

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**“ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN A LO LARGO DE UN
GRADIENTE EDÁFICO Y ALTITUDINAL EN EL MUNICIPIO
DE SATEVÓ, CHIHUAHUA”**

POR

ING. LUIS DANIEL RUIZ CARRANZA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

AGOSTO, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**“ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN A LO LARGO DE UN
GRADIENTE EDÁFICO Y ALTITUDINAL EN EL MUNICIPIO
DE SATEVÓ, CHIHUAHUA”**

POR

ING. LUIS DANIEL RUIZ CARRANZA

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO

AGOSTO, 2017

**ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN A LO LARGO DE UN
GRADIENTE EDÁFICO Y ALTITUDINAL EN EL
MUNICIPIO DE SATEVÓ, CHIHUAHUA**

Aprobación de tesis

Eduardo Estrada C.

Director: Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón

César Martín Cantú Ayala

Codirector: Dr. César Martín Cantú Ayala

José Isidro Uvalle Saucedá

Asesor: Dr. José Isidro Uvalle Saucedá

Asesor externo: Dr. José Ramón Arévalo Sierra

Agosto, 2017

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios.

A todos los Profesores de la Facultad de Ciencias Forestales por la enseñanza y conocimientos transmitidos.

Agradezco muy especialmente al Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón por dirigir este trabajo de tesis, por el apoyo que me brindo en revisiones y por las sugerencias para la investigación.

Al Dr. José Isidro Uvalle Saucedo por su buena disposición en formar parte del cuerpo del comité, por sus comentarios y revisiones realizadas en la investigación y en los seminarios.

Al Dr. César Martín Cantú Ayala por formar parte del comité y por el apoyo en la revisión de tesis y seminarios.

Al Dr. Humberto González Rodríguez por facilitarme el material y equipo para los análisis de suelo en laboratorio.

Al Dr. José Ramón Arévalo Sierra por ayuda en el manejo de los programas de cómputo e interpretación de resultados.

A mis compañeros de maestría por su apoyo brindado durante estos dos años.

Al personal y amigos de la Facultad de Ciencias Forestales por su gran ayuda en los análisis de laboratorio de suelos, Inés, Elsa, Jop, Yare, Aron y Aldo.

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la oportunidad de vivir y permitirme cumplir esta meta.

A MI PADRE

Samuel Ruiz por su gran apoyo y por enseñarme a luchar por mis objetivos.

A MI MADRE,

Saraí Carranza por la gran motivación que me dio y por darme palabras de aliento para seguir adelante.

A MIS HERMANOS

Samuel (†), Wil y Jaime, les agradezco el apoyo incondicional y la confianza que me han brindado.

A ROSY

Con mucho amor a mi esposa Rocío por soportar el sacrificio de estar lejos y por el apoyo incondicional en los buenos y en los malos momentos.

A MIS HIJOS

Con mucho cariño para mis hijos Naomi y Daniel por motivarme y darme la fuerza necesaria para seguir luchando.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Uso de técnicas multivariadas	3
2.1.1. Ordenación	3
2.1.2. Correspondencia canónica	4
2.1.3. Clasificación	4
2.2. Zonas áridas y semiáridas de México	5
2.3. Estudios botánicos en Chihuahua	6
2.4. Estudios de ordenación y clasificación	7
2.4.1. Noroeste de México	7
2.4.2. Chihuahua	8
3. JUSTIFICACIÓN	8
4. HIPÓTESIS	9
5. OBJETIVOS	9
5.1. General	9
5.2. Específicos	9
6. MATERIALES Y MÉTODOS	10
6.1. Localización del área de estudio	10
6.1.1. Clima	12
6.1.2. Fisiografía	12
6.1.3. Relieve y topografía	12
6.1.4. Geología	13
6.1.5. Edafología	13
6.1.6. Hidrología superficial	14
6.1.7. Uso de suelo y vegetación	15
6.2. Toma de muestra	18
6.2.1. Forma y tipo de sitios de muestreo	19
6.2.2. Parámetros considerados en el inventario	21
6.2.3. Estructura de la vegetación	21
6.2.4. Variables ambientales	23
6.3. Análisis estadístico	24
6.3.1. Clasificación	24
6.3.2. Ordenación	24

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1. Clasificación.....	28
7.2. Ordenación	31
8. CONCLUSIONES	34
9. BIBLIOGRAFÍA	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades geológicas.....	13
Tabla 2. Unidades edafológicas.....	14
Tabla 3. Coordenadas de los sitios de muestreo	19
Tabla 4. Listado de especies registradas en el área de estudio.	26
Tabla 5. Variables ambientales y significancia.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Localización del área de estudio	11
Fig. 2. Sitios de muestreo	18
Fig. 3. Forma de los sitios de muestreo	20
Fig. 4. Gráfica de densidad de individuos.	27
Fig. 5. Gráfica de cobertura por especie.....	28
Fig. 6. Clasificación de los 56 sitios de muestreo mediante Twinspan	29
Fig. 7. Dendrograma con los grupos obtenidos en la clasificación.	30
Fig. 8. Análisis de correspondencia canónica de los 56 sitios muestreados en Satevó, Chihuahua, México.	33

RESUMEN

En el presente estudio se analizó la vegetación arbórea y arbustiva a lo largo de un gradiente edáfico y altitudinal en una superficie de 749 ha en el municipio de Satevó, en el sur del estado de Chihuahua, en el Noroeste de México, en el área de estudio se encuentran dos comunidades vegetales, bosque de encino y matorral desértico micrófilo con diferentes asociaciones vegetales. Se cuantificó la cobertura y densidad en 56 sitios de muestreo de 500 m² cada uno, así como las variables del suelo: textura, pH, conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, así como altitud, pendiente, pedregosidad, materia orgánica superficial y roca madre expuesta. La información fue analizada mediante análisis de gradiente indirecto (Análisis de conglomerados, TWINSpan) y análisis de gradiente directo (Correspondencia Canónica, CANOCO) para definir las similitudes y disimilitudes de sitios así como cuantificar cuáles son las variables abióticas que más influencia tienen sobre la vegetación. Las especies con mayor densidad y cobertura en el área de estudio son *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima*, y *Prosopis glandulosa*. El análisis de gradiente indirecto mostró que existe similitud entre los sitios y entre las especies, formando 5 grupos de sitios y 4 grupos de especies. Los resultados del análisis de correspondencia canónica mostraron que existe correlación entre 4 grupos de especies. Con respecto a las variables ambientales, altitud, pendiente, roca madre expuesta y conductividad eléctrica, fueron las variables ambientales que presentaron mayor influencia en la distribución de las especies.

ABSTRACT

A study of vegetation of shrubby and arboreal strata along an edaphic and altitudinal gradient was carried out in 749 ha in the municipality of Satevó (south of Chihuahua, Mexico). In the study area there are two main plant communities, desert scrub, with different type of associations and oak forest. In each of 56 sites, canopy cover and density was evaluated; each site has a 500 m² surface. Also soil variables: texture, pH, electric conductivity, cationic exchange capacity, organic matter content, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium, magnesium, as well as, altitude, slope, rockiness, debris, and parental rock was evaluated in each site. The information recorded was analyzed by means of indirect gradient analysis (Cluster Analysis, TWINSpan), and direct gradient analysis (Canonical Correspondence Analysis, CANOCO) to define similarities and dissimilarities of sites, but also, to quantify which abiotic variables influence the vegetation. The species with higher values of density and canopy cover in the study area was *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima*, *Prosopis glandulosa*. The analysis of indirect gradient showed that there is similarity between sites and between species, forming 5 groups of sites and 4 groups of species. Results of canonical correspondence analysis indicated that altitude, slope, parental rock and electric conductivity were environmental gradients that best explained the distribution of species.

INTRODUCCIÓN

México posee una gran diversidad de flora, la cual se encuentra entre las más variadas de América, donde son varios los factores ambientales que influenciaron el desarrollo de los diferentes tipos de vegetación y la adaptación de las especies.

Esta diversidad se debe a la interacción con diversos factores como son la complejidad de la topografía derivado de las diferentes eras geológicas, que dio como resultado un sistema de topoformas muy variado, desde planicies hasta terrenos muy accidentados, donde el gradiente altitudinal va de cero metros hasta los 5600 msnm, asimismo, la compleja estructura geológica y la variedad de suelos son variables íntimamente ligadas entre si y estos con las especies de flora.

El clima es un factor importante que define la vegetación ya que el conjunto de fenómenos como la temperatura, humedad, la precipitación, latitud, longitud, continentalidad, relieve y los vientos, generan una gran variedad de tipos de climas, mismos que se pueden clasificar según su temperatura, en cálido y templado y de acuerdo con la humedad en húmedo, subhúmedo y seco (García, 2008; INEGI).

En México, aproximadamente de 50% a 70% del territorio está cubierto por extensas regiones áridas y semiáridas; en estas regiones existe una gran riqueza florística y faunística, la cual está favorecida por la variedad de subtipos climáticos (Hernández y García, 1997).

La principal características de los climas secos es que la evaporación excede a la precipitación, es por esto que la vegetación que aquí se desarrolla está adaptada a la baja disponibilidad de agua, y al máximo aprovechamiento de los nutrientes del suelo, en estos lugares se pueden encontrar diferentes patrones de distribución espacial de las especies, las diferentes variables ambientales so

la causa de estos patrones al definir las condiciones apropiadas para que se desarrolle alguna especie, se presente determinada composición de especies, o defina el tamaño y la densidad de los individuos.

El suelo y la vegetación están estrechamente integrados, afectando el ciclo de nutrientes y la adecuación de los organismos (Reynolds *et al.*, 2000), la dinámica del agua en el suelo es influenciada por la textura y la topografía determinando así la continuidad de la cubierta de las plantas (Hook y Burke, 2000). Los cambios en el relieve afectan propiedades edáficas tales como la profundidad y desarrollo del perfil, el contenido de materia orgánica, pH y humedad (Archer, 1984; Burke, 2003).

Las especies vegetales responden a variaciones en condiciones ambientales produciéndose, en consecuencia, cambios significativos en la composición y estructura de las comunidades. La topografía es responsable de orientación, elevación y pendiente, variables físicas que forman parte de un complejo gradiente que presenta una influencia determinante en la composición de especies de las comunidades vegetales (Vetaas y Chaudhary, 1998).

La importancia del uso de las técnicas de análisis multivariados en los estudios sinecológicos consiste en que permiten detectar los factores ambientales responsables del cambio en la estructura y distribución de la vegetación (Austin, 1987; Sardinero, 2000).

El término ordenación, en ecología vegetal, abarca una serie de técnicas estadísticas que permiten simplificar un conjunto complejo de datos, el modelo resultante indica las posibles relaciones entre las especies, así como entre la vegetación y el ambiente (Granados y Sánchez, 2003).

ANTECEDENTES

2.1. Uso de técnicas multivariadas

Los análisis biogeográficos están basados en métodos descriptivos junto con mapas que muestran la distribución de las especies, en la actualidad se han implementado el uso de técnicas multivariadas de clasificación y ordenación (Kent, 2006).

2.1.1. Ordenación

La ordenación es utilizada para la descripción del estudio de las agrupaciones vegetales (Zavala, 1986). Es el análisis de la matriz de datos con atributos cualitativos ya sea presencia-ausencia o cuantitativos refiriéndose a densidad, biomasa, cobertura, valor de importancia, de las especies en cada una de las muestras, con el objetivo de encontrar un patrón sistemático de relaciones entre muestras basándose en co-ocurrencias de las especies componentes. A partir del modelo resultante se puede relacionar con factores ambientales (Palmer, 1993), algunos pueden ser nutrientes del suelo, altitud, pendiente, entre otros (Whittaker, 1970).

Las técnicas de ordenación se utilizan para simplificar un conjunto complejo de datos de vegetación, el modelo que resulta trata de indicar las relaciones que existen entre las especies así como entre la vegetación y el ambiente (James y McCulloch, 1990; Gosz, 1992).

Uno de los primeros en utilizar técnicas informales de ordenación de la vegetación fue Rmensky (1930), generalizándose la utilidad de estos métodos en los 50's (Whitaker, 1967). Curtis y McIntosh (1951) desarrollan el "Índice de continuidad" que más vincula las respuestas de las especies a los gradientes y métodos multivariados.

2.1.2. Correspondencia canónica

El análisis de correspondencia canónica (CCA) realiza la ordenación de una matriz mediante regresiones lineales múltiples con las variables de una segunda matriz, relacionan la matriz de distribución de especies por sitios y las características ambientales que se presentan en ellos (Rougés, 2008). Como resultado de la ordenación se obtiene un diagrama donde las especies son representadas por puntos y las variables ambientales por flechas, da una visión aproximada de la distribución de las especies conforme las variables ambientales; el análisis combina la ordenación regular con aspectos de análisis de gradiente directo. Para la interpretación del diagrama, la flecha representa la distribución de la especie a lo largo de una variable ambiental, entre más grande la flecha indica que la variable ambiental es más importante.

El primero en presentar el análisis de correspondencias a los ecólogos fue Hill (1973), suplantando gradualmente a la ordenación polar. El análisis de correspondencias fue corregido, creando el análisis de correspondencias sin tendencia (Hill, 1979), siendo el más utilizado en la actualidad como técnica indirecta de análisis de gradiente. Ter Braak (1986) marca el inicio en los métodos modernos de ordenación con el Análisis de Correspondencia Canónica.

2.1.3. Clasificación

La clasificación es el ordenamiento de las entidades en grupos sobre la base de las relaciones entre sus atributos (Boesch, 1977), agrupamiento de cosas similares en clases (Pielou, 1984). La clasificación en su acepción de ordenar o disponer por clases y con ordenación, separación, distribución u organización como sinónimos y la identificación en el sentido de reconocer si una cosa es la misma que se supone o se busca con sinónimos como filiación, identidad, reconocimiento o unificación.

Se debe tener cuidado de no confundir los métodos de clasificación con los de otro campo cercano: métodos de ordenamiento, cuyo objetivo no es establecer grupos ni delimitar clases sino expresar las relaciones entre entidades en modelos espaciales simplificados de varias dimensiones; como lo son los análisis de componentes y coordenadas principales, factorial de correspondencias, correlación canónica, ordenamiento Gaussiano y escalado multidimensional (Baukus, 1990; Fielding, 1999).

2.2. Zonas áridas y semiáridas de México

Las zonas áridas de México presentan una gran diversidad en cuanto a formas de vida y una gran riqueza de especies; estas áreas son dominadas por arbustos de diferente tipo; México cuenta con el 50% de la flora que representa las zonas áridas (Rzedowski, 1990, 1991). Dado a la extensa porción del territorio que presenta estas características, se ha dividido en varias regiones para su mejor estudio, estas regiones son: zona árida sonoreense, chihuahuense, tamaulipeca, hidalguense y la poblano-oaxaqueña (González, 2012), aunque todas son zonas áridas cada una de ellas tiene componentes característicos que las distinguen una de otra.

Una de las grandes zonas áridas de México es el desierto Chihuahuense, considerado como el desierto con mayor extensión en Norteamérica y una de las regiones áridas con mayor riqueza de especies a nivel mundial (Morafka, 1977; Sutton, 2000; Hoyt, 2002). Rzedowski (1965, 1978) reporta tres principales tipos de vegetación para el Desierto Chihuahuense: matorral desértico micrófilo de suelos de aluvión, matorral desértico rosetófilo en rocas calizas y terrenos de buen drenaje y el matorral desértico crasicale ligado a rocas y suelos ígneos.

De los tipos de vegetación mejor representados en las zonas áridas, es aquel donde los arbustos son dominantes (matorral), cuando está constituido principalmente por especies inermes se denomina “matorral no espinoso”. Los matorrales xerófilos son de las comunidades con mayor diversidad de géneros

de plantas vasculares en México con 1,381 es la segunda comunidad vegetal siendo los bosques templados con 1,656 géneros la comunidad con mayor diversidad de géneros en el país (Villaseñor, 2004).

2.3. Estudios botánicos en Chihuahua

Uno de los primeros estudios florísticos para el estado de Chihuahua fue el de Shreve (1939), donde reconoció cuatro tipos de vegetación que dominaban: desierto, bosque de encino, pastizales bosque de pino y la vegetación de barranca. Hacia la a mitad de la parte norte del estado describen más a detalle siete comunidades vegetales: bosque montano, bosque de *Quercus grisea*, bosque de encino, bosques mixtos de encino, bosque espinoso, pastizal de *Bouteloua gracillis* y matorral desértico (LeSueur, 1945). Cuatro tipos de vegetación fueron reportados para el estado: matorral xerófilo, pastizal, bosque de coníferas y encinos y bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978). La región de la Laguna de Babicora, registra 476 especies, 244 géneros y 67 familias de plantas vasculares (Estrada, et al, 1997). Hacia el norte de Chihuahua se presentan mezquiales en dunas en asociación con *Artemisia filifolia*, *Dalea scoparia* y *Yucca eleata*; frecuentemente forma matorrales de hasta 3 m de alto, asociándose con otras especies como *Acacia constricta*, *A. farnesiana*, *A. tortuosa* e incluso con *Opuntia* (Rzedowski, 2006). El listado florístico registrado para las Barrancas del Cobre consta de 770 especies, 184 géneros y 121 familias, siendo Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Saolanaceae, Euphorbiaceae las familias con mayor diversidad (Lebgue, et al, 2005). Para el centro del estado se registran ocho formas biológicas de la flora vascular, siendo principalmente: hierbas (1252 taxas), arbustos inermes (81), arbustos espinosos (81), árboles (44), enredaderas, plantas crasicuales, arbustos rosetófilos y parásitos (Estrada y Villarreal, 2010). Los pastizales halófitos del valle de Janos fueron estudiados reportando 57 familias, 198 géneros y 328 taxones, las familias Asteraceae, Poaceae, Fabaceae y Euphorbiaceae fueron las más representativas en cuanto a géneros y especies, se registraron tres especies endémicas para Chihuahua (Vega, et al, 2014).

El estado no cuenta con un listado completo de su flora, pero se han realizado estudios para algunos grupos de plantas en particular como helechos y afines (Knobloch y Correl, 1962), las gramíneas han sido estudiadas por diferentes autores (Valdés et al., 1975; Lebgue y Valerio, 1991; Beettle, 1983, 1987, 1991, 1995), *Quercus* (Muller, 1979; Nixon, 1998), Agavaceae (Gentry, 1982), Nolinaceae (García-Mendoza y Galván, 1995), musgos (Delgadillo, 1998), helechos (Riba, 1998), Acanthaceae (Daniel, 1998), Asteraceae (Turner y Nesom, 1998).

2.4. Estudios de ordenación y clasificación

2.4.1. Noroeste de México

Chavira (2003) en un estudio de la selva baja caducifolia del Ejido Tachinolpa en Culiacán, Sinaloa, por medio de las técnicas de Ordenación y Clasificación encuentra que la exposición norte y sur no afecta en la diversidad de especies mientras que la exposición este presenta una mayor diversidad de especies, esto lo atribuye a factores históricos y ecológicos del lugar. Las especies perennes de las islas de la costa de Sinaloa fueron evaluadas tomando en cuenta cobertura vegetal y 25 variables del medio, con el fin de conocer la relación vegetación-ambiente, obteniendo que las variables que mejor explican la estructura de la vegetación fueron: nitratos, porcentaje de limo, pendiente y porcentaje de arena (Sánchez, *et al*, 2016). La vegetación insular del desierto costero de Sonora se analizó mediante ordenación polar obteniendo que la aridez se relaciona con la exposición de ladera, profundidad del suelo y cobertura de piedras (Reyes, et al, 2008).

2.4.2. Chihuahua

El gradiente altitudinal es el factor principal que determina las asociaciones vegetales, permitiendo conocer la distribución espacial en el Cañón de Santa Elena (González y Sosa, 2003). En la ordenación de la vegetación del corredor del Huizache, se evaluaron 50 variables ambientales encontrando que las paisajísticas y edáficas son las que presentan mayor influencia en la distribución de las especies (Huerta, et al, 2004). Utilizando el análisis multivariado de conglomerados para la región árida de Chihuahua, se identificaron tres grupos con dos conglomerados cada uno, siendo *Larrea tridentada* y *Prosopis glandulosa* las especies que se encontraron en más del 50% del área de estudio (Sosa, et al, 2006). Para el centro del estado se realizó un estudio de clasificación y ordenación de la vegetación encontrando 29 familias, 67 géneros y 108 especies, donde las herbáceas dominan seguidas de arbustos inermes, arbustos espinosos y por ultimo las especies arbóreas; se reconocieron tres grupos de comunidades vegetales: 1) pastizal y bosque, 2) matorral y pastizal, 3) pastizal halófito (Romero, 2013).

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, las acciones de restauración o rehabilitación forestal en México se realizan exclusivamente para lograr la repoblación de los sitios que de manera natural o por influencia humana han perdido su cobertura vegetal. Pocas veces se privilegia el uso de especies arbóreas nativas propias de cada región y, cuando ocurre, está restringido a un número mínimo de especies (Fernández et al 2013). Esta actividad ha sido fomentada mediante diversos programas de apoyo a la reforestación, pero con nulo o escaso seguimiento de las condiciones de supervivencia y crecimiento de las plantas (Cervantes et al., 2008).

En la mayoría de los casos se seleccionan especies con fines de producción de madera, las cuales siempre son introducidas al campo únicamente con una

verificación visual de la presencia de la especie en el área a restaurar, o con la revisión de algunas variables sobresalientes del sitios como la altitud y el clima, sin embargo, no se hace un análisis de las necesidades de la especie, las características del suelo o las influencia de las variables ambientales para el buen desarrollo de las especies.

El presente trabajo se elaboró con el objetivo de identificar cuáles son las variables ambientales que tienen alguna influencia en la distribución de las especies del matorral desértico micrófilo y bosque de encino en el municipio de Satevó, Chihuahua, esperando que sea de ayuda para trabajos de restauración en la región o en donde se pretendan hacer trabajos utilizando las especies aquí descritas. Esta investigación planea contribuir al conocimiento descriptivo e identificar las condiciones ambientales preferenciales de las especies de los ecosistemas de esta región del estado de Chihuahua.

HIPÓTESIS

Los gradientes de suelo y altitud definen la distribución de las especies vegetales en el área de estudio.

OBJETIVOS

1.1. General

Clasificar y ordenar la vegetación en una porción del municipio de Satevó, Chihuahua.

1.2. Específicos

- Evaluar la influencia de las variables ambientales en la distribución de la vegetación en el municipio de Satevó, Chihuahua.

- Determinar los gradientes de asociación de especies en los diferentes sitios.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización del área de estudio

El área estudio se localiza en el municipio de Satevó, Chihuahua en el Norte de México, con coordenadas de referencia 27°32'27" N y 106°20'11" W (Figura 1). El poblado más cercano al área de estudio es San José del Sitio, para llegar al sitio del proyecto se toma como punto inicial la ciudad de Chihuahua, al suroeste de esta, se toma la carretera Federal número 16 Chihuahua- Cuauhtémoc, aproximadamente 31 km más adelante se da vuelta hacia la izquierda tomando la carretera Federal número 24 (hacia Hidalgo Parral) , al recorrer 80 km de esta carretera se debe dar vuelta hacia la derecha, y recorriendo 35 km de camino asfaltado se llega al poblado de San José de Sitio mismo que es el punto de referencia más cercano al sitio del proyecto.

Ubicación Fisiográfica

Provincia: Sierra Madre Occidental
Subprovincias: Sierras y Llanuras de Durango

Ubicación hidrográfica

Región Hidrológica RH24 Bravo-Conchos
Cuenca: L, Río Conchos-Presa de La Colina
Subcuenca: b, Río Conchos-Valle de Zaragoza

Ubicación con respecto a la división política

Estado	Chihuahua
Municipio	Satevó (061)
Localidad	San José del Sitio

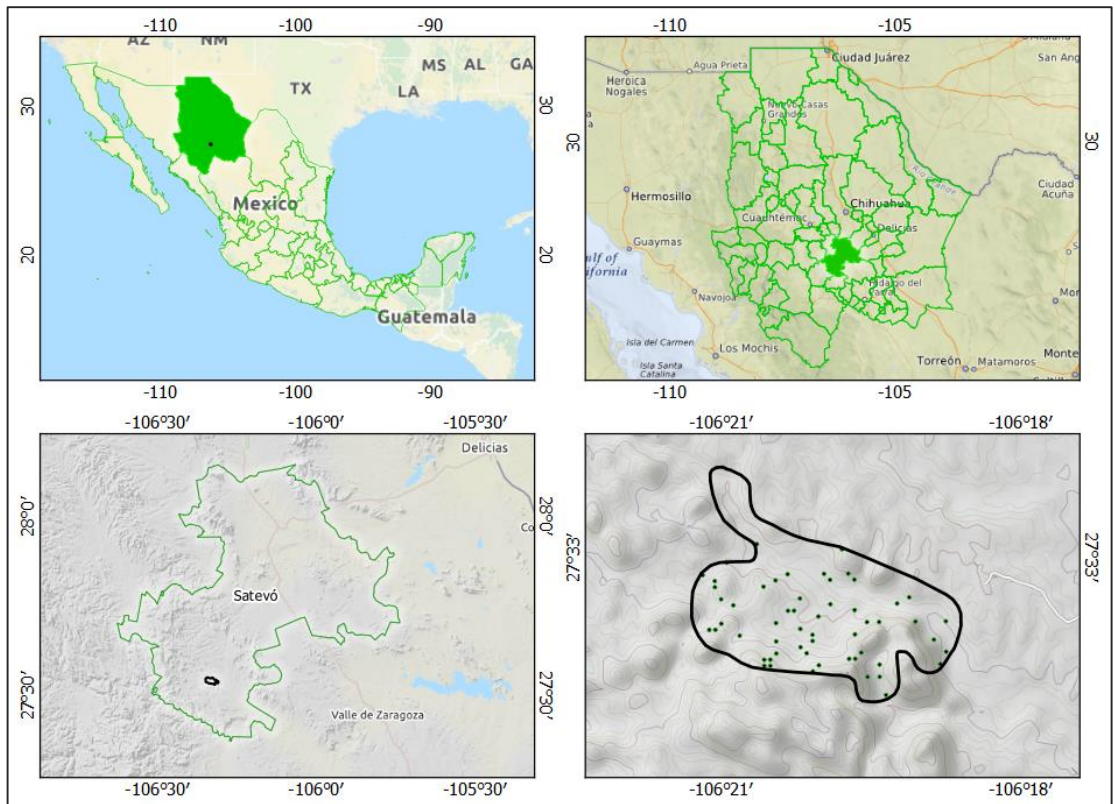


Fig. 1 Localización del área de estudio.

Superficie del área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro de una superficie de 749 hectáreas en las cuales se encuentran dos comunidades vegetales: bosque de encino y matorral desértico micrófilo con diferentes asociaciones vegetales.

2.1.1. Clima

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales de unidades Climáticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el tipo de clima según Köppen modificado por E. García (2008) corresponde a BS1kw (w) el cual es de tipo Semiseco templado con lluvias en verano, se caracteriza por temperaturas media anual de entre 12 °C y 18 °C, temperaturas medias del mes más frío son de -3 °C a 18 °C, las temperaturas medias del mes más cálido son mayores de 18 °C y las precipitaciones totales anuales se encuentran entre 300 y 600 mm.

Particularmente, para el área de estudio, las temperaturas presentes, conforme a la capa vectorial de isotermas del INEGI (1984) la temperatura media anual en el área de estudio oscila entre los 16 °C y 18 °C.

El área de estudio presenta una precipitación total anual que va de 400 mm a 600 mm según los datos vectoriales del INEGI (1984).

2.1.2. Fisiografía

De acuerdo con el conjunto de datos vectoriales Fisiográficos, escala 1: 1 000 000, Serie I, del INEGI (2000) el área de estudio se encuentra en la Provincia de la Serra Madre Occidental, y con respecto a la subprovincia corresponde a la Subprovincia Sierras y Llanuras de Durango.

2.1.3. Relieve y topografía

En relación con los sistemas de topoformas, de acuerdo con el conjunto de datos vectoriales fisiográficos del INEGI (2000), el área de estudio está representado por lomeríos con cañadas, en particular el área de estudio presenta pendientes que van de 3%-50% y el gradiente de elevación oscila entre 1550-1773 m.s.n.m.

2.1.4. Geología

Las dos grandes provincias fisiográficas que dividen el estado de Chihuahua (Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte) son sitio también de dos provincias geológicas (Cuencas y Sierras, Sierra Madre Occidental) con marcada diferencia en su estratigrafía y estilo estructural.

En la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, se presentan principalmente rocas ígneas extrusivas ácidas, seguidas por las ígneas extrusivas básicas y las sedimentarias del tipo conglomerado, todas ellas del Terciario; además, del Cuaternario, se presentan sobre todo depósitos recientes y materiales ígneos extrusivos básicos (INEGI. 2003)

Para nuestra área de estudio se encontraron las siguientes unidades geológicas que muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Unidades geológicas

CLAVE	CLASE	TIPO	ERA	SISTEMA
Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario
Ts(ar-cg)	sedimentaria	Arenisca- conglomerado	Cenozoico	Neógeno
Ti(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Paleógeno
Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario

2.1.5. Edafología

En el estado de Chihuahua, se presentan 16 unidades de suelo que son producto de la interacción, a través del tiempo, del material geológico, clima, relieve y organismos.

La presencia de climas secos, y subhúmedo han influido para el intemperismo de las rocas ígneas y sedimentarias, y la formación de sedimentos, que han dado

lugar a la génesis de suelos jóvenes (regosoles, litosoles y rendzinas. entre otros), en primer lugar, y a suelos con desarrollo moderado (feozems, cambisoles, castañozems y chernozems), en segundo, y de menor extensión los suelos maduros (luvisoles), (INEGI, 2003).

La textura media en los 30 cm superficiales de los suelos es la dominante en más del 80% del territorio estatal y las texturas gruesa y fina en menor porcentaje, por lo que en general la infiltración del agua en los suelos es buena.

El tipo de suelo en el área de estudio se determinó en base a los vectores de edafología de la serie II del INEGI. En la tabla 2 se muestra un concentrado con las unidades Edafológicas presentes.

Tabla 2. Unidades edafológicas

CLAVE	NOMBRE	TEXTURA	FASE
CHlvcc+PHlvdp/2r	Chernozem Lúvico Cálcico + Phaeozemlúvicoepipetrodúrico	Media	Gravosa
FLskca+PHlvdp/2r	Fluvisol Esquelético Calcárico + Phaeozemlúvicoepipetrodúrico	Media	Gravosa
LPeusk/2R	Leptosol Léutrico Esquelético	Media	Pedregosa
LPeusk+PHlvdp/2R	Leptosol Éutrico Esquelético + Phaeozem Lúvico Epipetrodúrico	Media	Pedregosa

2.1.6. Hidrología superficial

El área de estudio se encuentra dentro de la Región Hidrológica 24, Bravo-Conchos, (RH24), esta región se localiza en la mesa del norte, se distribuye en el estado de chihuahua, en una pequeña porción de Durango y Coahuila de Zaragoza. En las inmediaciones del área de estudio solo existen cause de condición intermitente.

Uso de suelo y vegetación

Para definir el tipo de vegetación del área de estudio se analizaron los tipos de vegetación propuestos por los diferentes autores, así como también los diferentes ecosistemas vegetales agrupados en el sistema de clasificación de vegetación del INEGI, el cual está basado en los trabajos de Faustino Miranda y Hernández X. (1963) y Rzedowski (1978, 2006), cuyas propuestas fueron adaptadas a los criterios cartográficos y las necesidades de información del INEGI para sus productos a escala 1:250,000.

Después de revisar las características de los tipos de vegetación donde se tomaron en cuenta las diferentes variables ambientales como altitud, precipitación, temperatura, meses sin lluvia, entre otros, y sobre todo, la conformación de las especies, densidad y asociaciones encontradas en campo corresponden a matorral desértico micrófilo y bosque de encino.

2.1.6.1. Matorral desértico micrófilo

Bajo la categoría de "matorral micrófilo" (microphyllous desert, Shreve, 1951; Rzedowski, 2006) cabe agrupar las comunidades en que las plantas que imprimen el carácter fisonómico de la vegetación corresponden a arbustos de hoja o foliolo pequeño.

En la Guía para la interpretación de cartografía Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 Serie V (INEGI, 2014) se mencionan algunos ejemplos de matorral desértico micrófilo como es el caso de *Larrea* y *Ambrosia* que se extiende a las zonas más secas de México, y en áreas en que la precipitación es inferior a 100 mm anuales, está asociados con arbustos de especies de *Prosopis*, *Cercidium*, *Olneya*, *Condalia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Fouquieria*, *Hymenoclea*, *Acacia*, *Chilopsis*, entre otros.

Así mismo, la Guía la guía para la interpretación de la carta de uso de suelo y vegetación del INEGI, serie V, menciona otras comunidades vegetales que podrían merecer el calificativo de vicariante con respecto al matorral desértico micrófilo, como es el caso del matorral de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua*, el cual ocupa la mayor parte de la superficie de la zona árida chihuahuense.

Rzedowski (1957; 1966) describe las variantes más comunes del matorral desértico micrófilo, como es el matorral micrófilo de *Larrea*, el de *Larrea* y *Flourensia*, el de *Larrea* y *Mortonia*, y otros con participación de numerosos arbustos y plantas subarborescentes de los géneros *Acacia*, *Agave*, *Condalia*, *Koeberlinia*, *Lycium*, *Opuntia*, *Prosopis*, *Rhus*, *Myrtillocactus*, *Yucca*, etc., representando una combinación de numerosas formas biológicas, organizada en varios estratos.

Con lo anterior, podemos definir que el matorral desértico micrófilo tiene una gran cantidad de vicariantes, las cuales estarán en función de la estructura y densidad de las especies dominantes para cada área en particular, las cuales no podrán ser comparadas a gran detalle.

Las especies comprendidas en el estrato arbóreo en el área de estudio son *Prosopis glandulosa*, *Condalia correllii*, *Fouquieria splendens* y *Juniperus deppeana* y *Salix gooddingii* principalmente.

En el estrato arbustivo las principales especies encontradas son *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima*, *Condalia correllii*, *Fouquieria splendens*, *Aloysia wrightii*, *Prosopis glandulosa*, *Rhus microphylla*, *Dalea bicolor*, *Opuntia phaecantha*, *Celtis pallida*, *Tecoma stans* y *Agave scabra*.

Bosque de encino

Los bosques de *Quercus* son comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México. Se encuentran en climas templado, semi-húmedo, penetran en regiones de clima caliente, no faltan en las francamente húmedas y aún existen en las semiáridas. Este tipo de vegetación se ha observado sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas, como sedimentarias y metamórficas, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos. No es rara su presencia en suelos someros de terrenos muy rocosos e inclinados o de pedregales. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración que frecuentemente es roja, aunque puede ser amarilla, negra, café o gris. La precipitación media anual varía entre 350-2000 mm, las temperaturas medias anuales tienen una amplitud global de 1 a 26 °C y más frecuentemente de 12 a 20 °C (Rzedowski, 2006). En el área de estudio la especie en el bosque de encino corresponde a *Quercus chihuahuensis*.

2.2. Toma de muestra

Con la finalidad de representar toda la variación edáfica y altitudinal se cuantificaron 56 cuadrantes al azar de 500 m² cada uno, resultado una superficie de muestreo de 28,000 m², con la ayuda de sistemas de información geográfica, imágenes satelitales y equipo de geoposicionamiento satelital (GPS) se localizaron los sitios de muestreo, mismo que fueron dispuestos en todas las comunidades y asociaciones vegetales presentes (figura 2).

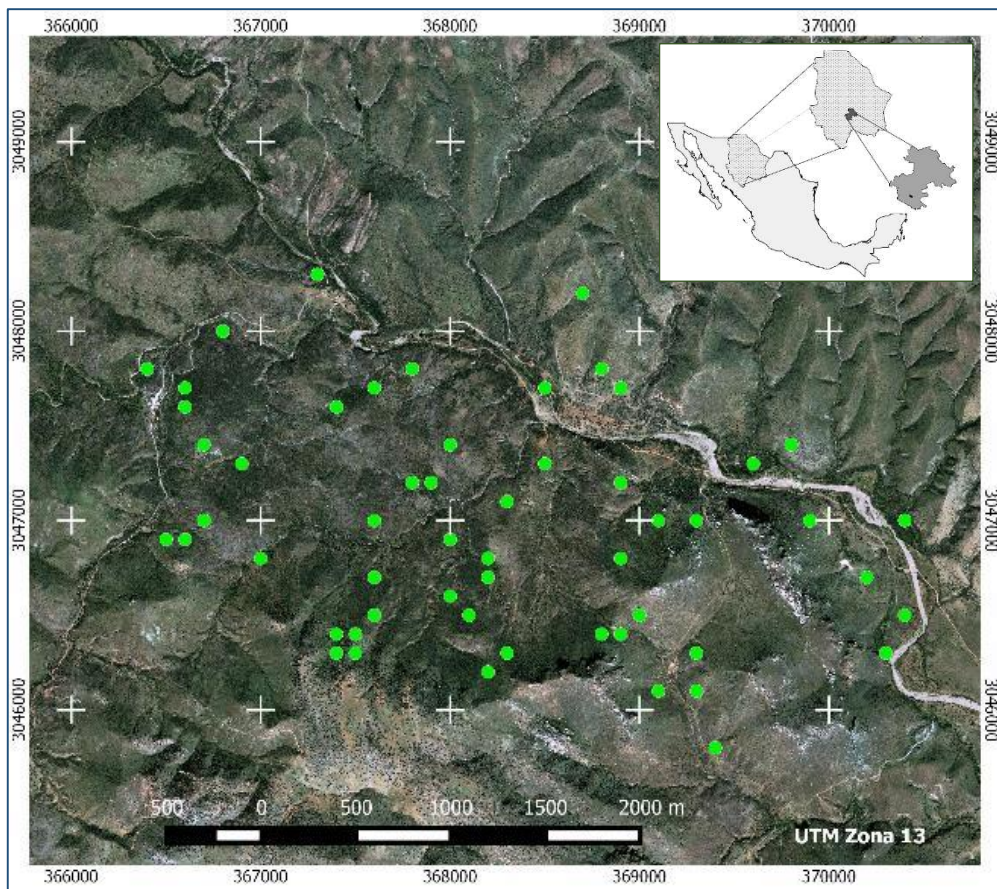


Fig. 2. Sitios de muestreo.

El levantamiento de datos se realizó en el mes de Enero de 2016, durante un periodo de 25 días, los recursos humanos empleados en la toma de muestra fue de una brigada conformada por tres técnicos.

En la tabla 3 se anexan las coordenadas de los sitios de muestreo.

Tabla 3. Coordenadas de los sitios de muestreo

SITIO	X	Y	SITIO	X	Y
1	367600	3046500	29	368700	3048200
2	367500	3046400	30	368500	3047700
3	367500	3046300	31	367300	3048300
4	367800	3047200	32	369000	3046500
5	367400	3046300	33	368500	3047300
6	367400	3046400	34	368100	3046500
7	367600	3046700	35	368900	3046800
8	367600	3047000	36	368300	3047100
9	367900	3047200	37	369400	3045800
10	370300	3046300	38	369100	3047000
11	370400	3046500	39	369100	3046100
12	366800	3048000	40	369300	3046300
13	366400	3047800	41	368200	3046800
14	366500	3046900	42	368800	3046400
15	366600	3046900	43	368200	3046200
16	366700	3047000	44	367600	3047700
17	367000	3046800	45	368000	3047400
18	366900	3047300	46	369300	3046100
19	366700	3047400	47	368300	3046300
20	366600	3047600	48	368900	3046400
21	366600	3047700	49	369300	3047000
22	370200	3046700	50	368200	3046700
23	370400	3047000	51	368000	3046900
24	369900	3047000	52	367800	3047800
25	369600	3047300	53	368400	3047800
26	369800	3047400	54	368900	3047200
27	368900	3047700	55	367400	3047600
28	368800	3047800	56	368000	3046600

2.2.1. Forma y tipo de sitios de muestreo

Los sitios de muestreo pueden tener la forma que más convenga a las posibilidades y tiempo disponibles, de tal manera que podamos tener sitios cuadrados, rectangulares, circulares, triangulares, romboidales, irregulares, etcétera, aunque las tres formas geométricas que más se han utilizado en inventarios forestales son: cuadrados, circulares y rectangulares, pues resultaría muy laboriosa la delimitación en el terreno de cualquier otra forma diferente a las

antes citadas; representaría la utilización de más tiempo y costo, principalmente (Romhan y Ramírez, 1994).

El tipo de sitio de muestreo utilizado fue el circular, el cual es el más frecuentemente utilizado en inventarios forestales de América del Norte, incluyendo a México. Su gran popularidad radica en la relativa facilidad para delimitarlos, ya que una vez establecida la posición de su centro basta con “lanzar” radios desde éste hacia la periferia.

Los tamaños o superficies más adecuadas para un sitio circular, estarán en función de lo que se quiera evaluar, para este estudio se utilizaron sitios de muestreo con una superficies de 500 m^2 , el radio del círculo fue de 12.62 metros.

Para la toma de las variables roca madre expuesta, contenido de materia orgánica superficial y pedregosidad se levantaron 5 sitios de un metro cuadrado dentro de los sitios de muestreo (CONAFOR, 2004), como se muestra en la figura 3.

En el centro de cada sitio de muestreo se colectó una muestra de suelo de aproximadamente 1 kg con el cual se realizaron los análisis de suelo.

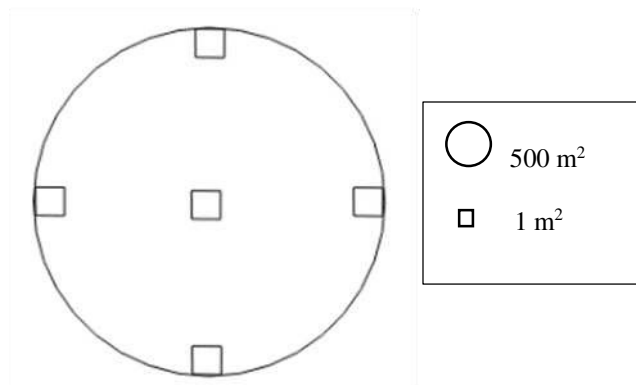


Fig. 3. Forma de los sitios de muestreo.

Parámetros considerados en el inventario

El muestreo de vegetación se realizó en cada uno de los 56 sitios, enfocándose en su identificación botánica, densidad y cobertura, se contaron todos los individuos arbóreos y arbustivos.

Se colectaron muestras botánicas para la correcta identificación de la especie, estas muestras fueron identificadas en base a bibliografía especializada en flora de la región (Everitt J., et al 2002; Toutcha L., et al 2015), monografías para cada género y bancos de información científica consultada en forma electrónica.

Posteriormente, se realizó la captura de la información, con esta base de datos se calculó la densidad (total y relativa) y cobertura (total y relativa) de las especies presentes en el área de estudio.

2.2.2. Estructura de la vegetación

Para determinar la estructura de la vegetación fueron consideradas dos variables, las cuales fueron cobertura y densidad.

La cobertura se refiere a la proyección vertical de la vegetación sobre el suelo y la densidad es el número de individuos de una especie por unidad de área, la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma, 1982), es usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo pastos y algunos arbustos. La cobertura fue obtenida en metros cuadrados, posteriormente, la cobertura total por especie de cada sitio fue transformada a cobertura relativa (Mueller–Dombois y Ellenberg 1974; Magurran, 2004; Palmer, 1993) mediante la fórmula:

$$CR_i = \left(\frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \right) * 100$$

Donde:

CR_i = Cobertura relativa de la especie *i* respecto a la cobertura total.

C_i = Cobertura absoluta de la especie *i* dentro del sitio de muestreo.

La densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad es el número de individuos en un área determinada, por medio de la siguiente fórmula se convirtió a valores relativos (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974; Magurran, 2004; Palmer, 1993).

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

Donde:

DR_i = Densidad relativa de la especie *i* respecto a la densidad total

D_i = Densidad absoluta de la especie *i* dentro del sitio de muestreo.

Los valores relativos de densidad y cobertura fueron utilizados para calcular el Valor de Importancia (V. I.) (Moreno y López, 2009), por especie dentro de cada sitio de muestreo, y se realizó con la siguiente fórmula:

$$VI = \frac{CR_i + DR_i}{2}$$

Este índice hace una mejor descripción de cada especie que usando cualquiera de sus parámetros individualmente (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.2.3. Variables ambientales

Físicas

Por medio del establecimiento de sitios de un metro cuadrado con cinco repeticiones distribuidos dentro de cada sitio de muestreo se promedió el porcentaje de roca madre expuesta, contenido de materia orgánica superficial y pedregosidad.

La roca madre expuesta se calculó visualmente, se obtuvo porcentaje del área con afloración de roca.

Se calculó el porcentaje de contenido de materia orgánica superficial, considerando el área cubierta por mantillo (hojarasca, ramas, etc).

La pedregosidad se calculó en porcentaje a través del cálculo visual, considerando rocas mayores a 5 cm.

Las altitud (msnm) se tomó en el centro del sitio de muestreo por medio de un equipo de geoposicionamiento satelital (GPS).

La pendiente se obtuvo en porcentaje con la ayuda de un clisímetro.

Edáficas

En el centro de cada sitio de muestreo se obtuvo una muestra de aproximadamente 1 kg de suelo entre los 0 y 20 cm de profundidad. La muestra de suelo fue analizada en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde se utilizaron las metodologías del manual “Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semáridas” (Woermer, 1989) y las especificaciones de la Norma

Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 para determinar las variables edafológica; arena (%), limo (%), arcilla (%), contenido de materia orgánica (%), pH, conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio.

2.3. Análisis estadístico

2.3.1. Clasificación

La clasificación o análisis de gradiente indirecto se basó en los índices de valor de importancia (VI's) de las especies en cada sitio.

El ensamble de las diferentes asociaciones vegetales se llevó a cabo mediante WINTWINS Cluster Analysis por medio del programa TWINSpan versión 2.3 (Hill y Šmilauer, 2005), esta es una herramienta para clasificar muestras y puede ser utilizado para obtener una clasificación de especies de acuerdo con sus preferencias ecológicas.

El dendrograma resultante con especies características o indicadoras se basó en los eigenvalores y rangos de clase.

2.3.2. Ordenación

Para la ordenación o análisis de gradiente directo, se utilizó el análisis de Correspondencia Canónica versión 4.5 (Ter Braak y Šmilauer, 2002) con lo cual se pudo examinar la distribución y relaciones entre especies así como factores edáficos y altitudinales (Ter Braak, 1986, 1987).

El análisis se basó en los VI's de las especies y los valores de las variables ambientales.

Para probar la significancia de los eigenvalores de los primeros ejes y seleccionar las variables ambientales que explican la composición de las especies, se ejecutó la prueba de Montecarlo mediante selección manual forward con 499 permutaciones (Ter Braak y Šmilauer, 2002).

La prueba de permutaciones Monte Carlo permitió determinar si los valores de las raíces características de los primeros ejes de la ordenación y los valores de correlación entre las especies y las variables ambientales obtenidos con el CCA eran estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Para realizar los análisis se utilizó el programa de cálculo CANOCO (Ter Braak y Šmilauer, 1998).

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 ($P < 0.05$), 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.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 56 sitios de muestreo están conformados por 20 especies, 18 géneros y 15 familias, siendo la familia Fabaceae la más representativa con 4 especies (Tabla 4).

En las zonas áridas, las familias mejor representadas son Poaceae y Asteraceae llegando a constituir el 25% de la flora, pero las Fabaceae también son de importancia, predominando en sitios más cálidos (González, 2012). En algunos de los estudios florísticos que se han realizado para el estado la familia Fabaceae es de las que presenta mayor diversidad en cuanto a géneros y especies (Lebgue, *et al*, 2005; Vega, *et al*, 2014).

Tabla 4. Listado de especies registradas en el área de estudio.

FAMILIA	ESPECIE
Anacardiaceae	<i>Rhus microphylla</i> Engelm.
Asparagaceae	<i>Agave scabra</i> (Ortega)
Asteraceae	<i>Baccharis salicina</i> Torr. & A.Gray
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth
Cannabaceae	<i>Celtis laevigata</i> Willd.
Cannabaceae	<i>Celtis pallida</i> Torr.
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Seud.
Fabaceae	<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J.Herm.
Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> Willd.
Fabaceae	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr.
Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega
Fagaceae	<i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.
Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.
Oleaceae	<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.
Rhamnaceae	<i>Condalia correllii</i> M.C.Johnst.
Salicaceae	<i>Salix gooddingii</i> C.R.Ball
Simaroubaceae	<i>Castela erecta</i> Turpin
Verbenaceae	<i>Aloysia wrightii</i> A.Heller
Verbenaceae	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc.

El total de individuos muestreados en los 56 sitios fue de 9,466, las especies con mayor densidad fueron *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima* y *Condalia correllii*, las cuales representan el 71.3 % de la densidad relativa total, en la figura 4 se muestra como quedaron distribuidas las especies.

En un estudio realizado para matorral micrófilo Mata et al. (2014) evaluaron la composición florística encontrando tres estratos: herbáceo, arbustivo y arbóreo; registraron a *Berberis trifoliolata* y *Prosopis glandulosa* como las especies más importantes para los estratos arbustivo y arbóreo con base en los parámetros ecológicos; en nuestro estudio solo se tomaron en cuenta los estratos arbustivo y arbóreo dominando el arbustivo con especies como *Mimosa aculeaticarpa*,

Aloysia gratissima, *Condalia correllii*, *Fouquieria splendens*, mientras que para el arbóreo la especie que más sobresale es *Prosopis glandulosa*.

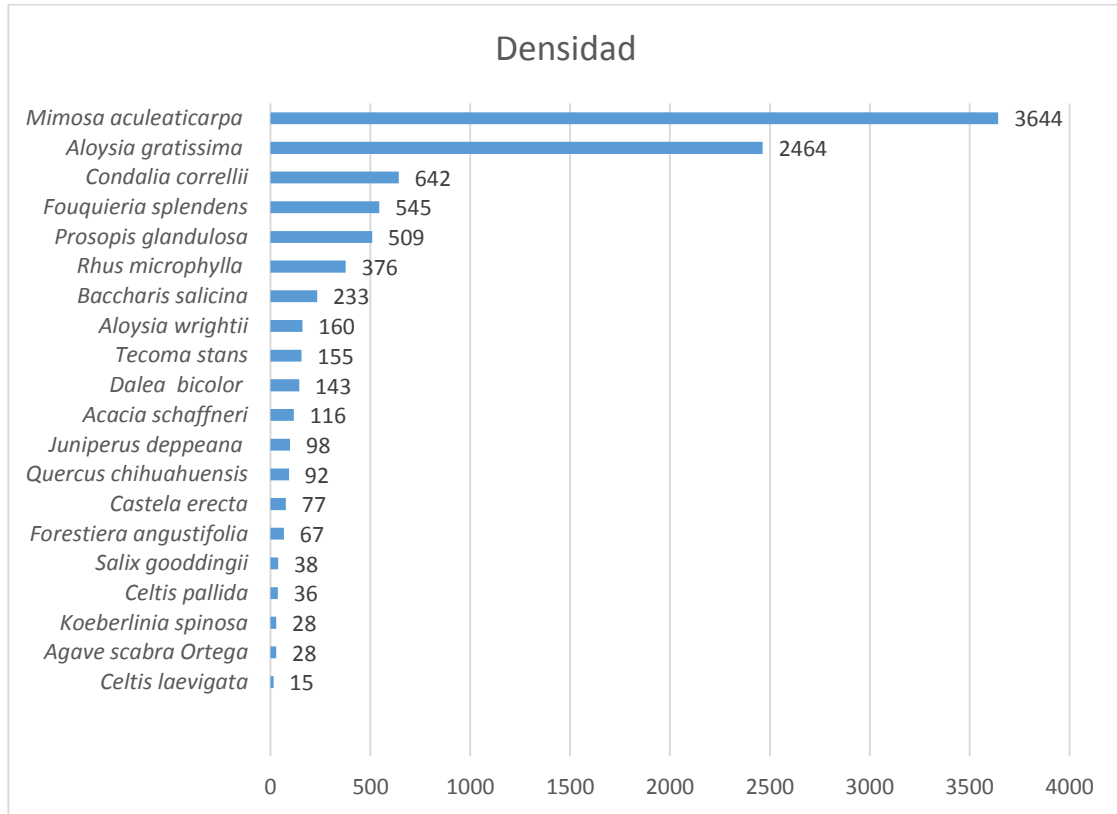


Fig. 4. Gráfica de densidad total de individuos de los 56 sitios de muestreo analizados.

Con respecto a la cobertura, las especies, *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima*, *Condalia correllii* y *Prosopis glandulosa* representan el 78% de la cobertura relativa total, la distribución de la cobertura, la figura 5 ilustra la cobertura del total de los 56 sitios por especie.

En zonas áridas la cobertura de plantas leñosas puede ser baja cuando las condiciones son extremas, alcanzando solo 5%, mientras que en otros casos llega hasta casi 100% de cobertura, siendo lo común que sea menor del 50% (Rzedowski, 2006).

Larrea tridentata y *Flouencia cernua* son las especies dominantes en el matorral micrófilo (Rzedowski, 2006), pero en el caso del área de estudio no se presentaron estas especies; siendo *Prosopis glandulosa* y *Fouquieria splendens*

las especies representativas de este tipo de comunidad vegetal, aunque no son las que mayor cobertura presentaron.

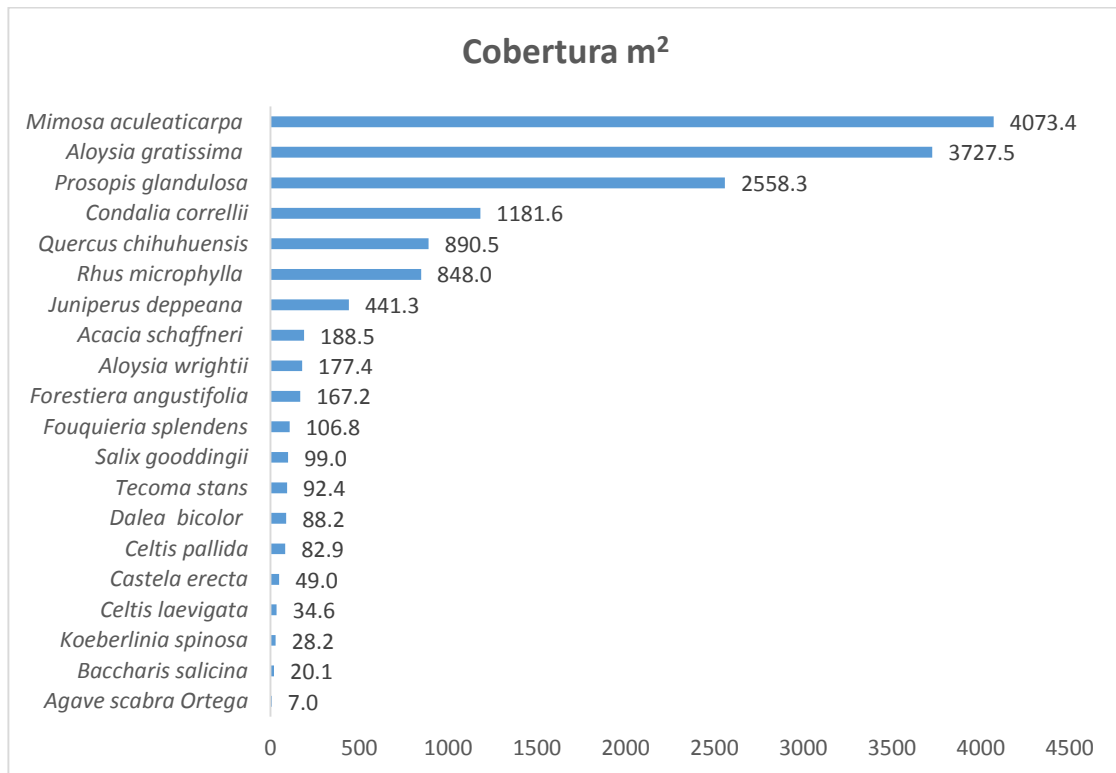


Fig. 5. Gráfica de cobertura total por especie de los 56 sitios de muestreo analizados.

3.1. Clasificación

Una vez transformados los valores de densidad y cobertura de las especies a los valores de importancia de cada uno de los 56 sitios, se realizó el análisis de gradiente indirecto (Figura 6).

	3 5 5	1 1 5	1 1 1 2 2 5 3	2 2 3 5 1 2 2 2 4 3 3 4 4 5 1 2 2 3 3 4 4	2 4 4	3 3	4 4 5 1 1 3 4 1	
	1 2 3	4 9 3 7 0 8 2 4 5 0 1 1 6	5 6 0 6 0 2 3 7 8 3 4 3 7 4 8 8 9 7 9 1 2	2 3 5 6 4 0 9 1 5 8 7 4 5 5 6 9 2 6 1				
6	Cast ere	- - 5 - - - - - - - - - - 2 2	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 0
7	Celt lae	- - 5 - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 0
11	Fore ang	- - - 5 3 5 - 4 - - 3 1 2 2 2 - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 0
13	Juni dep	- - - 5 2 4 5 2 - - 2 3 - - - 1 - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 0
8	Celt pal	- - - - - 1 2 - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 1
1	Acacs sch	- - 5 - 1 - 1 - 1 - - - 1 - - 2 - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 1
4	Aloy wri	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	0 0 0 1
9	Cond cor	2 - 1 3 3 3 2 2 1 1 1 1 1 1 1 3	4 1 3 3 - - 3 1 - 3 1 - - 1 1 1 - - 1 3 1	- - - - - 1 1 1 1 - 1 1 2 1 1 - 1 - - -	- - - - - 1 1 1 1 - 1 1 2 1 1 - 1 - - -	- - - - - 1 1 1 1 - 1 1 2 1 1 - 1 - - -	- - - - - 1 1 1 1 - 1 1 2 1 1 - 1 - - -	0 0 0 1
16	Pros gla	- - 1 2 2 1 1 3 1 - 1 1 1 - - 4	1 2 3 2 3 2 3 2 3 3 1 1 1 2 - - - 1 1 1 1	- - - - - 1 - 1 1 1 1 - - - - - 1 - - -	- - - - - 1 - 1 1 1 1 - - - - - 1 - - -	- - - - - 1 - 1 1 1 1 - - - - - 1 - - -	- - - - - 1 - 1 1 1 1 - - - - - 1 - - -	0 0 0 1
3	Aloy gra	1 - 1 1 2 - 2 3 1 1 2 1 2 3 2 1	1 1 2 3 1 1 2 1 2 2 2 1 2 2 3 - - 2 3 3	1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 2 - - 1 - 1	1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 2 - - 1 - 1	1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 2 - - 1 - 1	1 1 1 1 1 1 1 1 2 1 2 1 1 2 - - 1 - 1	0 0 1
15	Mimo acu	1 - 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 1 1 1 2	1 1 - 1 - 1 1 1 2 1 3 1 1 1 1 1 2 1 3 2 2	1 1 1 1 1 1 2 2 1 2 2 1 1 3 - - 1 1 -	1 1 1 1 1 1 2 2 1 2 2 1 1 3 - - 1 1 -	1 1 1 1 1 1 2 2 1 2 2 1 1 3 - - 1 1 -	1 1 1 1 1 1 2 2 1 2 2 1 1 3 - - 1 1 -	0 0 1
18	Rhus mic	5 4 3 3 2 3 1 - 2 2 1 1 2 1 1 2	- - - 1 - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - 2 4 1 3 - - - - - 2 4 1 3 - - - -	- - - - - 2 4 1 3 - - - - - 2 4 1 3 - - - -	- - - - - 2 4 1 3 - - - - - 2 4 1 3 - - - -	- - - - - 2 4 1 3 - - - - - 2 4 1 3 - - - -	0 0 1
10	Dale bi	- - - - - 1 2 2 - 1 2 - - 1 3 - - - -	- - - - - - - - - - - 3 - 1 - - - - 1 - -	- - - - - 2 - 1 3 3 1 1 1 5 - 5 1 2 - - -	- - - - - 2 - 1 3 3 1 1 1 5 - 5 1 2 - - -	- - - - - 2 - 1 3 3 1 1 1 5 - 5 1 2 - - -	- - - - - 2 - 1 3 3 1 1 1 5 - 5 1 2 - - -	1 0
12	Fouq spl	- - - 1 - 1 1 2 2 1 - 2 1 1 - - - -	- - - - - - - - - - - 1 - - - - - 1 - - - - 2	1 1 - 1 - 1 - 1 - 1 4 2 4 3 3 3 4 2 -	1 1 - 1 - 1 - 1 - 1 4 2 4 3 3 3 4 2 -	1 1 - 1 - 1 - 1 - 1 4 2 4 3 3 3 4 2 -	1 1 - 1 - 1 - 1 - 1 4 2 4 3 3 3 4 2 -	1 0
14	Koeb spi	- - - - - 4 - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - 3 - 5 - - - - - 3 - 5 - - - - -	- - - - - 3 - 5 - - - - - 3 - 5 - - - - -	- - - - - 3 - 5 - - - - - 3 - 5 - - - - -	- - - - - 3 - 5 - - - - - 3 - 5 - - - - -	1 0
19	Sali goo	- - 5 - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - 4 1 0 - - - - - 4 1 0 - - - - -	- - - - - 4 1 0 - - - - - 4 1 0 - - - - -	- - - - - 4 1 0 - - - - - 4 1 0 - - - - -	- - - - - 4 1 0 - - - - - 4 1 0 - - - - -	1 0
2	Agav sca	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - 3 - - - - - 4 3 5 2 - - - 5 - -	- - - - - 3 - - - - - 4 3 5 2 - - - 5 - -	- - - - - 3 - - - - - 4 3 5 2 - - - 5 - -	- - - - - 3 - - - - - 4 3 5 2 - - - 5 - -	1 1
5	Bacc Sal	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - 5 - - - - - 5 - - - - - 5 - - - - -	- - - - - 5 - - - - - 5 - - - - - 5 - - - - -	- - - - - 5 - - - - - 5 - - - - - 5 - - - - -	- - - - - 5 - - - - - 5 - - - - - 5 - - - - -	1 1
17	Quer chi	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	5 4 5 4 3 2 4 - - - - - 5 4 5 4 3 2 4 - - - -	5 4 5 4 3 2 4 - - - - - 5 4 5 4 3 2 4 - - - -	5 4 5 4 3 2 4 - - - - - 5 4 5 4 3 2 4 - - - -	5 4 5 4 3 2 4 - - - - - 5 4 5 4 3 2 4 - - - -	1 1
20	Tecoma	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - -	1 2 - - - - 2 - - - - - 1 2 - - - - 4 5 4 5 - 1 1	1 2 - - - - 2 - - - - - 1 2 - - - - 4 5 4 5 - 1 1	1 2 - - - - 2 - - - - - 1 2 - - - - 4 5 4 5 - 1 1	1 2 - - - - 2 - - - - - 1 2 - - - - 4 5 4 5 - 1 1	1 1

Fig. 6. Clasificación de los 56 sitios de muestreo mediante Twinspan, los valores de 1-5 representan los niveles de corte en base al valor de importancia.

En la tabla de doble vía podemos apreciar que las especies forman 4 grupos, comparten similitud por algún gradiente, con relación a la clasificación de los sitios conforme a algún gradiente se obtuvieron 4 grupo principales.

Los grupos conformados según los sitios, quedaron de la siguiente manera:

- 1) 31,52 y 53.
- 2) 4, 9, 13,17, 50, 8, 12, 14, 15, 20, 21, 51, y 36.
- 3) 25, 26, 30, 56, 10, 22, 23, 27, 48, 33, 34, 43, 47, 54, 18, 28, 29, 37, 39, 41 y 42.
- 4) 2, 3, 5, 6, 24, 40, 49, 1, 35, 38, 7, 44, 45, 55, 16, 19, 31, 46 y 11

De manera general se observan tres grandes grupos de sitios, dos de ellos conformado por las especies que se encuentran en las partes más planas del área de estudio que corresponden a la comunidad de matorral desértico micrófilo, el cual a su vez se divide en grupos con base en las diferentes asociaciones que se presentan entre las especies.

Otro grupo queda separado de los demás ya que representa la comunidad de bosque de encino, donde las especies así como la topografía son diferentes a las demás. En estos sitios la pendiente es más pronunciada y las especies arbustivas más escasas, caso contrario con las zonas planas. Varios estudios han demostrado el efecto que tienen los factores bióticos y abióticos sobre la distribución de las especies (Álvarez-Moctezuma et al., 1999; Poulos y Camp, 2005; Meave et al., 2006; Sosa-Ramírez et al., 2011).

Se presentan otro grupos formados por 3 sitios, este sitios se ubican cercanos a los márgenes de un cauce, en los terrenos de con menor altitud.

Los grupos fueron ordenados en un dendrograma (figura 7) con base en las especies de los sitios de muestreo, para observarlos de una manera más clara.

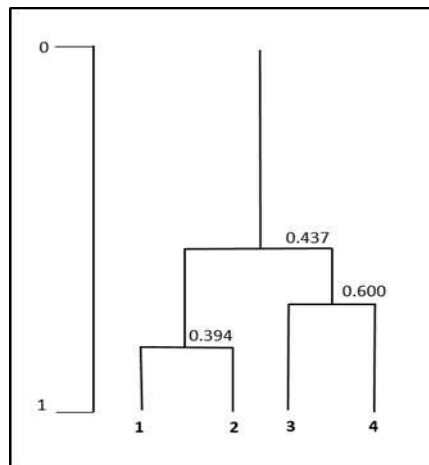


Fig. 7. Dendrograma con los grupos obtenidos en la clasificación.

Los números en la base del dendrograma corresponden a los grupos formados con base en las especies.

En relación a las especies se obtuvieron 4 grupos, los cuales se agrupan de la siguiente manera:

Grupo 1. *Castela erecta*, *Celtis laevigata*, *Forestiera angustifolia*, *Juniperus deppeana*, *Celtis pallida*, *Acacia schaffnerii*, *Aloysia wrightii*, *Condalia correllii* y *Prosopis glandulosa*.

Grupo 2. *Aloysia gratissima*, *Mimosa aculeaticarpa* y *Rhus microphylla*.

Grupo 3. *Dalea bicolor*, *Fouquieria splendens*, *Koeberlinia spinosa* y *Salix gooddingii*.

Grupo 4. *Agave scabra*, *Baccharis salicina*, *Quercus chihuahuensis* y *Tecoma stans*.

3.2. Ordenación

Para el análisis de gradiente directo fueron utilizados los valores de importancia obtenidos a partir de la densidad y cobertura por sitio de muestreo, así como las variables ambientales (Tabla 5) que presentaron una significancia < 0.05.

Tabla 5. Variables ambientales y significancia.

Variable	Min	Max	Promedio	P Value
Pendiente %	2	70	25.1	.002
Altura sobre el nivel del mar m	1553	1754	1635.3	.002
Materia orgánica superficial %	5	91	32.5	.002
Pedregosidad %	2	76	31.0	.002
Roca madre expuesta %	1	48	6.6	.002
pH	4.9	7.8	6.3	.002
Arena%	38.2	75.3	61.0	.004
Arcilla%	3.4	31.0	16.9	.020
Limo%	7.3	41.4	22.1	.140
Conductividad eléctrica	20.2	263.5	84.0	.002
Calcio ppm	889.6	11532	4451.6	.002
Magnesio ppm	115.8	1242.6	544.9	.010
Potasio ppm	47.8	602.2	401.8	.060
Fosforo mg/Kg	1.0	62.9	9.2	.120
Nitrógeno mg.g	1.0	4.9	2.5	.004
Materia Orgánica del suelo%	0.3	20.2	4.9	.002

Las variables ambientales no significativas fueron, textura (limo), potasio y fósforo, ya que presentaron un p-value mayor a 0.05.

La variabilidad explicada por los ejes de ordenación dio como resultado una inercia de 8.308, lo que nos indica que el análisis es satisfactorio ya que con los datos que corresponden podemos explicar la distribución de las especies.

Las variables ambientales más fuertemente correlacionadas con la vegetación son pendiente, altitud y roca madre expuesta, seguidas por conductividad eléctrica, materia orgánica del suelo, pedregosidad, textura arenosa, pH, magnesio, textura arcillosa y materia orgánica superficial, las variables con menor correlación son nitrógeno y calcio, algunos autores mencionan que el gradiente edáfico y altitudinal ocasiona la heterogeneidad en la distribución y estructura de las especies (Cabrera, 1976; Cavagnaro, 1988; Ezcurra *et al*, 1991; Martínez carretera, 1999, 2004; Mendez, 2004). Los patrones de vegetación que se observan típicamente a lo largo de los gradientes altitudinales, son el resultado de complejas interacciones entre factores como la elevación, grado de exposición a la radiación solar y posición en el relieve (Whittaker *et al*, 1967; McAulife, 1994; Funes & Cabido, 1995).

Las variables altitud y pendiente presentaron una fuerte correlación con la distribución de la vegetación (Wondzell *et al*. (1999), donde mencionan que los ecotonos de comunidades vegetales se relaciona con la topografía del terreno en particular con el flujo de agua y sedimentos, esto debido a la redistribución de agua y material orgánica, donde los procesos bióticos están limitados por los procesos geomorfológicos, los suelos y las comunidades de plantas.

Estudios realizados como el de Schlesinger y Pilmanis (1998), y Cross y Schlesinger (1999) mostraron una fuerte asociación de las especies de matorral con nitrógeno, fósforo y potasio, en relación al estudio realizado el potasio y el fosforo no presentaron ser variables con influencia en el desarrollo de la vegetación, siendo que no tuvieron significancia.

En la figura 8 se muestra el análisis de correspondencia canónica donde las variables ambientales están representadas por las flechas de color verde. Entre más larga este la flecha es mayor la intensidad y la influencia que ejerce sobre la distribución de las especies. Las especies están representadas por los triángulos de color negro y los sitios están representados por pequeños círculos.

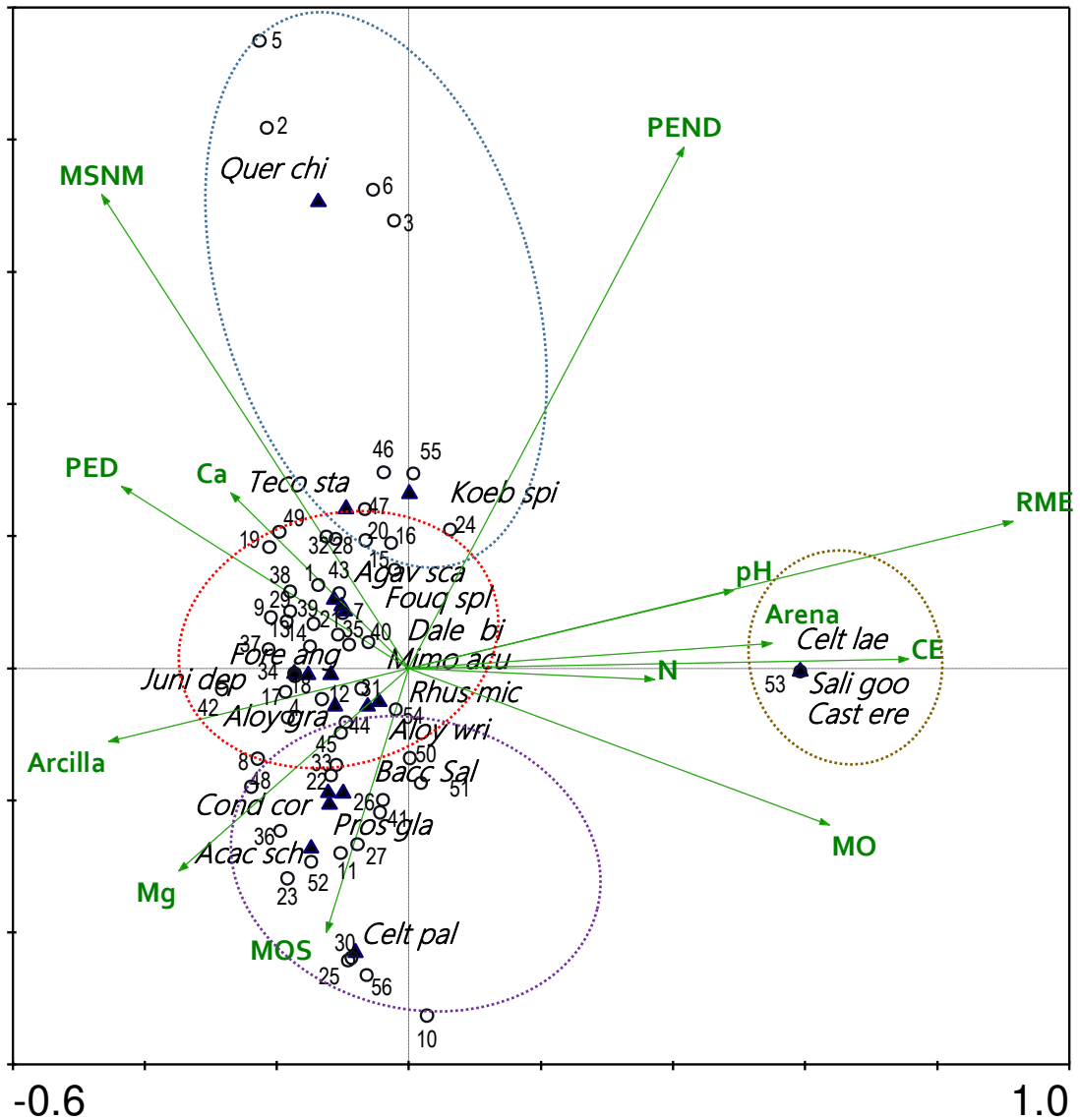


Fig. 8. Análisis de correspondencia canónica de los 56 sitios muestreados.

Los resultados muestran la presencia de 4 principales grupos de especies, representados por los círculos de color azul, café, morado y rojo. El primero (azul) de los grupos está formado por *Quercus chihuahuensis*, *Tecoma stans* y *Koeberlinia spinosa*, especies influenciadas principalmente por altitud, pendiente, pedregosidad y contenidos de calcio. Estas a su vez demuestran una correlación negativa con las variables materia orgánica, materia orgánica superficial y magnesio.

El segundo grupo (café) está formado por *Castela erecta*, *Celtis laevigata* y *Salix gooddingii*, mismas que se encuentran fuertemente influenciadas por las variables roca madre expuesta, conductividad eléctrica, pH, textura (arena), contenido de materia orgánica y nitrógeno. Estas especies presentan una relación negativa con la textura (arcilla), pedregosidad, calcio, magnesio y altitud.

El tercer grupo (morado) engloba *Celtis pallida*, *Acacia schaffneri*, *Prosopis glandulosa*, *Condalia correllii* y *Baccharis salicina*, las cuales muestran una relación positiva con materia orgánica superficial y magnesio. Estas especies presentan una relación negativa con pendiente y altitud.

El cuarto grupo (rojo) engloba especies que mostraron menor influencia de las variables ambientales sobre ellas, por eso se encuentran cercanas al centro de los ejes, este grupo tiene *Agave scabra*, *Dalea bicolor* y *Fouquieria splendens* mismas que presentan correlación positiva con el calcio, pedregosidad y altitud; también están *Forestiera angustifolia*, *Juniperus deppeana* correlacionadas positivamente con textura arcillosa y pedregosidad, presentando una pequeña correlación negativa con roca madre expuesta, conductividad eléctrica, pH, textura arenosa, contenido de materia orgánica y nitrógeno; por último, en este mismo grupo están las especies *Aloysia gratissima*, *Rhus microphylla*, *Aloysia wrightii*, correlacionadas con las variables magnesio, textura arcillosa y materia orgánica superficial.

4. CONCLUSIONES

En el presente estudio se detectaron dos comunidades vegetales, matorral desértico micrófilo y bosque de pino, presentando una riqueza de 20 especies. *Mimosa aculeaticarpa*, *Aloysia gratissima*, y *Prosopis glandulosa* fueron las que presentaron mayor valor de importancia.

El análisis de gradiente indirecto permitió ordenar las especies y los sitios de muestreo que comparten similitud por algún gradiente. Resaltando dos grandes grupos principalmente, el formado por los sitios que se ubican en matorral micrófilo y los de bosque de encino. El análisis de gradiente directo mostró que 13 de las 16 variables son significativas en la distribución de la vegetación.

Los resultados del análisis de correspondencia canónica, indicaron que la altitud, pendiente y roca madre expuesta fueron los gradientes ambientales que mejor explicaron la distribución de las especies, dado que en las regiones de clima árido las diferencias en topografía, substrato geológico y del suelo son las que mayor influencia tienen en la distribución de la vegetación.

Los resultados obtenidos nos demuestran la correlación de las especies y las variables ambientales, así como sus preferencias, sin embargo esto no implica que todas las especies estén restringidas a un sólo rango de un gradiente determinado.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Moctezuma, J.G., S. Ochoa-Gaona, B.H.J. de Jong y M.L. Soto-Pinto, 1999. "Hábitat y distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas". *Biología Tropical*, 47: 351-358.

Archer, S. 1984. The distribution of photosynthetic pathway types on a mixed-grass prairie hillside. *American Midland Naturalist*, 138-142.

Austin, M.P. 1987. Models for the analysis of species' response to environmental

gradients. *Vegetation* 69: 35-45.

Bakus, G. J. 1990. *Quantitative Ecology and Marine Biology*. A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 63-78.

Beetle, A. A. 1983. *Las gramíneas de México. Tomo I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México D.F. 260 pp.*

Beetle, A. A. 1987. *Las gramíneas de México. Tomo II. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México D.F. 344 pp.*

Beetle, A. A. 1991. *Las gramíneas de México. Tomo III. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México D.F. 322 pp.*

Beetle, A. A. 1995. *Las gramíneas de México. Tomo IV. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México D.F. 342 pp.*

Boesch, D. F. 1977. Application of numerical classification in ecological investigations of water pollution. *Ecological Res. Ser., EPA-600/3-77-033*, 115 pp.

Burke, A. 2003. How special are Etendeka mesas? Flora and elevation gradients in an arid landscape in north-west Namibia. *Journal of Arid Environments*, 55(4), 747-764.

Cavagnaro, J.B. 1988. Distribution of C3 and C4, grasses at different altitudes in a temperate arid region of Argentina. *Oecología* 76, 273-277.

Cervantes V, Carabias J. y Arriaga V. 2008. Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental. En: CONABIO. Ed. Capital Natural de México. Vol. III: Políticas Públicas y Perspectivas de Sustentabilidad, pp: 155-226,

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México, D.F.

Cross, A. F., y Schlesinger, W. H. (1999). Plant regulation of soil nutrient distribution in the northern Chihuahuan Desert. *Plant Ecology*, 145(1), 11-25.

Curtis, J. T. & Mc Intosh, R. P. 1951. An upland forest continuum in the prairieforest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32: 476-496.

Daniel, T. F. 1998. Acanthaceae de México: diversidad y distribución In: Ramamoorthy,

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.

De la Federación, D. O. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis: México, 31, 85.

Estrada, C.E., R. Spellenberg y T. Lebgue. 1997. Flora vascular de la Laguna de Babícora, Chihuahua, México. *Sida* 17:809-827.

Estrada A. E. y A. Martínez. 2000. Legumes from the central part of the state of Chihuahua, Mexico. *Sida* 19(2): 351-360.

Estrada-Castillón E. y J.A. Villarreal-Quintanilla. 2010. Flora del centro del estado de Chihuahua, México. *Acta Bot. Mex.* 92:51-118.

Everitt J., D. Lynn y R. Lonard. 2002. *Trees, shrubs & cacti of south Texas*. Texas Tech University Press. Pp. 249.

Ezcurra, E., S. Arizaga, P. L. Valverde, C. Mourelle y A. Flores-Martínez. 1992. Foliole movement and canopy architecture of *Larrea tridentata* (DC.) Cov. in Mexican deserts. *Oecologia (Berl.)* 92(1): 83-89.

Fernández-Pérez, L., Ramírez-Marcial, N., & González-Espinosa, M. (2013). Reforestación con *Cupressus lusitanica* y su influencia en la diversidad del bosque de pino-encino en Los Altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 91(2), 207-216.

Fielding A. H. 1999. Cluster Analysis, a web-based tutorial.
<http://149.170.199.144/multivar/ca.htm>

Franco, L. 1996. Manual de Ecología. Segunda edición. Editorial Trillas. México.

Pp 101-114.

García, E. (2008). Modificaciones al Sistema de clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía UNAM. México. CA Ortega, 2008-2009.

García-Mendoza, A. y R. Galván. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 56: 7-24.

Gentry, H. S. 1982. Agaves of continental North America. University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 670 pp.

Gosz, R.J. 1992. Gradient analysis of ecological change in time and space: Implications for forest management. *Ecol. Applic.* 2: 248-261.

González, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Pp. 173.

Granados-Sánchez D., A. Sánchez-González, G. Victorino, R. Linnx, y A. Borja de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(SPE.), 111-130.

Hernández C., M.E. 1992. Las zonas áridas de México. Tesis Doctorado en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Hernández, C. M. E., y E. García. 1997. Condiciones climáticas de las zonas aridas de Mexico. *Geografia y Desarrollo*, 15, 5-16.

Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61:237-49

Hill, M. O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University, Ithaca, New York.

Hill MO, y P. Šmilauer. 2005. TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon and České Budějovice.

Hook, P. B. y I. C. Burke. 2000. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: control by topography, soil texture, and microclimate. *Ecology* 81(10):2686-2703.

Hoyt, A. C. 2002. The Chihuahuan Desert: Diversity at Risk. *Endangered Species Bulletin* 27(2): 16-17
MORAFKA, D. J. 1977 "A biogeographical analysis of the Chihuahua desert through its herpetofauna". Dr. W. JUNK B. V., Publishers, The Hague.

Huerta-Martínez, F. M., Vázquez-García, J. A., García-Moya, E., López-Mata, L., & Vaquera-Huerta, H. 2004. Vegetation ordination at the southern Chihuahuan Desert (San Luis Potosi, Mexico). *Plant ecology*, 174(1), 79-87.

INEGI, 1984. Conjunto de Datos Vectoriales de la serie Geología. Continuo Nacional, Escala 1:250000, Metadatos geoespaciales digitales. México.

INEGI, 1984. Conjunto de Datos Vectoriales isotermas serie I. Continuo Nacional, Escala 1:1,000,000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México

INEGI, 1984. Conjunto de Datos Vectoriales Isoyetas serie I. Continuo Nacional, Escala 1:1,000,000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México

INEGI, 2000. Conjunto de Datos Vectoriales de la serie Edafología. Continuo Nacional, Escala 1:1,000,000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México.

INEGI, 2000. Conjunto de Datos Vectoriales de la serie Clima. Continuo Nacional. Escala 1:1,000,000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México.

INEGI, 2000. Conjunto de Datos Vectoriales de la serie Fisiografía. Continuo Nacional. Escala 1:1, 000,000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México

INEGI. 2003 Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Primera Edición. México

INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía climatológica. INEGI. México.44 p.

INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía geológica. INEGI. México.26 p.

INEGI, 2005. Guía para la interpretación de cartografía Uso de Suelo y Vegetación. Seri V. INEGI. México.26 p

INEGI. 2007. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Serie II, escala 1: 250 000 (Continuo Nacional). México.

INEGI, 2007. Conjunto de Datos Vectoriales de la serie Edafología. Continuo Nacional. Escala 1:250000, Metadatos geoespaciales digitales. Aguascalientes, Ags., México.

INEGI-INE-CNA, 2007. Cuencas Hidrográficas de México. Datos vectoriales digitales. Escala 1: 250, 000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional de Agua (CNA).

INEGI. 2014. Guía para la interpretación de cartografía uso del suelo y vegetación, escala 1:250, 000: serie V. México. 195 p.

INEGI, Simulador de flujo de cuencas Hidrográficas, SIATL, escala 1:50 000. http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/#

James, C.F. y E.C. McCulloch. 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or Pandora's Box?. Ann. Rev. Ecol. Syst. 21: 129-66.

Kent M (2006) Numerical classification and ordination methods in biogeography. Progr. Phys. Geogr. 30: 399-408.

Knobloch, I. W. y D. S. Correll. 1962. Fern and fern allies of Chihuahua, Mexico. Contr. Tex.

Krebs, C.J. 1985. *Ecología Estudio de la Distribución y Abundancia*. Segunda edición. Editorial HARLA, México pp. 753.

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.

Magurran, A. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. (2004), Pp. 106-121.

Meave, J.A., A. Rincón, and M.A. Romero-Romero, 2006. "Oak forest of the ever Hyper-humid region of la Chinantla, Northerm Oaxaca range, Mexico". In: M. Kappelle (Ed.), 2006. *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests*. Ecological studies vol. 185. Springer-Verlag Heilderberg. 489 pp.

Miranda, F. y E. H. Xolocotzi. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación* (No. 04; CP, QK211 M5.). Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Moreno-Cassasola, P. B., y López, R. H. 2009. *Muestreo y análisis de la vegetación de humedales*. Moreno-Cassasola, PB y Warner, BG Breviario para describir, observar y manejar humedales. Serie costa sustentable, (1).

Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).

Muller, C. H. 1979. *Quercus deliquescens*, a new species from Chihuahua, Mexico. *Phytologia* 42(4): 289-291.

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley, Nueva York. (1974), 547 p.

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.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Palmer, W.M. 1993. Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230.

Pielou, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination*. Wiley, New York.

Poulos, H.M. y A.E. Camp., 2005. "Vegetation-Environment Relations of the Chisos Mountains, Big Bend National Park", Texas USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-36. 6 pp.

Ramensky, L. G. 1930. Zur Methodik der vergleichenden Bearbeitung und Ordnung von Pflanzenlisten und anderen Objekten, die durch mehrere, verschiedenartig wirkende Faktoren bestimmt werden. *Beitr. Biol. Pl.*, 18: 269-304. ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-79.

Reyes-Olivas, A., V. Apodaca-Ovalle, J.H. Cota-Sánchez y P. Casillas-Álvarez, 2008, Relación del suelo y la topografía con la diversidad y la estructura de la vegetación insular en el desierto costero de Sinaloa, México. Pp 53-66. En: *Estudios de las Islas del Golfo de California*. Flores-Campaña, L.M. (ed). Universidad Autónoma de Sinaloa-Gobierno del Estado de Sinaloa-Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México. 221 p.

Reynolds, J. F., P. R. Kemp y J. D. Tenhunen. 2000. Effects of long-term rainfall variability on evapotranspiration and soil water distribution in the Chihuahuan Desert: a modeling analysis. *Plant Ecology*, 150(1-2), 145-159.

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

Romero, G. 2013. Clasificación y ordenación de las comunidades vegetales del centro del estado de Chihuahua, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de Doctorado en Ciencias de Producción Agropecuaria. Pp. 102.

- Rogués, M. 2008. *Ecología de Paisaje y Regiones Tema 16. Principios de estadística multivariada y su aplicación a ecología del paisaje.*
- Rzedowski, J. 1965. *Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Acta Científica Potosina* 1,2: 5-291.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 97-110.*
- Rzedowski, J. 1991. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana*, 15:47-64.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.*
- Sánchez-González, A., & Sánchez-Granados, D. 2003. Ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. *Terra Latinoamericana*, 21(3), 311-319.
- Sardinero, S. 2000. Classification and ordination of plant communities along an altitudinal gradient on the Presidential Range, New Hampshire, USA. *Plant Ecology*, 148(1), 81-103
- Comisión Nacional del Agua. 2003. "Estadísticas del agua en México." 1ª Ed. México D.F.
- Schlesinger, W. H., y Pilmanis, A. M. 1998. Plant-soil interactions in deserts. In *Plant-induced soil changes: Processes and feedbacks* (pp. 169-187). Springer Netherlands.
- Shreve, F. 1939. Observations on the vegetation of Chihuahua. *Madroño* 5:1-48.
- SSSA. Glossary of Soil Science Terms. Disponible en: www.soils.org. Fecha de consulta: Enero de 2017
- Sosa-Ramírez, J., O. Moreno-Rico, G. Sánchez-Martínez, M.E. Siqueiros-Delgado y V. Díaz-Núñez. 2011. "Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México". *Madera y Bosques*, 17(3).
- Sumner, M.E. 2000. *Handbook of Soil Science. CRC Press. USA.*
- Sutton, A. 2000. *El Desierto Chihuahuense, nuestro desierto. Fondo Mundial para la Naturaleza. URL:*<http://www.pronatura.org>.

- Ter Braak CJF, P. Šmilauer. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca.
- 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.
- Toutcha L., G. Quintanilla y R. Soto. 2015. Pinos y encinos de Chihuahua. Universidad Autónoma de Chihuahua. Pp. 377.
- Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de 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 y M. H. González. 1975. Gramíneas de Chihuahua. Pastizales 4(3):2-60.
- Vega, J. H., A. E, Estrada, J.A. Quintanilla y G. Martínez. 2014. Flora of the halophytic grasslands in the valle de Janos, Chihuahua, Mexico. Journal of the Botanical Research Institute of Texas. 8: 151-163.
- Vetaas, O. R. y R. P. Chaudhary. 1998. Scale and species-environment relationships in a central Himalayan oak forest, Nepal. Plant Ecology, 134:67-76.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 75:105-135.
- Whittaker, R.H. 1967. Gradient analysis of vegetation. Biol. Rev., 42: 207-264.
- Whittaker, R.H. 1970. Communities and ecosystems. MacMillan. New York.
- Woerner, M. (1989). Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semáridas. Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Linares NL México, 46-48.
- Wondzell, S. M., Cunningham, G. L., y Bachelet, D. 1996. Relationships between landforms, geomorphic processes, and plant communities on a

watershed in the northern Chihuahuan Desert. *Landscape Ecology*, 11(6), 351-362.

Zavala H., J.A. 1986. Introducción al enfoque multivariado en estudios de vegetación. Cuadernos de Divulgación 26. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Jalapa, Veracruz, México.