

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCION DE POSGRADO**



**CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE LAS  
COMUNIDADES VEGETALES DEL CENTRO DEL  
ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.**

POR:

**M. en C. Guillermo Romero Figueroa**

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de

**DOCTOR EN CIENCIAS  
EN PRODUCCION AGROPECUARIA**

Torreón, Coahuila, México

Octubre de 2013

**CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE LAS COMUNIDADES  
VEGETALES DEL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA,  
MÉXICO.**

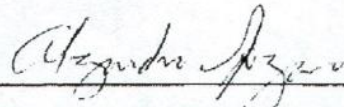
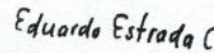
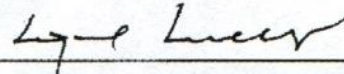
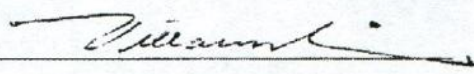
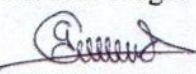
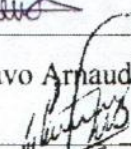
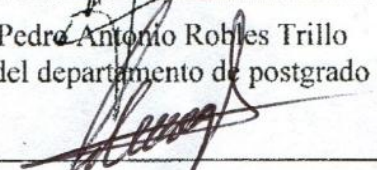
**TESIS**

**GUILLERMO ROMERO FIGUEROA**

**Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como  
requisito parcial para obtener el grado de:**

**DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGROPECUARIA**

Comité particular de asesoría:

|          |  |
|----------|--|
| Director | <br>_____<br>Dr. Eloy Alejandro Lozano Cavazos   |
| Asesor   | <br>_____<br>Dr. Eduardo Estrada Castellón   |
| Asesor   | <br>_____<br>Dr. Miguel Angel Mellado Bosque   |
| Asesor   | <br>_____<br>Dr. José Ángel Villareal Quintanilla                                      |
| Asesor   | <br>_____<br>Dr. Gustavo Arnaud Franco  |
|          | <br>_____<br>Dr. Pedro Antonio Robles Trillo<br>Jefe del departamento de postgrado U.L. |
|          | <br>_____<br>Dr. Fernando Ruiz Zarate<br>Sub-director de postgrado                     |

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

A quien se lo debo todo: mi vida, mi salud, mi familia y mi fe, te agradezco señor por permitirme y guiarme a realizar mis logros.

### **A MIS PADRES**

Guillermo Romero Castro <sup>†</sup> y Josefa Figueroa Valenzuela por traerme a la vida, por todo su esfuerzo en sacarme adelante y el permitirme conocer los valores esenciales de la vida a través de su ejemplo, por haberme formado como un hombre de bien. Agradezco que he sido guiado con todo su amor y tolerancia. Padre mio, vives en mi corazón y en mi mente, siento tu presencia y tu amor cerca de mi todos los días, se que estaras contento por este logro que también es tuyo.

### **A MI ESPOSA Y A MI HIJA**

Karina del Carmen Urias Fuentes de nueva cuenta “desde lo mas profundo de mi corazón para ti con amor” por tu paciencia, tu amistad, tu amor y tu apoyo incondicional para llegar a este logro que es de los dos, por ser la mejor madre de mi invaluable tesoro, mi hija. A ti Karina Joselyne por que llegaste a iluminar nuestras vidas, fuente de mi inspiración, las amo.

## **A MIS HERMANOS**

Maria de la Luz, Víctor, Juan Francisco, Isabel Ramon, Pedro, Alba Rosa y Luis Alfonso, gracias por su apoyo y su amor, a ustedes y sus espos@s e hijos, los amo. Dios los bendiga siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

a la universidad autonoma agraria antonio narro, por permitirme culminar mi grado de doctor en ciencias y a las personas adscritas a esta institución que de alguna u otra manera me ayudaron a culminar este logro.

Al Dr. Eloy Alejandro Lozano Cabazos y familia, por su hospitalidad, amistad, confianza, disposicion y gran apoyo para alcanzar esta meta, gracias amigo.

Al Dr. Miguel Angel Mellado Bosque, por su amistad, consejos y apoyo en este proceso de alcanzar el grado.

Al Dr. Eduardo Estrada Castillon y Carmen Yen, por su hospitalidad, amistad, su apoyo y su confianza asi como su dedicación y disponibilidad que fue fundamental para el buen termino de esta tesis.

Al Dr. Gustavo Arnaud Franco, por su amistad y gentileza de formar parte del comité tutorial, por sus sugerencias y apoyo que ayudaron a realizar este trabajo.

Al Dr. Feliciano Heredia Pineda (Chany) y familia, por su hospitalidad y apoyo incondicional para la culminación de este trabajo. Gracias amigo por tu amistad.

A mis amigos Víctor Ortiz Avila, a quien agradezco su amistad y su apoyo en la realización de este trabajo. Gracias Vico por tu ayuda en todo. Al Dr. Mario Garcia por su amistad y apoyo en todo lo relacionado a los Sistemas de Información Geográfica.

A la UAAAN-Unidad Laguna en Torreon, especialmente al Dr. Francisco Gerardo Veliz y Aurelia Najera Cruz, por toda su disponibilidad y apoyo para este trabajo.

## COMPENDIO

Con el fin de obtener la clasificación y ordenación de las comunidades vegetales, se realizó un estudio de la vegetación en la parte central del Estado de Chihuahua. Para la ordenación 60 sitios de muestreo se midieron a través de toda el área de estudio para cuantificar la cobertura de las principales especies en todos los diferentes tipos de vegetación, en cada sitio se muestrearon 5 líneas de intercepto de 100 m de longitud. Se utilizó análisis de conglomerados para clasificar las diferentes asociaciones de plantas basadas en valores de cobertura de las especies. De acuerdo con nuestros resultados, la flora vascular con valores de cobertura de 2.5% o mayores que constituyen los principales tipos de vegetación en el área de estudio consiste de 29 familias, 67 géneros y 108 especies, 22 familia son dicotiledóneas, cinco monocotiledóneas y dos de coníferas. Las familias con mayor número de géneros y especies respectivamente son: Poaceae (17, 33), Leguminosae (11, 13) y Asteraceae (7, 11). Los géneros con mayor número de especies son: *Quercus* (10), *Bouteloua* (7), *Muhlenbergia* (5), *Pinus* (4), *Aristida* (4), *Hilaria* (3), *Rhus* (3) y *Tagetes* (3). Las principales formas biológicas son herbáceas (61 especies), arbustos inermes (22), arbustos espinosos (11) y árboles (17). Se reconocen tres grupos mayores y 11 subgrupos de tipos de vegetación, los grupos son: I) pastizal-bosque (4 subgrupos), II) matorral-pastizal (5 subgrupos) y III) pastizal halófito (2 subgrupos).

Por otra parte para la ordenación se muestrearon 71 sitios, donde se determinó la cobertura de las especies y las variables ambientales de altitud,

suelo desnudo y pendiente en cada sitio. Las comunidades vegetales analizadas comprenden principalmente matorrales, pastizales y bosques de encino-pino (Parque Nacional Cumbres de Majalca). La información fue analizada mediante análisis multivariado de Correspondencia Canónica (ACC) para conocer cuál o cuáles variables ambientales tienen una mayor influencia sobre las diferentes especies dentro de las diferentes comunidades vegetales. Los resultados muestran que las variables de suelo desnudo y nivel altitudinal son aquellas que tiene mayor grado de influencia sobre la distribución de las especies y su composición vegetal. Los matorrales o vegetación arbustiva micrófila (*Larrea*, *Acacia*, *Flourensia*, *Parthenium*) prefieren área con sitios planos, menores niveles altitudinales (1,400-1550 m), mientras que los matorrales (*Opuntia*, *Rhus*, *Mimosa*) con especies crasas (*Opuntia*) y varias especies de pastizales (*Bouteloua*, *Aristida*, *Heteropogon*), prefieren áreas másicas con pendiente pronunciada a niveles medio altitudinales (1,600-1,800 m). Los bosques mixtos *Quercus*-coníferas (*Pinus*, *Juniperus*, *Cupressus*) se desarrollan en áreas con mayor nivel altitudinal (1,900-2,300 m), pendientes someras o nulas y menor cantidad de suelo desnudo o presentan mayores niveles de cobertura vegetal.

## INDICE

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>OBJETIVO GENERAL</b> .....  | <b>2</b>  |
| 2.1         | OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....   | 3         |
| <b>III.</b> | <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....  | <b>3</b>  |
| 3.1         | RELACIONES VEGETACIÓN AMBIENTE .....   | 3         |
| 3.2         | USO DE TÉCNICAS MULTIVARIADAS .....  | 6         |
| 3.2.1.      | <i>Clasificación</i> .....   | 6         |
| 3.2.2.      | <i>Ordenación</i> .....  | 9         |
| 3.2.2.1.    | <i>Correspondencia canónica</i> .....  | 9         |
| <b>IV.</b>  | <b>CAPÍTULO I</b> .....  | <b>14</b> |
|             | <b>CLASSIFICATION OF PLANT COMMUNITIES IN THE CENTRAL PART<br/>OF THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO</b> ..... | <b>14</b> |
|             | <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>14</b> |
|             | <b>RESUMEN</b> .....   | <b>15</b> |
|             | <b>INTRODUCTION</b> .....  | <b>16</b> |
|             | <b>METHODOLOGY</b> .....   | <b>17</b> |
|             | STUDY AREA.....  | 17        |
|             | GEOLOGY.....   | 18        |
|             | PHYSIOGRAPHY .....   | 19        |
|             | CLIMATE .....  | 19        |



|  |           |
|--|-----------|
| VEGETATION.....  | 20        |
| <b>METHODS.....</b>  | <b>20</b> |
| DATA ANALYSIS.....   | 21        |
| <b>RESULTS.....</b>  | <b>21</b> |
| BOTANICAL COMPOSITION.....   | 21        |
| CLASSIFICATION OF PLANT COMMUNITIES .....  | 22        |
| GROUP 1. GRASSLAND-FOREST .....  | 23        |
| GROUP 2. SCRUBLAND-GRASSLAND .....   | 25        |
| GROUP 3. HALOPHYTIC GRASSLAND .....  | 26        |
| <b>DISCUSSION .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>ACKNOWLEDGMENTS.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>LITERATURE CITED .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>APPENDIX. SPECIES WITH CANOPY COVER VALUES HIGHER THAN<br/>2.5% RECORDED IN 69 SAMPLED SITES IN THE CENTRAL PART OF<br/>THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO.....</b> | <b>38</b> |
| <b><u>V.</u>    <b>CAPÍTULO II.....</b></b>  | <b>45</b> |
| <b>ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA PARTE CENTRAL DEL<br/>ESTADO DE CHIHUAHUA, MEXICO .....</b>   | <b>45</b> |
| <b>RESUMEN.....</b>  | <b>45</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>47</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>MATERIALES Y METODOS</b> .....                               | <b>51</b> |
| ÁREA DE ESTUDIO .....   | 51        |
| GEOLOGÍA.....   | 52        |
| FISIOGRAFÍA.....  | 53        |
| CLIMA .....   | 53        |
| VEGETACIÓN .....  | 54        |
| MÉTODOS .....   | 54        |
| <b>RESULTADOS</b> .....   | <b>55</b> |
| DIVERSIDAD .....  | 55        |
| ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA .....                      | 57        |
| ORDENACIÓN DE SITIOS.....                                       | 60        |
| <i>GRADIENTE DE SUELO DESNUDO</i> .....                         | 61        |
| <i>GRADIENTE DE ELEVACIÓN</i> .....                             | 62        |
| <i>GRADIENTE DE PENDIENTE Y ELEVACIÓN</i> .....                 | 62        |
| PRUEBA DE PERMUTACIÓN DE MONTECARLO .....                       | 63        |
| <b>DISCUSIÓN</b> .....  | <b>65</b> |
| DIVERSIDAD VEGETAL Y COMUNIDADES VEGETALES. ....                | 65        |
| EFFECTO DE LAS VARIABLES AMBIENTALES .....                      | 67        |
| COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE LOS DOS TIPOS DE ANÁLISIS. .... | 68        |
| <b>LITERATURA CITADA</b> .....                                  | <b>70</b> |
| <b>DISCUSION GENERAL</b> .....                                  | <b>75</b> |
| <b>CONCLUSIONES GENERALES</b> .....                             | <b>82</b> |

**LITERATURA CITADA .....84**

**ANEXO FOTOGRAFICO. ....90**

**APÉNDICE 2. ESPECIES CON COBERTURA DEL DOSEL DE VALORES SUPERIORES A 2.5% QUE SE REGISTRARON EN 71 SITIOS DE MUESTREO EN LA PARTE CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO. ....91**

## **TABLAS Y FIGURAS**

### **CAPÍTULO I**

**FIG. 1. STUDY AREA (SHADED) AND THE 60 SAMPLED SITES (BLACK STARS) IN THE CENTRAL PART OF THE STATE OF CHIHUAHUA.....188**

**TABLE 1. FAMILIES, GENERA AND SPECIES WITH CANOPY COVER VALUES HIGHER THAN 2.5% RECORDED IN 60 SAMPLED SITES IN THE CENTRAL PART OF THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO.....222**

**FIG. 2. DENDROGRAM SHOWING THE THREE MAIN GROUPS FORMED. I) GRASSLAND-FOREST, II) SCRUBLAND-GRASSLAND, AND III) HALOPHYTIC GRASSLAND, IN THE CENTRAL PART OF THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO.....23**

**APPENDIX. SPECIES WITH CANOPY COVER VALUES HIGHER THAN 2.5% RECORDED IN 69 SAMPLED SITES IN THE CENTRAL PART OF THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO.....38**

**CAPÍTULO II**

**FIG. 1. ÁREA DE ESTUDIO (SOMBREADO) Y LOS 71 SITIOS DE MUESTREO (ESTRELLAS NEGRAS) EN LA PARTE CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.....52**

**FIGURA 2. FAMILIAS CON SU RESPECTIVO NÚMERO DE ESPECIES DEL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.....566**

**FIGURA 3. FAMILIAS CON SU RESPECTIVO NÚMERO DE GÉNEROS EN EL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.....566**

**TABLA 1. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LA ORDENACIÓN GLOBAL DE SITIOS DE LA VEGETACIÓN EN EL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.....588**

**TABLA 2. CORRELACIONES INTRAGRUPO (ENTRE VARIABLES AMBIENTALES Y LOS DOS PRIMEROS EJES DE ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN EL CENTRO DE CHIHUAHUA).....599**

**LA TABLA 3. MUESTRA LOS COEFICIENTES CANÓNICOS PARA LAS VARIABLES ESTANDARIZADAS DE LA VEGETACIÓN EN EL CENTRO**

|                |     |
|----------------|-----|
| DE             |     |
| CHIHUAHUA..... | 599 |

**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). CLAVE DE ESPECIES EN APENDICE...**64**

**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). CLAVE DE ESPECIES EN APENDICE...**65**

**ANEXO FOTOGRAFICO.....90**

**APÉNDICE 2.** ESPECIES CON COBERTURA DEL DOSEL DE VALORES SUPERIORES A 2.5% QUE SE REGISTRARON EN 71 SITIOS DE MUESTREO EN LA PARTE CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.....**91**

# **CLASIFICACIÓN Y ORDENACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES DEL CENTRO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO.**

## **I. INTRODUCCIÓN**

El Estado de Chihuahua se encuentra en la parte noroeste de México, colindando al norte con los 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 km<sup>2</sup> (INEGI, 2003). Gran parte de su superficie está cubierta con vegetación característica del desierto Chihuahuense; casi el 70% de la superficie del estado está bajo la influencia de un clima árido y semiárido. La parte central del estado muestra un relieve heterogéneo, lo que hace variar el clima y tipo de suelo, y esto conduce a diversas asociaciones vegetales, en las que se 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 hay un estudio completo de la flora de Chihuahua, sin embargo, hay algunos estudios 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 la región oeste y sur del Estado (Laferrière, 1994;

Spellenberg et al., 1996; Estrada et al., 1997). Al igual que en la flora, los estudios de vegetación son incompletos para el Estado de Chihuahua, la mayoría de ellos describen la vegetación de una zona en particular, o sólo describen las principales comunidades vegetales, como Shreve (1939), que reconoce cuatro comunidades vegetales dominantes (desiertos, y bosques de pastizales-encinos, bosque de pinos y las comunidades vegetales de cañadas). Lesueur (1945) en su estudio en el norte del Estado de Chihuahua, reconoce siete comunidades principales de plantas: bosque montano, bosque de *Quercus grisea*, bosque de *Quercus santaclarensis*, bosque de pino-encino, bosque espinoso, pastizales de *Bouteloua gracilis* y matorrales del desierto. Rzedowski (1978) reconoce cuatro comunidades de plantas para el Estado de Chihuahua: matorral xérico, pastizales, de bosque de coníferas-encinos y bosque tropical caducifolio. Con el fin de tener un mejor conocimiento de las asociaciones vegetales de zonas áridas, el objetivo de este estudio fue describir 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 la correlación de las comunidades vegetales con las variables físicas de esta parte del Estado.

## **II. OBJETIVO GENERAL**

Clasificar y ordenar las comunidades vegetales del centro del estado de Chihuahua de acuerdo con su diversidad y cobertura.

## **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.1 Clasificar las comunidades vegetales del centro del Estado de Chihuahua.
- 1.2 Cuantificar la diversidad de especies en las diferentes comunidades vegetales.
- 1.3 Ordenar las comunidades vegetales y correlacionar la vegetación con base en las variables físicas (clima, relieve, suelo).

## **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **3.1 Relaciones vegetación ambiente**

Cuando un geobotánico o ecólogo vegetal se sitúa en lo alto de una colina y observa un paisaje dominado por vegetación natural o seminatural en cualquier lugar del mundo, las principales diferencias que aprecia en el entorno son las de las distintas comunidades vegetales. Las diferencias más fácilmente apreciables serán las determinadas por la fisionomía o por las formas de vida de la vegetación, por ejemplo matorral frente a pastizal. Estas unidades representarán también las mayores subdivisiones del paisaje en términos funcionales como ecosistemas. Una comunidad de plantas puede ser definida como un conjunto de especies vegetales creciendo juntas en un lugar concreto que muestran una asociación o afinidad entre ellas (Odum, 1959; Lincoln et al, 1995; Alcaraz, 2013).

Dansereau (1956) puntualiza el concepto de estructura de la vegetación, definiéndola como la organización en el espacio de los individuos que forman una comunidad donde los elementos primarios de la estructura son la forma de crecimiento, la estratificación y la cobertura, utilizando las siguientes



categorías: forma y tamaño de las plantas, cobertura, función, forma y por último, el tamaño y textura de la hoja.

Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) señalan cinco niveles jerárquicos que van desde lo general a lo particular, a) fisonomía de la vegetación, b) estructura de la biomasa, c) estructura de formas de vida, d) estructura florística, y e) estructura de la comunidad.

Shreve (1939) reconoce cuatro tipos de vegetación dominantes en el estado de Chihuahua: desierto, bosque de encino y pastizales, bosque de pino y la vegetación de barranca.

LeSueur (1945) describe para la mitad norte de la entidad siete tipos de vegetación: bosque montano, bosque de *Quercus grisea*, bosque de encino (*Quercus santaclarensis*), bosques mixtos de encino, bosque espinoso, pastizal de *Bouteloua gracilis* y matorral desértico.

Rzedowski (1978) ubica cuatro tipos de vegetación para el Estado: matorral xerófilo, pastizal, bosque de coníferas y encinos y bosque tropical caducifolio.

Para el área del centro de Chihuahua, existen referencias aisladas para algunos grupos de plantas como *Quercus* (Muller, 1979; Nixon, 1998), musgos (Delgadillo, 1998), helechos (Riba, 1998), Acanthaceae (Daniel, 1998), Agavaceae (Gentry, 1982), Asteraceae (Turner y Nesom, 1998) y Nolinaceae (García-Mendoza y Galván, 1995), mientras que para la porción sur se han realizado escasos estudios de flora (Laferriere, 1994; Spellenberg et al., 1996; Estrada et al., 1997).

Estrada et al. (1997) en su estudio de la Flora de la Laguna de Babicora, Gómez Farías, Chihuahua encontró un total de 476 especies, 244 generos y 67 familias de plantas vasculares. Las angiospermas comprenden 460 especies, 234 generos y 61 familias. Las gimnospermas comprenden 6 especies, 3 generos y 2 familias. Las pteridofitas comprenden 10 especies, 7 generos y 4 familias.

Gonzalez y Sosa (2003) concluyen que el gradiente altitudinal es el principal factor que determina las asociaciones vegetales y permite conocer su distribución espacial en el Cañon de Santa Elena, noreste del estado de Chihuahua. Los análisis multivariantes, en particular el de conglomerados, permitió agruparlas principales en especies vegetales de una forma satisfactoria, lo cual resulta útil para conocer su distribución espacial y la estructura de la vegetación.

Estrada-Castillón y Villarreal-Quintanilla (2010) reconocen que la flora vascular de la parte central de Chihuahua está constituida por ocho formas biológicas principales: hierbas, arbustos inermes, árboles, enredaderas, plantas crasicaules, arbustos espinosos, arbustos rosetófilos y parásitos. Las especies herbáceas predominan sobre el resto con 1252 taxa (86%), seguidas por arbustivas inermes (81) (5.5%), arbustivas espinosas (81) (5.5%) y árboles (44) (3%). Los elementos arbóreos están representados por las familias Cupressaceae (7 especies), Pinaceae (3), Fagaceae (11), Juglandaceae (2), Leguminosae (7), Oleaceae (1), Rosaceae (3), Rubiaceae (1), Salicaceae (5), Sapindaceae (1), Tamaricaceae (2) y Ulmaceae (1).

Sosa et al. (2006) mencionan la importancia de la diversidad de especies en el ecosistema desértico de Chihuahua, encontrando 27 especies de vegetación dominantes y codominantes. Las especies dominantes de mayor presencia fueron, en orden de importancia: *Larrea tridentata*, *Acacia constricta*, *Prosopis glandulosa* y *Parthenium incanum*, mientras que las especies codominantes con mayor presencia fueron: *Prosopis glandulosa*, *Parthenium incanum*, *Fouquieria splendens* y *Larrea tridentata*.

La cobertura vegetal, en orden de importancia, la presentaron las especies: *Acacia constricta* con el 28.93%, *Parthenium incanum* 25.83%, *Larrea tridentata* 24.49% y *Prosopis glandulosa* con 19.11%.

## **3.2 Uso de técnicas multivariadas**

### **3.2.1. Clasificación**

La clasificación es la asignación de entidades a clases o grupos, es una actividad ubicua fundamental (Goodall, 1954). La clasificación de las comunidades vegetales envuelve una interpretación entre ecólogos de comunidades (Whittaker, 1965). Consecuentemente, las propiedades de una clasificación de una comunidad, refleja parcialmente la estructura de la comunidad y el patrón del pensamiento del ecólogo (Gauch, 1982). El proceso de clasificación es esencialmente, la sumariación para cada muestra de la información en muchos números (abundancia de docenas o cientos de especies) dentro de un número sencillo (una asignación a un conglomerado) (Gauch, 1982). La clasificación Puede ser realizada mediante algoritmos

cuantitativos, otras clasificaciones también pueden tratar sólo especies presentes o ausentes (Gauch, 1982). De acuerdo con Manly (1992), el problema para el cual está diseñado el análisis de conglomerados es para resolver lo siguiente: dada una muestra de “n” objetos, cada uno de los cuales tiene un registro de “p” variables, diseñar un esquema para agrupar los objetos dentro de las clases, de tal manera que aquellos que sean “similares” estén en la misma clase. Hay varias razones por las cuales el análisis de conglomerado puede ser útil. Primero, debe ser un método para encontrar grupos “verdaderos”, puede servir para reducción de datos y si el análisis de conglomerados genera agrupaciones inesperadas, entonces esto debe en sí mismo sugerir relaciones a ser investigadas. Los datos para un análisis de conglomerados consiste en los valores de ‘p’ variables  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$  para “n”objetos. Para algoritmos jerárquicos, estos valores de las variables son entonces utilizadas para producir un orden de distancias entre los individuos, con los cuales se puede graficar los resultados en forma de dendograma.

Mcinnis et al (1990) estudió la dieta de diferentes herbívoros mediante análisis de conglomerados y mostró las agrupaciones de un dendograma de las dietas de las diferentes clases de ganado (equino, vacuno y berrendos).

Los resultados muestran 4 grupos de dietas distintos, uno exclusivo de ganado equino, otro de vacuno, uno de equino-vacuno y el restante de berrendo. Mencionan que la dieta dentro de los grupos es relativamente uniforme. El ganado equino consumió particularmente *Sitanion hystrix* y *Poa sandbergii*, el vacuno consumo esencialmente *Sitanion hystrix* y *Atriplex confertifolia*, mientras que los berrendos consumieron principalmente *Artemisia spp.*; los

autores mencionan que el análisis de conglomerados es una herramienta útil para clasificar datos de hábitos alimenticios, debido a que este produce un dendograma que claramente enfatiza similitudes y diferencia en tipo y cantidad de forraje consumido por herbívoros.

Sosa et al. (2006) aplicó un análisis multivariado de conglomerados en las comunidades vegetales de la región árida del estado de Chihuahua, resultando similitud entre los sitios observados de  $r^2=80.93\%$ , por lo que obtuvo un buen grado de confiabilidad de las agrupaciones; identificó 3 grupos con 2 conglomerados cada uno. El grupo 1 con 23 sitios y 9 especies dominantes, el grupo 2 con 28 sitios y 2 especies dominantes y el grupo 3 con 58 sitios y 7 especies dominantes. Las especies que están presentes en más del 50% del área de estudio fueron: *Larrea tridentata* y *Prosopis glandulosa*.

Robles y Zarate (2011) utilizaron la técnica de clasificación por medio del análisis de conglomerados en las comunidades vegetales del municipio de San Andrés Nuxiño, Oaxaca. En el área de estudio registraron 36 especies, que equivalen al 2.06% del total de especies registradas para la región Mixteca, en un área aproximada de 84.2 km<sup>2</sup>, es decir, apenas el 0.5% de la extensión de la región. Las técnicas de clasificación permitieron identificar dos grupos de asociaciones vegetales a través del gradiente estudiado: *Quercus urbanii-Quercus magnoliifolia* y *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana*-*Pinus leiophylla*.

### **3.2.2. Ordenación**

La ordenación sirve para sumarizar datos de la comunidad produciendo un espacio de bajas dimensiones (típicamente de una a tres) en el cual especies y muestras similares estén unidas (Gauch, 1982).

Los resultados de la ordenación son el acomodo de especies y/o muestras en un espacio de bajas dimensiones, de tal modo que las entidades similares y las entidades disimiles son separadas. Especies con distribuciones similares en el grupo de muestras ocuparan posiciones cercanas en el espacio de muestras.

#### **3.2.2.1. Correspondencia canónica**

El análisis de correspondencia canónica identifica una base ambiental para la ordenación de la fitocenosis, detectando los patrones de variación en la composición de la comunidad que puede explicarse mejor por las variables ambientales. En el diagrama de ordenación resultante las especies y sitios están representados por puntos y las variables ambientales por flechas. Tal ordenación muestra el patrón principal de variación en la composición de la comunidad que se cuenta por las variables ambientales, y también muestra, - de una manera aproximada, la distribución de las especies a lo largo de cada variable ambiental. La técnica combina así aspectos de ordenación regular con aspectos de análisis de gradiente directo. La racionalidad de la técnica deriva de un modelo de empaque de especies que (se asume) tienen una superficie de respuesta gaussiana con respecto a los gradientes ambientales. Se supone

que estos gradientes resultan ser combinaciones lineales de las variables ambientales (ter Braak, 1986, 1988, 1991).

La interpretación de los ejes de ordenación se basa en los coeficientes canónicos y las correlaciones intragrupo. Los coeficientes canónicos definen los ejes de ordenación como combinaciones lineales de las variables ambientales. Observando los signos y las magnitudes relativas de las correlaciones intragrupo y de los coeficientes canónicos, la predicción de la composición de la comunidad es obtenida. Si las variables ambientales se encuentran fuertemente correlacionadas una a otra, sus efectos en la composición de la comunidad difícilmente se podrán separar, en consecuencia los coeficientes canónicos serán inestables, producto de la multicolinealidad en este caso es recomendable eliminar las variables. La aproximación para el ajuste de superficie de respuesta gaussiana se da por ordenación canónica; las especies están ubicadas en el óptimo aproximado de estas superficies, así, la probabilidad de ocurrencia de un taxón decrece con la distancia de su ubicación en el diagrama de ordenación. Este muestra en los dos primeros ejes la importancia de las variables y la distribución de los sitios y especies. Las variables están representadas por flechas, las puntas de cada flecha indican la posición relativa de los centros de las distribuciones de las diferentes especies a lo largo de las variables, indicando de una manera aproximada el valor relativo de los promedios ponderados de cada especie con respecto a la variable. Los promedios ponderados se aproximan en el diagrama como desviaciones de la gran media de cada variable ambiental, estando (la gran media) ella representada por el origen de la gráfica. Esta provee una

aproximación de los promedios ponderados de las especies con respecto a las variables ambientales. La longitud de la flecha que representa una variable ambiental es igual a la tasa de cambio de los promedios ponderados-que se infieren de la grafica, siendo por lo tanto, una medida en cuanto difiere en la distribución de la especie lo largo de una variable ambiental. Las variables ambientales importantes estarán representadas por las flechas mas largas que las variables menos importantes.

Aguado et al (1996) relacionan variables climáticas con variables florísticas-en áreas de pastizal semidesérticas en San Luis Potosi, México, utilizando análisis de correspondencia canónica parcial. Utilizan 4 variables ambientales y 12 covariables. El atributo de la vegetación utilizado es la cobertura relativa de 4 areas de exclusión. Los autores encontraron valores característicos pequeños para los primeros 4 ejes de ordenación 0.33, 0.05, 0.05, 0.1, respectivamente. Las correlaciones presentes entre los primeros 4 ejes de la variables de respuesta (especies) y los ejes de las variables climáticas resultaron ser relativamente altas. Las variables independientes explicaron el 49.7% de la varianza total. Los dos priemeros ejes acumulan un total de 91.6% de la varianza total de la relación especie-ambiente explicada por las variables climáticas consideradas. En estos dos primeros ejes, el gradiente de la flora responde a patrones de precipitacion y temperaturas estivales. Mediante pruebas de permutación de Monte Carlo global y del primer valor, se concluye que esta variación florística observada en los diferentes sitios através del lapso de estudio, una vez ajustados los efectos atribuibles a factores edáficos y de manejo, se encuentran significativamente relacionadas con las variables



climáticas evaluadas, especialmente con la precipitación en la época de crecimiento.

Sánchez-González y López-Mata (2003) realizaron un análisis de la vegetación y de los factores que influyen en su estructura y distribución a lo largo de un gradiente altitudinal en el norte de la Sierra Nevada, Estado de México. Utilizaron el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). El valor de las raíces características para los tres primeros ejes de la ordenación sugiere que hay una buena separación entre las comunidades vegetales, asociadas a gradientes ambientales a lo largo de estos ejes de variación. A lo largo de los dos primeros ejes de ordenación se distingue un grupo constituido por los sitios de muestreo 1 (encinar arbustivo), 2 y 3 (bosque de encino); después aparece otro conglomerado formado por el bosque mixto y por el bosque de oyamel; y finalmente el bosque de pino y el pastizal alpino claramente separados entre sí y de los demás sitios.

La selección de las variables ambientales más importantes indicó que las de mayor correlación positiva con el primer eje de la ordenación fueron, en orden de importancia:

la materia orgánica del horizonte A. Las variables con mayor correlación negativa para el mismo eje fueron: los nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y la profundidad del horizonte O; el porcentaje de arcilla del horizonte A, la pendiente del terreno y los cationes (K, Na y Mg) del horizonte A.

En cuanto al segundo eje de la ordenación, las variables con mayor correlación positiva fueron los cationes (K, Na y Mg) y el PMP del horizonte A. Las variables con mayor correlación negativa con dicho eje fueron la altitud y el

porcentaje de porosidad del horizonte A. De acuerdo con el valor del factor de inflación (FI), las diez variables seleccionadas contribuyeron independientemente a la ordenación (FI < 17). Los datos aleatorizados generados con permutaciones Monte Carlo indican que tanto los valores de las raíces características para los tres primeros ejes; como los valores de correlación entre las especies, las variables ambientales y los tres primeros ejes de la ordenación, son significativos, lo que sugiere que los valores obtenidos con el CCA no se deben al azar y el diagrama de ordenación proporciona una representación significativa de la distribución de las comunidades vegetales y las variables ambientales estudiadas.

## IV. CAPÍTULO I

### CLASSIFICATION OF PLANT COMMUNITIES IN THE CENTRAL PART OF THE STATE OF CHIHUAHUA, MEXICO

#### ABSTRACT

A vegetation study of the central part of State of Chihuahua was carried out; sixty sampling sites were located throughout the study area to quantify the canopy cover of the main plant species in all different vegetation types, we sampled five 100 m point-intercept transects in each site. We use cluster analysis to classify the different plant associations based on canopy cover values. The vascular flora with canopy cover values of 2.5% or higher which constitutes the main vegetation types in the study area consists of 29 families, 67 genera, and 108 species of vascular plants, 22 families are dicotyledonous, five monocotyledonous, and two conifers. Families with the highest number of genera and species respectively are: Poaceae (17, 33), Leguminosae (11, 13), and Asteraceae (7, 11). The genera with highest number of species are: *Quercus* (10), *Bouteloua* (7), *Muhlenbergia* (5), *Pinus* (4), *Aristida* (4), *Hilaria* (3), *Rhus* (3), and *Tagetes* (3). The main biological forms are herbaceous (61 species), non-thorny shrubs (22), thorny shrubs (11), and trees (17). Three higher groups and 11 subgroups or vegetation types are recognized; the groups

are: I) grassland-forest (4 subgroups), II) scrubland-grassland (5 subgroups), and III) halophytic grassland (2 subgroups).

## RESUMEN

Se realizó un estudio de la vegetación en la parte central del estado de Chihuahua; sesenta sitios de muestreo se midieron a través del toda el área de estudio para cuantificar la cobertura de las principales especies en todos los diferentes tipos de vegetación, en cada sitio se muestrearon 5 líneas de intercepto de 100 m de longitud. Se utilizó análisis de conglomerados para clasificar las diferentes asociaciones de plantas basadas en valores de cobertura de las especies. De acuerdo con nuestros resultados, la flora vascular con valores de cobertura de 2.5% o mayores que constituyen los principales tipos de vegetación en el área de estudio consiste de 29 familias, 67 géneros y 108 especies, 22 familia son dicotiledóneas, cinco monocotiledóneas y dos de coníferas. Las familias con mayor número de géneros y especies respectivamente son: Poaceae (17, 33), Leguminosae (11, 13) y Asteraceae (7, 11). Los géneros con mayor número de especies son: *Quercus* (10), *Bouteloua* (7), *Muhlenbergia* (5), *Pinus* (4), *Aristida* (4), *Hilaria* (3), *Rhus* (3) y *Tagetes* (3). Las principales formas biológicas son herbáceas (61 especies), arbustos inermes (22), arbustos espinosos (11) y árboles (17). Se reconocen tres grupos mayores y 11 subgrupos de tipos de vegetación, los grupos son: I) pastizal-bosque (4 subgrupos), II) matorral-pastizal (5 subgrupos) y III) pastizal halófito (2 subgrupos).

## INTRODUCTION

The state of Chihuahua is located in the NW part of Mexico, adjoining to the north by the United States, to the east by Coahuila, to the west by Sonora, and to the south by Durango. Chihuahua is the largest State of Mexico, with 247,087 km<sup>2</sup> (Anonymous 1978): Most of its surface is part the Chihuahuan Desert Region; almost 70% of its surface is under arid and semiarid climate influence, including contrasting vegetal associations, mainly scrublands and grasslands; however, oak and pine oak associations can be found in the mountains of the central part of the State (Cumbres de Majalca National Park and Sierra El Nido). Currently, there is not a complete study of vegetation for the State of Chihuahua, most studies describe vegetation of a particular area or they describe only the main plant communities (Shreve 1939). These communities are: desert, grassland-oak forest, pine forest and ravine plant communities. LeSueur (1945) in his study on north Chihuahua recognizes seven main plant communities (montane forest, *Quercus grisea* forest, *Q. santaclarensis* forest, oak-pine forest, thorny forest, *Bouteloua gracilis* grassland and desert scrubland), most recently, Rzedowski (1978) recognizes four higher plant communities for the State of Chihuahua: xeric scrubland, grassland, conifer-oak forest, and deciduous tropical forest. As well as the vegetation, studies in the flora are also incomplete, though, there are some studies concerning several groups of plants such as grasses (Valdés et al. 1975; Lebgue & Valerio 1991; Bettle (1983, 1987, 1991, 1995), legumes (Estrada & Martinez 2000, 2003; Estrada & Yen 2001), *Quercus* (Muller 1979; Nixon 1998), mosses (Delgadillo 1998), ferns (Riba 1998), Acanthaceae

(Daniel 1998), Agavaceae (Gentry 1982), Asteraceae (Turner & Nesom 1998), Nolinaceae (García-Mendoza & Galván 1995), and several studies about regional floras, mainly in central part (Estrada-Castillón & Villarreal-Quintanilla 2010) and W and S region of this State (Laferriere 1994; Spellenberg et al. 1996; Estrada et al. 1997). In order to have a better knowledge of the arid land vegetal associations, the objective of this study is to describe and classify the main vegetation types in the central part of Chihuahua, based on quantification of the canopy cover of the main species.

## **METHODOLOGY**

### **Study area**

The study area is located into the geographic coordinates 28°00'-30°07' N and 104°25'-106°35' W, with an area about 10,411 km<sup>2</sup>, comprising all or portions of eleven municipalities, General Trías, Chihuahua, Coyame, Aldama, Aquiles Serdán, Julimes, Meoqui, Delicias, Ahumada, Camargo and Riva Palacio (Fig. 1). Most of the area are plains and a few mountains located at NW of the Chihuahua City at the Cumbres de Majalca National Park.

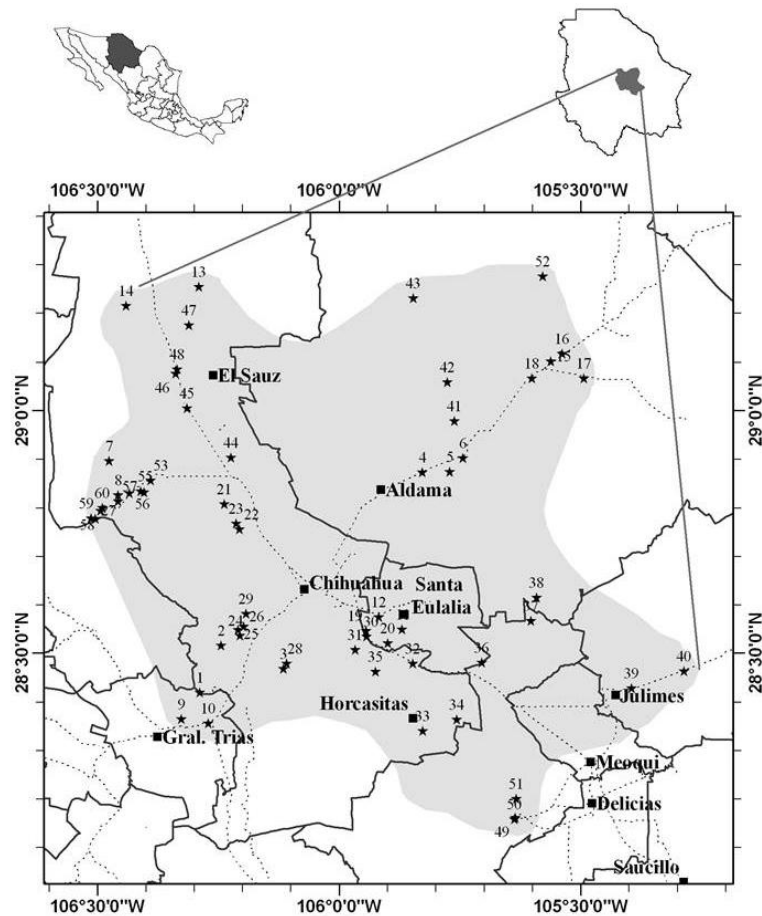


FIG. 1. Study area (shaded) and the 60 sampled sites (black stars) in the central part of the State of Chihuahua.

### Geology

The central part of the State of Chihuahua is characterized by vast plains and low hills, these last ones regularly shows NW-SE direction, composed in most cases by Tertiary extrusive igneous rocks and Upper Cretaceous sedimentary rocks, mainly of sandstones and limestone type. Areas at NE of Chihuahua City are formed by Upper Paleozoic rocks of sandstone, limestone and lutite type (INEGI 1987b)

## **Physiography**

The study area is located into two physiographic provinces: Sierra y Llanuras Tarahumaras and Sierras y Llanuras del Norte; this last one, comprises three physiographic subprovinces: Bolsón de Mapimí, Llanuras and Sierras Volcánicas and Sierras Plegadas del Norte (INEGI 1987a), according to Rzedowski (1978) both of these provinces are into the Mexican Xerophytic Province.

## **Climate**

The main climate types in the central part correspond to the BS<sub>0</sub>kw and BS<sub>0</sub>hw, both of them of steppe type, with 300-400 mm of annual rainfall, and a mean yearly temperature of 16-18° C (García 1973).

The BS climates predominates from Chihuahua City to the El Sueco (García 1973), with some variations in temperature and rains. The hottest months are May, June, July, August and September with mean daily temperatures of 24° C, 26.8°C, 25.2°C, 24.3°C and 22.3°C, respectively. The BW climates are present at NW of El Sueco, in parts of the Aldama municipality and also at E of Delicias City (García 1973). The hottest months are also May, June, July, August and September with average daily temperatures of 24°C, 27°C, 26.2°C, 25.3°C and 23°C, respectively.



## **Vegetation**

Three of the main plant communities in Mexico are present in the study area: xeric scrubland, grassland, and oak-pine forest (Rzedowski 1978). Those communities have been subdivided as: medium open grassland, medium grassland with trees, open grassland, halophytic grassland, non-thorny scrubland, rosetophyllous scrubland and oak-pine forest (Anonymous, 1978).

## **METHODS**

Five preliminary visits to the study area were conducted from 1998-2006 to become familiar with variations among different plant communities. Based on these visits and on interpretations of digital maps, 60 sampling sites were selected randomly (Fig. 1). Since scrubland vegetation had the highest surface, 32 plots were sampled on it, 5 of them in forest communities, and 27 plots were sampled in grassland and oak-grassland communities. Height and vertical canopy projection were recorded for woody species every 1m in five 100 m point-intercept transects in each site, and the herbaceous plant cover was estimated every 0.5 m in five 100 m point-intercept transects in each site (Haase & Schreiber 1972; Phillips & MacMahon, 1978, Heitschmidt et al. 1970; Bonham 1980). Plant specimens were deposited at CFNL (herbarium of the Facultad de Ciencias Forestales, Nuevo León), ANSM (Saltillo, Coahuila, México), MEXU (México, D.F.), TEX (Austin, Texas), BRIT (Forth Wort, Texas) (Holmgren et al. 1990).

## **Data analysis**

All species with 2.5% or higher relative canopy cover were included in the statistical analysis. Sorensen ( $ISs = 2W / (A + B) \cdot 100$ ) similarity indices were calculated (Mueller-Dumbois & Ellenberg 1974). Similarity-dissimilarity matrices were constructed for sites (Digby & Kempton, 1991). The indices were analyzed using cluster analysis by means of agglomerative classification (Gauch 1982; Manly 1992) and the minimum variance method (Ward 1963), using the MVSP (KCS 1998) statistical software. Cover data of the species groups were integrated into the site groups to relate them and determine species that appear limited to certain plant communities and environmental factor such as soil, slope, altitude, and climate.

## **RESULTS**

### **Botanical composition**

The vascular flora with canopy cover values of 2.5% or higher that constitutes the main vegetation types in the study area consists of 29 families, 67 genera, and 108 species of vascular plants (see Appendix), 22 families are dicotyledonous, five monocotyledonous, and two conifers (Table 1). Families with the highest number of genera and species respectively are: Poaceae (17, 33), Leguminosae (11, 13), and Asteraceae (7, 11). The genera with highest number of species are: *Quercus* (10), *Bouteloua* (7), *Muhlenbergia* (5), *Pinus* (4), *Aristida* (4), *Hilaria* (3), *Rhus* (3), and *Tagetes* (3). The main biological

forms are herbaceous (61 species), non-thorny shrubs (22), thorny shrubs (11), and trees (17).

Table 1. Families, genera and species with canopy cover values higher than 2.5% recorded in 60 sampled sites in the central part of the State of Chihuahua, Mexico.

|                  | Families  | Genera    | Species    |
|------------------|-----------|-----------|------------|
| Pinophyta        | 2         | 3         | 7          |
| Monocotyledonous | 5         | 22        | 40         |
| Dicotyledonous   | 22        | 42        | 61         |
| <b>TOTAL</b>     | <b>29</b> | <b>67</b> | <b>108</b> |

### **Classification of plant communities**

According to the dendrogram (Fig. 2), three higher groups or vegetation types are recognized, I) grassland-forest, II) scrubland-grassland, and III) halophytic grassland. The three groups are clearly differentiated among them, since their similarities are low, 20% or lower among them; the scrubland-grassland group is closer to the halophytic grassland group, since the similarity among them is 20%, while the grassland-forest group joins them at 16% of similarity. The scrubland-grassland group is the most compact, its sites are more similar in canopy cover values of the shared species than the other two groups. Group I is the most heterogeneous, its conformed subgroups showed the lowest similarity values compared to the subgroups from the other two groups.

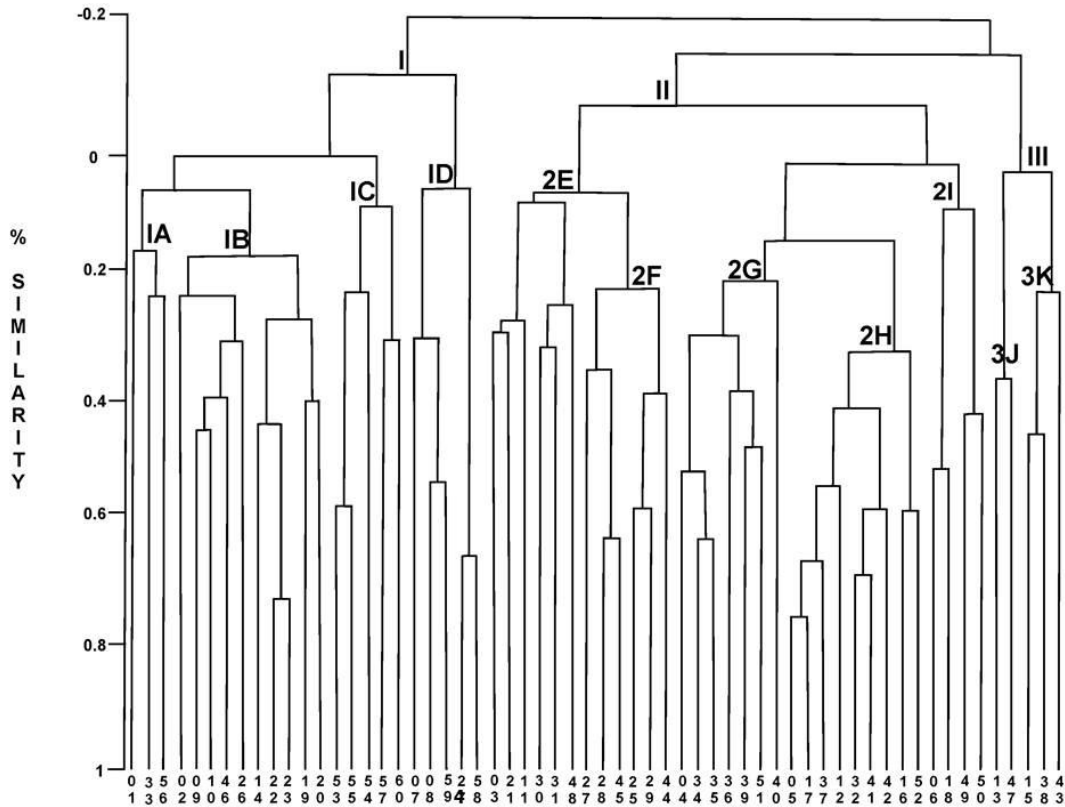


FIG. 2. Dendrogram showing the three main groups formed. I) grassland-forest, II) scrubland-grassland, and III) halophytic grassland, in the central part of the State of Chihuahua, Mexico.

### Group 1. Grassland-forest

It has 23 sites, and four different vegetation types are recognized, **subgroup1A** (three sites). It is conformed mainly by *Bouteloua curtipendula-Quercus arizonica-Mimosa aculeaticarpa* vegetation type. These sites are physiognomic and quantitatively characterized by two well defined strata, one of them, a low height, spread oak tree forest and the other one, a conspicuous herbaceous stratum dominated by tussock grasses from 50-70 cm height, with *Bouteloua* pp., *Muhlenbergia montana* and *Lycurus phleoides* as the most important

species, associated also to some shrubs such as *Rhus trilobata* and *Nolina texana*. These sites are located in the low part of the mountains in NW (1800 m), N (1,800-2,000 m) and low hills at S (1,450 m) from Chihuahua City. **Subgroup 1B** (10 sites). As the previous subgroup, this one also represent a *Bouteloua* spp. grassland, associated to a low oak-forest; however, dominant species in both strata are different, showing different canopy cover values from the previous subgroup. *Bouteloua curtispindula*, *B. hirsuta*, *B. chondrosioides*, and *B. gracilis* prevail in this order of importance from all other grasses and even other herbaceous species. *Quercus emoryi* and *Q. chihuahuensis* are the only two tree species associated to these grasslands. Shrub species such as *Mimosa aculeaticarpa*, *Acaciella angustissima* var. *texensis*, *Calliandra eriophylla*, *Aloysia wrightii*, *Rhus virens*, and *Fouquieria splendens* contributes with low canopy cover values in these sites. All sites are regularly located in plains (1,450-1,800 m ) and few of them are located in low hills, distributed 40-45 km W, 40-90 km N, and 10-20 km S of Chihuahua City. **Subgroup 1C** (five sites). A *Bouteloua gracilis*-*B.curtispindula* grassland associated to a spread low height oak-forest (*Q. emoryi* and *Q. grisea*), and few shrubby species are also present such as *Mimosa aculeaticarpa*, *Opuntia engelmannii*, and *O. lindheimeri*. All of these sites are located in the piedmont at 20-25 km NW of Chihuahua city, in the lower plain and piedmont areas of the Cumbres de Majalca National Park. **Subgroup 1D** (five sites). This is the most heterogeneous subgroup, the *Pinus-Quercus-Juniperus-Cupressus* vegetation type prevails physiognomic and quantitatively over the main grasses stratum (*Bouteloua gracilis*, *B. hirsuta*, and *Piptochaetium fimbriatum*), all of these sites

are located in the higher mountains at NW of Chihuahua city, into the Cumbres de Majalca National Park (1,900-2,400 m).

## **Group 2. Scrubland-grassland**

Include 32 sites, and five subgroups are recognized. **Subgroup2E** (six sites).

Two low vegetation strata are easily recognized, a shrubby one, dominated mainly by *Acacia constricta* var. *constricta* and the other one, herbaceous, where *Bouteloua gracilis* is the most important species. Several shrubs associated in these sites such as *Agave lecheguilla*, *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Senna wislizeni*, and *Condalia ericoides* are present. Most of these sites are located in the low plains 10-30 km N, W and S of Chihuahua City.

**Subgroup 2F** (six sites). Three grasses: *Aristida adscensionis*, *Bouteloua gracilis*, and *B. barbata*, two shrubs: *Mimosa aculeaticarpa* and *Acacia schaffneri* var. *schaffneri*, and one tree: *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, quantitatively prevail over the other shrubby species in these sites. This subgroup includes areas with strong anthropogenic disturbance; most of these sites include also *Dasyochloa pulchella* and *Panicum obtusum*, and are adjacent or near to Chihuahua city, at low plains, 1,450-1,500 m, sheltering several weeds such as *Viguiera stenoloba*, *Solanum eleagnifolium*, *S. citrullifolium*, *Mimosa texana* var. *texana*, *Senna lindheimeriana*, *Eragrostis superba*, *Sphaeralcea angustifolia*, *Xanthocephalum sarothrae*, *Verbesina encelioides*, and *Boerhavia spicata*.

The next two **subgroups 2G** (7 sites) and **2H** (9 sites) comprises sites with shrubby vegetation, mostly dominated by *Larrea tridentata*, *Acacia constricta*, *Flourensia cernua*, and *Parthenium argentatum*; however, the associations differ quantitatively among them as well as in their associated species. In the Subgroup 2G, *Larrea tridentata* and *Acacia constricta* are the dominant species, associated to *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Flourensia cernua*, and *Parthenium argentatum* with lower canopy cover values, while in subgroup 2H, *Larrea tridentata* and *Flourensia cernua* are the main species associated with *Parthenium argentatum*, *Acacia constricta* and *Fouquieria splendens*. Most sites of both subgroups are located in plains and low hills at 1,450-1,600 m at SW, S, and E parts of Chihuahua city. The **subgroup 2I** (four sites). This is the most heterogeneous subgroup into this group, the dominant species are *Jatropha dioica* and *Parthenium argentatum*, associated to *Fouquieria splendens*, *Aloysia wrightii*, and *Acacia constricta*, this scrubland show a two layer vegetation, a short one, with *Parthenium-Jatropha* as the dominant genera, and a taller one, with *Fouquieria-Aloysia-Acacia* as dominant species; most of these sites are located in plains with rocky soils to the E of the study area,.

### **Group 3. Halophytic grassland**

Clusters five sites with a predominant canopy cover values of grasses; however, two different subgroups are recognized. **Subgroup 3J**. One species, *Sporobolus airoides* amply dominates the other two associated grasses:

*Bouteloua gracilis* and *Distichlis spicata*, both sites are located at lower basins in N of the study area. The **subgroup 3K** is composed by the dominant association of *Sporobolus airoides*-*Hilaria mutica*, located also in basins at NE, central parts, and E of the study area.

## **DISCUSSION**

The central part of the State of Chihuahua has the three main plant communities recognized by Rzedowski (1978): grasslands, scrublands and oak-pine forest. Even though these plant communities can be easily recognized physiognomically, some of them include combination of species which can be included into one or another major community, depending on their canopy cover values of main species; moreover, there are plant communities where two or three plant species predominate over the others, such as the halophytic grasslands, with *Sporobolus*, *Bouteloua*, *Distichlis* and *Hilaria*, though these ones also can be described as a different subgroup according to the canopy cover values of the associated species.

The major groups and subgroups recognized in this study have been found in adjacent areas in northern Mexico and southern regions of the United States of America, the vegetation patterns, biological forms, and associated species are repeated in plains, valleys, and mountains of several states located into the Chihuahuan Desert region (from S Arizona, New Mexico and Texas in U.S.A. to the central part of the States of San Luis Potosí and Zacatecas, in Mexico). The scrub vegetation with its five facies (according to the different relative



abundance of the species), inhabiting gently sloping plains, is one of the main plant associations covering the CDR (Henrickson and Johnston, ined.), highlighting those constituted by *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Acacia constricta* var, *vernica*, *Parthenium incanum*, *Jatropha dioica*, *Fouquieria splendens*, *Mimosa biuncifera*, *Dalea formosa*, *Calliandra eriophylla*, *Aloysia wrightii*, *Parthenium argentatum*, *Agave lechuguilla*, these species are practically distributed all over the CDR. Similar scrublands, especially those dominated by *Larrea* and *Larrea-Flourensia* has been reported by Miranda y Hernández X. (1963) for northern Mexico. Johnston (1974) summarize some the most important community types and their intergradations of the CDR, he found that *Larrea tridentata*, *Parthenium incanum* and *Acacia neovernicosa* are some of the most abundant dicotyledonous shrub species present in low hills and plains in the State of Chihuahua. LeSueur (1945) reports desert scrub vegetation from plains in the central part of Chihuahua, dominated by species of the genera *Larrea*, *Flourensia*, *Parthenium*, *Acacia*, *Mimosa*, *Fouquieria* and *Prosopis*. In the Big Bend National Park, Texas, Plumb (1992) recognizes 26 vegetation cover types grouped into four environmental regions, some of these cover types located in plains and low hills corresponds to *Larrea-Agave*, *Larrea-Fouquieria-Jatropha*, and scrub-tobosa, these constitute similar associations as those found in the study area. From the Sierra de Catorce, S.L.P., González-Costilla et al., (2007) report several type of scrublands, one of the most common is the microphyllous scrubland conformed mainly by species of the genera *Larrea*, *Flourensia*, *Opuntia*, and *Prosopis* present in low and flat plains.

Grasslands altogether with scrublands are the main plant communities in low plains and piedmont areas in central Chihuahua, these grasslands are of two kinds: climatic grasslands and edaphic grasslands (Rzedowski 1978). Climatic grasslands are dominated by species of the genera *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Aristida*, *Eragrostis*, and *Elionurus*, while edaphic grasslands are commonly represented in the study area by species of the genera *Sporobolus*, *Hilaria* and *Distichlis*, inhabiting areas with soils containing high salt levels (Anonymous 1978). *Bouteloua gracilis* pristin grasslands, covering vast extensions of arid and temperate zones in northern Mexico have been reported by Miranda and Hernández X. (1963). Also, Johnston (1974) mention the presence of several grassland types in Chihuahua such as tobosa grassland (*Hilaria mutica*), grama grassland (*Bouteloua gracilis*), and also degraded grasslands (associated with species of the genera *Mimosa*, *Dalea* and *Acacia*). LeSueur (1945) report *Bouteloua gracilis* grassland in low and high plains in N and S Chihuahua city. Scrub-tobosa and pinyon-*Juniper*-grass associations described by Plumb (1992) for the Big Bend National Park are analogous to those found in low plains and higher plains in central part of Chihuahua. Desmond and Atchley (2006) reports important grama grassland areas (*Bouteloua gracilis*) at higher areas from the Sierra El Nido (adjacent to the Cumbres de Majalca National Park), as well as a large area of almost 15,889 km<sup>2</sup> of high quality and intact grassland dominated by blue grama (*Bouteloua gracilis*) and black gramma (*Bouteloua eriopoda*) in plains and low hills almost 150 km north of Chihuahua city. González-Costilla et al., (2007) report tussock (*Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Lycurus*) and gypsophilic grassland (*Bouteloua chasei*, *Muhlenbergia purpusii*,

*Dicranocarpus parvifolius*, and *Flaveria* spp.) in the Sierra de Catorce, S.L.P. SE portion of the Chihuahuan Desert region, *Bouteloua-Muhlenbergia-Lycurus* associations represent also part of the grasslands in higher plains and piedmont in the central part of the State of Chihuahua. Enriquez et al. (2003) based on physiognomic-floristic criteria, describes nine vegetation types from the Sierra de Organos (Zacatecas), including among them the *Bouteloua gracilis* grassland, distributed in plains and open slopes, where dominant species are also *Eragrostis intermedia*, *Aristida adscensionis*, *Microchloa kunhtii*, *Pectis prostrata*, *Melampodium sericeum*, and *Schkuhria pinnata*, the same grass species and Asteraceae genera are found in several grasses associations at Cumbres de Majalca National Park (Estrada et al. 2003). From La Michilia Biospher Reserve (Durango), González-Elizondo et al. (1993) described 12 main plant associations including the grassland community, in most cases, those grasslands are constituted by species of the genera *Bouteloua*, *Aristida*, *Muhlenbergia*, *Setaria* and *Andropogon*, that genera composition is similar to the grasslands recorded adjacent to the Sierra El Nido (Chihuahua) (Estrada et al. 2003).

Oak, oak-pine, juniper-pinyon, oak scrubland and montane forest found in the central part of Chihuahua correspond in structure, plant associations and plant diversity to those described for several mountains in north México, *Pinus* and *Quercus* forest are very common plant communities in NW Mexico (Miranda & Hernández 1963), mountains in the northern and central part of Chihuahua have different forest association such as oak-forest, pinyon-forest, *Juniper*-scrub, and pine woodland (Johnston 1974). Along different mountain chains

and isolated mountains in north and central part of Chihuahua occurs a particular type of vegetation called mexical, an evergreen sclerophyllous low-stature shrub and trees vegetation (Valiente-Banuet et al. 1998), in the study area it corresponds to some of the low oak species found at the Cumbres de Majalca National Park such as *Quercus depressipes* and *Q. toumeyii*, including also species of the associated genera such as *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Ceanothus*, *Garrya*, *Juniperus* and *Rhus*, reported by Estrada et al. (2003). Mountains in north-central- Chihuahua have oak-forest and montane-forest (LeSueur 1945), this author mention the heterogeneity of the landscape phisognomy where montane forest contact the upper margin of the oak woodlands, constituting several intermixed plant associations, such as woodland-grassland and oak-grassland associations. From plains and desert mountains in the Big Bend National Park (S of Texas), Plumb (1992) describes oak scrub, pinyon-*Juniper*-grass, and pinyon-*Quercus*-*Juniper*, and *Quercus*-*Pinus*-*Cupressus* at higher altitudes, most of these vegetation cover types corresponds to the groups and subgroups classified in this study. From W parts of Chihuahua, Laferriere (1994) reported a Cypress forest dominated by species of the genera *Cupressus*, *Pinus*, *Quercus* and *Fraxinus*, located in moist areas, this association is almost similar to the one found at Cumbres de Majalca National Park dominated by *Cuperssus arizonica*, *Pinus engelmannii*, *Querus* spp. and *Fraxinus velutina* (Estrada et al. 2003). The *Quercus grisea*-*Pinus cembroides*-*Juniperus* spp. is a very common association in mountains from central part of Chihuahua and several States of NE Mexico, as in San Luis Potosí (González-Costilla et al. 2007), central part of State of Zacatecas

(Enriquez et al. (2003), and semiarid parts of Durango (González-Elizondo et al. 1993). and S of the United States (Texas) (Warnock 1970).

## **ACKNOWLEDGMENTS**

We thank to Carmen Yen, Claudia Castillo, María Alfaro and Rubén Marroquín for their field work assistance.

## **LITERATURE CITED**

- ANONYMOUS. 1978. Guías para la determinación de condición. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. 78 pp.
- 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. MANRRIQUE, 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.
- 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. 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. 355-368.
- DESMOND, M. AND M.J. ATCHLEY. 2006. Status and distribution of Chihuahuan Desert grasslands in the United States and Mexico. USDA Forest Service Proceedings. RMRS-P-40.
- DIGBY, P.G.N., AND R.A. KEMPTON. 1991. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall, New York.
- ENRÍQUEZ, E.D., S.D. KOCH AND M.S. GONZÁLEZ-ELIZONDO. 2003. Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. Acta Bot. Mex. 64:45-89.
- ESTRADA, C.E., R. SPELLENBERG AND T. LEBGUE. 1997. Flora vascular de la Laguna de Babícora, Chihuahua, México. Sida 17:809-827.
- ESTRADA, C.E. AND A. MARTÍNEZ. 2000. Legumes from the central part of the State of Chihuahua, Mexico. Sida 19:351-360.

- ESTRADA, C.E. AND C. YEN. 2001. *Lespedeza cuneata* (Fabaceae). A first record of its occurrence in Mexico. *Sida* 19:741-743.
- 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-CASTILLÓN E. AND J.A. VILLARREAL-QUINTANILLA. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. *Acta Bot. Mex.* 92:51-118.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. 2a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 pp.
- 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 pp.
- GENTRY, H.S. 1998. *Agaves of continental America*. The University of Arizona Press. U.S.A. 670 pp.
- GONZÁLEZ-COSTILLA, O., J. GIMÉNEZ, J. GARCÍA-PÉREZ AND J.R. AGUIRRE. 2007. Flórula vascular de la Sierra Catorce y territorios adyacentes, San Luís Potosí, México. *Acta Bot. Mex.* 78:1-38.

- GONZÁLEZ-ELIZONDO, S., M. GONZÁLEZ-ELIZONDO AND A. CORTÉS-ORTIZ. 1993. Vegetación de la reserva de la biósfera "La Michilia", Durango, México. Acta Bot. Mex. 22:1-104 + 1 map.
- GOODALL, D. W. 1954. Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the factor analysis. Aust. J. Bot., 2: 304-324.
- HAASE, E.F. AND H.A. SHREIBER. 1972. Topographic relations of vegetation and soil in a southeastern Arizona grassland. Southw. Naturalist 16:387-401.
- HEITSCHMIDT, R.K., G.K. HULLET, AND G.W. TOMANEK. 1970. Vegetational map and community structure of a west central Kansas prairie. Southw. Naturalist 14: 337-350.
- HENRICKSON, J. Y M. C. JOHNSTON. (inérito). A flora of the Chihuahuan Desert region. Los Angeles, California. 1687 pp.
- 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.693 pp.
- 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.
- JOHNSTON, M.C. 1974. Brief resume of botanical, including vegetational, features of the Chihuahuan Desert region with special emphasis on their uniqueness. pp. 335-262 *in*: Transactions of the symposium on the biological resources of the Chihuahuan Desert region, United States and Mexico. Edited by R.H. Wauer, and D.H. Riskind, U. S. Department of



- Interior. National Park Service Transactions and Proceeding Series, Number 3.
- KCS. 1998. Multivariate Statistical Package, Anglesey, Wales. U.K.
- 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 Chihuahua. Chihuahua, Chih. 301 pp.
- LESUEUR, H. 1945. The ecology of the vegetation of Chihuahua, Mexico, north of the parallel twenty-eight. University of Texas Publications No. 452. 92 pp.
- MANLY, B.F.J. 1992. Multivariate methods. Chapman and Hall, London.
- MIRANDA, F. AND E. HERNÁNDEZ. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. México*. 28:29-179.
- MULLER, C.H. 1979. *Quercus deliquescens*, a new species from Chihuahua, Mexico. *Phytologia* 42:289-291.
- MUELLER-DUMBOIS, D. AND H. ELLENBERG. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Willey and Sons, New York. 547 pp.
- 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.
- PHILLIPS, D.L. AND J.A. MACMAHON. 1978. Gradient analysis of a Sonoran Desert bajada. *Southw. Naturalist* 23:669-679.

- PLUMB, G.A. 1992. Vegetation classifications of Big Bend National Park, Texas. *Texas J. Sci.* 44:375-387.
- 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.
- 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.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 97-110.
- SHREVE, F. 1939. Observations on the vegetation of Chihuahua. *Madroño* 5:1-48.
- 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.
- VALDÉS, J., A.A. BEETLE AND M.H. GONZÁLEZ. 1975. Gramíneas de Chihuahua. *Pastizales* 4:2-60.
- VALIENTE-BANUET, A. N. FLORES-HERNÁNDEZ, M. VERDÚ AND P. DÁVILA. 1998. The chaparral vegetation in Mexico under nonmediterranean climate: The

convergence and madrean-tethyan hypotheses reconsidered. Amer. J. Bot. 85:1398-1408.

WARD, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Amer. Statistic Assoc. 58:236-244.

WARNOCK, B.H. 1970. Wild flowers of the Big bend Country, Texas. Sul Ross State University, Alpine, Texas.

**Appendix.** Species with canopy cover values higher than 2.5% recorded in 69 sampled sites in the central part of the State of Chihuahua, Mexico.

---

#### AGAVACEAE

*Agave scabra* Salm-Dyck

*Agave lechuguilla* Torr.

#### AMARANTHACEAE

*Gossyphianthus lanuginosus* (Poir.) Moq.

#### ANACARDIACEAE

*Rhus microphylla* Engelm.

*Rhus trilobata* Nutt.

*Rhus virens* Lindh. ex A. Gray

#### ASTERACEAE

*Artemisia ludoviciana* Nutt.

*Flourensia cernua* DC.

*Parthenium argentatum* A. Gray

*Parthenium confertum* A. Gray

*Schkuhria pinnata* (Lam.) Cabrera

*Stevia salicifolia* Cav.

*Tagetes lucida* Cav.

*Tagetes micrantha* Cav.

*Tagetes papposa* Vent.

*Viguiera cordifolia* A. Gray

*Viguiera stenoloba* S.F. Blake

#### BIGNONIACEAE

*Tecoma stans* (L.) Kunth

#### BORAGINACEAE

*Tiquilia canescens* (DC.) A.T. Richardson

*Tiquilia greggii* (Torr. & A. Gray) A.T. Richardson

#### CACTACEAE

*Opuntia engelmanni* Salm-Dyck

*Opuntia lindheimeri* Engelm.

#### COMMELINACEAE

*Tradescantia crassifolia* Hassk.

#### CONVOLVULACEAE

*Dichondra argentea* Willd.

#### CUPRESSACEAE

*Cupressus arizonica* Greene

*Juniperus deppeana* Steud.

*Juniperus monosperma* Sarg.

CYPERACEAE

*Cyperus seslerioides* Kunth

*Dichromena colorata* Hitchc.

ERICACEAE

*Arbutus xalapensis* Kunth

*Arctostaphylos pungens* Kunth

EUPHORBIACEAE

*Croton pottsii* Müll. Arg.

*Jatropha dioica* Cerv.

FAGACEAE

*Quercus arizonica* Sarg.

*Quercus coccolobifolia* Trel.

*Quercus chihuahuensis* Trel.

*Quercus depressipes* Trel.

*Quercus emoryi* Torr.

*Quercus gambellii* Liebm.

*Quercus grisea* Liebm.

*Quercus hypoleucoides* A. Camus

*Quercus rugosa* Née

*Quercus toumeyii* Sarg.

FOUQUIERIACEAE

*Fouquieria splendens* Engelm.

KRAMERIACEAE

*Krameria cytisoides* Cav.

*Krameria grayi* Rose & Painter

LEGUMINOSAE

*Acacia constricta* Benth. var. *constricta*

*Acacia constricta* Benth. var. *vernica* (Standl.) L.D. Benson

*Acaciella angustissima* (Mill.) Britton & Rose

*Calliandra conferta* Benth.

*Calliandra eriophylla* Benth.

*Chamaecrista nictitans* (L.) Moench

*Cologania obovata* Schldl.

*Dalea formosa* Torr.

*Desmodium neomexicanum* A. Gray

*Galactia wrightii* A. Gray

*Mimosa aculeaticarpa* Ortega

*Mimosa dysocarpa* Benth.

*Painteria leptophylla* Britton & Rose

*Prosopis glandulosa* Torr. var. *torreyana* (L. Benson) M. C. Johnston

MALPIGHIACEAE

*Aspicarpa humilis* (Benth.) Nied.

NOLINACEAE

*Nolina microcarpa* S. Watson

*Nolina texana* S. Watson

NYCTAGINACEAE

*Alionia choisyi* Standl.

*Boerhavia spicata* Choisy

OLEACEAE

*Fraxinus velutina* Torr.

*Menodora heterophylla* Moric. ex A. DC.

PINACEAE

*Pinus arizonica* Engelm.

*Pinus cembroides* Zucc.

*Pinus leiophylla* Schltld. *chihuahuana* (Engelm.) Shaw

*Pinus engelmannii* Carrière

POACEAE

*Aristida adscensionis* L.

*Aristida barbata* E. Fourn.

*Aristida purpurea* Nutt.

*Aristida roemeriana* Scheele

*Bouteloua aristidoides* (Kunth) Griseb.

*Bouteloua chondriosioides* (Kunth.) Benth. ex Watson

*Bouteloua curtispindula* (Michx.) Torr.

*Bouteloua eriopoda* (Torr.) Torr.

*Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex. Griffiths

*Bouteloua hirsuta* Lag.

*Bouteolua barbata* Lag.

*Chloris virgata* Sw.  
*Dasyochloa pulchella* (Kunth) Willd. ex Rydb.  
*Distichlis spicata* (L.) Greene  
*Elionurus barbiculmis* Hack  
*Enneapogon desvauxii* P. Beauv.  
*Eragrostis mexicana* (Hornem.) link  
*Heteropogon contortus* (L.) P. Beauv. ex Roem & Schult.  
*Hilaria belangeri* (Steud.) Nash  
*Hilaria swallenii* Cory  
*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees  
*Lycurus phleoides* Kunth  
*Microchloa kunthii* Desv.  
*Muhlenbergia minutissima* (Steud.) Sawllen  
*Muhlenbergia montana* (Nutt.) Hitchc.  
*Muhlenbergia pauciflora* Buckley  
*Muhlenbergia porteri* Scribn.  
*Muhlenbergia emersleyi* Vasey  
*Panicum bulbosum* Kunth  
*Panicum obtusum* Kunth  
*Piptochaetium fimbriatum* (Kunth) Hitchc.  
*Pleuraphis mutica* Buckley  
*Schizachyrium scoparium* (Michx.) Nash  
*Sporobolus airoides* (Torr) Torr.



RHAMNACEAE

*Condalia ericoides* (A. Gray) M. C. Johnston

RUBIACEAE

*Bouvarida ternifolia* Schlttdl.

SAPINDACEAE

*Cardiospermum halicacabum* L.

VERBENACEAE

*Aloysia wrightii* A. Heller

*Verbena pinnatifida* Lam.

ZYGOPHYLLACEAE

*Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville

## V. CAPÍTULO II

### ORDENACIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA PARTE CENTRAL DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, MEXICO

#### RESUMEN

Se estudiaron las comunidades vegetales en la parte central del estado de Chihuahua, muestreando 71 sitios, donde se determinó la cobertura de las especies y las variables ambientales de altitud, suelo desnudo y pendiente en cada sitio. Las comunidades vegetales analizadas comprenden principalmente matorrales, pastizales y bosques de encino-pino (Parque Nacional Cumbres de Majalca). La información fue analizada mediante análisis multivariado de Correspondencia Canónica (ACC) para conocer cuál o cuáles variables ambientales tienen una mayor influencia sobre las diferentes especies dentro de las diferentes comunidades vegetales. Los resultados muestran que las variables de suelo desnudo y nivel altitudinal son aquellas que tiene mayor grado de influencia sobre la distribución de las especies y su composición vegetal. Los matorrales o vegetación arbustiva micrófila (*Larrea*, *Acacia*, *Flourensia*, *Parthenium*) prefieren área con sitios planos, menores niveles altitudinales (1,400-1550 m), mientras que los matorrales (*Opuntia*, *Rhus*, *Mimosa*) con especies crasas (*Opuntia*) y varias especies de pastizales (*Bouteloua*, *Aristida*, *Heteropogon*), prefieren áreas méxicas con pendiente pronunciada a niveles medio altitudinales (1,600-1,800 m). Los bosques mixtos *Quercus*-coníferas(*Pinus*, *Juniperus*, *Cupressus*) se desarrollan en áreas con

mayor nivel altitudinal (1,900-2,300 m), pendientes someras o nulas y menor cantidad de suelo desnudo o presentan mayores niveles de cobertura vegetal.

## **ABSTRACT**

A study on plant-environment relationships in plant communities of the central part of the State of Chihuahua was carried out, sampling 71 sites. The canopy cover, species, and environmental variables such as altitude, bare soil and slope percentage were determined; the plant communities studied comprises mainly grasslands, scrublands and mixed forest (*Quercus*-conifers (Cumbres de Majalca National Park). The information gathered was analyzed by means of Canonical Correspondence Analysis (CCA) to assess which of the environmental variables has the strongest influence on the different species into the different plant communities. Results showed that bare soil and altitude are the variables with the strongest influence on the plant distribution and species composition. Microphyllous scrublands (*Larrea*, *Acacia*, *Flourensia*, *Parthenium*) thrive better in flat areas and lower altitude levels (1,400-1,550 m), while other scrublands (*Opuntia*, *Rhus*, *Mimosa*) and several grassland species (*Bouteloua*, *Aristida*, *Heteropogon*) are better adapted to moist areas, with steeper slopes, growing at middle altitude level (1,600-1,800 m). Mixed forest constituted mainly by *Quercus*-conifers (*Pinus*, *Cupressus*, *Juniperus*) developed better in higher altitudes (1,900-2,300), slight slopes and, also in soils with scarce bare soil or in areas with higher canopy cover values.

## **INTRODUCCIÓN**

En estudios de ecología, el análisis simultáneo de muchas variables en conjunto puede ser muy complejo, además de complicado. Para poder discernir cuales factores influyen uno o varias variables se requiere un estudio demasiado metódico. Un medio para poder alcanzar estos objetivos es 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). La aplicación y uso del análisis multivariado sirve cuando se aplica más de una característica, se mide en más de un individuo y las relaciones entre las características hacen que éstas sean medidas y estudiadas simultáneamente (Manly, 1992), de ahí que el análisis multivariado implica un todo, sumando datos y revelando su estructura (Gauch, 1982). Con la aplicación de estos métodos matemáticos se busca una máxima objetividad, a la vez que se elimina el elemento subjetivo y sus efectos pueden ser eliminados (Bouxin, 1975).

En la actualidad, los métodos más comunes de análisis multivariado para estudios de ecología, especialmente en comunidades vegetales son clasificación (cluster analysis), componentes principales (ordenación, análisis de gradiente indirecto) y correspondencia canónica (ordenación, análisis de gradiente directo) (Digby y Kempton, 1987). En este caso nos referiremos al Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), la técnica más novedosa en la actualidad para análisis de datos en ecología vegetal. Esta técnica permite reducir la variación en la composición de la comunidad vegetal respecto a la

dispersión de los sitios de muestreo y las especies que las componen en un diagrama de ordenación (ter Braak, 1986).

Cuando se tiene un grupo de datos sobre un amplio rango de hábitats, de tal modo que las especies muestran relaciones no lineales ni monotónicas con las variables ambientales, es inapropiado utilizar estas relaciones mediante coeficientes de correlación o por técnicas basadas en dichos coeficientes, es el caso de correlación canónica (Gauch, 1982; ter Braak, 1986). Como alternativa se utiliza una técnica de dos pasos, primero, extraer el patrón dominante de variación de los datos de las especies en la composición de la comunidad por la técnica de Análisis de Correspondencia sin Tendencia (ACST o Detrended Correspondence Analysis, DCA) y posteriormente relacionar este patrón (los dos o tres primeros ejes de ordenación) con las variables ambientales (Hill y Gauch, 1980; Gauch, 1982), este paso es ideal, ya que remueve en este contexto las dependencias no lineales entre los ejes (Hill y Gauch, 1980), lo cual ha mostrado ser una técnica eficiente para extraer uno o más ejes de ordenación o gradientes, de tal forma que las especies muestran curvas de respuesta unimodal (forma de campana) con respecto a estos ejes, los ejes pueden interpretarse como gradientes ambientales hipotéticos en el segundo paso de los análisis.

El análisis de correspondencia canónica identifica una base ambiental para la ordenación de las fitocenosis, pues detecta patrones de variación en la composición de la comunidad que es detectada por las variables ambientales, además, muestra, de manera aproximada, la distribución de especies a lo largo de cada variable ambiental. De tal forma, el ACC combina los aspectos de

análisis de gradiente directo y de ordenación regular. La racionalidad de la técnica deriva de un modelo de empaque de especies que (se asume) tienen una superficie gaussiana de respuesta con respecto a los gradientes ambientales y se supone que estos gradientes ambientales resultan ser combinaciones lineales de las variables ambientales (ter Braak, 1988, 1991).

El ACC es una técnica de ordenación de promedios ponderados, tiene la ventaja de ordenar simultáneamente sitios y especies, es de rápida computación y buena ejecución cuando las especies poseen relaciones unimodales y no lineales con los gradientes ambientales, como los que producen severos problemas en Análisis de Componentes Principales (ACP) (Palmer, 1983). Aún el ACST, este algoritmo no es “elegante” y es arbitrario, algunas veces funciona apenas con especies de distribución sesgada, puede ser inestable y ocasionalmente no maneja adecuadamente diseños de muestreo complejo.

Contrariamente, el ACC es una técnica de análisis de gradiente directo y representa un caso especial de regresión multivariada, este análisis difiere del análisis de gradiente indirecto en que la composición de especies se relaciona directa e inmediatamente con las variables ambientales medidas, adicionalmente posee otro beneficio, las variables ambientales pueden ser representadas por flechas junto con los registros de especies y sitios en un diagrama conocido como trigráfica (triplot) (Palmer, 1993). Si la forma de la escala es apropiada, la longitud de la flecha indica la importancia de la variable ambiental; la dirección de la flecha indica que tan bien la variable ambiental está correlacionada con la composición de varias especies; el ángulo entre las

flechas indica correlaciones entre las variables; la localización de registros de sitios relativas a las flechas indican las variables ambientales características de los sitios y la localización de registros de especies relativas a las flechas indica la preferencia ambiental de cada especie (ter Braak, 1986; Palmer 1993).

El ACC posee ciertas bondades que otras técnicas multivariadas no presentan, es el caso de ACP y el Análisis de Correspondencia (AC, o Promedios Recíprocos), ambos se utilizan para reducir la variación en la composición de la comunidad en la dispersión de los sitios y especies en un diagrama de ordenación (terBraak, 1986), posteriormente, el diagrama se interpreta con ayuda de datos externos mediante el cálculo de coeficientes de correlación entre las variables ambientales y los ejes de ordenación, o por regresión múltiple de los ejes de ordenación de las variables ambientales (terBraak, 1986). El ACC es una solución a este problema, pues se inserta el modelo de regresión en el de ordenación, y como resultado, los ejes aparecen en orden de varianza explicada por combinaciones lineales de las variables ambientales (Jongman et al., 1995).

La técnica de ACC se ha aplicado en muchos países en estudios de todo tipo de relaciones biótico-abióticas, en comportamiento de diferentes especies de “arañas” relacionadas a cierto tipo de ambientes (ter Braak, 1986), en plantas micrófitas en diques y su relación con determinadas variables ambientales (ter Braak, 1986), o para relacionar variables ambientales con la composición florística en México (Aguado et al., 1996). En Alemania se utilizó para determinar la distribución de algas a lo largo de un gradiente de contaminación (Friecke y Stuebing, 1984); en Colorado, Allen y Peet (1990) utilizan ACC para

estudiar la composición de variables ambientales relacionadas con especies de árboles en un gradiente de humedad y de altitud; Estrada (1998) lo utilizó para determinar relaciones de especies de arbustivas del matorral submontano con variables ambientales a lo largo de un gradiente de clima, humedad y aridez en el estado de Nuevo León.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Área de estudio**

El área de estudio se localiza en las coordenadas geográficas 28°00'-30°07' Norte y 104°25'-106°35' Oeste, con un área de aproximadamente 10,411 km<sup>2</sup>, abarcando todo o parte de once municipios, General Trías, Chihuahua, Coyame, Aldama, Aquiles Serdán, Julimes, Meoqui, Delicias, Ahumada, Camargo y Riva Palacio (Fig. 1). La mayor parte del área de estudio son llanos y una pequeña parte son montañas situadas en el Parque Nacional Cumbres de Majalca al noroeste de la ciudad de Chihuahua.



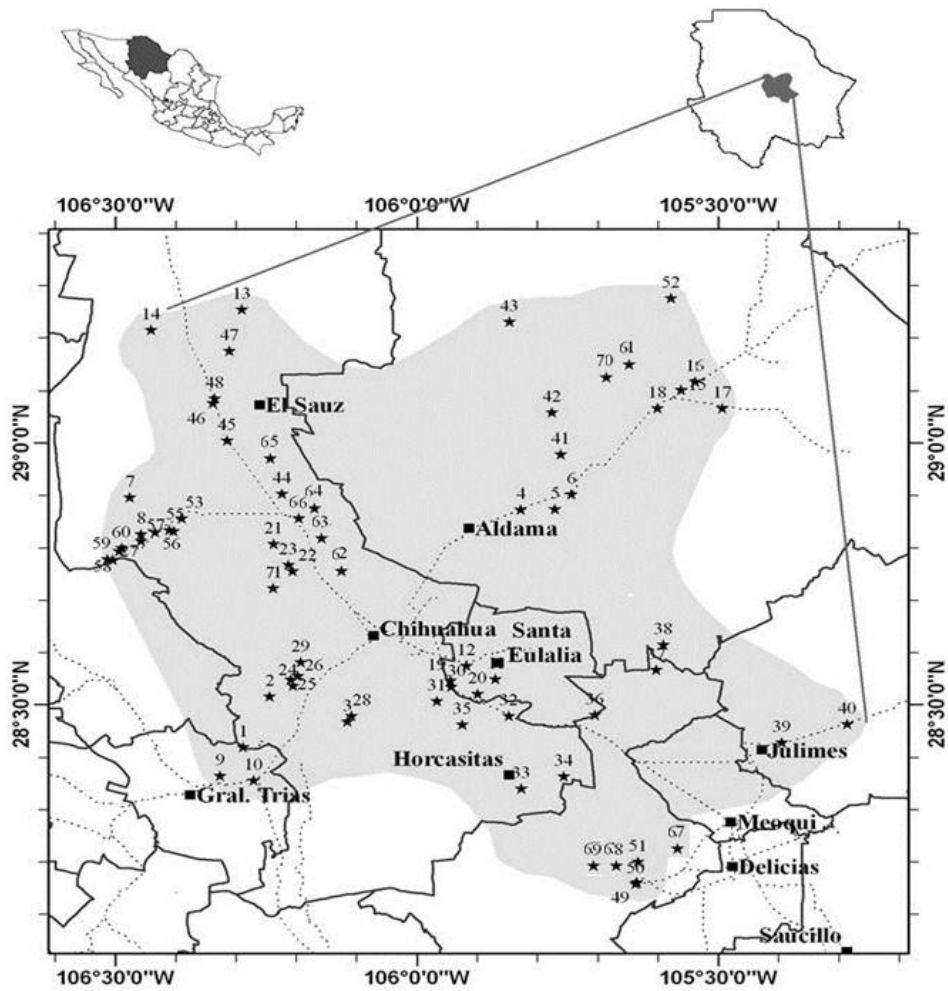


FIG. 1. Área de estudio (sombreado) y los 71 sitios de muestreo (estrellas negras) en la parte central del Estado de Chihuahua.

### Geología

La parte central del estado de Chihuahua se caracteriza por extensas llanuras y serranías bajas, compuestas en su mayoría por rocas extrusivas terciarias ígneas y sedimentarias del cretácico superior, rocas principalmente de areniscas y calizas tipo. Áreas del noreste de la ciudad de Chihuahua están

formadas por rocas del Paleozoico Superior de tipo arenisca, caliza y lutita (INEGI, 1987b).

### **Fisiografía**

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 provincias están en la provincia xerofítica mexicana.

### **Clima**

Los principales tipos de clima de la zona central corresponden a BS0kw y BS0hw, ambos tipo estepario, con 300-400 mm de lluvia anual y una temperatura media anual de alrededor de 16-18° C, también BWkw y BWhw, ambos de tipo desértico, con 200-300 mm de lluvia anual y una temperatura media anual de alrededor de 18-20 ° C (García, 1973).

Los climas BS predominan desde la ciudad de Chihuahua hasta al El Sueco (García, 1973), con algunas variaciones en las lluvias y la temperatura. Los meses más calurosos son mayo, junio, julio, agosto y septiembre, con 24° C, 26.8° C, 25.2° C, 24.3° C y 22.3° C, respectivamente. Los climas BW están presentes al NO de El Sueco, en algunas partes del municipio de Aldama y también al este de la ciudad de Delicias (García, 1973). Los meses más

calurosos son también mayo, junio, julio, agosto y septiembre, con 24° C, 2 ° C, 26. ° C, 25.3° C y 23° C, respectivamente.

### **Vegetación**

Tres de las principales comunidades vegetales en México están presentes en el área de estudio: matorral xerófilo, pastizal y bosque de encino-pino (Rzedowski 1978). Las comunidades se han subdividido en: pastizal mediano abierto, pastizal mediano con árboles, pastizal abierto amacollado, pastizal halófilo, matorral no espinoso, matorral roseto-filo y bosques de encino-pino (Anónimo, 1978).

### **Métodos**

Con el fin de familiarizarse con las variaciones entre las diferentes comunidades vegetales, se realizaron cinco visitas preliminares a la zona de estudio entre 1998-2006. Basados en estas visitas y en la interpretación de mapas digitales, se seleccionaron 71 sitios de muestreo al azar (Fig. 1). La distribución de sitios de muestreo fue de la siguiente manera: 22 parcelas en matorral, 22 en comunidades de pastizal (climáticos), 8 en bosque de Pino-encino, 15 en encinares, y 4 pastizal halófito (edáfico). La cobertura de especies arbustivas y arbóreas se cuantificó con líneas de puntos, cada línea tuvo una longitud de 100 m y 100 puntos equidistantes de 1 m (Muller-Dumbois y Ellenberg, 1974), en cada sitio de muestreo se cuantificaron 5 líneas. Para 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). Los especímenes de plantas fueron depositados en el herbario CFNL (Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, Nuevo León), ANSM (Saltillo, Coahuila, México), MEXU (México, DF), TEX (Austin, Texas), BRIT (Forth Wort, Texas) (Holmgren et al., 1990).

Los valores de cobertura total fueron transformados (estandarizados) a coberturas relativas (Gauch, 1982) y analizados en conjunto con las variables abióticas con el programa estadístico Canoco (versión 4.5).

## **RESULTADOS**

### **Diversidad**

Se registró un total de 40 familias, 118 géneros y 219 especies de plantas vasculares en el área de estudio. Las familias con mayor número de géneros fueron Poaceae (24), Asteraceae (23), Leguminosae (17), Amaranthaceae (4), Cactaceae (3), Euphorbiaceae (3), Oleaceae (3) y Nyctaginaceae (3) (Fig. 2). Las familias con mayor número de especies fueron Poaceae (59), Asteraceae (43), Leguminosae (31), Fagaceae (12), Pinaceae (5), Nyctaginaceae (5), Amaranthaceae (5), Agavaceae (5), Cactaceae (4) y Euphorbiaceae (4) (Fig. 3). Los géneros con mayor número de especies fueron *Muhlenbergia* (14), *Quercus* (12), *Bouteloua* (10), *Brickellia* (6), *Acacia* (6), *Pinus* (5), *Aristida* (5), *Viguiera* (5), *Eragrostis* (4) y *Stevia* (4).

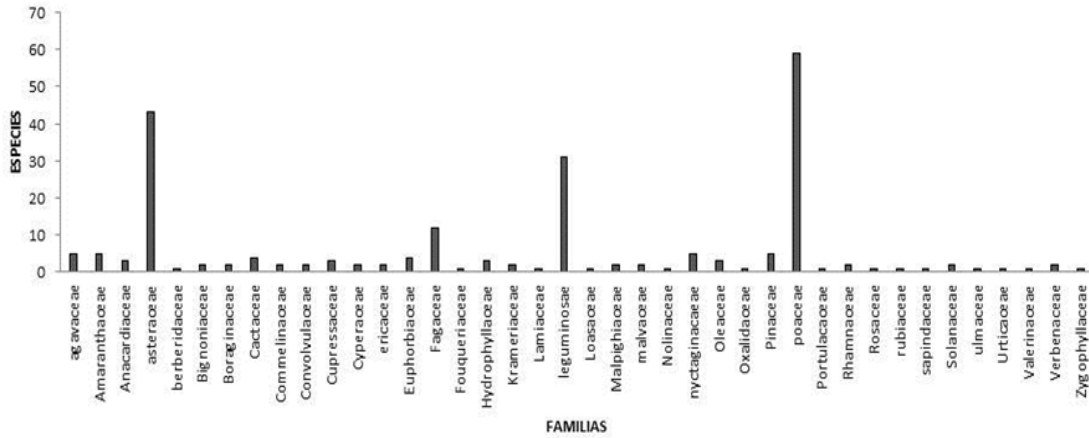


Figura 2. Familias con su respectivo número de especies del centro del estado de Chihuahua.

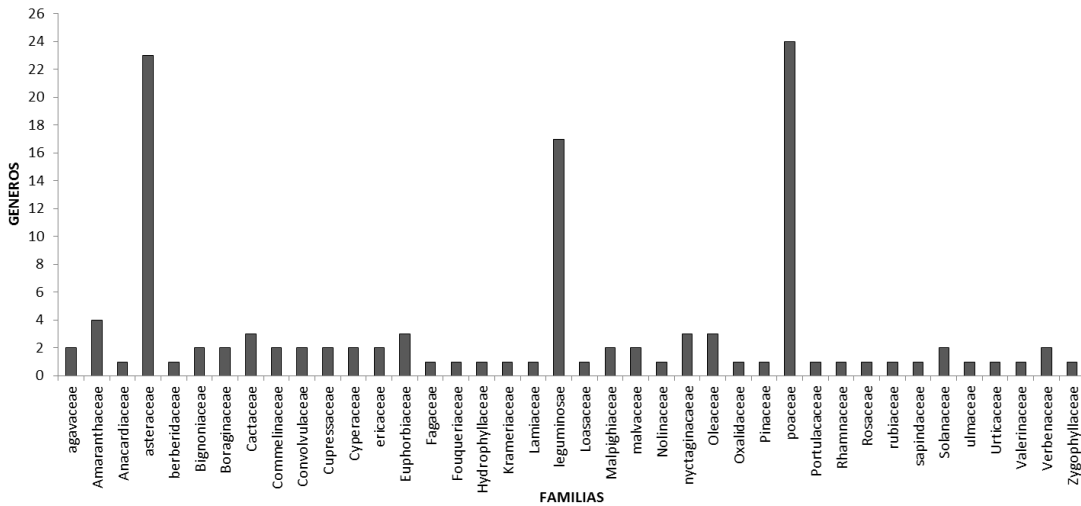


Figura 3. Familias con su respectivo número de géneros en el centro del estado de Chihuahua.

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

## ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA

Los análisis que se realizaron fueron con base en 71 sitios de muestreo y 68 especies de plantas vasculares de cobertura mayores de 10%. Se inició con un análisis exploratorio para observar el comportamiento de las variables bióticas y las ambientales, observándose la 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 la variables ambientales (elevación, 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).

Tabla 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  | 0.768 | 0.325 | 0.222 | 0.105 | 12.21         |
| Correlaciones especies-ambiente                                     | 0.934 | 0.752 | 0.711 | 0.566 |               |
| Porcentaje acumultavio de varianza de especies                      | 6.3   | 8.9   | 10.8  | 11.6  |               |
| Porcentaje acumultavio de varianza de la relación especies-ambiente | 54.1  | 76.9  | 92.6  | 100   |               |
| Suma de todos los eigenvalores                                      |       |       |       |       | 12.219        |
| Suma de todos los eigenvalores canónicos                            |       |       |       |       | 1.42          |

El primer eje de ordenación (0.776) es bastante alto, lo que implica que este representa un gradiente bastante fuerte y acumula gran parte de la varianza acumulada; el segundo eje es más débil, la mitad del primero (0.320) y el tercero aún más débil (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 bastante altas como lo demuestran los resultados obtenidos de 0.933, 0.736, y 0.678 en los tres primeros ejes, 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  $6.6 = 100 * \text{primer eigenvalor} / \text{inercia total}$ .

El porcentaje acumulativo de varianza de la relación entre especies-medio ambiente, y expresa la cantidad de inercia explicada por nuestros ejes como una fracción de la inercia total explicada. De tal forma que los dos primeros ejes de nuestro caso, tomados juntos muestran el 84.5% que puede ser explicada por nuestras variables. Observar que  $59.6 = 100 * \text{primer eigenvalor} / \text{inercia total}$ .

Tabla 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  |

Tabla 3 muestra los coeficientes canónicos para las variables estandarizadas de la vegetación en el centro de Chihuahua.

| Variable      | Eje 1  | Eje 2  |
|---------------|--------|--------|
| Elevación     | 1.103  | 0.388  |
| Pendiente     | -0.103 | -0.306 |
| Suelo desnudo | 0.182  | 1.024  |



De estas correlaciones, podemos inferir que el primer eje es un gradiente de elevación que se genera con base en la respuesta de las especies a los diferentes niveles altitudinales donde se distribuyen las diferentes especies que componen las diferentes comunidades vegetales, así como a la pendiente presente en las diferentes lomas, serranía y montañas del área de estudio. El segundo eje se encuentra definido por las características edáficas visibles, en este caso el suelo desnudo y en segundo grado por la pendiente.

Este hecho se demuestra observando el diagrama de ordenación completo para las variables ambientales (Fig.4), donde se observa que los vectores (flechas) de mayor longitud corresponden a estas variables, tanto en el eje 1 como en el eje 2.

### **Ordenación de sitios.**

La Tabla 1 muestra el resumen del análisis de Correspondencia Canónica para la ordenación global de los sitios de la vegetación en el centro del estado de Chihuahua. En este caso se observa que los gradientes son bastante altos: 0.766, 0.320 y 0.2 para los tres primeros ejes respectivamente.

Del comportamiento de los datos de las variables climáticas, se explica por sí misma el 92.6% de la varianza total (hasta el tercer eje), la parte restante (5.4%) no pudo ser explicada por las variables climáticas consideradas en el presente estudio. Podemos decir con base en esto, que las variables de altitud, pendiente y porcentaje de suelo desnudo permiten con un 92% de seguridad, diferenciar claramente las comunidades vegetales en el centro del estado de

Chihuahua con base en valores de cobertura, el resto de la varianza total puede ser explicada por otras variables, quizá tipo de suelo, macroelementos, microelementos o texturas, sin embargo, estas variables consideradas permiten fácilmente reconocer cuales son las principales diferencias en cuanto a preferencias climáticas y orográficas por parte de la vegetación del área.

### **Gradiente de suelo desnudo**

El efecto de la baja cobertura vegetal y la altitud juegan un papel fundamental en la separación y agrupación de sitios, donde se manifiesta un mayor predominio de suelo desnudo en las áreas bajas, entre los 1400-1550 msnm, siendo los sitios 17, 45, 43, 48, 6, 42, 5, 4, 18, 47 y 53 que albergan comunidades de matorral micrófilo constituidos esencialmente por *Larrea tridentata* en el estrato medio y *Tiquilia canescens* en el estrato bajo; otras especies asociadas de matorral, herbáceas y pastizal comprenden otro 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 predominan en el estrato medio *Mimosa* sp, *Flourensia cernua*, *Acacia neovernicos*, *Prosopis glandulosa*, *Senna wislizeni*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta*, así como las herbáceas *Boerhavia spicata*, *Sida ficaulis*, *Allionia choisyi*, *Aristida purpurea* y especies de gramínea como *Sporobolus airoides* e *Hilaria mutica*.

### **Gradiente de elevación**

El gradiente de elevación (1700-2300) está claramente definido con base en la orografía del paisaje, las comunidades vegetales en las partes más altas (Parque Nacional Cumbres de Majalca, PNCM) se caracterizan por albergar comunidades de esclero-aciculifolias, donde predominan en términos de cobertura las especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Juniperus*. La mayoría de los sitios se localizan en áreas con pendiente somera, climas frescos. De igual forma, participan en la cobertura especies de arbustivas como *Arctostaphylos pungens* y ciperáceas como *Cyperus sessleroides*. El grupo de especies de coníferas dominantes son *Pinus cembroides*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus arizonica*, *Pinus engelmannii*, *Pinus leiophylla*, *Juniperus monosperma*, *Juniperus deppeana*, mientras que los encinos son, *Quercus arizonica*, *Quercus hypoleucoides*, *Quercus grisea*, *Quercus depressipes*, *Quercus emoryi*, y arbustivas como *Arctostaphylos pungens* y la cyperaceae, *Cyperus sessleroides*, se localizan en los sitios, 59, 58, 69, 60, 68, 71, 8, 65, 67, 16, 22, 67, 63, 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 someras o suaves se encuentran otras especies dentro de la misma área (PNCM) es el caso de las especies arbóreas *Cupressus arizonica*, *Quercus rugosa* y *Fraxinus velutina*, con un alto número de gramíneas asociadas, como

*Lycurs phleoides*, *Piptochaetium fimbriatum* y *Panicum bulbosum*, además es frecuente encontrar especies herbáceas como *Tagetes papossa* y elementos de *Opuntia* sp. aislados. Otro grupo de especies asociadas a altos promedios de pendiente, niveles de cobertura mayor y niveles altitudinales afines (1700-2200 m) a las especie anteriores o ligeramente menores son las arbóreas *Puinus chihuahuensis*, abustivas *Acacia schaffneri*, *Opuntia lindheimeri*, *Rhus trilobata*, *Mimosa aculeatiarpa*, *Aloysia gratissima*, *Aloysia wrightii*, *Calliandra eriophylla*, *Calliandra conferta*, *Fouquieria splendens*, también participan varias especies herbáceas como *Chamaecrista nictitans*, *Artemisia ludoviciana*, *Tiquilia greggii*, *Dichondra argenetea*, *Croton pottsii*, *Cardiospermum halicacabum* y varias species de gramíneas con altos valores de cobertura, es el caso de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua barbata*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua chondrosioides*, *Heteropogn contortus*, *Aristida adscencionis*, *Bothriochloa barbinodis*, *Dasyochloa pulchella*.

### **Prueba de Permutación de Montecarlo**

La prueba de permutación de Montecarlo (499 permutaciones para el modelo nulo) o para el primer eje caracterísitico ( $\lambda = 0.766$ ) 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 diferente sitios considerados, se encuentra significativamente relacionada con las variables ambientales analizadas.

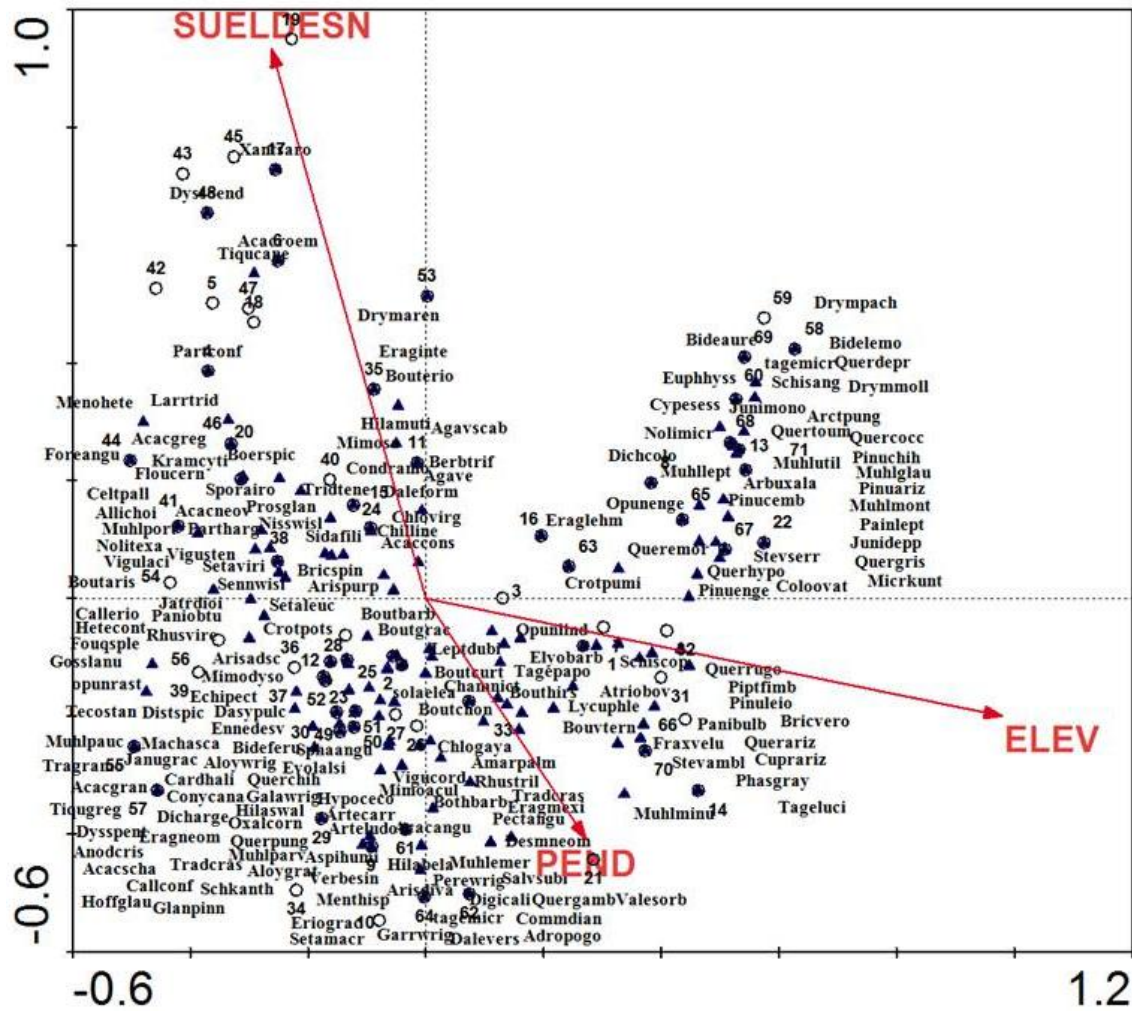


Figura 4. Diagrama de ordenación directa después del análisis exploratorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación). Clave de especies en Apéndice.

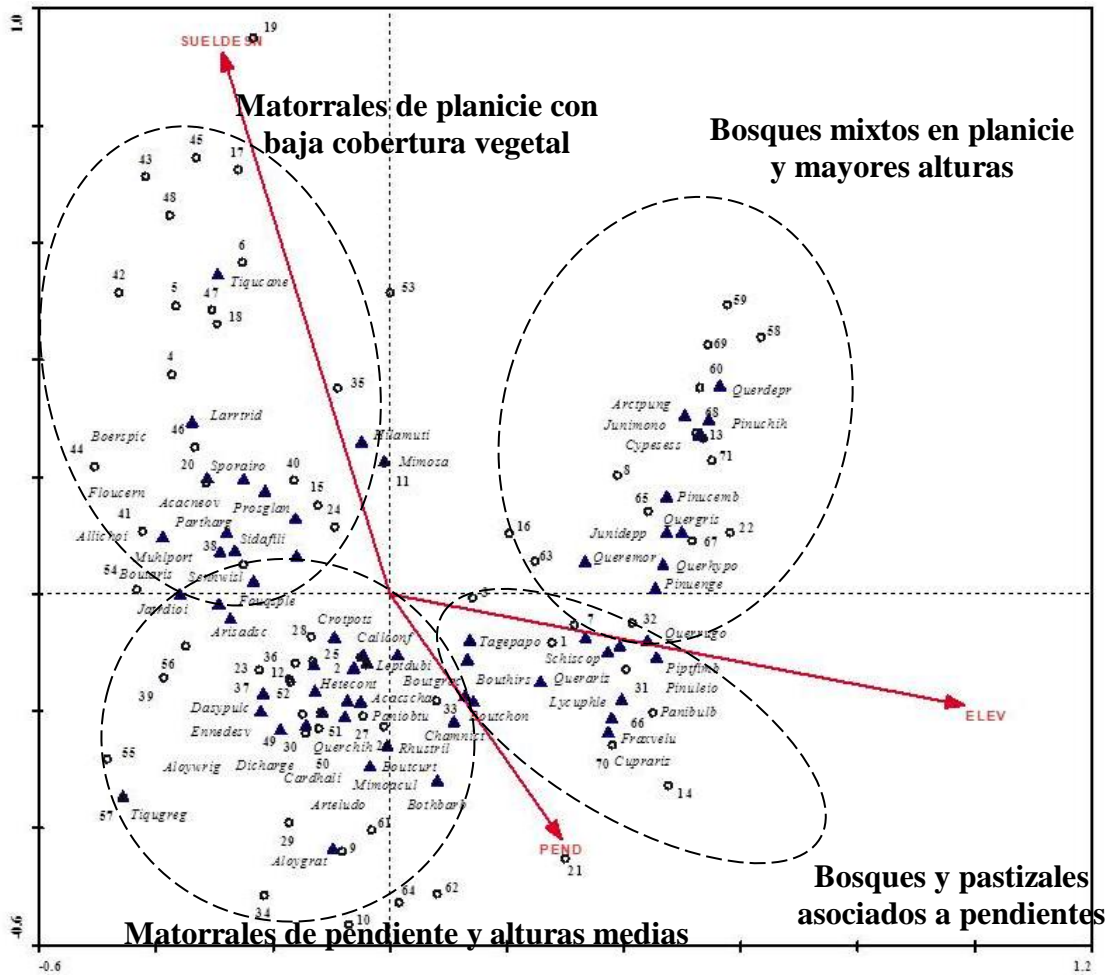


Figura 5. Diagrama de ordenación directa después del análisis confirmatorio (los puntos junto a cada número indican la ubicación de los sitios de muestreo en el espacio de ordenación). Clave de especies en Apéndice.

## DISCUSIÓN

### Diversidad vegetal y comunidades vegetales.

El noroeste de México se caracteriza por una amplia gama de ecosistemas, entre los que destacan matorrales es en sus diferentes modalidades (Rzedowski, 1978; CONABIO, 2008 ; Henrickson, 1996; Estrada, 1998),

pastizales (Miranda y Hernandez X, 1963; Aispuru, 1979; Royo et al., 2006, 2008; Estrada-Castillón y Villarreal-Quintanilla, 2010) y bosques (Martinez, 1953; González-Elizondo, 1992; González-Elizondo, 2011). Los contrastes de vegetación se enmarcan primordialmente con base en clima, suelo y fisiografía. En Chihuahua, de acuerdo con Rzedowski (1978), se tienen registradas 4 de las 13 grandes comunidades vegetales, matorrales, pastizales, bosques y selvas. El área de estudio comprende tres de estas grandes comunidades, matorrales, pastizales y bosques, Los matorrales y pastizales predominan en las partes bajas y planas, con excepción de algunas gramíneas y especies de arbustos; los pastizales, de dos tipos (climáticos y edáficos) predominan en suelos con suelos profundos y escasa pedregosidad, mientras que los matorrales son más frecuentes en suelos pedregosos, menos profundos y pendientes someras o pronunciada. Los bosques son característicos de áreas con clima más fresco, mayores niveles altitudinales, con pendientes nulas o someras. En los sitios de muestreo que abarcan todo el gradiente altitudinal de la zona de estudio (1400-2,300 m) se registraron diversas cantidades de especies y formas biológicas, la mayor cantidad de ellas se cuantificó en las zonas de matorral y bosque, mientras que los pastizales mostraron menor diversidad (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 características de climas frescos y húmedos, mientras que las formas biológicas herbáceas, predominan en climas áridos y semiáridos. Todas las especies de coníferas y encinares (con excepción de *Quercus chihuahuensis*) se registraron en climas frescos, mientras que las

gramíneas prosperan en los tres tipos de comunidad), Las arbustivas en términos de diversidad son más frecuentes en climas cálidos y frescos, mientras que en términos de cobertura, son más notorios en climas semiáridos (matorrales de planicie).

Las especies más frecuentes en los sitios de muestreo (planicies, pendiente y bosques)

### **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, las tres variables ambientales seleccionadas y analizadas mostraron tener un efecto contrastante en el arreglo y disposición de las comunidades en el gradiente altitudinal. La cobertura vegetal baja (una mayor cantidad de suelo desnudo) es característica en las partes más áridas de la zona de estudio, donde se pueden observar mayor cantidad de espacios claros o vegetación más dispersa que en las pendientes con clima cálido o fresco. La pendiente juega un papel fundamental en la distribución de ciertas especies, es notorio el efecto en muchas especies de matorral, cuya distribución se restringe a este tipo de orografía, es el caso de ciertas gramíneas (*Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua hirsuta* y *Enneapogon desvauxii*) y varias especies arbustivas (*Opuntia* sp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Rhus trilobata*, *Opuntia engelmannii*), pocas especies arbóreas se distribuyen principalmente en este tipo de relieve (aunado al clima semiárido), es el caso de *Quercus chihuahuensis*. El efecto directo de la altitud,



y por ende del clima (más fresco), aunado a pendientes nulas o someras favorece el desarrollo de comunidades más exhuberantes, mayor cobertura, mayor altura, mayor diversidad, es el caso de los bosques mixtos, Quercus-coníferas (*Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*).

### **Comparación de resultados entre los dos tipos de análisis.**

Los resultados obtenidos con ambos análisis estadísticos son relativamente complementarios, aún cuando sus formas de cálculo son enteramente diferentes. La clasificación se basó exclusivamente en variables ambientales (en este caso, valores de cobertura de las especies) sin tomar en cuenta las variables físicas, lo cual se considera un análisis de gradiente directo (Gauch, 1982). El Análisis 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). Aún cuando los gráficos son diferentes (por el tipo de análisis al que sometieron los datos), se encontraron algunas similitudes en cuanto a ellos. La clasificación constituyó tres grandes grupos, dos de ellos caracterizados por la presencia de especies de matorral con un grupo de gramíneas asociadas y otro constituido esencialmente por especies arbóreas (bosques mixtos) con otro grupo de especies de gramíneas asociadas. EL análisis de clasificación no discriminó la distribución de gramíneas ni de arbustivas con base en variables abióticas, sólo clasificó en términos de similitud de cobertura. En el análisis de correspondencia canónica se constituyeron tres grandes grupos con las

variables abióticas asociadas, los grupos fueron: dos de matorral con diferente cobertura de acuerdo con las especies dominantes, uno, con sólo dos especies arbustivas predominantes, *Larrea tridentata* y *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. Otro grupo predominante en alturas mayores fueron los bosques mixtos, sin embargo, algunas especies asociadas a pendientes nulas o someras, donde participan con mayor grado las coníferas y los encinares y otro pequeño grupo de alturas mayores, pero con pendientes más pronunciadas en este caso predominan algunas coníferas, latifoliadas arbóreas y gramíneas. EL grupo restante lo comprenden especies arbustivas y un encino (*Quercus chihuahuensis*) de alturas medias, pero, asociadas a pendiente más pronunciadas, es el caso de especies del género *Opuntia*, *Rhus*, *Minmosa*, *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, mientras que la clasificación, basa la conjunción o cohesión de grupos con base en jerarquías de asociación de variables bióticas, sin tomar en cuenta ninguna variable física. Los contrastes evidentes en ambos análisis traen como consecuencia una diferente conjunción de grupos de especies y sitios. Sin embargo, ambos tipos de análisis son complementarios y sirven para entender los patrones de asociación entre las especies (clasificación) y sus variables físicas asociadas

(ordenación). Ambos tipos de análisis son objetivos, pues se basan en valores cuantitativos, de ahí su importancia en la comparación de ambos.

### **LITERATURA CITADA**

- Aguado-Santacruz, G.A., García-Moya E., Velasco-González, C. y Flores-Flores J. L. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la variación florística temporal de pastizales semidesérticos. *Acta Botánica Mexicana* 35:65-81.
- 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.
- Allen, R.B. & R.K. Peet. 1990. Gradient analysis of forests of the Sangre de Cristo Range, Colorado. *Canadian Journal of Botany* 68: 193-201.
- Anónimo. 1978. Guías para la determinación de condición. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. 78 pp.
- Bouxin, G. 1975. Ordination and classification in the savanna vegetation of the Akagera Park (Rwanda). *Vegetatio*, 29: 155-167.
- Bonham, C.D. 1980. Measurement for terrestrial vegetation. Wiley and Sons. New York.

- CONABIO. 2008. Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Digby, P. G. N., and R. A. Kempton. 1987. Population and Community Biology Series: Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman and Hall, London. Pp.
- 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 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-Castillón, E. and J.A. Villarreal-Quintanilla. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. Acta Bot. Mex. 92:51-118.
- Fricke, G., and L. Steubing. 1984. die verbreitung von makrophyten und mikrophyten in hartwasser-zuflusse des ederstausees. archiv fur hydrobiologie 101:361-372.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía. 2a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 pp.
- Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, New York. 298 p.

- González Elizondo, M. Socorro y Martha González Elizondo. 1992. El género *Arbutus* (Ericaceae) en la Sierra Madre Occidental. Consideraciones sobre su taxonomía y distribución.
- 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 a southeastern Arizona grassland. Southw. Naturalist 16:387-401.
- Heitschmidt, R.K., G.K. Hullet, and G.W. Tomanek. 1970. Vegetational map and community structure of a west central Kansas prairie. Southw. Naturalist 14: 337-350.
- Henrickson, J. y M.C. Johnston. (inédito). A flora of the Chihuahuan Desert region. Los Angeles, California. 1687 pp.
- Hill, M.O. and Gauch Jr, H.G. 1980. Detrended Correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetation, 42:47-58.
- 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. 693 pp.
- 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.

- Jongman, R. H. G., C. J. F. ter Braak y O. F. R. van Tongeren. 1995. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press. p. 120–156.
- Manly, B.F.J. 1992. Multivariate methods. Chapman and Hall, London.
- Miranda, F. and E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. México. 28:29-179.
- Martinez, M. 1953. Las Pináceas Mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Agricultura y Ganadería México, D. F.
- Mueller-Dumbois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Willey and Sons, New York. 547 p.
- Palmer, M. W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. Ecology 74:2215-30.
- Phillips, D.L. and J.A. MacMahon. 1978. Gradient analysis of a Sonoran Desert bajada. Southw. Naturalist 23:669-679.
- Royo, M., M.H., J.S. Sierra T., C.R. Morales N., R. Carrillo R., A. Melgoza C. y P.
- Jurado G. 2008. Estudios Ecológicos de Pastizales. Capitulo III. En: Rancho Experimental La Campana 50 años de investigación y transferencia en Pastizales y producción animal. A.H. Chávez S. (Compilador). Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRNOC. Chihuahua, Chih. México. 213 p.
- ter Braak, C.J.E, 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology 67:1167-1179.

ter Braak, C.J.E, 1988. Partial canonical correspondence analysis. In: Bock H.H. (ed.), Classification and related methods of data analysis, North-Holland, Amsterdam, pp. 551- 558.

ter Braak, C. J. F., 1991. Relations between linear, logistic and ideal point discriminant analysis and (canonical) correspondence analysis. In Abstract Volume of the Third Conference of the International Federation of Classification Societies.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 97-110.

## DISCUSION GENERAL

Los patrones de vegetación, formas biológicas y las especies asociadas se observan repetidamente en las llanuras, valles y montañas de varios estados ubicados en la región del Desierto Chihuahuense (desde parte del sur de Arizona, Nuevo México y Texas, en EE.UU. hasta la parte central de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, en México). La vegetación de matorral con sus cinco facies (de acuerdo a las diferentes abundancias relativas de las especies), que habita en las llanuras de suave pendiente, es una de las principales asociaciones de plantas que cubren la región del Desierto Chihuahuense (Henrickson y Johnston, INED), destacando los constituidos por *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Acacia constricta* var, *vernica*, *Parthenium incanum*, *Jatropha dioica*, *Fouquieria splendens*, *Mimosa biuncifera*, *Dalea formosa*, *Calliandra eriophylla*, *Aloysia wrightii*, *Parthenium argentatum* y *Agave lechuguilla*, estas especies se distribuyen prácticamente en toda la región del Desierto Chihuahuense. Para el norte de México, matorrales similares, especialmente aquellos dominados por *Larrea* y *Larrea-Flourensia* ha sido reportado por Miranda y Hernández X. (1963). Johnston (1974) reporta que *Larrea tridentata*, *Parthenium incanum* y *Acacia neovernicosa* son algunas de las especies arbustivas dicotiledóneas más abundantes presentes en llanuras y colinas bajas en el Estado de Chihuahua. LeSueur (1945) registro vegetación de matorral en las llanuras en la parte central de Chihuahua, dominados por los géneros *Larrea*, *Flourensia*, *Parthenium*, *Acacia*, *Mimosa*, *Fouquieria* y *Prosopis*. En el Parque Nacional de Big Bend, Texas, Plumb (1992) reconoce 26 tipos de cobertura vegetal,



agrupados en cuatro regiones ambientales, algunos de estos tipos situados en llanuras y colinas bajas correspondientes a *Larrea - Agave* , *Larrea - Fouquieria - Jatropha* , y matorral - *tobosa* , éstos constituyen asociaciones similares a las encontradas en el área de estudio . En la Sierra de Catorce, SLP, González- Costilla et al. , ( 2007 ) , reportan varios tipos de matorrales , uno de los más comunes es el matorral micrófilo conformado principalmente por especies de los géneros *Larrea*, *Flourensia* , *Opuntia* y *Prosopis* presentes en llanuras bajas y planas.

Los pastizales junto con matorrales son las principales comunidades vegetales en llanuras bajas y zonas de piedemonte en el centro de Chihuahua, estos pastizales son de dos tipos: climáticos y edáficos ( Rzedowski 1978 ) . los pastizales climáticos están dominadas por especies de los géneros *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Aristida*, *Eragrostis* y *Elionurus* , mientras que los pastizales edáficos son comúnmente representados en el área de estudio por especies del género *Sporobolus*, *Hilaria* y *Distichlis*, las zonas que habitan son suelos que contienen altos niveles de sal ( Anónimo 1978 ). *Bouteloua gracilis* en pastizales prístinos, que cubren grandes extensiones de zonas áridas y templadas del norte de México han sido reportados por Miranda y Hernández X. ( 1963 ). Asimismo, Johnston ( 1974 ) mencionan la presencia de varios tipos de pastizales en Chihuahua como pastizales de *tobosa* ( *Hilaria mutica* ), praderas de grama ( *Bouteloua gracilis* ), así como los pastizales degradados ( asociada con especies del género *Mimosa* , *Dalea* y *Acacia* ) . LeSueur ( 1945 ) Informa *Bouteloua gracilis* en las llanuras bajas y altas del norte y sur de la ciudad de Chihuahua. Asociaciones como matorral - *tobosa* y piñón - enebro

son descritos por Plumb ( 1992 ) para el Parque Nacional Big Bend, siendo análogos a los encontrados en llanuras bajas y las llanuras más altas de la parte central de Chihuahua. Desmond y Atchley ( 2006 ) reportan importantes áreas de pastizales de grama ( *Bouteloua gracilis* ) en las zonas más altas de la Sierra de El Nido ( adyacente al Parque Nacional Cumbres de Majalca ), así como una gran superficie de casi 15.889 km<sup>2</sup> de pastizales bien conservados dominados por zacate navajita ( *Bouteloua gracilis* ) y gramma negro ( *Bouteloua eriopoda* ) en las llanuras y colinas bajas a 150 km al norte de la ciudad de Chihuahua. González- Costilla et al. (2007) Informan de cespitosas ( *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Lycurus* ) y pastizales gipsófilos ( *Bouteloua chasei*, *Muhlenbergia purpusii*, *Dicranocarpus parvifolius* y *Flaveria spp.* ) en la Sierra de Catorce ( sureste de SLP), con asociaciones de *Bouteloua* - *Muhlenbergia* - *Lycurus* representando. Enríquez et al ( 2003 ) basados en criterios fisonómicos - florísticos, describen nueve tipos de vegetación de la Sierra de Organos ( Zacatecas ), incluyendo entre ellos pastizales de *Bouteloua gracilis* , distribuidos en llanos y laderas abiertas, donde las especies predominantes son también *Eragrostis intermedia* , *Aristida adscensionis*, *Microchloa kunhtii*, *Pectis prostrata*, *Melampodium sericeum* y *Schkuhria pinnata*, las mismas especies de gramíneas y géneros de Asteraceae se encuentran en varias asociaciones de pastos en el Parque Nacional Cumbres de Majalca ( Estrada et al. 2003 ). En la reserva de la biosfera La Michilía (Durango), González-Elizondo et al. ( 1993 ) describieron 12 principales asociaciones de plantas, incluida la comunidad de pastizales constituidos por especies de los géneros *Bouteloua*, *Aristida* , *Muhlenbergia* , *Setaria* y *Andropogon*, composición similar

de géneros registrados junto a la Sierra de El Nido ( Chihuahua) ( Estrada et al. 2003 ) .

Encino, encino-pino, junípero-piñón, matorrales de encino y bosque de montaña son las asociaciones observadas en la parte central de Chihuahua con la estructura, asociaciones y diversidad descritas en muchas de las montañas del norte de México, *Pinus* y bosques de *Quercus* son comunidades vegetales muy comunes en el noroeste de México ( Miranda y Hernández, 1963 ), las montañas en el norte y centro de Chihuahua tienen asociación diferentes de bosque como encino-bosque, piñón-bosque, Junipero-matorral y pinar (Johnston 1974 ) . A lo largo de las diferentes cadenas de montañas y montañas aisladas en el norte y centro de Chihuahua ocurre parte de un determinado tipo de vegetación llamado Mexical , un arbusto esclerófilo de baja estatura de hoja perenne ( Valiente - Banuet et al. 1998 ), en el área de estudio corresponde a algunas de las especies de encinos de altura baja encontrados en el Parque Nacional Cumbres de Majalca, como *Quercus depressipes* y *Q. toumeyi* , incluyendo también las especies de los géneros asociados como *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Ceanothus* , *Garrya*, *Juniperus* y *Rhus*, reportados por Estrada et al. (2003 ) . Montañas en el centro-norte de Chihuahua tienen bosques de encino y bosque montano. Plumb ( 1992 ) describe matorral de encino, piñón-juniperus-pastos, piñón-encino-junipero y encino–pino-cupressus en altitudes más altas, la mayoría de estos tipos de cobertura vegetal corresponde a los grupos y subgrupos incluidos en el presente estudio. En la parte oeste de Chihuahua, Laferriere ( 1994 ) reporto bosque de cipreses dominado por especies de los géneros *Cupressus* , *Pinus* , *Quercus* y

*Fraxinus*, ubicados en las zonas húmedas , esta asociación es casi similar a la encontrada en el Parque Nacional Cumbres de Majalca dominado por *Cuperssus arizonica* , *Pinus engelmannii* , *Quercus spp* . y *Fraxinus velutina* ( Estrada et al. 2003 ) . El *Quercus grisea -Pinus cembroides - Juniperus spp.* es una asociación muy común en las montañas de la parte central de Chihuahua y varios estados del noreste de México, como en San Luis Potosí ( González-Costilla et al. 2007 ) , una parte central del Estado de Zacatecas ( Enríquez et al. ( 2003 ) , y partes semiáridas de Durango ( González- Elizondo et al. 1993 ) . asi como el sur de los Estados Unidos ( Texas) ( Warnock 1970 ) .

En cuanto a diversidad vegetal y comunidades vegetales se refiere el noroeste de México se caracteriza por una amplia gama de ecosistemas, destacando entre estos los matorrales (Rzedowski, 1978; CONABIO, 2008 ; Henrickson, 1996; Estrada, 1998), pastizales (Miranda y Hernandez X, 1963; Aispuru, 1979; Royo et al., 2006, 2008; Estrada-Castillón y Villarreal-Quintanilla, 2010) y bosques (Martinez, 1953; González-Elizondo, 1992; González-Elizondo, 2011). De acuerdo con Rzedowski (1978), se tienen registradas 4 de las 13 grandes comunidades vegetales, matorrales, pastizales, bosques y selvas. El área de estudio comprende tres de estas grandes comunidades, matorrales, pastizales y bosques, Los matorrales y pastizales predominan en las partes bajas y planas, con excepción de algunas gramíneas y especies de arbustos; los pastizales, de dos tipos (climáticos y edáficos) predominan en suelos con suelos profundos y escasa pedregosidad, mientras que los matorrales son más frecuentes en suelos pedregosos, menos profundos y pendientes someras o pronunciada. En los sitios de muestreo que

abarcan todo el gradiente altitudinal de la zona de estudio (1400-2,300 m) se registraron diversas cantidades de especies y formas biológicas, la mayor cantidad de ellas se cuantificó en las zonas de matorral y bosque, mientras que los pastizales mostraron menor diversidad (Estrada et al., 2003).

El efecto de las variables ambientales como la altura y el clima modifican drásticamente la composición vegetal. En el presente estudio, las tres variables ambientales seleccionadas y analizadas mostraron tener un efecto contrastante en el arreglo y disposición de las comunidades en el gradiente altitudinal. La cobertura vegetal baja (una mayor cantidad de suelo desnudo) es característica en las partes más áridas de la zona de estudio, donde se pueden observar mayor cantidad de espacios claros o vegetación más dispersa que en las pendientes con clima más cálido o fresco. La pendiente juega un papel fundamental en la distribución de ciertas especies, es notorio el efecto en muchas especies de matorral, cuya distribución se restringe a este tipo de orografía, es el caso de ciertas gramíneas (*Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua hirsuta* y *Enneapogon desvauxii*) y varias especies arbustivas (*Opuntia* sp., *Mimosa aculeaticarpa*, *Rhus trilobata*, *Opuntia engelmannii*), pocas especies arbóreas se distribuyen principalmente en este tipo de relieve (aunado al clima semiárido), es el caso de *Quercus chihuahuensis*. El efecto directo de la altitud, y por ende del clima (más fresco), aunado a pendientes nulas o someras favorece el desarrollo de comunidades más exhuberantes, mayor cobertura, mayor altura, mayor diversidad, es el caso de los bosques mixtos, Quercus-coníferas (*Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*).

Los resultados obtenidos con ambos análisis estadísticos son relativamente complementarios, aún cuando sus formas de cálculo son enteramente diferentes. La clasificación se basó exclusivamente en variables ambientales (en este caso, valores de cobertura de las especies) sin tomar en cuenta las variables físicas, lo cual se considera un análisis de gradiente directo (Gauch, 1982). El Análisis 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). Aún cuando los gráficos son diferentes (por el tipo de análisis al que sometieron los datos), se encontraron algunas similitudes en cuanto a ellos. La clasificación constituyó tres grandes grupos, dos de ellos caracterizados por la presencia de especies de matorral con un grupo de gramíneas asociadas y otro constituido esencialmente por especies arbóreas (bosques mixtos) con otro grupo de especies de gramíneas asociadas. EL análisis de clasificación no discriminó la distribución de gramíneas ni de arbustivas con base en variables abióticas, sólo clasificó en términos de similitud de cobertura. En el análisis de correspondencia canónica se constituyeron tres grandes grupos con las variables abióticas asociadas, los grupos fueron: dos de matorral con diferente cobertura de acuerdo con las especies dominantes, uno, con sólo dos especies arbustivas predominantes, *Larrea tridentata* y *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. Otro grupo predominante en alturas mayores fueron los bosques mixtos, sin embargo, algunas especies asociadas a pendientes nulas

o someras, donde participan con mayor grado las coníferas y los encinares y otro pequeño grupo de alturas mayores, pero con pendientes más pronunciadas en este caso predominan algunas coníferas, latifoliadas arbóreas y gramíneas. El grupo restante lo comprenden especies arbustivas y un encino (*Quercus chihuahuensis*) de alturas medias, pero, asociadas a pendiente más pronunciadas, es el caso de especies del género *Opuntia*, *Rhus*, *Minmosa*, *Tiuqilia*, *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, mientras que la clasificación, basa la conjunción o cohesión de grupos con base en jerarquías de asociación de variables bióticas, sin tomar en cuenta ninguna variable física. Los contrastes evidentes en ambos análisis traen como consecuencia una diferente conjunción de grupos de especies y sitios. Sin embargo, ambos tipos de análisis son complementarios y sirven para entender los patrones de asociación entre las especies (clasificación) y sus variables físicas asociadas (ordenación). Ambos tipos de análisis son objetivos, pues se basan en valores cuantitativos, de ahí su importancia en la comparación de ambos.

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Para el análisis de clasificación se utilizaron los 60 sitios más representativos del área de estudio, se eliminaron 10 sitios de la comunidad de bosque en las partes altas del área de interés. El análisis de clasificación de éstas áreas de

bosque ha sido estudiado (Estrada et al., 2003) por lo que los 10 sitios eliminados conformaban un grupo homogéneo de bosques, la eliminación obedeció a contrastar con las otras comunidades vegetales existentes (matorrales y pastizales) en el área y compararlas entre sí. Para el capítulo de ordenación se utilizaron los 71 sitios de muestreo.

Las áreas con climas frescos, con comunidades de bosque y con un mayor nivel altitudinal en el área de estudio, albergan mayor diversidad y mayor número de formas biológicas.

Las áreas más bajas sustentan matorrales y pastizales edáficos. Las más altas sustentan comunidades arbóreas y pastizales climáticos.

EL suelo desnudo es más evidente en las parte bajas (menores niveles de cobertura de las especies). Los valores de cobertura son mayores en las pendientes que las montañas y en las partes planas de las montañas. Las pendientes pronunciadas albergan mayor cantidad de arbustivas que de herbáceas y arbóreas.

En estudios posteriores se pueden analizar mayor cantidad de variables para profundizar en la ecología de las especies principales.

Las especies que definen los matorrales son: *Mimosa sp*, *Flourensia cernua*, *Acacia neovernicos*, *Prosopis glandulosa*, *Senna wislizeni*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta*, *Larrea tridentata* y *Tiquilia canescens*.

Las principales especies de gramíneas asociadas a estas comunidades vegetales son: *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua barbata*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua chondrosioides*, *Heteropogn contortus*, *Aristida adscencionis*,



*Bothriochloa barbinodis*, *Dasyochloa pulchella*, *Bouteloua hirsuta* y *Enneapogon desvauxii*.

Las especies que definen los bosques de encino y conífera son: *Pinus cembroides*, *Pinus chihuahuana*, *Pinus arizonica*, *Pinus engelmannii*, *Pinus leiophylla*, *Juniperus monosperma*, *Juniperus deppeana*, mientras que los encinos son, *Quercus arizonica*, *Quercus hypoleucoides*, *Quercus grisea*, *Quercus depressipes*, *Quercus emoryi*, y arbustivas como *Arctostaphylos pungens* y la *cyperaceae*, *Cyperus sessleroides*.

Las 68 especies analizadas por ACC mostraron ciertas preferencias por alguno de las variables ambientales analizadas.

La clasificación permite cohesionar grupos en comunidades heterogéneas de manera jerárquica y evidencia indirectamente la formación de grupos con base únicamente en variables bióticas.

La ordenación permite de manera directa relacionar que variables abióticas inciden directamente (análisis de gradiente directo) sobre las diferentes especies estudiadas.

Se recomienda utilizar ambos tipos de análisis para análisis de comunidades vegetales, heterogéneas y homogéneas, pues cada método permite diferenciar la formación de grupos con base en jerarquías o en gradientes ecológicos.

## **LITERATURA CITADA**

Aguado-Santacruz, G.A., García-Moya E., Velasco-González, C. y Flores-Flores J. L. 1996. Importancia de los elementos climáticos en la

variación florística temporal de pastizales semidesérticos. *Acta Botánica Mexicana* 35:65-81.

Alcaraz, A.F.J. 2013. Ordenación y clasificación. *Geobotánica* tema 12.

Universidad de Murcia, España.

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. MANRRIQUE, 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.

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.

Dansereau, P. 1956: Le régime climatique régional de la végétation et les contrôles édaphiques. *R. Cannd. Biol.* 15, 1–71.

DELGADILLO, C. 1998. Diversidad de la brioflora mexicana. 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. 355-368.
- ESTRADA, C.E. AND A. MARTÍNEZ. 2003. Los géneros de leguminosas del norte de México. Sida, Botanical Miscellany. Botan. Res. Inst. Texas 25. 134 pp.
- 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. AND J.A. VILLARREAL-QUINTANILLA. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. Acta Bot. Mex. 92:51-118.
- 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. U.S.A. 670 pp.
- González, P.A. y Sosa, C.M. 2003. Análisis de la vegetación del área de protección de flora y fauna Cañón de Santa Elena (desierto chihuahuense, México) utilizado Modelos Digitales de Elevación. Ecosistemas 2003/2 355-368.
- ([URL:http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion1.htm](http://www.aeet.org/ecosistemas/032/investigacion1.htm))
- Goodall, D. W. 1952. Some considerations of the use of point quadrats for the analysis of vegetation. Aust. Jour. Sci. Res. Ser. Bull. 5:1-41.

- INEGI. 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. 1a.ed. Editorial INEGI. México
- LAFERRIERE, J.E. 1994. Vegetation and flora of the mountain Pima village of Nabogame, Chihuahua, Mexico. *Phytologia* 77:102-140.
- LEBUE, T. Y A. VALERIO. 1991. Gramíneas de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. 301 pp.
- LESUEUR, H. 1945. The ecology of the vegetation of Chihuahua, Mexico, north of the parallel twenty-eight. University of Texas Publications No. 452.92 pp.
- Lincoln, R. J., G. A. Boxsball & P. F. Clark. 1995. Diccionario de ecología, evolución y taxonomía. Fondo de cultura económica. México. 488 pp.
- MANLY, B.F.J. 1992. *Multivariate methods*. Chapman and Hall, London.
- MUELLER-DUMBOIS, D. Y H. ELLENBERG. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Willey and Sons, New York. 547 p.
- MULLER, C.H. 1979. *Quercus deliquescens*, a new species from Chihuahua, Mexico. *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.
- Odum, Eugene P. 1959. *Fundamentals of Ecology* (Second ed.). Philadelphia and London: W. B. Saunders Co. p. 546 p.
- RIBA, R. 1998. Pteridofitas mexicanas: Distribución y endemismo. In: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y J. Fa (eds.): *Diversidad biológica*

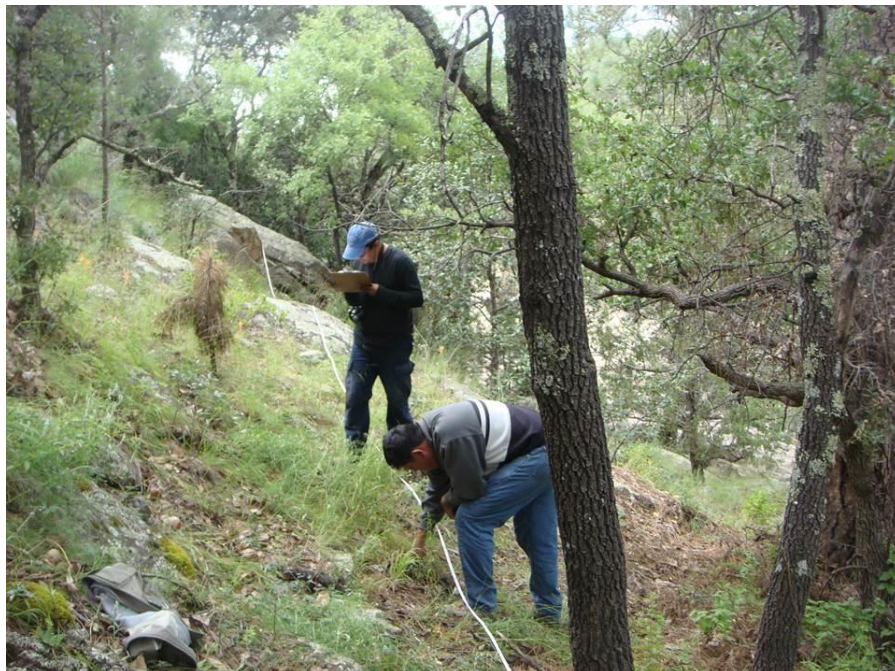
- de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp. 369-384.
- Robles-Pliego M. y G. Zarate Huerta, 2011, Ordenación Y Clasificación De Las Comunidades Vegetales Del Municipio De San Andrés Nuxiño, Oaxaca, Tesis de Ingeniería, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, 55 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 97-110.
- Sánchez-González A. y López-Mata L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. Anales del Instituto de Biología. (Serie Botánica). Universidad Nacional Autónoma de México. 74 (1):43-71
- SHREVE, F. 1939. Observations on the vegetation of Chihuahua. *Madroño* 5:1-48.
- Sosa, M., J.L., Galarza, T. Lebgue, R. Soto, S. Puga, 2006. Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de chihuahua. *Ecología Aplicada* 5: 53–59.
- 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.
- ter Braak, C.J.E, 1988. Partial canonical correspondence analysis. In: Bock H.H. (ed.), *Classification and related methods of data analysis*, North-Holland, Amsterdam, pp. 551- 558.
- ter Braak, C. J. F., 1991. Relations between linear, logistic and ideal point discriminant analysis and (canonical) correspondence analysis. In *Abstract Volume of the Third Conference of the International Federation of Classification Societies*.
- 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.
- Whittaker R. H., 1965. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42:207.

**Anexo fotografico.**



Muestreo en transectos, representando la vegetación del centro de Chihuahua.



Muestreos representando la vegetación en las diferentes geofomas del área de estudio.

**Apéndice 2.** Especies con cobertura del dosel de valores superiores a 2.5% que se registraron en 71 sitios de muestreo en la parte central del estado de Chihuahua, México.

**AGAVACEAE**

*Agave sp.*

*Agave lechuguilla Torr.*

*Agave scabra Ortega, 1797*

*Yucca elata Engelm.*

*Yucca thompsoniana Trel.*

**AMARANTHACEAE**

*Amaranthus palmeri S.Watson*

*Atriplex canescens Nutt.*

*Atriplex obovata Moq.*

*Gossyphyanthus lanuginosus(Poir.) Moq. in DC.*

*Salsola tragus L.*

**ANACARDIACEAE**

*Rhus microphylla Engelm.*

*Rhus trilobata Nutt.*

*Rhus virens A. Gray*

**ASTERACEAE**

*Acourtia nana (A.Gray) Reveal & King*

*Acourtia wrightii (A.Gray) Reveal & King*

**CLAVE**

AGAVSP

AGAVLECH

AGAVSCAB

YUCCENGE

YUCCTHOM

AMARPALM

ATRICANE

ATRIOBOV

GOSSLANU

SALSTRAG

RHUSMICR

RHUSTRIL

RUSHVIRE

PERENANA

PEREWRIG



|  |          |
|--|----------|
| <i>Adenophyllum porophylloides</i> (A.Gray) Strother | ADENPORO |
| <i>Artemisia carruthii</i> Alph.Wood ex Carruth.     | ARTECARR |
| <i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt.                   | ARTELUDO |
| <i>Asteraceae</i> ( <i>Incertae sedis</i> )          | ASTERASP |
| <i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff                   | BIDEAURE |
| <i>Bidens feruliifolia</i> DC.                       | BIDEFERU |
| <i>Bidens lemmonii</i> A.Gray                        | BIDELEMM |
| <i>Brickellia betonicifolia</i> A.Gray               | BRICBETO |
| <i>Brickellia coulteri</i> A.Gray                    | BRICCOUL |
| <i>Brickellia laciniata</i> A.Gray                   | BRICLACI |
| <i>Brickellia</i> sp.                                | BRICKESP |
| <i>Brickellia spinulosa</i> (A. Gray) A. Gray        | BRICSPIN |
| <i>Brickellia veronicaefolia</i> (Kunth) A.Gray      | BRICVERO |
| <i>Carpochaete bigelovii</i> A.Gray                  | CARPBIGE |
| <i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist              | CONYCANA |
| <i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.                        | COSMBIPI |
| <i>Flourensia cernua</i> DC.                         | FLOUCERN |
| <i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.        | GYMNGLUT |
| <i>Machaeranthera scabrella</i> (Greene) Shinnars    | MACHSCAB |
| <i>Parthenium argentatum</i> A.Gray                  | PARTARGE |
| <i>Parthenium confertum</i> A. Gray                  | PARTCONF |
| <i>Pectis angustifolia</i> Torr.                     | PECTANGU |
| <i>Schkuhria anthemoides</i> (DC.) J.M.Coult.        | SCHKANTH |

|  |          |
|--|----------|
| <i>Stevia viscida</i> Kunth                        | STEVVISC |
| <i>Stevia amblyolepis</i> (B. L. Rob.) B. L. Rob.  | STEVAMBL |
| <i>Stevia salicifolia</i> Cav.                     | STEVSAI  |
| <i>Stevia serrata</i> Cav.                         | STEVSERR |
| <i>Tagetes lucida</i> Cav.                         | TAGELUCI |
| <i>Tagetes micrantha</i> Cav.                      | TAGEMICR |
| <i>Tagetes papossa</i> Vent.                       | TAGEPAPO |
| <i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small.        | DYSSPENT |
| <i>Verbesina longipes</i> Hemsl.                   | VERBLONG |
| <i>Verbesina</i> sp.                               | VERBESSP |
| <i>Viguiera cordifolia</i> A. Gray                 | VIGUCORD |
| <i>Viguiera multiflora</i> (Nutt.) S.F. Blake      | VIGUMULT |
| <i>Viguiera</i> sp.                                | VIGUIESP |
| <i>Viguiera stenoloba</i> S.F. Blake               | VIGUSTEN |
| <i>Xanthocephalum sarothrae</i> (Pursh) Shinnars   | XENTSARO |
| <i>Xanthocephalum microcephalum</i> (DC.) Shinnars | XANTMICR |
| <b>BERBERIDACEAE</b>                               |          |
| <i>Berberis trifoliolata</i> Moric.                | BERBTRIF |
| <b>BIGNONIACEAE</b>                                |          |
| <i>Chilopsis linearis</i> (Cav.) Sweet             | CHILLINE |
| <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth            | TECOSTAN |
| <b>BORAGINACEAE</b>                                |          |
| <i>Tiquilia canescens</i> (DC.) A. T. Richardson   | TIQUCANE |

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Tiquilia greggii</i> (Torr & A. Gray) A. T. Richardson | TIQUGREG  |
| <b>CACTACEAE</b>  |           |
| <i>Echinocereus pectinatus</i> (Scheid) Engelm.           | ECHIPECT  |
| <b>NOLINACEAE</b>   |           |
| <i>Nolina texana</i> S. Watson                            | NOLITEXA  |
| <i>Opuntia lindheimeri</i> Engelm.                        | OPUNLIND  |
| <i>Opuntia rastretra</i> F.A.C. Weber                     | OPUNRAST  |
| <b>COMMELINACEAE</b>                                      |           |
| <i>Commelina dianthifolia</i> Delile                      | COMMDIAN  |
| <i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.                      | TRADCRASS |
| <b>CONVOLVULACEAE</b>                                     |           |
| <i>Dichondra argentea</i> Willd.                          | DICHARGE  |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L.                            | EVOLALSI  |
| <b>CUPRESSACEAE</b>                                       |           |
| <i>Cupressus arizonica</i> Greene                         | CUPRARIZ  |
| <i>Juniperus deppeana</i> Steud.                          | JUNIDEPP  |
| <i>Juniperus monosperma</i> Sarg.                         | JUNIMONO  |
| <b>CYPERACEAE</b>   |           |
| <i>Cyperus seslerioides</i> Kunth.                        | CYPESESL  |
| <i>Dichromena colorata</i> (L.) A.S. Hitchc.              | DICHCOLO  |
| <b>ERICACEAE</b>  |           |
| <i>Arbutus xalapensis</i> Kunth                           | ARBUXALA  |
| <i>Arctostaphylos pungens</i> A.Gray                      | ARCTPUNG  |

## **EUPHORBIACEAE**

|   |          |
|---|----------|
| <i>Croton pottsii</i> (Klotszch) Müll. Arg. | CROTPOTT |
| <i>Euphorbia dentata</i> Michx.             | EUPHDENT |
| <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.            | EUPHHYSS |
| <i>Jatropha dioica</i> Cerv.                | JATRDIOI |

## **FAGACEAE**

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| <i>Quercus arizonica</i> Sarg.        | QUERARIZ |
| <i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.    | QUERCHIH |
| <i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.   | QUERCOCC |
| <i>Quercus depressipes</i> Trel.      | QUERDEPR |
| <i>Quercus emoryi</i> Torr.           | QUEREMOR |
| <i>Quercus gambelii</i> Nutt.         | QUERGAMB |
| <i>Quercus grisea</i> Liebm.          | QUERGRIS |
| <i>Quercus hypoleucoides</i> A. Camus | QUERHYPO |
| <i>Quercus pungens</i> Liebm.         | QUERPUNG |
| <i>Quercus rugosa</i> Née             | QUERRUGO |
| <i>Quercus toumeyii</i> Sarg.         | QUERTOUM |
| <i>Querus arizonica</i> Sarg.         | QUERARIZ |

## **FOUQUERIACEAE**

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <i>Fouquieria splendens</i> Engelm. | FOUQSPLEN |
|-------------------------------------|-----------|

## **HYDROPHYLLACEAE**

|  |          |
|--|----------|
| <i>Drymaria arenarioides</i> Humb. & Bonpl. ex Schult. | DRYMAREN |
| <i>Drymaria molluginea</i> (Seringe) Didrichsen.       | DRYMMOLL |

*Drymaria pachyphylla* Woot. & Standl. DRYMPACH

### KRAMERIACEAE

*Krameria cytisoides* Cav. KRAMCYTI

*Krameria grayi* Rose & J.H.Painter KRAMGRAY

### LAMIACEAE

*Salvia subincisa* Benth. SALVSUBI

### LEGUMINOSAE

*Acacia constricta* Benth ACACCONS

*Acacia glandulifera* S. Watson ACACGLAN

*Acacia greggii* A.Gray ACACGREG

*Acacia neovernicosa* Isely ACACNEOV

*Acacia roemeriana* Scheele ACACROEM

*Acacia schaffneri* F.J.Herm. ACACSCHF

*Acaciella angustissima* (*Acaciella angustissima*, 1928) ACACANGU

*Calliandra conferta* Benth. CALLCONF

*Calliandra eriophylla* Benth. CALLERIO

*Chamaecrista nictitans* var. *disadena* (Steud.) CHAMNICT

H.S.Irwin & Barneby

*Chamaecrista nictitans* var. *leptadenia* (Greenm.) CHAMNICT

Gandhi & S.L.Hatch

*Cologania obovata* Schltld. COLOOBOV

*Crotalaria pumila* Ortega CROTPUMI

*Dalea formosa* Torr. DALEFORM

|   |          |
|---|----------|
| <i>Dalea nana</i> var. <i>carnescens</i> Torr. ex A. Gray           | DALENANA |
| <i>Dalea versicolor</i> (Rydb.) Barneby                             | DALEVERS |
| <i>Desmodium neomexicanum</i> A. Gray                               | DESMNEOM |
| <i>Galactia wrightii</i> A. Gray                                    | GALAWRIG |
| <i>Hoffmanseggia glauca</i> (Ortega) Eifert                         | HOFFGLAU |
| <i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega                                  | MIMOACUL |
| <i>Mimosa dysocarpa</i> Ortega                                      | MIMODYSO |
| <i>Mimosa</i> sp.   | MIMOSASP |
| <i>Nissolia wislizeni</i> (A. Gray) A. Gray                         | NISSWISL |
| <i>Painteria leptophylla</i> (DC.) Britton & Rose                   | PAINLEPT |
| <i>Phaseolus leptostachyus</i> Benth.                               | PHASLEPT |
| <i>Prosopis glandulosa</i> var. <i>torreyana</i> Torr.              | PROSGLAN |
| <i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)<br>M.C.Johnst. | PROSLEAV |
| <i>Psoralea scoparius</i> Rydb.                                     | PSORSCOP |
| <i>Senna repleyana</i> (Irwin & Barneby) H. S. Irwin &<br>Barneby   | SENNRIPL |
| <i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) H. S. Irwin & Barneby              | SENNWISL |
| <i>Trifolium willdenovii</i>  | TRIFWILL |
| <b>LOASACEAE</b>  |          |
| <i>Mentzelia hispida</i> Willd.                                     | MENTHISP |
| <b>MALPIGHIACEAE</b>  |          |
| <i>Janusia gracilis</i> A. Gray                                     | JANUGRAC |

## **MALVACEAE**

*Anoda cristata* Schldl.

ANODCRIS

*Sida filicaulis* Torr. & A.Gray

SIDAFILI

*Sphaeralcea angustifolia* G.Don

SPHAANGU

## **NOLINACEAE**

*Nolina microcarpa* S. Watson

NOLIMICR

## **NYCTAGINACEAE**

*Allionia chosyi* Standl.

ALLICHOS

*Allionia incarnata* L.

ALLIINCA

*Boerhavia spicata* Choisy

BOERSPIC

## **OLEACEAE**

*Forestiera angustifolia* Torr.

FOREANGU

*Fraxinus velutina* Torr.

FRAXVELU

*Menodora heterophylla* Moric. ex DC.

MENOHETE

## **OXALIDACEAE**

*Oxalis corniculata* L.

OXALCORN

## **PINACEAE**

*Pinus arizonica* Engelm.

PINUARIZ

*Pinus cembroides* Zucc.

PINUCEMB

*Pinus chihuahuana* Engelm.

PINUCHIH

*Pinus engelmannii* Carrière

PINUENGE

*Pinus leiophylla* (Engelm.) Shaw

PINULEIO

## **POACEAE**

|  |          |
|--|----------|
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt.                             | ARISPURP |
| <i>Aristida adscencionis</i> L.                            | ARISADSC |
| <i>Aristida barbata</i> E.Fourn. ex Hemsl.                 | ARISBARB |
| <i>Aristida divaricata</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.        | ARISDIVA |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt.                             | ARISPURP |
| <i>Aristida roemeriana</i> Scheele                         | ARISROEM |
| <i>Bothriochloa barbinodis</i> Lag.                        | BOTHBARB |
| <i>Bouteloua aristidoides</i> Griseb.                      | BOUTARIS |
| <i>Bouteloua barbata</i> Lag.                              | BOUTBARB |
| <i>Bouteloua chondriosoides</i> (Kunth) Benth. ex S.Watson | BOUTCHON |
| <i>Bouteloua curtispindula</i> (Michx.) Torr. in Marcy     | BOUTCURT |
| <i>Bouteloua eriopoda</i> Torr.                            | BOUTERIO |
| <i>Bouteloua gracillis</i> Vasey in Rothr.                 | BOUTGRAC |
| <i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.                              | BOUTHIRS |
| <i>Chloris gayana</i> Kunth                                | CHLOGAYA |
| <i>Chloris virgata</i> Sw.                                 | CHLOVIRG |
| <i>Dasyochloa pulchella</i> a (Kunth) Willd. ex Rydb.      | DASYPULC |
| <i>Digitaria californica</i> (Benth.) Henrard              | DIGICALI |
| <i>Distichilis spicata</i> (L.) Greene                     | DISTSPIC |
| <i>Elyonurus barbiculmis</i> Hack.                         | ELYOBARB |
| <i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.                      | ENNEDESV |
| <i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.                       | ERAGINTE |
| <i>Eragrostis lehmanniana</i> Nees                         | ERAGLEHM |



|   |           |
|---|-----------|
| <i>Eragrostis mexicana</i> Hornem.                        | ERAGMEXI  |
| <i>Eragrostis neomexicana</i> Vasey ex L.H. Dewey         | ERAGNEOM  |
| <i>Eriochloa gracilis</i> Hitchc.                         | ERIOGRAC  |
| <i>Heteropogon contortus</i> P. Beauv. ex Roem. & Schult. | HETECONT  |
| <i>Hilaria belangeri</i> (Steud.) Nash                    | HILABELA  |
| <i>Hilaria mutica</i> Benth.                              | HILAMUTI  |
| <i>Hilaria swallenii</i> Cory                             | HILASWALL |
| <i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees                      | LEPTODUBI |
| <i>Lycurus pheloides</i> Kunth                            | LYCUPHEL  |
| <i>Microchloa kunthii</i> Desv.                           | MICRKUNT  |
| <i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey                       | MUHLEMER  |
| <i>Muhlenbergia emersleyi</i> Vasey                       | MUHLEMER  |
| <i>Muhlenbergia glauca</i> (Nees) Mez                     | MUHLGLAU  |
| <i>Muhlenbergia leptoura</i> Hitchc.                      | MUHLLEPT  |
| <i>Muhlenbergia minutissima</i> (Steud.) Swallen          | MUHLMINU  |
| <i>Muhlenbergia minutissima</i> (Steud.) Swallen          | MUHLMINU  |
| <i>Muhlenbergia montana</i> (Nutt.) Hitchc.               | MUHLMONT  |
| <i>Muhlenbergia parviglumis</i> Vasey                     | MUHLPARV  |
| <i>Muhlenbergia pauciflora</i> Buckley                    | MUHLPAUC  |
| <i>Muhlenbergia porteri</i> Scribn. ex Beal,              | MUHLPORT  |
| <i>Muhlenbergia porteri</i> Scribn. in Beal               | MUHLPORT  |
| <i>Muhlenbergia utilis</i> Hitchc.                        | MUHLUTIL  |
| <i>Panicum obtusum</i> Kunth                              | PANIOBTU  |

|  |          |
|--|----------|
| <i>Piptochaetium fimbriatum</i> Kunth) Hitchc. | PIPTFIMB |
| <i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retz.) Alston | SCHISANG |
| <i>Schizachyrium scoparium</i> (Michx.) Nash   | SCHISCOF |
| <i>Setaria leucophila</i> K.Schum.             | SETALEUC |
| <i>Setaria macrostachya</i> Kunth              | SETAMACR |
| <i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.          | SETAVIRI |
| <i>Sporobolus airoides</i> (Torr.) Torr.       | SPORAIRO |
| <i>Tridens pilosus</i>                         | TRIDPILO |
| <b>PORTULACACEAE</b>                           |          |
| <i>Portulaca mandula</i> I.M.Johnst.           | PORTMAND |
| <b>RHAMNACEAE</b>                              |          |
| <i>Condalia warnockii</i> M.C. Johnst.         | CONDWARN |
| <i>Krameria ramosissima</i> (A.Gray) S.Watson  | KRAMRAMO |
| <b>ROSACEAE</b>                                |          |
| <i>Purshia mexicana</i> (D. Don) Henr.         | PURSMEXI |
| <b>RUBIACEAE</b>                               |          |
| <i>Bouvardia ternifolia</i> Schltld.           | BOUVTERN |
| <b>SAPINDACEAE</b>                             |          |
| <i>Cardiospermum halicacabum</i> L.            | CARDHALI |
| <b>SOLANACEAE</b>                              |          |
| <i>Lycium berlandieri</i> Dunal                | LYCIBERL |
| <i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.             | SOLAELAE |
| <b>ULMACEAE</b>                                |          |

*Celtis pallida* Torr.

CELTPALL

**URTICACEAE**

*Tragia ramosa* Torr.

TRAGRAMO

**VALERINACEAE**

*Valeriana sorbifolia* Kunth

VALERSORB

**VERBENACEAE**

*Aloysia gratissima* Gillies & Hook.

ALOYGRAT

*Aloysia wrightii* A.Heller

ALOYSWRIG

*Verbena pinnatifida* Lam.

VERBPINN

**ZYGOPHYLLACEAE**

*Larrea tridentata* Coville

LARRTRID