoo.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Se estudiaron las comunidades vegetales en la parte central del estado de Chihuahua, donde se realizó la muestra a 71 sitios para cuantificar la cobertura de las especies presentes y registrar la altitud, el suelo desnudo y la pendiente del terreno. Las comunidades vegetales que se analizaron comprenden matorral, pastizal y bosque de encino-pino. Para conocer las variables ambientales que tienen mayor influencia en las especies dentro de las comunidades vegetales, se utilizó un análisis multivariado de correspondencia canónica (ACC). Las variables de suelo desnudo y altitud son las que tienen mayor grado de influencia en la distribución de las especies y su composición vegetal. El matorral micrófilo, integrado por los géneros: Larrea, Acacia, Flourensia y Parthenium, prefiere áreas con sitios planos, en altitudes de 1,400 a 1,550 m, mientras que el matorral de Opuntia, Rhus, Mimosa y varias especies de gramíneas: Bouteloua, Aristida, Heteropogon, prefiere áreas másicas con pendiente pronunciada, en altitudes de 1,600 a 1,800 m. Los bosques mixtos de encinos con coníferas: Pinus, Juniperus, Cupressus, se desarrollan en áreas con altitudes de 1,900 a 2,300 m, pendientes someras y menor cantidad de suelo desnudo, o hasta en sitios con mayor cobertura vegetal.

Palabras clave: vegetación, variables ambientales, análisis multivariado

ABSTRACT

A study on community plants in central part of the State of Chihuahua was carried out. Seventy one sampling sites were used to quantify plant species canopy cover, site altitude, bare ground and slope terrain. Plant species communities analyzed were shrublands, grasslands, and pine-oak forest. In order to identify the environmental variables that affect plant species into the communities, a multivariate analysis of canonical correspondence was used (CCA). Bare ground and altitude variables influenced distribution and floristics of plants. The microphyllous shrubland community represented by genus: Larrea, Acacia, Flourensia y Parthenium, preferred sites of flat terrain, with altitudes from 1,400 to 1,550 masl, whereas, Opuntia, Rhus, Mimosa shrubland and some grasslands species such as Bouteloua, Aristida, Heteropogon, preferred more mesic areas with pronounced slopes at altitudes from 1,600 to 1,800 masl. The mixed pine-oak forest (Pinus, Cupressus, Juniperus) thrive better at 1,900 to 2,300 masl, with slight slopes, less bare ground, and in some cases, in sites with greater canopy cover.

Key words: plant communities, environmental variables, canonical correspondence analysis.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua se encuentra en la parte noroeste de México, colindando al norte con Estados Unidos, al este con Coahuila, al oeste con Sonora y al sur con Durango; es el estado más grande de México, con 247,087 km² (INEGI, 2003). Gran parte de su superficie está cubierta con vegetación característica del Desierto Chihuahuense, y casi el 70% del estado está bajo la influencia de un clima árido y semiárido. La parte central de Chihuahua muestra un relieve heterogéneo, lo que propicia cambios en el clima y tipo de suelo, esto a su vez favorece diversas asociaciones vegetales, de entre las que destacan los matorrales y pastizales. Sin embargo, en las montañas de la parte central (cumbres del Parque Nacional de Majalca y sierra El Nido), también se encuentran asociaciones de encino y pino-encino. Actualmente no existe un estudio completo de la flora de Chihuahua, sin embargo, se han realizado algunos sobre varios grupos de plantas como las gramíneas (Valdés *et al.*, 1975; Lebgue y Valerio, 1991; Bettle (1983, 1987, 1991, 1995), leguminosas (Estrada y Martínez, 2003), *Quercus* (Muller, 1979; Nixon, 1998), musgos (Delgadillo, 1998), helechos (Riba, 1998), Acanthaceas (Daniel, 1998), Agavaceas (Gentry, 1982), Asteraceas (Turner y Nesom, 1998), Nolinaceas (García-Mendoza y Galván, 1995), y varios estudios sobre la flora regional, principalmente en el oeste y sur del estado (Laferrière, 1994; Spellenberg *et al.*, 1996; Estrada *et al.*, 1997). Los estudios de vegetación son incompletos en el estado de Chihuahua, ya que la mayoría sólo describen la vegetación de una zona en particular, o las principales comunidades vegetales. Para tener un mejor conocimiento de las asociaciones vegetales de las zonas áridas, con este estudio se pretende definir las asociaciones vegetales en la parte central de Chihuahua, con base en la cuantificación de los valores de cubierta de copas de las principales especies, así como de la correlación de las comunidades vegetales con las variables físicas de esta parte del estado. La ordenación sirve para integrar datos de la comunidad, lo que produce un espacio de bajas dimensiones (típicamente de una a tres) en el cual especies y muestras similares están unidas (Gauch, 1982).

Como resultado de la ordenación surge el acomodo de especies y/o muestras en un espacio de bajas dimensiones, lo que propicia que las entidades similares y las disímiles se separen. Especies con distribuciones similares en el grupo de muestras ocupan posiciones cercanas en el espacio de muestras.

En estudios de ecología, el análisis simultáneo de muchas variables en conjunto, con el fin de poder discernir cuáles factores influyen en una o varias variables, se puede alcanzar con el uso de análisis multivariado, que es una parte de las matemáticas que trata el examen de numerosas variables en forma conjunta y simultánea (Gauch, 1982). En la actualidad, los métodos más comunes de análisis multivariado, especialmente en comunidades vegetales son los componentes principales: ordenación y análisis de gradiente indirecto, y correspondencia canónica: ordenación y análisis de gradiente directo (Digby y Kempton, 1987). En este caso se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), que es la técnica más novedosa en la actualidad para análisis de datos en ecología vegetal. Esta técnica permite, en un diagrama de ordenación, reducir la variación en la composición de la comunidad vegetal respecto a la dispersión de los sitios de muestreo y las especies que la componen.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la cobertura de las especies asociada a variables ambientales de altitud, suelo desnudo y pendiente, en comunidades vegetales de la parte central del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se localiza entre las coordenadas 28°00' - 30°07' N y 104°25' - 106°35' O, con un área de 10,411 km², y se ubica en los municipios de: General Trías, Chihuahua, Coyame, Aldama, Aquiles Serdán, Julimes, Meoqui, Delicias, Ahumada, Camargo y Riva Palacio (Figura 1). La mayor parte del área son llanos, y una pequeña parte, montañas situadas en el Parque Nacional Cumbres de Majalca, al noroeste de la ciudad de Chihuahua. Las rocas presentes son extrusivas terciarias ígneas y sedimentarias del cretácico superior, principalmente de areniscas y calizas tipo (INEGI, 1987b). El clima es de tipo BS0kw y BS0hw, estepario, con 300-400 mm de lluvia anual y una temperatura media anual de alrededor de 16-18 °C; también es BWkw y BWhw, desértico, con 200-300 mm de lluvia anual y una temperatura media de 18-20 °C (García, 1973). El área de estudio está localizada en dos provincias fisiográficas: Sierra y Llanuras Tarahumaras, así como Sierras y Llanuras del Norte; esta última comprende tres subprovincias fisiográficas: Bolsón de Mapimí, Llanuras y Sierras Volcánicas, así

como Sierras Plegadas del Norte (INEGI, 1987a), de acuerdo con Rzedowski (1978) ambas zonas están en la Provincia Xerofítica Mexicana (Figura 1).

Métodos

Se realizaron cinco visitas preliminares al área de estudio entre 1998-2006. Con base en estas visitas y en la interpretación de cartografía digital, se seleccionaron 71 sitios de muestreo al azar (Figura 1). La distribución de sitios de muestreo fue la siguiente: 22 parcelas en matorral, 22 en comunidades de pastizal (climáticos), ocho en bosque de pino-encino, 15 en encinares y cuatro en pastizal halófito (edáfico). La cobertura de especies arbustivas y arbóreas se cuantificó con líneas de puntos, donde cada línea tuvo una longitud de 100 m y 100 puntos equidistantes de 1 m (Muller-Dumbois y Ellenberg, 1974), y en cada sitio de muestreo se cuantificaron cinco líneas. Para el muestreo de pastizales se siguió la misma metodología, excepto que los puntos equidistantes estuvieron separados 0.5 m (Heitschmidt *et al.*, 1970; Muller-Dumbois y Ellenberg, 1974;

Haase y Schreiber, 1972; Phillips & MacMahon, 1978; Bonham, 1980). Las plantas colectadas se depositaron en el herbario CFNL (Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León), ANSM (Saltillo, Coahuila, México), MEXU (México, D.F.), TEX (Austin, Texas), BRIT (Forth Wort, Texas) (Holmgren *et al.*, 1990).

Los valores de cobertura total se transformaron (estandarizados) a coberturas relativas (Gauch, 1982) y se analizaron en conjunto con las variables físicas, con el programa estadístico Canoco (versión 4.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza de especies

Se registraron 40 familias, 118 géneros y 219 especies de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros son: *Poaceae* (24), *Asteraceae* (23), *Fabaceae* (17), *Amaranthaceae* (4), *Cactaceae* (3), *Euphorbiaceae* (3), *Oleaceae* (3) y *Nyctaginaceae* (3) (Figura 2); las de mayor número de especies: *Poaceae*

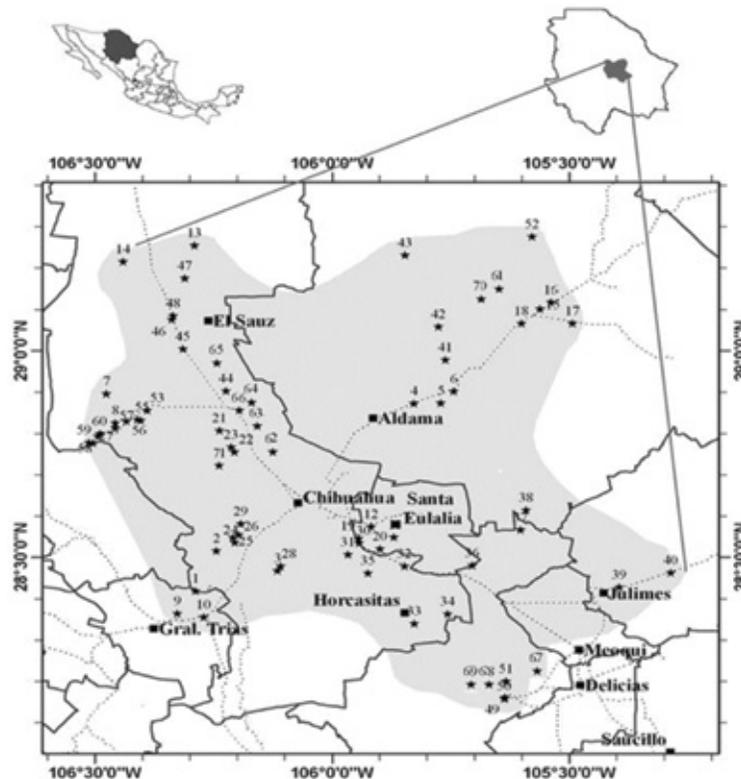


Figura 1. Área de estudio (sombreado) y los 71 sitios de muestreo (estrellas negras) en la parte central del Estado de Chihuahua.

(59), *Asteraceae* (43), *Fabaceae* (31), *Fagaceae* (12), *Pinaceae* (5), *Nyctaginaceae* (5), *Amaranthaceae* (5), *Agavaceae* (5), *Cactaceae* (4) y *Euphorbiaceae* (4) (Figura 3), y los géneros con más especies: *Muhlenbergia* (14), *Quercus* (12), *Bouteloua* (10), *Brickellia* (6), *Acacia* (6), *Pinus* (5), *Aristida* (5), *Viguiera* (5), *Eragrostis* (4) y *Stevia* (4) (Figura 2) y (Figura 3).

Del total de especies registradas, 68 tuvieron valores de cobertura mayor de 10% que fueron las que se utilizaron para el análisis de correspondencia canónica.

Análisis de correspondencia canónica

Se realizaron análisis en 71 sitios de muestreo y 68 especies de plantas vasculares, de cobertura mayor al 10%. Primero se realizó un análisis exploratorio para observar el comportamiento de las variables bióticas y las ambientales, a partir del cual se detectó una inercia total de 15.28. La prueba de permutación de Montecarlo arrojó valores de *eigenvalue* = 0.782, *F-ratio* = 3.612 y *P-value* = 0.0020, lo que indica una alta correlación de las variables dependientes (bióticas = cobertura) y las variables ambientales (eleva-

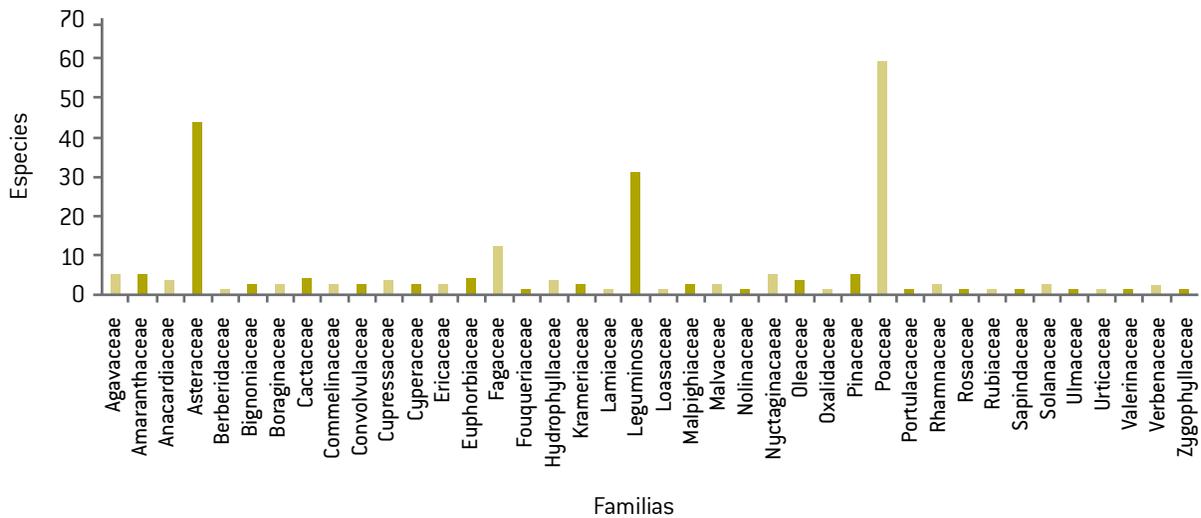


Figura 2. Familias con su respectivo número de especies.

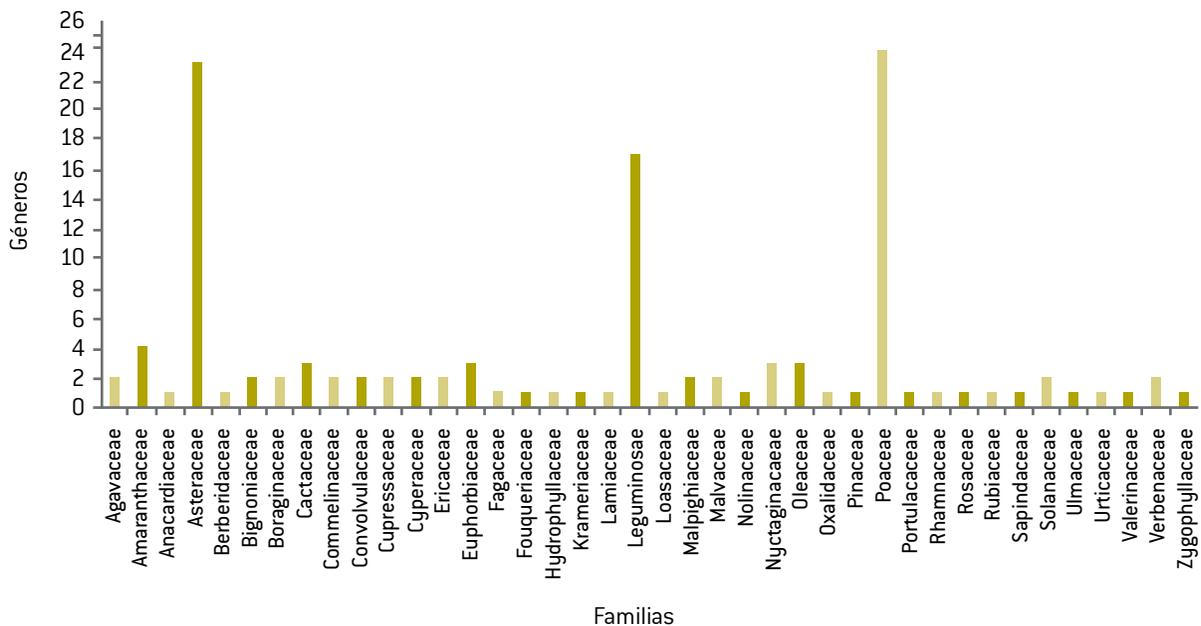


Figura 3. Familias con su respectivo número de géneros.

ción, pendiente y suelo desnudo). El primer eje de ordenación acumuló un total de 78% de la varianza total, lo que indica una alta separación de especies relacionadas con sus variables ambientales.

El factor de inflación en el ACC muestra que no hay variables redundantes entre ellas, pues los resultados no son extremos (no hay valores mucho mayores entre ellas).

Ordenación de sitios

El Cuadro 1 muestra el resumen del análisis de correspondencia canónica para la ordenación global de los sitios en el centro del estado de Chihuahua. En este caso se observa que los gradientes son altos: 0.776, 0.320 y 0.20 para los tres primeros ejes, respectivamente (Cuadro 1).

El primer eje de ordenación (0.776) es alto, lo que implica que se trata de un gradiente fuerte que acumula gran parte de la varianza; el segundo es más débil (0.320), en tanto que el tercero lo es aún más (0.2). La cantidad de variación total, que se explica con la variación ambiental, es la misma que la suma de todos los eigenvalores canónicos.

Las correlaciones especies-ambiente son altas, como lo demuestran los resultados obtenidos en los tres primeros ejes: 0.933, 0.736 y 0.678, pues en CCA se maximiza la relación entre especies y variables ambientales.

El porcentaje acumulativo de varianza de los datos de las especies implica que el primer eje explica el 6.6% de la variación total (inercia) en el grupo de datos. Tomados juntos los dos primeros ejes, explican cerca de un décimo de la variación total (9.3%). Observar que $6.6 = 100 \times$ primer eigenvalor/inercia total.

El porcentaje acumulativo de varianza de la relación entre especies-ambiente expresa la cantidad de inercia explicada por los ejes, como una fracción de la inercia total explicada, de tal forma que los dos primeros ejes de este caso, tomados juntos, muestran el 84.5% que se puede explicar por las variables. Observar que $59.6 = 100 \times$ primer eigenvalor/inercia total.

De las correlaciones que se muestran en el Cuadro 2, se puede inferir que el primer eje es un gradiente de elevación que se genera a partir de la respuesta de las especies que componen las comunidades vegetales, en los diferentes niveles altitudinales donde se distribuyen, así como de la pendiente presente en las lomas, serranías y montañas del área; el segundo eje está definido por las características edáficas visibles, en este caso el suelo desnudo, y en segundo término por la pendiente (Cuadro 2).

El eje 1 es el más importante en la ordenación de las especies respecto con los sitios y variables ambientales. La elevación ($r = 0.915$ y coeficiente canónico = 1.10) define el principal atributo de distribución de las especies y es la principal variable que separa los

Cuadro 1. Resumen del análisis de correspondencia canónica para la ordenación global de sitios de la vegetación en el centro del estado de Chihuahua.

Ejes	1	2	3	4	Inercia total
Eigenvalores	0.77	0.32	0.22	0.11	12.21
Correlaciones especies-ambientes	0.93	0.73	0.67	0.57	
Porcentaje acumulativo	6.3	8.9	10.8	11.6	
Porcentaje acumulativo de varianza de la relación especies ambiente	54.1	76.9	92.6	100	
Suma de todos los eigenvalores					12.21
Suma de todos los eigenvalores canónicos					1.42

Cuadro 2. Correlaciones intragrupo (entre variables ambientales y los dos primeros ejes de ordenación de la vegetación en el centro de Chihuahua).

Variable	Eje 1	Eje 2
Elevación	0.915	-0.141
Pendiente	0.276	-0.2989
Suelo desnudo	-0.266	0.6823

diferentes grupos de especies, así como los diferentes tipos de sitios. Se pueden definir dos gradientes de elevación: especies que se desarrollan en sitios con altitudes mayores a los 1000 m, y aquellas cuya distribución se presenta por debajo de esas cotas altitudinales. Se pueden reconocer, entonces, especies que se distribuyen en las zonas de montaña, en climas más

fríos, cuya estructura se define como arbóreo, con mayores niveles de cobertura; y especies que se distribuyen en zonas de planicie baja, en climas áridos, con estructura de matorral o propia de pastizal, cuyos niveles de cubierta vegetal son menores. La pendiente ($r = 0.276$) se relaciona directa y positivamente con la altitud (mayor), especialmente en áreas montañosas, cuya fisiografía es heterogénea con respecto a las planicies, con las cuales se relaciona negativamente (coeficientes canónicos = -0.103). El suelo desnudo ($r = -0.266$) se relaciona negativamente con la altura: a mayor altura de los sitios, las especies muestran mayor nivel de cobertura y viceversa, las áreas de bosque de las montañas sustentan mayores valores de cobertura que los presentes en los matorrales de las planicies bajas (coeficiente canónico 0.182).

El diagrama de ordenación completo para las variables ambientales se muestra en la Figura 4, en el que se observa que los vectores (flechas) de mayor longitud corresponden a estas variables, tanto en el eje 1 como en el eje 2 (Figura 4).

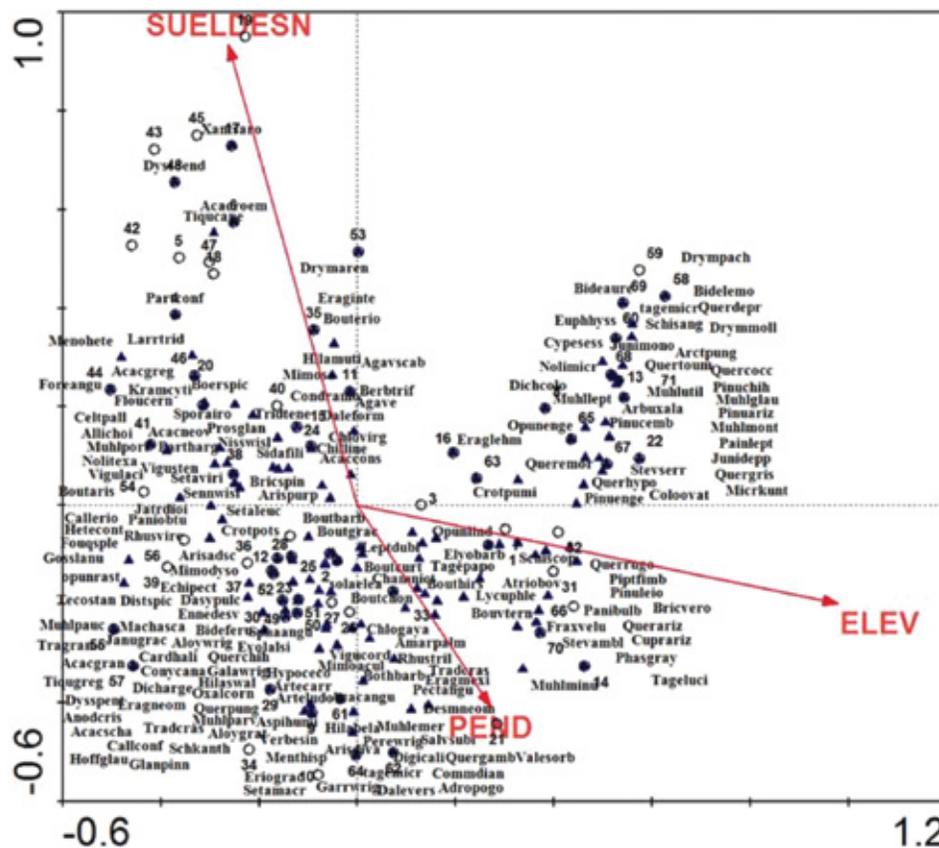


Figura 4. Diagrama de ordenación directa después del análisis exploratorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación).

Del comportamiento de los datos de las variables climáticas, se explica por sí mismo el 92.6% de la varianza total (hasta el tercer eje); la parte restante (5.4%) no se pudo explicar por las variables climáticas consideradas en el presente estudio. Con base en lo anterior, se puede decir que las variables de altitud, pendiente y porcentaje de suelo desnudo permiten, con un 92% de seguridad, diferenciar las comunidades vegetales del centro del estado de Chihuahua considerando los valores de cobertura; el resto de la varianza total puede explicarse por otras variables, quizá por el tipo de suelo, macroelementos, microelementos o texturas, sin embargo, estas variables permiten reconocer cuáles son las diferencias de la vegetación del área en cuanto a preferencias climáticas y orográficas por parte.

Gradiente de suelo desnudo

El efecto de la baja cobertura vegetal y la altitud son fundamentales en la separación y agrupación de los sitios en que se manifiesta un mayor predominio de suelo desnudo en las áreas bajas, entre los 1,400 a 1,550 m.s.n.m.; los sitios 17, 45, 43, 48, 6, 42, 5, 4, 18, 47 y 53 son los que albergan comunidades de matorral micrófilo, constituidos por *Larrea tridentata* en el estrato medio y *Tiquiliacanescens* en el estrato bajo; otras especies asociadas de matorral, herbáceas y pastizal comprenden un subgrupo de matorrales con coberturas menores, es el caso de los sitios 4, 35, 53, 15, 24, 38, 44, 46, 20, 40, 15, 24, 38, 20 y 54 donde dominan en el estrato medio *Mimosasp*, *Flourensiacernua*, *Acacia neovernicosa*, *Prosopis glandulosa*, *Sennawislizeni*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta*, así como las herbáceas *Boerhavia spicata*, *Sida abutifolia*, *Allioniachoisyi*, y especies de gramíneas como *Aristida purpurea*, *Sprobolus airoides* e *Hilaria mutica*.

Gradiente de elevación

El gradiente de elevación de 1,700 a 2,300 m está claramente definido con base en la orografía del paisaje. Las partes más altas (Parque Nacional Cumbres de Majalca, PNCM) se caracterizan por albergar comunidades de esclero-aciculifolias, donde predominan especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Juniperus*. La mayoría de los sitios se localizan en áreas con escasa pendiente y climas templados. En la cobertura arbustivas participan especies como *Arctostaphylospungens*, y herbáceas como las *Cyperussessleroides*. El grupo de coníferas dominantes son: *Pinuscembroides*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana*, *P. arizonica*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla*, *Juniperus monosperma*, *J. deppeana*,

mientras que los encinos son: *Quercus arizonica*, *Q. hypoleucoides*, *Q. grisea*, *Q. depressipes*, *Q. emoryi*, en tanto que arbustivas como *Arctostaphylospungens*, así como herbáceas de la familia *Cyperaceae*, se localizan en los sitios siguientes: 59, 58, 69, 60, 68, 71, 8, 65, 67, 16, 22, 67, 63, donde son las especies que dominan físicamente el paisaje, y es el único lugar del área donde predominan en valores de cobertura.

Gradiente de pendiente y elevación

Asociados con niveles altitudinales mayores, pero en gradientes de pendientes suaves, se encuentran otras especies dentro de la misma área (PNCM), como es el caso de las especies arbóreas *Cupressus arizonica*, *Quercus rugosa* y *Fraxinus velutina*, con una elevada riqueza de gramíneas, como *Muhlenbergia*, *Piptochaetium fimbriatum* y *Zuloagaea*, donde es frecuente encontrar herbáceas como *Tagetes papposa* y elementos aislados de *Opuntia* sp. Otro grupo de especies asociadas a sitios con mayor pendiente, niveles de cobertura mayor y niveles altitudinales afines (1,700 a 2,200 m) a las especies anteriores o ligeramente menores son: *Pinuschihuahuensis*, *Acacia schaffneri*, *Aloisia gratissima*, *A. wrightii*, *Calliandra eriophylla*, *C. conferta*, *Fouquieria splendens*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia lindheimeri*, *Rhus trilobata*, también participan varias especies herbáceas como: *Artemisia ludoviciana*, *Cardiospermum halicacabum*, *Chamaecristanictitans*, *Croton pottsii*, *Dichondra argentea* y *Tiquilia greggii*, especies de gramíneas con altos valores de cobertura, como es el caso de *Aristida adscencionis*, *Bouteloua curtipendula*, *B. barbata*, *B. gracilis*, *B. chondrosioides*, *Bothriochloa barbino-dis*, *Dasy ochloapulchella*, y *Heteropogon contortus*.

Prueba de Permutación de Montecarlo

La Prueba de Permutación de Montecarlo (499 permutaciones para el modelo nulo) o para el primer eje característico ($\lambda = 0.766$) fue significativo ($p = 0.0020$), por lo cual se concluye que la variación de la cobertura de las especies en las diferentes comunidades vegetales y en los diferentes sitios considerados, se encuentra significativamente relacionada con las variables ambientales analizadas (Figura 5).

DISCUSIÓN

El noroeste de México se caracteriza por una amplia variedad de tipos de vegetación, entre los que destaca el matorral xerófilo con variadas asociaciones de

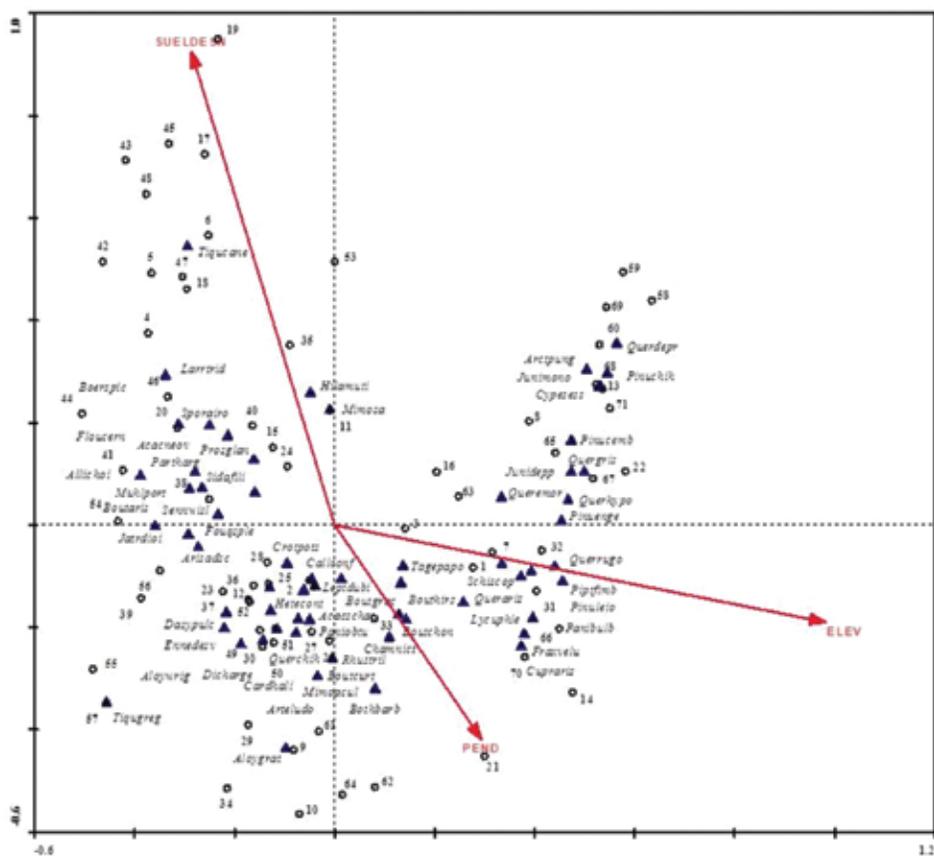


Figura 5. Diagrama de ordenación directa después del análisis confirmatorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación).

Claves: *Rhustrilobata* RHUSTRIL, *Artemisia ludoviciana* ARTELUDO, *Flourensiacernua* FLOUCERN, *Partheniumargentatum* PARTARGE, *Tagetespaposa* TAGEPAPO, *Tiquiliacanescens* TIQUCANE, *Tiquiliagreggii* TIQUGREG, *Dichondraargentea* DICHARGE, *Cupressusarizonica* CUPRARIZ, *Juniperusdeppeana* JUNIDEPP, *Juniperus monosperma* JUNIMONO, *Cyperus seslerioides* CYPESESL, *Arctostaphylospungens* ARCTPUNG, *Crotonpottsii* CROTPOTT, *Jatropha dioica* JATRDIOI, *Quercuschihuahuensis* QUERCHIH, *Quercusdepressipes* QUERDEPR, *Quercusemoryi* QUEREMOR, *Quercusgrisea* QUERGRIS, *Quercushypoleucoides* QUERHYPO, *Quercus rugosa* QUERRUGO, *Quercusarizonica* QUERARIZ, *Fouquieriasplendens* FOUQSPLEN, *Acacia neovernicosa* ACACNEOV, *Acacia schaffneri* ACACSCHF, *Calliandraconferta* CALLCONF, *Chamaecristanictitans* var. *Leptadenia* CHAMNICT, *Mimosa aculeaticarpa* MIMOACUL, *Mimosa* sp. MIMOSASP, *Prosopisglandulosa* var. *torreyana* PROSGLAN, *Sennawislizeni* SENNWISL, *Sida filicalis* SIDAFILI, *Allioniaichosyi* ALLICHOS, *Boerhaviaaspicata* BOERSPIC, *Fraxinusvelutina* FRAXVELU, *Pinuscembroides* PINUCEMB, *Pinuschihuahuana* PINUCHIH, *Pinusengelmannii* PINUENGE, *Pinusleiophylla* PINULEIO, *Aristidaadscencionis* ARISADSC, *Boutelouaaristidoides* BOUTARIS, *Boutelouabarbata* BOUTBARB, *Boutelouachondriosoides* BOUTCHON, *Boutelouacurtipendula* BOUTCURT, *Boutelouagracillis* BOUTGRAC, *Bouteloua hirsuta* BOUTHIRS, *Erioneuron pulchellum* DASYPULC, *Enneapogondesvauxii* ENNEDESV, *Heteropogoncontortus* HETECONT, *Hilaria mutica* HILAMUTI, *Disakispermadubium* LEPTODUBI, *Lycuruspheloides* LYCUPHEL, *Muhlenbergiaporterii* MUHLPORT, *Hopiaobtusa* PANIOBTU, *Piptochaetiumfimbriatum* PIPTFIMB, *Schizachyriumscoparium* SCHISCOP, *Sporobolusairoides* SPORAIRO, *Cardiospermumhalicacabum* CARDHALI, *Aloysiagrattissima* ALOYGRAT, *Aloysiawrightii* ALOYSWRIG, *Larrea tridentata* LARRTRID.

especies pastizales (Rzedowski, 1978; Conabio, 2008; Henrickson, 1996; Estrada, 1998) (Miranda y Hernández X., 1963; Aizpuru, 1979; Royo *et al.*, 2006, 2008; Estrada-Castillón y Villarreal-Quintanilla, 2010) y bosques (Martínez, 1953; González-Elizondo, 1992; González-Elizondo, 2011). Los contrastes de vegetación se enmarcan con base al clima, suelo y fisiografía. En Chihuahua, de acuerdo con Rzedowski (1978), se registran cuatro de las 13 grandes comunidades vegetales de México: matorrales, pastizales, bosques y selvas. El área de estudio comprende tres de estas grandes comunidades: matorrales, pastizales y bosques. Los matorrales y pastizales dominan en las partes bajas y planas, con excepción de algunas gramíneas y arbustos; los pastizales de dos tipos (climáticos y edáficos) dominan en suelos profundos y escasa pedregosidad, mientras que los matorrales son más frecuentes en suelos pedregosos, menos profundos y pendientes someras o pronunciadas. Los bosques son propios de áreas con clima templado-frío, mayores niveles altitudinales, con pendiente ligera. En los sitios de muestreo que abarcan todo el gradiente altitudinal (1,400 a 2,300 m). La mayoría de las especies registradas se cuantificaron en las zonas de matorral y bosque, mientras que los pastizales mostraron menor riqueza de especies (Estrada *et al.*, 2003). De igual forma, la mayor cantidad de formas biológicas se registró en los bosques y matorrales (Estrada *et al.*, 2003). Las especies arbustivas y arbóreas son más comunes en climas templados y húmedos, mientras que las herbáceas predominan en climas áridos y semiáridos. Todas las especies de coníferas y encinos, con excepción de *Quercuschihuahuensis*, se registraron en climas templados, mientras que las gramíneas prosperan en las tres comunidades. La riqueza de arbustivas es mayor en climas templados y húmedos, mientras que en términos de cobertura, son más notorios en climas semiáridos (matorrales de planicie).

CONCLUSIONES

El estudio de ordenación con base en correspondencia canónica, se basó en el análisis de variables ambientales (pendiente, elevación y suelo desnudo) y variables bióticas (valores de cobertura de las especies). Se constituyeron tres grandes grupos con las variables abióticas asociadas: dos de matorral con diferente cobertura de acuerdo con las especies dominantes, de los cuales uno con sólo dos especies

dominantes, una arbustiva: *Larrea tridentata* y otra herbácea: *Tiquilia canescens*, el otro, más grande, con valores de cobertura mayores o niveles de suelo desnudo menores, donde se asocian 11 especies, principalmente arbustivas con gramíneas asociadas. El segundo grupo, predominante en alturas mayores, está constituido por bosques mixtos. El grupo restante comprende arbustivas y un encino (*Quercuschihuahuensis*) de alturas medias, pero asociadas a pendientes más pronunciadas, es el caso de especies del género *Opuntia*, *Rhus*, *Mimosa*, *Tiquilia*, *Fouquieria*, *Calliandra* y gramíneas del género *Bouteloua*. El análisis de correspondencia canónica permite reconocer diferentes gradientes a los cuales responden ciertos grupos de especies, sin destacar jerarquía de asociación.

El efecto de las variables ambientales

La altura y el clima son dos de las variables ambientales que modifican drásticamente la composición vegetal. En el presente estudio, en el gradiente altitudinal, las tres variables ambientales seleccionadas mostraron un efecto contrastante en la ordenación de las comunidades. La cobertura vegetal baja, con mayor cantidad de suelo desnudo, es propia de las partes más áridas, donde se observa mayor cantidad de espacios claros o vegetación más dispersa que en las pendientes con clima templado-húmedo. La pendiente es fundamental en la distribución de algunas especies; su efecto es notorio en arbustos del matorral, gramíneas como: *Boutelouacurtipendula*, *B.hirsuta* y *Enneapogondesvauxii*, y arbustivas como: *Opuntia* sp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Rhustrilobatay* *Opuntia engelmannii*; en este tipo de relieve, aunado al clima semiárido, se distribuyen pocas especies arbóreas, como es el caso de *Quercus chihuahuensis*. El efecto directo de la altitud, y por ende del clima templado, aunado a pendientes nulas o someras, favorece el desarrollo de comunidades más exuberantes, mayor cobertura, mayor altura, mayor diversidad, como sucede con los bosques mixtos: *Quercus*-coníferas (*Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*).

LITERATURA CITADA

AIZPURU, G. E. 1979. Manejo de Pastizales (Ecología de Pastizales. Primera y segunda parte). Programa Nacional de Formación de Profesores. Escuela Superior de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. SEP. México.

- BETTLE, A.A. 1983. Las gramíneas de México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 260 pp.
- BETTLE, A.A. 1987. Las gramíneas de México. Tomo II. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 344 pp.
- BETTLE, A.A., E. Manrique, J.A. Miranda, V. Jaramillo, A. Chimal and A.M. Rodríguez. 1991. Las gramíneas de México. Tomo III. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. México, D.F. 332 pp.
- BETTLE, A.A., J.A. Miranda, V. Jaramillo, A.M. Rodríguez, L. Aragón, M.A. Vergara, A. Chimal and O. Domínguez. 1995. Las gramíneas de México. Tomo IV. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. COTECOCA. MÉXICO, D.F. 342 pp.
- BONHAM, C.D. 1980. Measurement for terrestrial vegetation. Wiley and Sons. New York. Chihuahua. Chihuahua, Chih. 301 pp.
- BYE, P. R., Lot, A. y J. Fa. (eds.). Diversidad biológica de México: 86 orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 355-368.
- CONABIO. 2008. Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- DANIEL, T. F. 1998. Acanthaceae de México: diversidad y distribución In: Ramamoorthy, T.P. Bye, R. Lot A. y J. Fa. eds. Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 527-544.
- DELGADILLO, C. 1998. Diversidad de la brioflora mexicana. In: Ramamoorthy, T.
- DIGBY, P. G. N., and R. A. Kempton. 1987. Population and Community Biology Series: Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman and Hall, London.
- ESTRADA, C. E. 1998. Ecología del matorral submontano en el Estado de Nuevo León, México. Tesis doctoral. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. 190.
- ESTRADA, C.E. and A. Martínez. 2003. Los géneros de leguminosas del norte de México. Sida, Botanical Miscellany. Botanical Research Institute of Texas 25. 134 pp.
- ESTRADA, C.E., E. Jurado, J. Navar, J. Jiménez and F. Garza. 2003. Plant associations of Cumbres de Majalca National Park, Chihuahua, Mexico. Southw. Naturalist 48:177-187.
- ESTRADA, C.E., R. Spellenberg and T. Lebgue. 1997. Flora vascular de la Laguna de Babícora, Chihuahua, México. Sida 17:809-827.
- ESTRADA-CASTILLÓN, E. y J.A. Villarreal-Quintanilla. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. Acta Bot. Mex. 92:51-118.
- EXPERIMENTAL LA CAMPANA 50 años de investigación y transferencia en García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. 2a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- GARCÍA-MENDOZA, A. Y R. Galván. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. Bol. Soc. Bot. Méx. 56:7-24.
- GAUCH, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, New York. 298 p.
- GENTRY, H.S. 1982. Agaves of continental America. The University of Arizona Press USA. 670 pp
- GONZÁLEZ ELIZONDO, M. Socorro y Martha González Elizondo. 1992. El género *Arbutus* (Ericaceae) en la Sierra Madre Occidental. Consideraciones sobre su taxonomía y distribución. Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara 1(2): 39 - 41.
- GONZÁLEZ-ELIZONDO, M., M. S. González-Elizondo, L. Ruacho González y M. Molina Olvera. 2011. *Pinus maximartinezii* Rzed., primer registro para Durango, segunda localidad para la especie. Acta Bot. Mex. 96: 33-48.
- HAASE, E.F. and H.A. Shreiber. 1972. Topographic relations of vegetation and soil in southeastern Arizona grassland. South. Naturalist 16:387-401.
- HEITSCHMIDT, R.K., G.K. Hullet, and G.W. Tomanek. 1970. Vegetation map and community structure of a west central Kansas prairie. Southw. Naturalist 14: 337-350.
- HENRICKSON, J. y M.C. Johnston. 1996. A flora of the Chihuahua Desert region. Los Angeles, California. 1687 p.
- HOLMGREN, P.K., N.H. Holmgren and L.C. Barnett. 1990. Index herbariorum. Part I: The herbaria of the world. 8th edition. New York Botanical Garden.
- INEGI. 1987a. Chihuahua. Mapa 1.2, Fisiografía, escala 1:2 000 000. INEGI, México, D.F.
- INEGI. 1987b. Chihuahua. Mapa 8.2, Geología, escala 1:2 000 000. INEGI, México D.F.
- JURADO G. 2008. Estudios Ecológicos de Pastizales. Capítulo III. En: Rancho Martínez
- LAFERRIERE, J.E. 1994. Vegetation and flora of the mountain Pima village of Nabogame, Chihuahua, Mexico. Phytologia 77:102-140.
- LEBGUE, T. Y A. Valerio. 1991. Gramíneas de Chihuahua. Universidad Autónoma de
- M. 1953. Las Pináceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Agricultura y Ganadería México, D. F.

- MIRANDA, F. and E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 28:29-179.
- MUELLER-DUMBOIS, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* Willey and Sons, New York.
- MULLER, C.H. 1979. *Quercus deliquescens*, a new species from Chihuahua, México. *Phytologia* 42:289-291.
- NIXON, K.C. 1998. El género *Quercus* en México. In: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot. y J. Fa. eds. *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 435-447.
- PASTIZALES Y PRODUCCIÓN ANIMAL. A.H. Chávez S. (Compilador). Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRNOC. Chihuahua, Chih. México.
- PHILLIPS, D.L. and J.A. MacMahon. 1978. Gradient analysis of a Sonora Desert bajada. *Southw.Naturalist* 23:669-679.
- RIBA, R. 1998. Pteridofitas mexicanas: Distribución y endemismo. In: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y J. Fa (eds.): *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 369-384.
- ROYO M., M.H., J.S. Sierra T., C.R. Morales N., R. Carrillo R., A. Melgoza C. y P.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México.* Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- SPELLENBERG, R., T. Lebgue and R. Corral. 1996. Listados florísticos de México. XIII. A specimen-based, annotated checklist of the vascular plants of Parque Nacional "Cascada de Basaseachi" and adjacent areas, Chihuahua, México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 72 pp.
- TER BRAAK C., J.E. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-1179.
- TURNER, B.L. and G. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae en México. In: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. eds. *Diversidad biológica de México: Orígenes y distribución.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 545-561.
- VALDÉS, J., A.A. Beetle and M.H. González. 1975. Gramíneas de Chihuahua. *Pastizales* 4:2-60. <http://www.theplantlist.org>