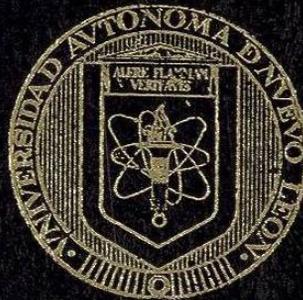


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



Análisis de la vegetación en un gradiente altitudinal
mediante técnicas multivariadas, en el "Campo Santa
María", Lampazos de Naranjo, Nuevo León
y Candela, Coahuila.

TESIS DE MAESTRIA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIOL. JOSE JUAN MEDELLIN VAZQUEZ

Linares, Nuevo León, México

Septiembre de 2003

TM
2590
FCF
2003
M4



1020148980

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



Análisis de la vegetación en un gradiente altitudinal mediante técnicas multivariadas, en el “Campo Santa María”, Lampazos de Naranjo, Nuevo León y Candela, Coahuila.

TESIS DE MAESTRIA

Presentada como requisito parcial para
obtener el grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

BIOL. JOSÉ JUAN MEDELLÍN VÁZQUEZ

971454

TH
ZS991
FCE
2003
.M4



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Análisis de la vegetación en un gradiente altitudinal mediante técnicas multivariadas, en el "Campo Santa María", Lampazos de Naranjo, Nuevo León y Candela, Coahuila.

TESIS DE MAESTRÍA

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

PRESENTA

BIOL. JOSÉ JUAN MEDELLÍN VÁZQUEZ

COMITÉ DE TESIS

Eduardo Estrada C.

Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón
Presidente



Dr. Enrique Jurado Ybarra
Secretario



Dra. Laura Scott Morales
Vocal

Linares, Nuevo León, México.

Septiembre de 2003.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios por brindarme la oportunidad de estar aquí y por toda la ayuda brindada en los momentos más difíciles

A mi madre Hortensia Vázquez Sánchez, por su ejemplo, su coraje y porque sin ella no estaría aquí, gracias por ser mi madre

A mi esposa Maribel Torres Saucedo, por todo su amor, apoyo, comprensión y por permitirme disfrutar junto a ella la dicha de ser padre, te amo

A mi hijo José David Medellín Torres, gracias por darme tantos momentos felices, desde esperar el momento de tu llegada hasta este día, te quiero hijo. Espero que hagamos todo un hombre de ti

Para ti que aún no naces pero que ya me has proporcionado un gran placer, hija espero con ansia tu llegada

A mis hermanos Lilia y Felipe, un gran abrazo para ellos

A mis abuelos (q.e.p.d.) Romana y Adolfo, siempre estarán conmigo

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca-crédito que me permitió realizar mis estudios de maestría.

A CEMEX, Ing. Oscar Infante Mercado y personal del "Campo Santa María", gracias por el apoyo económico y por todas las facilidades brindadas para la realización del trabajo de campo.

Dr. Eduardo Estrada Castellón "Lalo" y Carmen Yen "Carmelita", gracias por brindarme todo su apoyo y paciencia, gracias ante todo por saber ser amigos.

Dr. Enrique Jurado Ybarra, le agradezco sinceramente todos los comentarios que acertadamente me hizo sobre la realización de este trabajo, así como su disponibilidad y consejos.

Dra. Laura Scout Morales, gracias por formar parte del comité de la presente tesis, por sus consejos, sugerencias de redacción y por el apoyo brindado.

Ing. Miguel Ángel González Botello, muchas gracias por el apoyo en la elaboración de gráficos y correcciones.

A la Ing. Emma Liliana y al personal técnico que me acompañó en las salidas a campo, Juan "Tocayo", Leonel y Joel, gracias por toda su ayuda.

Al Biol. M. en C. Luis Rocha Domínguez, agradezco sus comentarios y apoyo.

A mis compañeros de generación Dora, Regina, Nelly y Artemio; así como compañeros de grupo Enriqueta, Diana, Eréndira, Romeo, Benjamín, Pedro, Víctor, Carlos, René, Guadalupe, Sergio y Luis, un profundo agradecimiento por los momentos de convivio que hicieron más amenos los momentos difíciles.

A mis compañeros y amigos Ing. Genaro Estéban García Mosqueda, Biol. Benjamín Villa Castillo, Ing. Luis Alonso Ibarra Tijerina e Ing. Artemio Carrillo Parra (compadre) y Rosy (comadre), gracias por los muchos momentos de alegre camaradería.

Finalmente y no por ello menos importante, mi más sincero agradecimiento a mis maestros, compañeros de licenciatura y al personal que labora en la Facultad de Ciencias Forestales, los cuales en conjunto conforman a la Institución, a todos ellos muchas gracias por recibirme y permitirme aprender con ellos y de ellos.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	2
III. OBJETIVOS	2
3.1 Objetivo general.....	2
3.2 Objetivos específicos.....	2
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	2
4.1 Relaciones vegetación-ambiente.....	2
4.2 Uso de técnicas multivariadas	8
4.3 Interpretación de Análisis de Correspondencia Canónica	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 Localización y descripción del área de estudio.....	12
5.1.1 Edafología.....	12
5.1.2 Geología	13
5.1.3 Fisiografía.....	13
5.1.4 Hidrología	14
5.1.5 Clima.....	14
5.1.6 Vegetación.....	15
5.2 Metodología utilizada.....	16
5.2.1 Parámetros a evaluar	16
5.2.1.1 Variables dependientes	16
5.2.1.1.1 Muestreos	16
5.2.1.1.2 Muestreos	18
5.2.1.2 Variables independientes	18
5.2.1.2.1 Variables ambientales edáficas	18
5.2.1.2.2 Variables físicas.....	18
5.2.2 Análisis estadístico	19
5.2.2.1 Ordenación	19
5.2.2.2 Clasificación	20
5.2.3 Estimación de tamaño mínimo de muestra.....	20
VI. RESULTADOS	21
6.1 Florística	21
6.2 Ordenación	22
6.2.1 Análisis de Correspondencia Sin Tendencia	22
6.2.2 Análisis de Correspondencia Canónica	22
6.2.2.1 Variables edáficas	22
6.2.2.2 Variables físicas.....	25
6.3 Clasificación por análisis de conglomerados de los sitios	28
6.3.1 Grupo 1.....	29
6.3.1.1 Subgrupo 1A.....	29
6.3.1.2 Subgrupo 1B.....	30
6.3.2 Grupo 2.....	30

6.3.2.1 Subgrupo 2A.....	30
6.3.2.2 Subgrupo 2B.....	31
6.3.3 Grupo 3.....	31
6.4 Tamaño mínimo de muestra.....	32
VII. DISCUSIONES	33
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
IX. LITERATURA CITADA.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1	Ubicación del Área de Estudio..... 12
Figura 2	Diagrama Ombrotérmico de Lampazos de Naranjo, N. L. 14
Figura 3	Diagrama de ordenación de Análisis de Correspondencia Canónica (variables edáficas)..... 24
Figura 4	Diagrama de ordenación de Análisis de Correspondencia Canónica (variables físicas)..... 27
Figura 5	Dendrograma (similitud entre sitios) 29

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice	Página
I TABLAS	41
Tabla 1. Análisis de Correspondencia Sin Tendencia	41
Tabla 2. Valores propios y porcentajes de varianza explicados por las variables edáficas en los 4 primeros ejes de análisis de correspondencia canónica.....	41
Tabla 3. Correlación entre las variables ambientales edáficas consideradas inicialmente y los 4 ejes de ordenación en análisis de correspondencia canónica.....	42
Tabla 4. Valores propios y porcentajes de varianza explicados por las variables físicas seleccionadas en los 4 primeros ejes de análisis de correspondencia canónica.....	42
Tabla 5. Correlación entre las variables ambientales físicas registradas inicialmente y los 4 ejes de ordenación en análisis de correspondencia canónica.....	43
Tabla 6. Correlación entre las variables ambientales fisicoquímicas registradas para el “Campo Santa María”, Lampazos de Naranjo, N. L. y Candela, Coah.....	44
Tabla 7. Matriz de disimilitud (distancias), que sirvió como base para elaborar el análisis de conglomerados	45
Tabla 8. Variables ambientales consideradas inicialmente (datos no transformados).....	46
II Lista de especies, géneros y familias registradas en el Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, Nuevo León, y Candela, Coahuila, México.....	48
III Valores de cobertura relativa de 61 especies ($\geq 5\%$)	54

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Formas biológicas registradas en "El Campo Santa María", Lampazos de Naranjo, N. L. y Candela, Coah.	21

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de gradiente altitudinal (398-1467 msnm) de las comunidades vegetales del "Campo Santa María", N.L.- Coah. Se cuantificaron variables dependientes: cobertura relativa de 61 especies arbustivas y arbóreas; y variables independientes: físico-químicas y de relieve N, K, Na, P, M. O., exposición, profundidad de suelo, pendiente, pedregosidad y roca madre expuesta. Para evaluar el comportamiento de la vegetación se aplicó Análisis de Correspondencia Sin Tendencia (ACST) (longitud de gradiente) y Análisis de Correspondencia Canónica para apreciar la influencia de las variables independientes sobre la vegetación. Se clasificó la vegetación mediante análisis de conglomerados para reconocer grupos de especies. Los resultados obtenidos mediante CCA muestran comportamiento unimodal de las especies. Las variables que presentaron mayor influencia sobre la vegetación fueron elevación, profundidad de suelo, afloración de roca, exposición cenital, nitrógeno total, pH del suelo, potasio y arcilla. Mediante ordenación y clasificación se reconocen tres grandes grupos de especies vegetales: grupo 1, matorral micrófilo-rosetófilo, grupo 2, matorral submontano y grupo 3, bosque de encino.

ABSTRACT

An altitude (398-1467 masl) gradient analysis of the plant communities at the "Campo Santa Maria", N.L.-Coah. was undertaken. Dependent variables: relative canopy cover for 61 shrubby and tree like species and independent variables: N, K, Na, P, O. M., elevation (masl), aspect, soil depth, rock %, bed rock exposed was quantified. It was applied Detrended Canonical Analysis (DCA) (gradient length) to evaluate behavior of the vegetation also, Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used to know the influence of independent variables on vegetation. To recognize species groups, the vegetation was classified using Cluster Analysis. Results obtained mean CCA shows a unimodal behavior of the species. Variables with the highest influence on the vegetation were: elevation, soil depth, bed rock exposed, zenithal aspect, total nitrogen, soil pH, potassium and clay. Mean classification and ordination, three groups of plants are recognized: group 1, Microphyllous scrub, group 2, Piedmont scrub, and group3, oak forest.

I. INTRODUCCIÓN

El grado de continuidad o heterogeneidad de la cubierta de plantas está determinada en gran medida por la dinámica de agua en el suelo, la cual a su vez se ve influenciada por la textura del suelo y la topografía (Hook y Burke, 2000; Emmet 1978, en Estrada 1998). La topografía así mismo, es responsable de la 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).

Las variables ambientales antes mencionadas pueden presentar diferentes valores en áreas determinadas tales como zonas montañosas, planicies y lomeríos. Estas transiciones en los valores de las diferentes variables ambientales representarían un gradiente que favorecería un aumento o disminución en los atributos (cobertura y frecuencia) de las especies vegetales de la zona (Krebs, 1985).

Factores exógenos tales como incendios, ganadería y cortas selectivas modifican la estructura y composición de las comunidades vegetales (Lawesson, 2000).

El interés particular de este trabajo está enfocado en determinar el grado de asociación entre algunos de los factores físicos y químicos del suelo, el gradiente altitudinal y variables asociadas (pendiente y exposición) y las diferentes comunidades vegetales, con el fin de tener un panorama objetivo del aprovechamiento potencial de las diversas áreas basado en las características propias de cada comunidad.

El presente estudio se llevó a cabo en un área que comprendió un gradiente altitudinal situado entre los 380-1467 m.s.n.m., motivado en el interés por conocer el comportamiento de especies vegetales que componen las diversas comunidades con respecto a diferentes valores cuantitativos de variables ambientales, cuantificando para ello cobertura de las diferentes especies, ya que esta variable tiene mayor significancia ecológica (Mueller-Dombois y ElleMBERG, 1974) y permite una mejor comparación entre especies de diferentes hábitos (Bonham, 1980).

II. HIPÓTESIS

Con base en variables físico-químicas y relieve se espera una variación en los valores de cobertura de las comunidades vegetales existentes.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de variables ambientales relacionadas con relieve y suelo en la distribución de las comunidades vegetales.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Ordenar cuantitativamente el grado en que afectan las variables físicoquímicas y relieve en la distribución de las comunidades vegetales.

Clasificar las diferentes comunidades vegetales presentes en el Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, Nuevo León y Candela, Coahuila.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Relaciones vegetación-ambiente

En la provincia de Buenos Aires, Argentina, la vegetación nativa dominante está compuesta por pastizales, sin embargo, desde hace 50 años se han establecido plantaciones de *Pinus radiata*, lo cual ha generado alteraciones en los suelos en micro y mediana escala, produciendo cambios aún en los más altos niveles de clasificación; se ha cuantificado también una disminución en valores de los cationes principales en las cercanías de los ejemplares de *Pinus radiata*. Estos resultados apoyan la teoría de áreas concéntricas de influencia de un solo árbol (Amiotti *et al.*, 2000).

Briones (1986), realizó una descripción breve de los tipos de vegetación presente en la zona fisiográfica Gran Llanura de Norteamérica en el municipio de

Lampazos de Naranjo, utilizando para ello una combinación de los puntos de vista fisonómico, formas de vida y especies dominantes. Los tipos de vegetación que describe son: pastizal de *Hilaria*, matorral bajo inerme de *Flourensia cernua*, matorral mediano subinerme de *Acacia-Prosopis-Flourensia-Larrea*, matorral mediano subinerme de *Leucophyllum frutescens-Acacia rigidula*, matorral mediano espinoso de *Prosopis glandulosa-Acacia farnesiana*, matorral alto espinoso de *Prosopis glandulosa-Acacia farnesiana*, matorral alto subinerme de *Helietta parvifolia*.

Hook y Burke (2000), mencionan que hay análisis regionales en los suelos de los pastizales de Estados Unidos que muestran que el carbono y nitrógeno orgánicos se incrementan a la par con el incremento del contenido de limo y arcilla. Explican que esta relación puede reflejar efectos positivos del limo sobre disponibilidad de agua de suelo y producción de plantas además de efectos positivos de la arcilla sobre la protección de la materia orgánica del suelo.

Dong y Zhang (2001), en un estudio sobre adaptaciones de algunos arbustos de áreas arenosas a ambiente árido en la región de Arenales Mu Us (Ordos, China), observaron que algunas características anatómicas y fisiológicas de las plantas pueden ser utilizadas para evaluar sus adaptaciones a la sequía. Encontraron que las especies "gastadoras de agua" presentaron una anatomía de hoja más mélica, más alto potencial osmótico, rigidez de la pared de la célula más baja, y caída moderada del potencial hídrico de la hoja con incremento del déficit de agua; mientras que las "ahorradoras de agua" mostraron características opuestas.

La topografía controla en gran parte la distribución de los suelos en el paisaje. Muchas de las diferencias en suelos que varían con la topografía se deben a alguna combinación de procesos de microclima, pedogénesis y procesos geológicos superficiales. Las propiedades de suelo varían con la topografía, una razón de esta, es la orientación de las colinas en las cuales se forman los suelos, otra es lo escarpado de la pendiente, que afecta las propiedades del suelo debido a la tasa de la corriente de agua y la erosión que también varía con la pendiente. En área de

terrenos ondulados, las propiedades varían debido a que las áreas más bajas son zonas de acumulación de corrientes de agua y sedimentos derivados de las áreas circundantes altas. También, las áreas bajas pueden estar influenciadas por una alta capa de agua, la cual puede tener un efecto considerable en el suelo (Emmet 1978, en Estrada 1998).

Fonseca *et al.* (2000), en un análisis de las características de crecimiento de plantas a lo largo de gradientes de lluvia y fósforo en el sur-este de Australia, encontraron que la combinación de características anchura de la hoja y superficie foliar específica, explican tanto las bajas cantidades de lluvia como bajas concentraciones de fósforo de suelo como factores de estrés.

De acuerdo a Hironaka *et al.* (1990), puesto que los mismos factores ambientales responsables de la formación de suelo son también responsables en la vegetación producida (factores climáticos, material parental, relieve, organismos y tiempo), un cuerpo de suelo está asociado con una comunidad de plantas específicas, la comunidad de plantas clímax. Esto quiere decir que todos los puntos sobre el paisaje con el mismo suelo están asociados con la misma comunidad clímax de plantas, la misma asociación de plantas, y el mismo tipo de hábitat; sin embargo esto puede variar debido al factor de compensación de plantas, es decir, plantas que son hábiles para crecer y prosperar sobre un rango de condiciones, permitiendo que la misma comunidad de plantas ocurra en diferentes suelos.

La textura del suelo es un control proximal clave sobre los procesos biogeoquímicos y es responsable en los patrones escala-paisaje, incluyendo diferencias topográficas. Hook y Burke (2000), en un estudio en pastizal bajo, en Colorado, Estados Unidos, encontraron que posición topográfica y textura de suelo, cada una, explicaron mucha de la variación de los bancos de carbono y de nitrógeno y estructura de la vegetación, ya que la mayoría de las variables biogeoquímicas y de vegetación estuvieron fuertemente correlacionadas con el contenido de arena en el suelo (40-83%), aumentando la fracción de área de suelo desnudo hasta en 7 veces,

y la mayoría de las fracciones de carbono y de nitrógeno incrementaron de 2-4.5 veces. De acuerdo con estos autores los patrones de paisaje de textura de suelo y topografía influyen la dinámica de agua en el suelo, que determina en gran medida el grado de continuidad o heterogeneidad de la cubierta de plantas, además de niveles de producción primaria.

Jurado y Reid (1989), en un estudio sobre el matorral espinoso tamaulipeco, encontraron que los factores relacionados con la humedad del suelo fueron los más importantes en la distribución de la vegetación. Especies como *Viguiera stenoloba*, *Forestiera angustifolia*, *Acacia rigidula* y *Diospyros texana*, mostraron preferencia por una mayor disponibilidad de agua, al presentar mayor cobertura en sitios con suelo profundo y disminución conforme la elevación aumentó (mayor escurrimiento); por el contrario, *Leucophyllum frutescens*, *Croton torreyanus*, *Verbesina* sp, *Gymnosperma glutinosum* y *Eysenhardtia polystachya* se relacionaron con suelos someros y pendientes mayores y señalan que *Acacia berlandieri* pertenece tal vez a este grupo.

Köchy y Wilson (2001), en un estudio comparativo sobre deposición de nitrógeno y expansión forestal en el norte de las Grandes Planicies, encontraron que los parques con bosques de álamo y bosque boreal mostraron una fuerte relación positiva entre expansión forestal y deposición de nitrógeno. Las relaciones encontradas para deposición de nitrógeno, nitrógeno disponible en el suelo y expansión forestal sugieren que aún en tasas de deposición de nitrógeno comparativamente bajas, puede acelerarse la expansión de bosque en los pastizales templados.

Conforme se pasa de un medio favorable a otro desfavorable, a lo largo de un gradiente, hay una disminución en la altura de las plantas dominantes y el porcentaje de suelo cubierto por la vegetación (Krebs, 1985).

Migahid y Elhaak (2001), en un estudio ecofisiológico sobre nueve especies de plantas de desierto nativas del área Mediterránea en Egipto, encontraron que

densidad, frecuencia, cobertura y valor de importancia indicaron estrecha (en 1-2 hábitats) o amplia distribución (en 1-10 hábitats) para 12 hábitats estudiados dependiendo de el control de las especies sobre la pérdida de agua y adaptación a las características del suelo. Las plantas adaptadas a la salinidad presentaron gran control sobre la pérdida de agua y obtuvieron un alto contenido de agua estación húmeda/seca (verano/invierno). El contenido de agua dependió principalmente de la forma de vida de las plantas y en menos extensión de las características del suelo. La productividad fue afectada mayormente por las características del suelo y forma de vida de las plantas. Ellos sugieren que las características de los suelos de las áreas transicionales entre hábitats parecieron ser mejores que aquellas de los hábitats adyacentes dando una explicación de su riqueza de especies. Mencionan que estas áreas de transición son menos salinas y presentan una solución del suelo ácida a neutral y consecuentemente alta materia orgánica.

La distribución de plantas con diferentes formas de crecimiento puede ser causada por interacciones entre plantas. Encontrándose que la vegetación de pradera y bosque tienen diferentes efectos competitivos e influencia tanto en la disponibilidad del recurso y la estructura del suelo de la comunidad. En un estudio sobre competencia, núcleos de suelo fueron recíprocamente transplantados entre sitios de pradera y de bosque. Plántulas de un pasto (*Bouteloua gracilis*) y un arbusto (*Elaeagnus commutata*) fueron plantadas en estos núcleos, creciendo con o sin vecinos. El crecimiento de *Bouteloua* y *Elaeagnus* fue suprimido por los vecinos a casi la misma extensión en pradera, pero solamente el crecimiento de *Bouteloua* fue suprimido en el bosque. Los resultados sugieren que el ambiente y la competencia tienen mucho mayor influencia sobre el desempeño de plantas juveniles en el campo que la influencia del origen del suelo (Peltzer, 2001).

Penning de Vries y Djietze 1982, citados por Snyman (2002) encontraron que es el suministro de nutrientes y no el agua el factor limitante principal en el crecimiento de las plantas y producción primaria. Ellos reconocen, sin embargo, que

la disponibilidad de agua llega a ser el factor limitante por debajo de la isoyeta de 200 mm.

En un estudio en Loess Plateau, China, se observó que de acuerdo con el contenido de humedad media del suelo sobre diferentes tipos de uso de la tierra (matorral, bosque, huertos, tierras inter cultivo, páramo, barbecho y cultivo), el matorral fue significativamente más seco. Esto debido a que la densidad radicular es más grande sobre los matorrales y ocurre una mayor pérdida de agua del suelo a través de la transpiración. Por el contrario, el bosque fue significativamente más húmedo en las capas superficiales de suelo (Qiu *et al.*, 2001).

En las regiones de clima árido las diferencias en las características de la topografía, del substrato geológico y del suelo ejercen, a menudo, mayor influencia sobre la distribución de la vegetación que las que acusa la misma precipitación pluvial (Rzedowski, 1978).

Shreve 1922, en Freeman *et al* (1970) afirma que algunos factores, exclusivos de la irregularidad topográfica, influyen en la distribución vertical de la vegetación sobre las montañas de los desiertos. Estos factores son: un aumento en el nivel de la base, elevación máxima al igual que la masa de las montañas y naturaleza de los materiales parentales y suelo desarrollado de estos.

En un estudio comparativo de especies vegetales en áreas tratadas contra áreas no tratadas, se encontró que en zonas con reducción mecánica del 52% de vegetación arbustiva, se incrementó un 115% la cobertura promedio anual de gramíneas y un aumento de 187% en cobertura de herbáceas. Se cuantificó además un incremento de 25% en el número de especies arbustivas, 43% para gramíneas y 105% para herbáceas (Uvalle, 2001).

4.2 Uso de técnicas multivariadas

Aranda (2001), utilizando ACC encontró que especies como *Agrostis* sp, *Mimosa* sp, *Leucophyllum texanum*, *Agave falcata* y *Acacia berlandieri* se relacionan con el factor de elevación, mientras que *Leucophyllum frutescens* respondió directamente con el tipo de suelo. Menciona que los taxa de mayor participación en la formación de las comunidades estudiadas (porción del Desierto Chihuahuense ubicada en Coahuila y Nuevo León) reaccionan indistintamente a las variables físicas evaluadas, tal es el caso de *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla*, *Opuntia* sp, *Flourenzia cernua* y *Gymnosperma glutinosum*.

Estrada (1998), mediante la aplicación de ACC:

a- concluyó, que para el matorral submontano en el estado de Nuevo León, los contenidos de calcio, arcilla y materia orgánica en el suelo, fueron los factores químicos más relevantes porque influyen en la composición de la vegetación; mientras que relieve, altitud, pendiente y exposición, no marcaron una diferencia significativa en la presencia y distribución de especies.

b- Con respecto a las especies, encontró que *Agave lechuguilla*, *Acacia berlandieri* y *Jatropha dioica* se presentan en áreas donde el régimen pluvial es bajo y con altos contenidos de calcio en el suelo; *Croton torreyanus*, *Pithecellobium pallens*, *Zanthoxylum fagara*, *Caesalpinia mexicana* y *Croton ciliato-glandulosus*, se asocian con mayores profundidades de suelo, por el contrario, *Schaefferia cuneifolia*, *Opuntia leptocaulis*, *Leucophyllum frutescens*, *Jatropha dioica*, *Agave lechuguilla* y *Acacia berlandieri* se asociaron con suelos de escasa profundidad; *Randia rhagocarpa*, *Fraxinus greggii*, *Diospyros texana*, *Amyris madrensis* y *Acacia roemeriana* se asociaron a sitios ricos en materia orgánica.

c-Especies como *Acacia rigidula*, *Forestiera angustifolia*, *Gochnatia hypoleuca*, *Lantana macropoda*, *Bernardia myricaefolia*, *Pithecellobium pallens*, *Helietta parvifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Neopringlea integrifolia*, *Croton torreyanus* y

Diospyros texana presentan mayores niveles de tolerancia a los distintos factores ambientales.

Ghanim y El-Sheikh (2002), en un análisis de vegetación en la Isla Failaka (Kuwait), obtuvieron 5 tipos de vegetación utilizando dos técnicas de análisis multivariado (TWINSpan y DCA) y evaluando el efecto de los factores ambientales sobre la diversidad de especies y abundancia de tales comunidades usando el método de regresión múltiple. Los factores de suelo mejor correlacionados con la distribución de esta vegetación fueron salinidad, arena, sodio, potasio, magnesio y calcio. De acuerdo con los resultados de correlación lineal simple encontraron que la cubierta total estuvo correlacionada positivamente con arcilla y negativamente con el magnesio. La riqueza de especies se correlacionó positivamente con la arena y negativamente a limo, conductividad eléctrica, sodio, potasio, magnesio y calcio. La concentración de dominancia se correlacionó positivamente con calcio, conductividad eléctrica, magnesio, sodio, potasio, limo y negativamente con arena y pH. La riqueza relativa tuvo correlación positiva con arena y correlación negativa con calcio, conductividad eléctrica, potasio, magnesio, limo y sodio.

De acuerdo con un estudio realizado en las poblaciones silvestres de pitayo (*Stenocereus dumortieri*) y cardón (*Pachycereus grandis*) en la Cuenca de Sayula, Jalisco, se encontró que la presencia de el pitayo se restringe a sitios que presentan condiciones xéricas, mientras que el cardón está ampliamente distribuido en la zona; latitud y longitud fueron las variables fisicogeográficas que explicaron en mayor grado la variación de los datos de las especies, mientras que las variables edáficas de mayor peso fueron contenido de fósforo, potasio, proporción de arena y capacidad de intercambio catiónico (Huerta *et al*, 1999).

Lawesson (2000), aplicando un análisis multivariado en la vegetación nativa de bosque en Dinamarca, encontró que la distribución de los valores de indicadores ecológicos de pH, humedad del suelo y nitrógeno fue gradual en relación a las comunidades de plantas registradas. Muchos tipos de bosques, como los dominados

por haya y encino, obtuvieron valores indicados para pH que van más allá del gradiente indicado. Sugiriendo esto que los bosques daneses naturales probablemente pudieron estar compuestos de una multitud de especies de árboles formando el dosel. Concluyen que los stands actuales con una o unas pocas de especies arbóreas formando el dosel es el resultado de una larga influencia antropogénica y cortas selectivas.

Pavón y Briones (2001), mediante ACC, encontraron que los patrones fenológicos (desarrollo de hojas, floración y fructificación) de nueve especies de plantas perennes, estuvieron relacionados principalmente con la humedad del suelo y temperatura máxima, y en menor grado, con humedad relativa y foto período. Este estudio se llevó a cabo en un matorral semi-árido del Valle de Zapotitlán, Puebla.

Vetaas y Chaudhary (1998), evaluaron las relaciones entre variables ambientales y composición de especies en diferentes escalas en un bosque de encino del Himalaya Central, utilizando Análisis de Correspondencia Canónica y Análisis de Correspondencia. Encontraron que la elevación fue el complejo de gradiente que se impuso (2000-3000 m.s.n.m.), con pérdida-sobre-ignición, nitrógeno total y radiación relativa; cuantificaron además una mayor correlación total especies-ambiente para parcelas de mayor tamaño. Los factores independientes de la elevación más importantes fueron fósforo disponible y cubierta arbórea del dosel, mientras que pH y nitrógeno tuvieron una influencia independiente menor.

4.3 Interpretación del Análisis de Correspondencia Canónica

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, es obtenida la predicción de la composición de la comunidad. 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 estas variables. La aproximación para el ajuste de superficies de respuesta gaussiana se da por la 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) representada por el origen de la gráfica (0, 0). Esta provee una aproximación de los promedios ponderados de las especies con respecto a las variables ambientales. La longitud de una **flecha** que representa a una variable ambiental es igual a la tasa de cambio en los promedios ponderados que se infieren en la gráfica, siendo por lo tanto, una medida de cuanto difiere la distribución de la especie a lo largo de una variable ambiental. Las variables ambientales importantes estarán representadas por flechas más largas que las variables menos importantes (Estrada, 1998; ter Braak, 1998).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio es el “Campo Santa María”, propiedad privada dedicada estudios de manejo de los recursos naturales e investigación, se localiza en los límites de los estados de Nuevo León y Coahuila dentro de los municipios de Lampazos de Naranjo, N. L. y Candela, Coah., al pie de la Sierra de Pájaros Azules. Se ubica entre las coordenadas $27^{\circ} 01' - 27^{\circ} 08' N$ y $100^{\circ} 51' - 100^{\circ} 56' W$, al noroeste del estado de Nuevo León (Heredia, 2000; Uvalle, 2001) (figura 1).

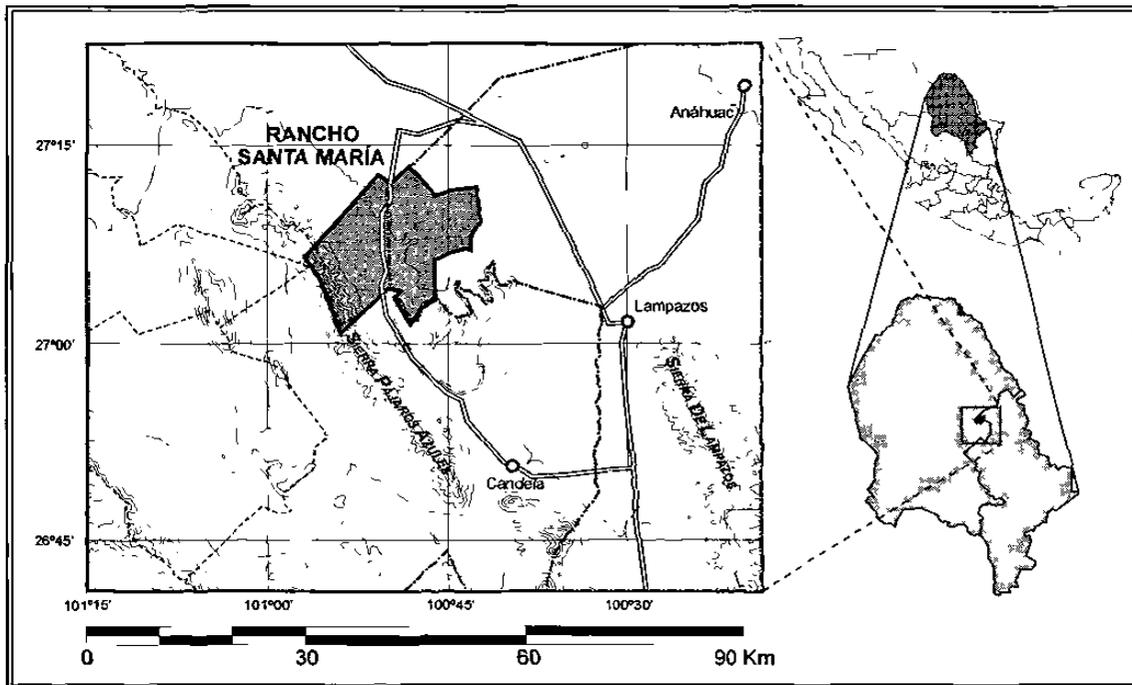


Figura 1. Ubicación del Área de Estudio

5.1.1 Edafología (Anónimo, 1976; Silva-Machorro, 1978)

Los suelos característicos del área de estudio son: Xh/2 = Xerosol háplico con textura media, asociados con áreas de escasa pendiente y con algunas corrientes

intermitentes; la profundidad promedio es de 22 cm; fase física petrocálcica; $Xh + I/2$ = Xerosol háplico + Litosol como suelo secundario, con textura media: Se presenta en zonas cubiertas por matorral desértico micrófilo, al pie de lomeríos y planicies, fase física de tipo petrocálcica (calichosa); $Xh + Jc/2$ = Xerosol háplico + Fluvisol calcárico como suelo secundario y textura media, en los lechos y márgenes de los arroyos temporales de mayor tamaño, fase física es de tipo gravosa; $Xh + Rc/2$ = Xerosol háplico + Regosol calcárico como suelo secundario y textura media, limitada la base noreste de La Mesa Cartujanos; $Xk + Rc/2$ = Xerosol cálcico + Regosol calcárico como suelo secundario y textura media, asociados con áreas escurrimientos temporales;

$Rc + I/2$ = Regosol calcárico + Litosol como suelo secundario y textura media, relacionados con áreas planas o de pendientes suaves; $E + I/2$ = Rendzina + Litosol como suelo secundario y textura media, relacionados estrictamente con las áreas montañosas bajas y cañadas de la Sierra de Pájaros azules, fase física lítica; $I/2$ = Litosol con textura media, se encuentra en las partes medias y altas de la Sierra de Pájaros Azules, sin fase física; $I + E/2$ = Litosol + Rendzina como suelo secundario y textura media, limitado a las partes más altas de la Sierra de Pájaros Azules (1300-1700 m), sin fase física.

5.1.2. Geología

En el área de estudio predominan las rocas sedimentarias, de acuerdo con la carta Geológica G14A44 correspondiente a el Jabalí (Anónimo, 1975), para las zonas de planicie dominan los suelos aluviales; en las zonas de lomeríos, se presentan conglomerados; para la Sierra de Pájaros Azules se registran mayormente calizas y calizas con lutitas; para la Mesa de Cartujanos dominan las lutitas con areniscas.

5.1.3. Fisiografía

El área de estudio está inmersa dentro de 2 provincias fisiográficas, la Sierra Madre Oriental y la Gran Llanura de Norte América (Anónimo, 1981).

5.1.4 Hidrología

El área de estudio se encuentra incluida dentro de la región hidrológica RH 24, cuenca hidrológica D (Presa Falcón-Río Salado) y subcuenca hidrológica DC (Río Salado-Anahuac). Dentro del predio se presentan algunas corrientes intermitentes de poca importancia y El Arroyo Los Álamos (Anónimo, 1986), el cual permanece seco la mayor parte del año.

5.1.5 Clima.

El clima es seco muy cálido con lluvia invernal, su fórmula climática es $BS_0(h')hw(e')w''$. Se caracteriza por la presencia de lluvias escasas durante todo el año y un porcentaje de precipitación invernal de 9.0. El régimen pluvial medio anual es de 445.9 mm. y la temperatura media anual es de 22.8°C . La máxima incidencia de lluvias es de 110.8 mm y corresponde al mes de septiembre; en tanto que en marzo y diciembre se registran las precipitaciones mínimas, de 10 a 15 mm (figura 2).

La temperatura media mensual más cálida oscila entre 30.4 y 30.8°C en junio, julio y agosto; la menor ocurre en enero y diciembre, siendo 12.8 y 13.7°C, respectivamente (García, 1987; Anónimo, 1986).

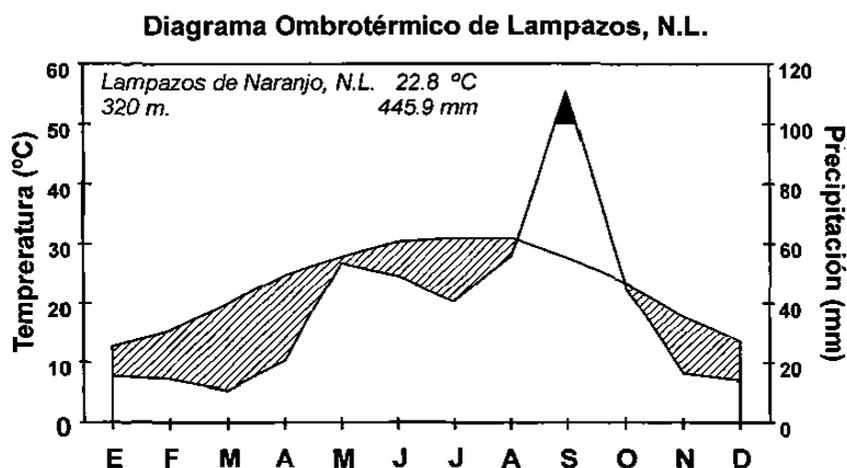


Figura 2. Diagrama Ombrotérmico de Lampazos de Naranjo, N. L., correspondiente a 46 años de registros en temperatura y 47 años en precipitación (datos promedio mensuales, tomados de García, 1987).

5.1.6 Vegetación

De acuerdo con la carta G14A44 (Anónimo, 1975), las comunidades vegetales predominantes en el campo Santa María son: en áreas bajas, bosque de galería, matorral desértico micrófilo y rosetófilo; matorral submontano al pie de la sierra y mesetas, y por último, una mezcla de bosque de encino y chaparral en las partes más altas de la Sierra de Pájaros Azules.

La comunidad vegetal predominante en el área de estudio es el matorral bajo subinermes, en las planicies de esta porción prosperan y prevalecen *Acacia rigidula*, *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Acacia berlandieri*, *Opuntia lindheimeri*, *Eysenhardtia texana*, *Castela erecta* ssp. *texana*, *Mimosa texana*, *Parthenium argentatum*, *P. incanum*, *Agave lechuguilla*, *Yucca* spp, *Leucophyllum texanum*, *Guaiacum angustifolium*, *Opuntia* spp y *Celtis pallida*.

El matorral rosetófilo se presenta a manera de transición entre el matorral bajo subinermes asociado con especies rosetófilas, y conforme asciende paulatinamente el gradiente en los abanicos aluviales, las especies en roseta manifiestan su predominancia sobre las arbustivas bajas, en éstas áreas es evidente un cinturón de vegetación existente entre el matorral bajo subinermes y el matorral submontano conformado principalmente por *Agave lechuguilla* acompañado por *Agave striata*, *Hechtia glomerata* *Yucca* spp. y cactáceas globulares.

En las faldas de la sierra se localizan comunidades de vegetación más exuberante, en densidad y en altura, el matorral submontano, denominado así por su tendencia a desarrollarse en las pendientes de los cerros (Rzedowski, 1978). Las especies dominantes de esta comunidad vegetal la constituyen principalmente arbustos altos como *Helietta parvifolia*, *Fraxinus greggii*, *Bernardia myricaefolia*, *Rhus virens*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Diospyros texana*, *D. palmeri* y *Zanthoxylum fagara*.

Las porciones más altas de la Sierra, por encima de los 950 m.s.n.m., presentan ecotonias entre matorral submontano y encinares y algunas especies de chaparral, conforme aumenta el nivel altitudinal, por encima de los 1000 m de altitud, las comunidades dominantes las constituyen los encinares (*Quercus* spp.) con una

escasa y aislada presencia de coníferas como *Juniperus deppeana*, *J. monosperma* y *Pinus remota*.

El bosque de galería en el área agrupa especies arbóreas localizadas a lo largo de las corrientes de agua intermitentes. Las especies más características son: *Platanus occidentalis*, *Populus deltoides*, *Salix goodingii*, y *Taxodium mucronatum*, además de una rica flora arbustiva y herbácea acompañante donde sobresalen los géneros *Celtis*, *Chilopsis*, *Prosopis*, *Acacia*, *Zanthoxylum*, *Havardia*, *Brickellia*, *Heliotropium*, *Mentzelia*, *Boerhavia* y *Panicum*.

5.2 METODOLOGÍA UTILIZADA

El área de muestreo comprende un gradiente altitudinal que inicia en las planicies y lomeríos (398-552 m.s.n.m.), a través de cañadas y arroyos (615-800 m.s.n.m.), extendiéndose hasta las cercanías del parteaguas de la Sierra Pájaros Azules (1467 m.s.n.m.).

5.2.1 Parámetros a evaluar

En el presente estudio se evaluaron dos tipos de variables, dependientes (bióticas) e independientes (abióticas) (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Bonham, 1980). Se registraron además el total de especies, géneros y familias, así como las formas biológicas predominantes.

5.2.1.1 Variables dependientes

5.2.1.1.1 Muestreos.

Se ubicaron al azar 34 sitios de forma rectangular, con una superficie de 100 m² (5 * 20 m), orientados en sentido perpendicular a la pendiente (Estrada *et al* 2000). Para la ubicación de los sitios de muestreo se utilizaron cartas topográficas escala 1:50 000 (CETENAL, 1973) siguiendo un gradiente altitudinal (398-1467 m.s.n.m.), se buscó que los sitios estuvieran separados uno de otro al menos por 25 metros y alejados al menos por 50 m de áreas transitadas.

Se tomaron en cuenta únicamente las especies arbustivas y arbóreas, para lo cual se registraron dos diámetros de copa, uno perpendicular al otro, pasando ambos por el centro; la cubierta de copa se obtuvo mediante la fórmula:

$$CC = (\pi * D1 * D2) / 4$$

donde CC = cubierta de copa, $\pi = 3.1416$, D1 = diámetro 1 y D2 = diámetro 2.

Con los datos de cobertura de cada especie y sumados se obtuvo la cobertura total para cada sitio. Posteriormente, la cobertura total por especie de cada sitio fue transformada a cobertura relativa (Palmer, 1993) mediante la fórmula:

$$\text{Cobertura Relativa} = \frac{\text{Cobertura para la especie } i}{\text{Cobertura de todas las especies}} * 100$$

Así mismo, en cada sitio se evaluó el parámetro de densidad, con la fórmula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos de la especie } i}{\text{Área muestreada}}$$

La densidad fue transformada a densidad relativa (Palmer, 1993) con la fórmula:

$$\text{Densidad Relativa} = \frac{\text{Densidad para la especie } i}{\text{Densidad para todas las especies}} * 100$$

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

$$\text{Valor de Importancia} = \text{Densidad relativa} + \text{Cobertura relativa}$$

Una vez obtenidos los datos fueron vaciados en hoja de cálculo (Excel, 2000), los datos de especies no fueron transformados.

Con los datos absolutos, relativos y con el V. I. obtenidos se hizo un corrimiento previo de Análisis de Correspondencia Sin Tendencia (ACST) y Análisis de Correspondencia Canónica (ACC), optándose por utilizar los datos de cobertura relativa debido a que explicaron mejor el comportamiento de los datos de especies con respecto a las variables ambientales (Palmer, 1993; ter Braak, 1998).

5.2.1.2 Variables independientes

5.2.1.2.1 Variables ambientales edáficas

SUELO, se tomó una muestra en el centro de la parcela, utilizando para ello un piolet, el horizonte muestreado fue 0-30 cm, en los casos que el suelo tuvo esta profundidad. La muestra de suelo fue analizada (Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León) para cuantificar las variables edafológicas: arena (%), limo (%), arcilla (%), materia orgánica (%), nitrógeno total (%), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), potasio (ppm) y fósforo (ppm).

5.2.1.2.2 Variables físicas

Pedregosidad (%), se calculó visualmente el porcentaje del área de muestreo cubierto por piedras de diámetro no mayor de 5 cm.

Afloración de roca (%), cálculo visual del porcentaje del área de muestreo con afloración de roca.

Profundidad de suelo (cm), con la ayuda de un piolet se escarbó hasta una profundidad aproximada de 50 cm o menos (50 cm se tomó como la profundidad máxima, pero se presentaron suelos con profundidades de 10 cm).

Pendiente (%), se calculó con la ayuda de un clisímetro.

Mantillo (%), se calculó visualmente, con base en la superficie del área de muestreo cubierta con hojarasca.

Altitud (*m s n m*), se midió con la ayuda de un receptor de posicionamiento global (GPS) MaGellan, posteriormente se corroboró cada una de las elevaciones con la ayuda de una carta topográfica escala 1: 50 000 (Anónimo, 1973).

Exposición, se midió con brújula (N, S, E, W, etc.).

Los valores obtenidos de los parámetros abióticos fueron transformados logarítmicamente para contrarrestar el efecto de magnificación o subestimación de la influencia de las variables con base en los valores sesgados (ter Braak, 1986; Palmer, 1993).

5.2.2 Análisis estadístico:

5.2.2.1 Ordenación

Con los datos obtenidos de las variables bióticas y abióticas se procedió a realizar un análisis de gradiente indirecto mediante Análisis de Correspondencia Sin Tendencia (ACST) para diferenciar entre comportamiento lineal (la cobertura relativa de las especies aumenta de manera indefinida mientras aumente el valor de la variable ambiental) o unimodal (la cobertura relativa de las especies alcanza un desarrollo óptimo en un rango específico de una variable ambiental determinada) (ter Braak, 1998; Huerta *et al.*, 1999). Se justifica la aplicación de un método unimodal cuando los datos de especies presentan una longitud de gradiente igual o mayor a cuatro desviaciones estándar (ter Braak, 1998).

Una vez comprobado el comportamiento unimodal de los datos de especies se aplicó un análisis de gradiente directo (Correspondencia Canónica, ACC) para variables físicas y edáficas, con el fin de obtener la correlación entre dichas variables y la elevación. Posteriormente se corrió por separado un ACC para los grupos de variables edáficas-especies y variables físicas-especies, para obtener la distribución de las especies con respecto a las variables ambientales: La representación gráfica se obtuvo mediante la utilización del programa CANO DRAW 3.1, el cual es parte del programa computacional CANOCO 4.0 para Windows (ter Braak, 1998).

En ACC, la dirección del máximo cambio para cada variable ambiental visto sobre la parcela estadística es representado por flechas, las flechas apuntan en la dirección de máximo cambio en el valor de la variable asociada, y la longitud de la flecha es proporcional a la máxima tasa de cambio. En la dirección perpendicular la variable no cambia en valor. Los rombos representan los centroides de las especies, mientras que los acrónimos contiguos representan los nombres de las especies (p.e. Jun dep, representa a *Juniperus depeana*); los centroides indican la posición que

ocupa la especie, mientras que los círculos vacíos y los números alrededor del centroide indican los sitios en los que mejor está representada la especie (con base en su cobertura relativa), o bien son los sitios en los que podría estar dicha especie, dadas las características ambientales requeridas (ter Braak, 1998; Pavón y Briones, 2001).

5.2.2.2 Clasificación

Se utilizó el análisis de conglomerados para clasificar la vegetación del área, a través el método de Ward o de varianza mínima, mediante la técnica politécnica jerárquica aglomerativa (Manly, 1986; Digby y Kempton, 1987; Estrada, 1998), para este procedimiento se utilizó el programa computacional estadístico SAS versión 5ª edición (1985). Para obtener la clasificación de la vegetación se utilizó como base el índice de similitud de Motyka (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974; Estrada, 1998).

Índice de Similitud de Motyka

El índice de similitud de Sorensen cuando se aplica a mediciones cuantitativas se le denomina IS Motyka, solo que aquí hay una variante en la toma de los datos. Si se mide cobertura, densidad, etc., se toma el valor menor de cada una de las especies en común en "a" y "b", se suman todas, se multiplican por 2 y se divide entre el total de todas las especies de los sitios en comparación y se multiplica por 100, así se obtiene el coeficiente de similitud para dos sitios.

5.2.3 Estimación de tamaño mínimo de muestra

Para probar la intensidad del muestreo requerida para predecir el comportamiento de la cobertura relativa a través del gradiente altitudinal, se determinó el tamaño mínimo de muestra. Se utilizó el algoritmo usado por Qiu *et al.* (2001). El tamaño mínimo de muestra es dado como:

$$Nr = (t^2 an - 1 X s^2) / L^2.$$

Donde Nr es el número de muestreos requerido, $t_{\alpha-1}$ es el valor de la t -estadística en el $(1-\alpha)$ nivel de confianza con $n-1$ grados de libertad (34-1), $\alpha = 0.05$, n es el número de muestreos actualmente medidos, s es la desviación estándar calculada, y L es el error permisible (10%).

VI. RESULTADOS

6.1 Florística

Se registró un total de 176 especies en 162 géneros englobados en 63 familias. Las herbáceas suman 88 especies, las arbustivas 79 y las arbóreas 9 (Apéndice II).

Se registraron las formas biológicas predominantes, encontrándose 88 especies herbáceas, 54 arbustos inermes, 15 arbustos espinosos, 15 enredaderas, 9 suculentas, 9 árboles, 6 de hábito rosetófilo, 3 palmas y dos especies parásitas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formas biológicas registradas en El Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, Nuevo León y Candela Coahuila.

Hábito	Especies	Hábito	Especies	Hábito	Especies
Herbáceo	88	Enredaderas	15	Rosetófilo	6
Arbustos inermes	54	Suculentas	9	Palmas	3
Arbustos espinosos	15	Árboles	9	Parásitas	2

Únicamente se tomaron en cuenta 61 especies arbustivas, arbóreas y suculentas (cactáceas) con coberturas relativas $\geq 5\%$ para efectuar el análisis (Apéndice II).

6.2 Ordenación

6.2.1 Análisis de Correspondencia Sin Tendencia

En la tabla 1 (ver apéndice I), se puede apreciar el claro comportamiento unimodal de los datos de especies, ya que se obtuvo un valor de gradiente de 11.405 unidades de desviación estándar.

6.2.2 Análisis de Correspondencia Canónica

6.2.2.1 Variables edáficas

En la tabla 2 (ver apéndice I), se aprecian las variables edáficas registradas, así como la varianza explicada, se obtuvo una inercia total de 9.860, con una suma de todos los valores propios canónicos igual a 1.434 hasta el cuarto eje. Las variables edáficas explican cantidades significantes de variación ($P = 0.005$) en la composición de especies, con un porcentaje de varianza acumulada de 14.5 hasta el cuarto eje.

De un total de 9 variables edáficas registradas, fueron seleccionadas 4, con base en su correlación con los ejes 1 y 2 de especies de ACC y a su escasa ínter correlación (Tabla 3, apéndice I) (Pavón y Briones, 2001; Huerta *et al.*, 1999).

Diagrama de ordenación para variables edáficas (figura 3)

El eje 1 del diagrama de ordenación de análisis de correspondencia canónica (ACC), estuvo delimitado por las variables potasio (0.4625) y pH (-0.5157); mientras que el eje 2, lo constituyeron nitrógeno total (-0.8570) y arcilla (0.3181) (Tabla 3, apéndice I).

Eje 1

Las especies que presentaron mayores valores de cobertura relativa a valores más altos de pH (ligeramente alcalinos) fueron aquellas de porte arbustivo como *Agave lecheguilla* (hasta 50%) y *Acacia rigidula* (20%), dichas especies en conjunto, constituyeron aproximadamente el 50% de la cobertura de arbustivas en áreas bajas

(grupo 1, en figura 3). Las especies *Sophora secundiflora* (matorral submontano), *Lippia graveolens*, *Citharexylum brachyanthum* y *Agave scabra* (matorral rosetófilo-micrófilo) presentaron mejor desarrollo a valores de pH más alcalinos (máximos de 7.37), aunque con un valor de cobertura relativa mucho menor; por el contrario, especies arbóreas como *Quercus canbyi*, *Q. laceyi*, *Arbutus xalapensis* y *Juniperus deppeana* registraron valores altos de cobertura relativa a pH más bajo (hasta 6.7).

Con respecto a la variable potasio (ppm), especies de porte arbóreo como *Quercus canbyi*, *Q. laceyi*, *Arbutus xalapensis* y *Juniperus deppeana* (grupo 3, en figura 3), presentaron una mayor cobertura relativa en presencia de altos valores de potasio (hasta 656 ppm) (ver Tabla 8, apéndice I), mientras que arbustos como *Acacia rigidula* y *Agave lecheguilla* presentaron porcentajes mayores de cobertura en áreas con baja concentración de potasio (grupo 1, en figura 3).

Eje 2

De acuerdo con la magnitud de la variable nitrógeno total, se registró una ligera separación de un grupo de especies (grupo 2, en figura 3), que constituyen en su mayoría el matorral submontano, especies como *Quercus pungens*, *Rhus virens*, *Fraxinus greggii*, *Diospyros texana*, *Amyris madrensis*, y *Havardia pallens*, presentaron un mejor desarrollo de cobertura a mayores porcentajes de nitrógeno total. Las especies que caracterizan al matorral micrófilo como *Acacia rigidula*, *Celtis pallida*, *Aloysia gratissima* y *Acacia famesiana*, mostraron una correlación negativa con respecto a dicha variable.

Especies que presentan porte arbóreo y que constituyen bosquetes, tales como *Quercus laceyi*, *Quercus canbyi* y *Arbutus xalapensis*, desarrollaron una mayor cobertura en suelos con porcentajes altos de arcilla, mientras que especies como *Agave lecheguilla*, *Lippia graveolens*, *Bernardia myricaefolia* y *Jatropha dioica*, que en conjunto forman parte del matorral micrófilo-rosetófilo presentaron sus máximos valores de cobertura en suelos con bajos porcentajes de arcilla. De acuerdo a estos datos el porcentaje de arcilla afecta positivamente a la cobertura arbórea, especialmente a *Quercus canbyi*, *Quercus laceyi* y *Arbutus xalapensis* (primer cuadrante de figura 3).

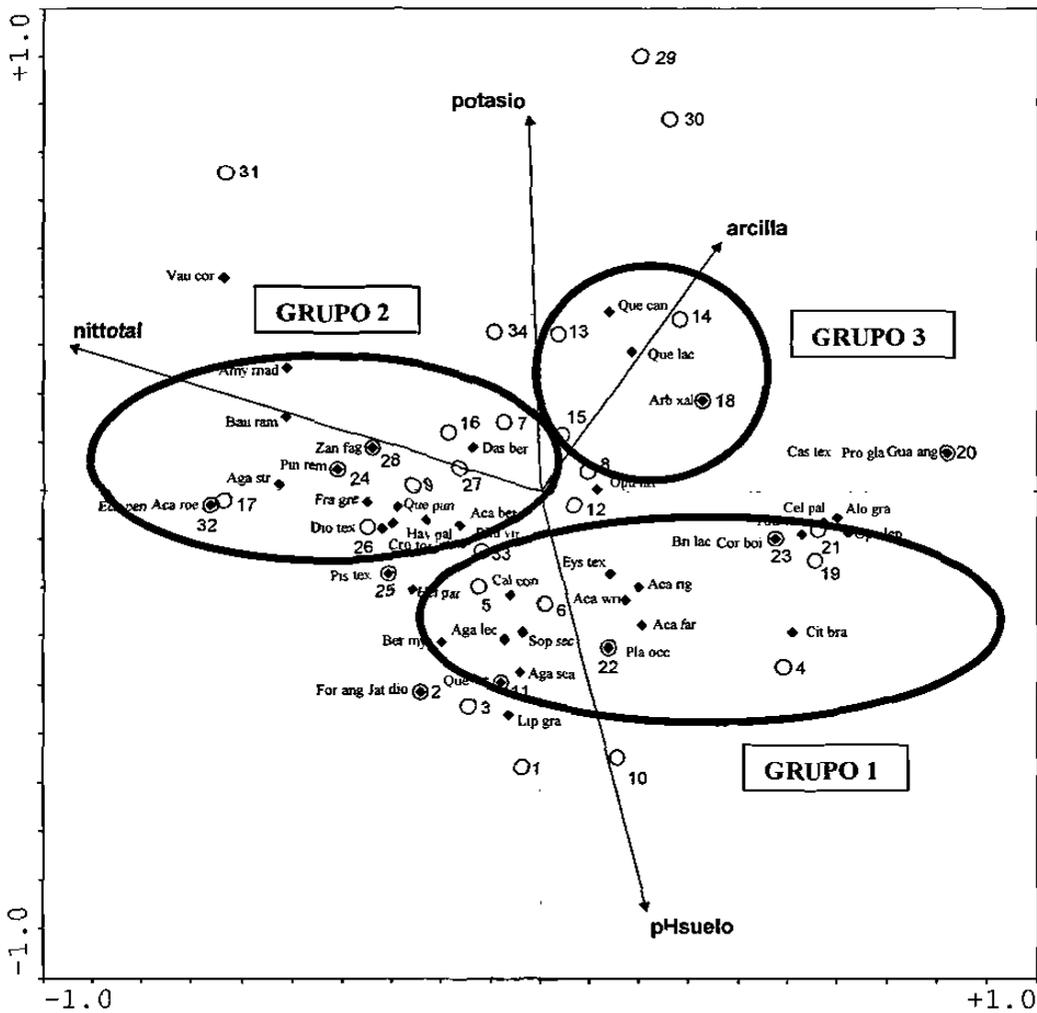


Figura 3. Diagrama de ordenación de análisis de correspondencia canónica (ACC), variables edáficas consideradas finalmente, están representadas 46 de las 61 especies y los 34 sitios. Los acrónimos de especies: Que lac= *Quercus laceyi*, Que can= *Quercus canbyi*, Arb xal= *Arbutus xalapensis*, Gua ang= *Guaiacum angustifolium*, Cas tex= *Castela texana*, Pro gla= *Prosopis glandulosa*, Opu lin= *Opuntia lindheimeri*, Cel pal= *Celtis pallida*, Alo gra= *Aloysia gratissima*, Vau cor= *Vauquelinia corymbosa*, Amy mad= *Amyris madrensis*, Pav las= *Pavonia lasiopetala*, Bau ram= *Bauhinia ramosissima*, Zan fag= *Zanthoxylum fagara*, Das ber= *Dasyliirion berlandieri*, Ech pen= *Echinocereus pentalophus*, Aca roe= *Acacia roemeriana*, Pin rem= *Pinus remota*, Pru sp= *Prunus* sp, Aga str= *Agave striata*, Fra gre= *Fraxinus greggii*, Que pun= *Quercus pungens*, Aca ber= *Acacia berlandieri*, Bra dul= *Brahea dulcis*, Hav pal= *Havardia pallens*, Rhu vir= *Rhus virens*, Cro tor= *Croton torreyanus*, Dio tex= *Diospyros texana*, Pis tex= *Pistacia texana*, Hec glo= *Hechtia glomerata*, Cal con= *Calliandra conferta*, Hel par= *Helietta parvifolia*, Ber myr= *Bernardia myricaefolia*, Aga lec= *Agave lecheguilla*, Jat dio= *Jatropha dioica*, For ang= *Forestiera angustifolia*, Que vir= *Quercus virginiana*, Aga sca= *Agave scabra*, Lip gra= *Lippia graveolens*, Alo wri= *Aloysia wrightii*, Eys tex= *Eysenhardtia texana*, Aca rig= *Acacia rigidula*, Aca wri= *Acacia wrightii*, Aca far= *Acacia farnesiana*, Pla occ= *Platanus occidentalis*, Cit bra= *Citharexylum brachyanthum*, Bri lac= *Brickellia laciniata*, Cor boi= *Cordia boissieri*, Opu lep= *Opuntia leptocaulis*, Ani wri= *Anisacanthus wrightii*, Sop sec= *Sophora secundiflora*, Jun dep= *Juniperus deppeana*, el centroide de cada especie está representado por un rombo, mientras que los círculos representan a los sitios.

6.2.2.2 Variables físicas

En la tabla 4 (ver apéndice I) se aprecian las variables físicas registradas, así como la varianza explicada, se obtuvo una inercia total de 9.860, con una suma de todos los valores propios canónicos igual a 2.153 hasta el cuarto eje. Las variables edáficas explican cantidades significantes ($P = 0.0050$) de variación en la composición de especies, con un porcentaje de varianza acumulada de 21.8 hasta el cuarto eje.

De 8 variables ambientales físicas registradas originalmente fueron seleccionadas 4, en base a su correlación con los ejes 1 y 2 de especies de ACC y a su escasa intercorrelación (tabla 3, apéndice I) (Pavón y Briones, 2001; Huerta *et al.*, 1999). Esto se llevó a cabo mediante un corrimiento previo de ACC.

Diagrama de ordenación para variables físicas (figura 4)

El eje 1 del diagrama de ordenación de análisis de correspondencia canónica (ACC), lo conformaron las variables elevación (0.9190) y cenital (-0.3313); mientras que el eje 2, lo constituyeron afloración de roca (0.6396) y profundidad de suelo (-0.6059) (tabla 5, apéndice I).

Eje 1

De acuerdo con el gradiente de elevación, especies de porte arbóreo como *Quercus canbyi* (hasta 80% de cobertura relativa), así como *Juniperus deppeana* y *Quercus laceyi* ostentan mayor desarrollo de cobertura relativa a mayores elevaciones en el área estudiada, mientras que especies típicas del matorral micrófilo como *Acacia rigidula* (hasta 23% de cobertura relativa), *Leucophyllum frutescens* y *Agave lecheguilla* (hasta 50%), tuvieron mejor desarrollo en áreas por debajo de los 600 m s n m.

En el otro extremo del diagrama de ordenación, se ubicó la exposición cenital, con una correlación de -0.3313 (tabla 6, apéndice I), para esta variable, las especies mejor representadas para el matorral micrófilo - rosetófilo, *Acacia rigidula* y *Agave lecheguilla*, presentaron mejor desarrollo en áreas más planas (con pendiente

cercana a 0), por otro lado, especies de porte arbóreo como *Quercus canbyi*, *Quercus laceyi* y *Juniperus deppeana* mostraron altos valores de cobertura relativa correlacionados negativamente con exposición cenital (es decir, presentaron correlación positiva con la pendiente).

Eje 2

Con respecto a la variable afloración de roca, se localizan grupos de especies en los extremos, algunas comunes del matorral micrófilo se correlacionan negativamente con esta variable, ocurriendo en áreas con nula afloración de roca, es el caso de *Opuntia leptocaulis*, *Guaicum angustifolium*, *Citharexylum brachyanthum* y *Leucophyllum frutescens*; mientras que *Havardia pallens*, *Pinus remota*, *Agave striata*, *Vauquelinia corymbosa*, *Brahea dulcis* y *Quercus pungens* son especies con máxima cobertura en áreas con mayor afloramiento rocoso, el resto de los taxa de matorral micrófilo y bosque de encino, se localizan en áreas con bajo afloramiento de roca.

Para el vector de profundidad de suelo, se identifican grupos de especies en ambos extremos, especies que tienen un mejor desarrollo en suelo profundo (≥ 50 cm), entre las que se encuentran *Cordia boissieri*, *Opuntia leptocaulis*, *Guaicum angustifolium* y *Citharexylum brachyanthum*; en el extremo opuesto del eje 2 se localizan las especies que se desarrollan en suelos someros (10 cm), como *Pinus remota*, *Havardia pallens*, *Agave striata*, *Vauquelinia corymbosa*, *Amyris madrensis*, *Bauhinia ramosissima*, y *Chamaecrista greggii*. Las especies de los matorrales micrófilo y rosetófilo como *Acacia rigidula*, *A. berlandieri*, *Calliandra conferta*, *Aloysia wrightii* y *Agave lecheguilla*, aparentemente responden a valores intermedios de esta variable.

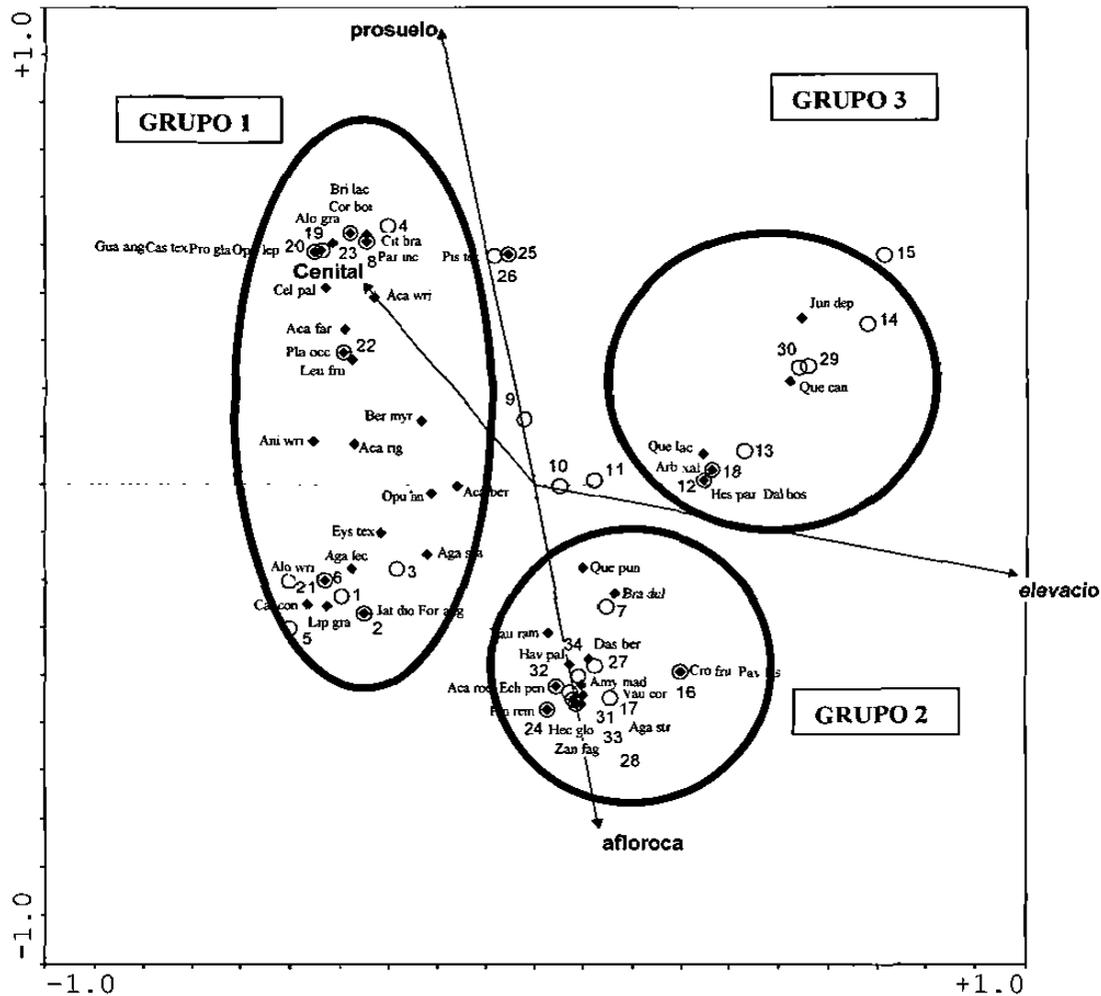


Figura 4. Diagrama de ordenación de análisis de correspondencia canónica (ACC), variables físicas consideradas finalmente, están representadas 49 de las 61 especies. Los acrónimos de especies: Jun dep= *Juniperus depeana*, Que can= *Quercus canbyi*, Que lac= *Quercus laceyi*, Arb xal= *Arbutus xalapensis*, Hes par= *Hesperaloe parviflora*, Dal hos= *Dalea hospes*, Bri lac= *Brickellia laciniata*, Cor boi= *Cordia boissieri*, Alo gra= *Aloysia gratisima*, Gua ang= *Guaiacum angustifolium*, Cas tex= *Castela texana*, Pro gla= *Prosopis glandulosa*, Opu lep= *Opuntia leptocaulis*, Cit bra= *Citharexylum brachyanthum*, Par inc= *Parthenium incanum*, Pis tex= *Pistacia texana*, Cel pal= *Celtis pallida*, Aca wri= *Acacia wrightii*, Aca far= *Acacia farnesiana*, Pla occ= *Platanus occidentalis*, Leu fru= *Leucophyllum frutescens*, Ber myr= *Bernardia myrcaefolia*, Ani wri= *Anisacanthus wrightii*, Aca rig= *Acacia rigidula*, Aca ber= *Acacia berlandieri*, Opu lin= *Opuntia lindheimeri*, Eys tex= *Eysenhardtia texana*, Aga sca= *Agave scabra*, Aga lec= *Agave lecheguilla*, Alo wri= *Aloysia wrightii*, Cal con= *Calliandra conferta*, Lip gra= *Lippia graveolens*, Jat dio= *Jatropha dioica*, Vau cor= *For ang= Forestiera angustifolia*, Que pun= *Quercus pungens*, Bra dul= *Brahea dulcis*, Bau ram= *Bauhinia ramosissima*, Hav pal= *Havardia pallens*, Das ber= *Dasyllirion berlandieri*, Aca roe= *Acacia roemeriana*, Ech pen= *Echinocereus pentalophus*, Amy mad= *Amyris madrensis*, Cro fru= *Cortón fruticosus*, Pav las= *Pavonia lasiopetala*, Vauquelinia corymbosa, Pin rem= *Pinus remota*, Hec glo= *Hechtia glomerata*, Aga str= *Agave striata*, Zan fag= *Zanthoxylum fagara*, el centroide de cada especie está representado por un rombo, mientras que los círculos representan a los sitios.

Cantidad de varianza explicada por variables ambientales edáficas y físicas

La varianza explicada por el conjunto de variables edáficas y físicas fue de 36.3% de los datos de especies, siendo la aportación de un 14.5% para la relación especies-variables edáficas y de 21.8 para la relación especies-variables físicas (tablas 2 y 4, apéndice I).

6.3 Clasificación por análisis de conglomerados de los sitios.

Los datos de cobertura relativa de las especies se sometieron al análisis de similitud mediante el índice de Motyka, produciendo una matriz de similitud-disimilitud para los 34 sitios, la matriz de disimilitud ó de distancias (tabla 7, apéndice I), sirvió como base para efectuar el análisis de conglomerados (Cluster analysis) aplicando la técnica de Ward (varianza mínima), con el método jerárquico aglomerativo (Estrada, 1998).

La clasificación jerárquica de los sitios en el gradiente altitudinal, se muestra en el dendrograma (figura 5), en el se pueden observar tres grandes grupos de sitios diferenciados por una $r^2 = 90.25$. Los grupos quedan conformados por diferente número de sitios, 12 (grupo 1), 16 (grupo 2) y 6 (grupo 3).

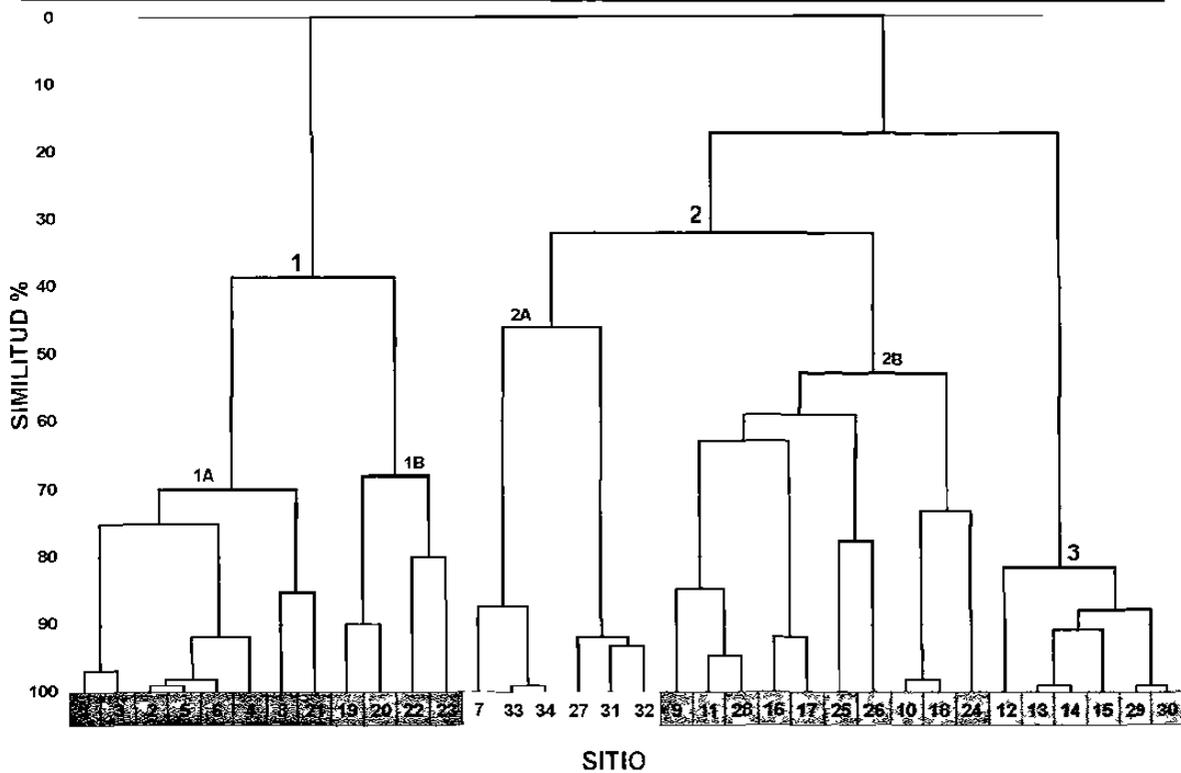


Figura 5. Dendrograma que muestra la similitud entre los diferentes sitios en un gradiente altitudinal en el Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, Nuevo León y Candela, Coahuila.

Los grupos están fusionados a coeficientes de similitud de 39% (grupo 1), 32% (grupo 2), 82% (grupo 3).

6.3.1 Grupo 1. Engloba sitios que se localizan entre los 398 y 880 m s n m. (tabla 5 y 6, ver apéndice I y figuras 3, 4 y 5), el común denominador para este grupo es la presencia constante de especies de hojas micrófilas. De acuerdo a sus características este gran grupo puede subdividirse en subgrupos **1A** y **1B** (figura 5):

6.3.1.1 Subgrupo 1A. Este subgrupo se caracteriza por la presencia de especies micrófilas como *Acacia rigidula* y especies arrosadas del tipo de *Agave lecheguilla*; pendiente escasa (0-9%); bajo porcentaje de mantillo ($\leq 5\%$); alto porcentaje de limo (48-60%); suelos someros en promedio (10-17 cm, solo dos sitios de 50 cm) (ver tabla 8, apéndice I). Este grupo puede definirse como matorral micrófilo-rosetófilo, por la codominancia de especies de hoja micrófila con especies

de hábito arrosetado (Anónimo, 1975). Una característica al parecer constante para estos sitios fue la presencia de una fase petrocálcica (caliche) bajo el suelo.

6.3.1.2 Subgrupo 1B. La elevación varía entre 398 y 880 m s n m. Estos sitios presentan especies de hoja micrófila como *Acacia rigidula*, *A. berlandieri*, *Amyris madrensis*, *Bauhinia ramosissima* y *Opuntia* spp; presentan además porcentajes altos de fósforo (hasta 52%), porcentajes similares de arena y arcilla, altos porcentajes de limo (40-80%), mantillo escaso ($\leq 5\%$); sin embargo, mezcla sitios con profundidades de suelo muy diferentes (10-50 cm) y pendientes muy variables (0-48%). A este grupo se le puede considerar como una transición entre matorral micrófilo y matorral submontano, por la inclusión de especies típicas de ambos tipos de matorral (*Acacia* spp y *Amyris madrensis*, respectivamente).

6.3.2 Grupo 2. Este gran grupo se localiza por arriba de los 595 m s n m. presenta características en común, tales como la presencia de especies de hábito arrosetado como *Dasylinion berlandieri* y palmar como *Brahea dulcis*; porcentajes altos de mantillo ($> 5\%$); suelos someros (en promedio < 20 cm); porcentaje de pendiente creciente; además, se localiza en la base de la Sierra de Pájaros Azules. Por sus características de ubicación se puede denominar en conjunto como matorral submontano, a su vez, por su dominancia fisonómica se pueden diferenciar dos subgrupos:

6.3.2.1 Subgrupo 2A. Se presenta por arriba de los 850 m s n m. Comparten altos porcentajes de pendiente ($\geq 40\%$), porcentajes de afloración de roca caliza desde 20-70%, presencia de especies de hábito arrosetado, palmar o bien, de hoja micrófila; porcentajes de materia orgánica mayores a 7; suelos someros (10-15 cm); Fisonómicamente se puede observar la dominancia de *Brahea dulcis* en algunos de los sitios que componen este subgrupo. Aunque esta especie se presenta en forma abundante en exposiciones sur, es común observar ejemplares aislados en áreas de matorral submontano y ejemplares jóvenes en zonas de encinares; esto probablemente esté relacionado con los incendios que han ocurrido en esta zona en la década de los noventa (Personal del Campo Santa María, com. pers., además de que hay huellas de fuego en la zona). Lo anterior se basa en la aseveración de

Rzedowski (1978), de que la abundancia de esta especie (*Brahea dulcis*) se encuentra frecuentemente favorecida por los incendios.

6.3.2.2 Subgrupo 2B. Se encuentra en elevaciones que varían desde los 597-1113 m s n m. Comparten especies de hojas coriáceas como *Quercus* spp, *Fraxinus greggii* y *Rhus virens* o rosetófilas del tipo de *Dasyllirion berlandieri*; exposición noreste; altos porcentajes de mantillo (5-30%); suelos someros (<20 cm, a excepción de dos sitios de 50 cm); porcentajes elevados de materia orgánica (7.4-24%). A juzgar por la composición de especies dominantes, las cuales son en su mayoría de hojas más anchas, se podría considerar como una variante de matorral submontano con un uso más eficiente de los nutrientes y de la humedad disponibles. Esta comunidad vegetal presentó la más alta diversidad de especies en su composición, esto podría sugerir que representa un ecotono entre los matorrales bajos (micrófilo-rosetófilo) y el bosque de encino, estando formada por especies pioneras o aquellas para las cuales las condiciones existentes son óptimas, pero que sin embargo se encuentran también en comunidades aledañas (Oosterhoorn y Cappelle, 2000; Migahid y Elhaak, 2001).

6.3.3 Grupo 3. se localiza entre los 1071 y 1467 m s n m, los sitios que conjuntan a este grupo presentan una marcada dominancia de *Quercus canbyi* y *Quercus laceyi*; presentan porcentajes altos de pendiente (21-63%), exposición noreste; pedregosidad escasa (5%); escasa afloración de roca (0-20%) porcentajes elevados de mantillo (hasta 60%); suelos de profundidad media (20-30 cm); escaso porcentaje de arena (<23%) con porcentajes similares de limo y arcilla (>25%); valores altos de materia orgánica (hasta 10.7%) y grandes concentraciones de potasio (411-655 p p m). Este grupo conforma claramente un bosque de encino. Esta localización concuerda en parte con la reportada por Puig en 1970, citado por Rzedowski (1988) para las sierras de Tamaulipas, ya que lo ubica entre los 700-1100 m, sobre un sustrato de rocas calizas.

Los resultados obtenidos tanto por el diagrama de ordenación del análisis de correspondencia canónica como por análisis de conglomerados presentan

diferencias entre sí en cuanto a la separación de los grupos, esto es debido a que el análisis de correspondencia canónica conforma los grupos con la distribución de las especies respecto a las diferentes variables ambientales, mientras que el análisis de conglomerados hace la separación entre grupos tomando en cuenta la similitud en la conformación de las coberturas de las diferentes especies, sin tomar en cuenta las variables ambientales (Digby y Kempton, 1987; ter Braak, 1998).

6.4 Tamaño mínimo de muestra

Se obtuvo un valor de 37.87 muestreos con un alfa de 0.05 y un error de 10%, utilizando las 61 especies perennes.

VII. DISCUSIONES

Con una longitud de gradiente de 11.405 unidades de desviación estándar obtenidas después de la aplicación de análisis de correspondencia sin tendencia, se puede apreciar un claro comportamiento unimodal de los datos de cobertura relativa de especies, ya que de acuerdo a ter Braak (1995) y Palmer (1993), valores superiores a 4 desviaciones estándar reflejan comportamiento unimodal de los datos de especies. La aplicación a estos mismos datos (cobertura relativa de 61 especies arbustivas y arbóreas distribuidas en 34 muestreos) de análisis de correspondencia canónica y análisis de conglomerados (análisis cluster), dio como resultado la formación de tres grupos. Se presentó una clara separación entre el grupo 1, caracterizado por la dominancia de especies arbustivas de hoja micrófila, y grupo 3, que presentó predominio de especies arbóreas con hoja mesófila del género *Quercus*; el grupo 2 por su parte, estuvo compuesto por especies arbustivas conformadas por hojas de tamaño intermedio entre las de los grupos 1 y 3. Esta separación fue más clara con el análisis de correspondencia canónica especies-variables físicas y análisis de conglomerados, mientras que el análisis de correspondencia canónica especies-variables edáficas no presentó una clara separación entre grupos de especies, probablemente debido al factor de compensación de plantas, es decir, plantas que son hábiles para crecer y prosperar sobre un rango de condiciones (Hironaka, 1990), además la diferencia en la anatomía foliar puede indicar un gradiente de mayor disponibilidad de agua (Dong y Zhang, 2001), o bien concentraciones mayores de fósforo (Fonseca, 2000).

Con base en estos resultados podemos definir que las variables estudiadas tienen una influencia directa sobre la cobertura relativa de las especies y, por ende, sobre las comunidades vegetales. Por otro lado, el bajo porcentaje de varianza explicada nos indica que existen otras variables no consideradas en el presente trabajo, las cuales tienen una mayor influencia directa sobre la distribución de las coberturas relativas de las diferentes especies y las comunidades vegetales en el gradiente altitudinal. Dichas variables podrían ser el contenido de agua del suelo y humedad relativa (Pavón y Briones, 2001; Qiu *et al.* 2001), además de contenido de

calcio (Estrada, 1998) y magnesio (Ghanim y El-Sheikh, 2002). Otras variable no considerada fue el efecto de competencia entre especies (Peltzer, 2001).

La intercorrelación que presentaron las variables ambientales seleccionadas, y la magnitud de la variable elevación sugieren que esta última variable representa un complejo que afecta a la mayor parte de las variables evaluadas en este caso (Vetaas y Chaudhary, 1998; Huerta *et al.*, 1999; Pavón y Briones, 2001). Lo cual explica los valores de correlación obtenidos entre la elevación y la mayor parte de las variables que se tomaron en cuenta, las cuales presentaron una correlación mayor a 0.349 con la elevación, para un 5% de significancia (Reyes, 1980), dichas variables fueron nitrógeno total (0.460), pH de suelo (-0.588), potasio (0.520), profundidad de suelo (-0.372) y exposición cenital (-0.419) (tabla 6, anexo I). Un factor no considerado en el presente trabajo fue el efecto reductor en la temperatura con el aumento en la elevación, ya que de acuerdo a Dobremez 1976:54, citado en Vetaas y Chaudhary (1998) la elevación representa una diferencia en la temperatura media de 5.6 °C (0.51°C/100 m) en esta zona.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado obtenido en el análisis de correspondencia sin tendencia mostró un comportamiento marcadamente unimodal, el cual se debió a la diferencia de gradiente (hay una diferencia de más de mil metros entre el punto más bajo y el de mayor elevación). La aplicación a este mismo grupo de muestreos tanto de análisis de correspondencia canónica como de análisis de conglomerados (Cluster Análisis), arrojó tres grupos de especies o comunidades vegetales. El grupo o comunidad vegetal que presentó una separación más clara fue el grupo 3, que se constituyó como un bosque de encino (*Quercus canbyi* y *Q. laceyi*); mientras que el grupo 2, el cual se denominó como matorral submontano, tuvo una menor similitud, esto demostró una mayor heterogeneidad en su constitución, probablemente debido a que presenta condiciones adecuadas para que se desarrollen especies de las comunidades vecinas favoreciendo así su diversidad; por último, el grupo 1, que se conformó mayormente de especies micrófilas-rosetófilas, presentó una ligera separación entre sus dos componentes, al parecer por una mayor tolerancia a la variación en las condiciones ambientales de sus componentes micrófilos, o bien puede ser el resultado de una continua presión antropogénica (histórica), como pastoreo y desmonte.

De los dos grupos de variables ambientales utilizados, fueron las variables físicas las que permitieron una mejor separación entre los grupos de especies o comunidades vegetales. Esto puede deberse, al menos en parte a que las especies presentes en el área sean tolerantes a las variaciones en los parámetros de suelo cuantificados, además de que el gradiente en las variables edáficas no fue muy marcado.

El presente trabajo pretende servir de base para estudios posteriores enfocados a explicar mediante un punto de vista más cuantitativo el comportamiento de las diversas comunidades vegetales que se desarrollan en la región a los diferentes valores en variables ambientales presentes.

Se recomienda darle continuidad al presente estudio, aumentando el tamaño de muestra y cuantificando otras variables no registradas en esta investigación, tales como humedad del suelo, acción antropogénica, diferentes fracciones de nitrógeno y competitividad entre especies.

IX. LITERATURA CITADA

- Amiotti, N. M., P. Zalba, L. F. Sánchez, and N. Pinemann. 2000. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina. *Ecology* 81(12):3283-3290.
- Anónimo 1973. Carta Topográfica. G14A44 El Jabalí, Coahuila y Nuevo León.
Escala 1:50 000
- Anónimo 1975. Carta Geológica. G14A44 El Jabalí, Coahuila y Nuevo León.
Escala 1:50 000.
- Anónimo 1976. Carta Edafológica. G14A44 El Jabalí, Coahuila y Nuevo León.
Escala 1:50 000
- Anónimo 1975. Carta Uso del Suelo. G14A44 El Jabalí, Coahuila y Nuevo León.
Escala 1:50 000
- Anónimo. 1981. Síntesis Geográfica de Nuevo León. México, D.F. pp. 170.
- Aranda, R. R. 2001. Análisis ecológico en diferentes comunidades de matorral del Desierto Chihuahuense correspondientes a Nuevo León y Coahuila. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. pp. 98.
- Bonham, C. D. 1980. Measurements for terrestrial vegetation. Wiley and Sons, New York. pp. 338.
- Briones V., O. L. 1986. Notas geográficas sobre la vegetación y flora de Lampazos de Naranjo, Nuevo León, México. Reporte Científico. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables-Universidad Autónoma de Nuevo León, México. pp. 20.
- Daubenmire, R. F. 1982. Ecología Vegetal Tratado de Autoecología de Plantas. Tercera edición. Editorial LIMUSA, S.A. México pp. 495.
- Dong, X. & Xinshi Zhang. 2001. Some observations of the adaptations of sandy shrubs to the arid environment in the Mu Us Sandland: leaf water relations and anatomic features. *Journal of Arid Environments* 48:41-48.
- Digby, P. G. N. & R. A. Kempton. 1987. Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman & Hall. London pp. 206.

- Estrada, C. A. E. 1998. Ecología del matorral submontano en el estado de Nuevo León, México. Tesis Doctoral. Facultad de Zootecnia-Universidad Autónoma de Chihuahua, División de Posgrado e Investigación, Chihuahua, Chihuahua, México. pp. 190.
- Estrada, C. A. E. 2001. Vegetación y flora del Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, N. L., México, Reporte CEMEX, 121 pp.
- Fonseca, C. R.; Jacob MsC. Overton; Bronwyn Collins and Mark Westoby. 2000. Shifts in trait-combinations along rainfall and phosphorus gradients. *Journal of Ecology* 88:964-977.
- Freeman, C. E. & W. A. Dick-Peddie. 1970. Woody riparian vegetation in the Black and Sacramento Mountain ranges, Southern New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 15(2): 145-164.
- García, M. E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 4 a. edic. pp.217.
- Ghanim A. Abbadí & Mohamad A. El-Sheikh. 2002. Vegetation analysis of Failaka Island (Kuwait). *Journal of Arid Environments* 50:153-165.
- Henry, G. H. R. 1998. Environmental influences on the structure of sedge meadows in the Canadian High Arctic. *Plant Ecology*, 134(1):119-129.
- Heredia, P. F. 2000. Efectos de los Tratamientos Mecánicos Sobre las Aves en el Matorral Xerófilo en Lampazos, Nuevo León. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales- U.A.N.L.
- Hironaka, M.; Maynard A. Fosberg; Kenneth E. Neiman Jr. 1990. The Relationship Between Soils and Vegetation. Symposium on Management and Productivity of Western-Mountane Forest Soils, Boise, ID, April 10-12, 1990, Idaho, Moscow, U.S.A.
- Hook, P. B. & I. C. Burke. 2000. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: control by topography, soil texture, and microclimate. *Ecology* 81(10):2686-2703.
- Huerta, M. F. M., E. García-Moya, J.L. Flores-Flores y E. Pimienta-Barrios. 1999. Ordenación de las poblaciones silvestres de pitayo y cardón en la Cuenca de Sayula, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64:11-24.

- Jurado, E. y N. Reid. 1989. Influencia de factores edáficos, topográficos y perturbación sobre el matorral espinoso tamaulipeco en Linares, Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte Científico No. 10, 29 pp.
- Köchy M. and Scott D. Wilson. 2001. Nitrogen deposition and forest expansion in the northern Great Plains. *Journal of Ecology* 89:807-817.
- Krebs, C.J. 1985. *Ecología Estudio de la Distribución y Abundancia*. Segunda edición. Editorial HARLA, México pp. 753.
- Lawesson, E. J. 2000. Danish deciduous forest types. *Plant Ecology*, 151:199-221.
- Manly, B. F. J. 1986. *Multivariate Statistical Methods*. Chapman & Hall. London pp. 159.
- Migahid, M.A. & M.A. Elhaak. 2001. Ecophysiological studies on some desert plants species native to the Mediterranean area in Egypt. *Journal of Arid Environments*, 49:191-203.
- Mueller-Dombois & H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley & Sons. New York, USA pp. 547.
- Oosterhoorn, M.; M. Kappelle. 2000. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management* 126:291-307.
- Palmer, M. W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of Canonical Correspondence Analysis. *Ecology*. 74(8): 2215-2230.
- Pavón, N. P.; O. Briones. 2001. Phenological patterns of nine perennial plants in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *Journal of Arid Environments*, 49(2): 265-277.
- Peltzer, D. A. 2001. Plant responses to competition and soil origin across a prairie-forest boundary. *Journal of Ecology*, 89:176-185.
- Qiu, Y.; Bojie Fu; Jon Wang§ & Liding Chan. 2001. Spatial variability of soil moisture content and its relation to environmental indices in a semi-arid gully catchment of the Loess Plateau, China. *Journal of Arid Environments*, 49:723-750.
- Reyes, C. P. 1980. *Bioestadística aplicada Agronomía Biología Química*. Editorial Trillas, S. A. De C. V. México, D. F. 215 pp.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial LIMUSA, S. A. México. 432 pp.

- SAS Institute. 1985. SAS's user guide, version 5 edition. Cary, NC. SAS Institute Inc. pp. 056.
- Silva-Machorro, C. 1978. Unidades del suelo. Compañía Editorial Continental, S.A., México 64p.
- Snyman, H. A. 2002. Short-term response of rangeland botanical composition and productivity to fertilization (N and P) in semiarid climate of South Africa. *Journal of Arid Environment* 50:167-183.
- ter Braak, C. J. F. 1986 Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67 (5): 1167
- ter Braak, C. J. 1987. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetation* 69:69-77.
- ter Braak, C. J. et. al. 1998. CANOCO Reference Manual And User's Guide. Center for Biometry Wageningen, Netherlands, 351 pp.
- Uvalle, S. J. I. 2001. Rehabilitación de áreas pastoreadas y sus efectos en las comunidades vegetales y en las dietas de ungulados. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México 117 pp.
- Vetaas, O. R. & Ram. P. Chaudhary. 1998. Scale and species-environment relationships in a central Himalayan oak forest, Nepal. *Plant Ecology*, 134:67-76

APÉNDICE I TABLAS

Tabla 1. Análisis de Correspondencia Sin Tendencia (ACST), el valor para la longitud de gradiente en el eje 1 es de 11.405 desviaciones estándar.

	Ejes			
	1	2	3	4
Longitud de gradiente	11.405	6.382	4.432	3.512

Tabla 2. Valores propios y porcentajes de varianza explicados por las variables edáficas en los 4 primeros ejes de ACC

	EJES				INERCIA TOTAL
	1	2	3	4	
Valores propios	0.576	0.449	0.250	0.158	9.860
Correlaciones especie-ambiente	0.946	0.787	0.831	0.705	-----
Porcentaje acumulativo de varianza de los datos de especies	5.8	10.4	12.9	14.5	-----
Porcentaje acumulativo de varianza de la relación especies-ambiente	40.2	71.5	89.0	100.0	-----
Suma de todos los valores propios no restringidos	-----	-----	-----	-----	9.860
Suma de todos los valores propios canónicos	-----	-----	-----	-----	1.434

Tabla 3. Correlación entre las variables ambientales edáficas registradas inicialmente y los 4 ejes de ordenación en ACC (los valores en negritas fueron considerados para la elaboración del diagrama de ordenación).

# Variable	Variable	EJES			
		1	2	3	4
1	Arena	-0.4196	-0.0514	-0.2927	-0.0938
2	Limo	-0.3365	-0.2231	-0.1582	0.1298
3	Arcilla	0.2972	0.3181	0.3167	0.0398
4	Mat. Org.	0.4587	-0.6409	-0.3641	-0.1704
5	Nit. Total	0.2359	-0.8570	-0.1116	0.0062
6	pH Suelo	-0.5157	0.2096	-0.3102	-0.2438
7	Cond. Elec.	0.0516	-0.5929	-0.1266	0.3014
8	Potasio	0.4625	0.0150	0.0917	0.0924
9	Fósforo	0.0119	-0.4314	0.5605	-0.0309

Tabla 4. Valores propios y porcentajes de varianza explicados por las variables físicas seleccionadas (figura 4) en los 4 primeros ejes de ACC.

	EJES				INERCIATOTAL
	1	2	3	4	
Valores propios	0.842	0.503	0.420	0.387	9.860
Correlaciones especie-ambiente	0.969	0.890	0.919	0.829	-----
Porcentaje acumulativo de varianza de los datos de especies	8.5	13.6	17.9	21.8	-----
Porcentaje acumulativo de varianza de la relación especies-ambiente	39.1	62.5	82.0	100.0	-----
Suma de todos los valores propios no restringidos	-----	-----	-----	-----	9.860
Suma de todos los valores propios canónicos	-----	-----	-----	-----	2.153

Tabla 5. Correlación entre las variables ambientales físicas registradas inicialmente y los 4 ejes de ordenación en ACC (los valores en negritas fueron considerados para la elaboración del diagrama de ordenación).

# Variable	Variable	EJES			
		1	2	3	4
10	Pendiente	0.7142	0.4761	0.1183	-0.0231
11	Elevación	0.9190	0.2174	-0.0119	0.0604
12	Pedreg.	-0.2458	0.2994	-0.4153	-0.6613
13	Afl. Roca	0.0843	0.6396	0.3718	-0.0165
14	Mantillo	0.9135	-0.0734	0.1994	-0.0805
15	Pro. Suelo	-0.1319	-0.6059	-0.1060	0.0959
16	Exposición				
	Noreste*	0.3043	-0.4345	0.1586	-0.6461
	Sur*	-0.1558	0.6391	-0.3897	-0.0400
	Cenital*	-0.3313	-0.2637	-0.0713	0.6802
	Noroeste*	-0.1008	0.1192	0.2183	0.3209

*Estos datos corresponden a la variable exposición

Tabla 7. Matriz de disimilitud (distancias), que sirvió como base para elaborar el análisis de conglomerados.

Nº de Congl.	Conglomerados unidos	Frec. Conglomerado	Nuevo	r-cuadrada
33	Sitio 13-Sitio 14	2		0.999996
32	Sitio 29-Sitio 30	2		0.999993
31	Sitio 33-Sitio 34	2		0.996864
30	Sitio 2-Sitio 5	2		0.992307
29	Cong. 30-Sitio 6	3		0.987749
28	Sitio 10-Sitio 18	2		0.982091
27	Sitio 1-Sitio 3	2		0.974558
26	Sitio 11-Sitio 28	2		0.965626
25	Sitio 31-Sitio 32	2		0.956693
24	Sitio 27-Cong. 25	3		0.947020
23	Sitio 16-Sitio 17	2		0.937344
22	Cong. 29-Sitio 4	4		0.927067
21	Cong. 33-Sitio 15	3		0.915640
20	Sitio 19-Sitio 20	2		0.902247
19	Cong. 21-Cong. 32	5		0.888744
18	Sitio 7-Cong. 31	3		0.874763
17	Sitio 9-Cong. 26	3		0.858978
16	Sitio 8-Sitio 21	2		0.842773
15	Sitio 13-Cong. 19	6		0.825919
14	Sitio 22-Sitio 23	2		0.807166
13	Sitio 25-Sitio 26	2		0.787341
12	Cong. 27-Cong. 22	6		0.766073
11	Cong. 28-Sitio 24	3		0.736608
10	Cong 12-Cong. 16	8		0.705100
9	Cong. 20-Cong. 14	4		0.673029
8	Cong. 17-Cong. 23	5		0.639840
7	Cong. 8-Cong. 13	7		0.595427
6	Cong. 7-Cong. 11	10		0.534794
5	Cong. 18-Cong. 24	6		0.467459
4	Cong. 10-Cong. 9	12		0.399961
3	Cong. 5-Cong. 6	16		0.320394
2	Cong. 3-Cong. 15	22		0.172825
1	Cong. 4-Cong. 2	34		0.000000

Tabla 8. Variables ambientales consideradas inicialmente (datos no transformados).

Sitio	Arena%	Limo%	Arcilla%	Matorgan %	Nittotal%	pHsuelo	Conductiv (µS/cm)	Potasio(p pm)	Fósforo(p pm)
1	23	58	19	5.75	0.33	7.31	137	83.2	1.26
2	40.5	54	5.5	8.6	0.54	7.35	131	176	4.82
3	15.5	55.6	29	7.68	0.46	7.26	115	107	1.58
4	24	49	27	1.67	0.14	7.31	139	121	3.83
5	37.5	51	11.5	8.96	0.56	7.34	202	325	5.15
6	32.5	52.5	15	7.24	0.43	7.37	157	306	3.83
7	13.4	46	40.5	7.23	0.61	7.11	111	352	15.8
8	18.5	60.5	21	7.33	0.42	7.25	139	426	3.83
9	20.5	49	30	10.3	0.9	7.25	174	467	10.7
10	73.5	19	7.5	3.06	0.2	7.32	115	82.1	3.17
11	66	31.5	2.5	7.49	0.33	7.27	170	119	4.48
12	23	50.5	26.5	10.8	0.44	7.29	204	411	3.48
13	18.5	43	38.5	10.7	0.55	7.07	182	498	3.83
14	9	43.5	47.5	6.96	0.37	7.14	141	656	3.17
15	12.5	45	42.5	10.1	0.53	7.24	158	539	5.48
16	20	61.5	18.5	11.9	0.78	7.21	141	534	3.83
17	60.5	27.3	12.2	24.1	1.56	7.13	239	302	10.7
18	8.5	36	55.5	5.94	0.32	7.23	172	557	2.85
19	22.5	44.5	33	2.47	0.15	7.33	106	260	8.59
20	28	39.5	32.5	1.88	0.11	7.31	111	424	9.3
21	28.5	48.5	23	1.75	0.14	7.25	102	222	2.85
22	23.5	53	23.5	2.35	0.3	7.33	117	182	2.53
23	36	44	20	2.5	0.17	7.28	145	251	5.82
24	18	64	18	9.56	1.07	7.13	228	334	10.4
25	36.5	45.5	18	12.3	0.85	7.33	186	373	3.5
26	41.5	43.5	15	16.3	0.98	7.3	191	459	4.48
27	23.9	41.9	34.1	9.7	0.77	7.25	195	503	15.3
28	23.3	46.4	30.1	15.7	0.93	7.05	162	262	8.48
29	8.45	48.5	43	8.46	0.46	6.7	119	531	8.98
30	13.8	43.2	42.9	7.36	0.4	6.79	93.6	518	6.08
31	9.44	80.5	10	9.75	1.86	6.7	453	372	53
32	19.9	62.5	17.5	9.08	1.58	7.07	278	228	26.4
33	16.4	52.5	31	8.51	0.59	7.25	123	282	5.14
34	11.9	50	38	8.7	0.71	7.04	127	473	7.35

CONTINUACIÓN TABLA 8

Sitio	Pendiente	Este*	Noreste*	Sur*	Cenital*	Sureste*	Noroeste*	Elevacio	Pedregos	afloroca	Mantillo	Prosuelo
1	5	0	1	0	0	0	0	492	40	10	0	0.15
2	6	0	1	0	0	0	0	523	60	20	0	0.15
3	9	0	1	0	0	0	0	551	30	15	3	0.17
4	4	0	1	0	0	0	0	462	5	0	1	0.5
5	3	0	1	0	0	1	0	449	30	0	0	0.1
6	2	0	0	0	0	1	0	472	50	0	1	0.12
7	60	0	0	1	0	0	0	909	15	70	2	0.15
8	0	0	0	0	1	0	0	446	5	0	5	0.5
9	9	0	1	0	0	0	0	695	3	0	20	0.2
10	5	0	1	0	0	0	0	774	40	10	30	0.2
11	5	0	1	0	0	0	0	834	50	10	30	0.2
12	60	0	1	0	0	0	0	1071	5	20	40	0.2
13	21	0	1	0	0	0	0	1160	5	10	20	0.2
14	52	0	1	0	0	0	0	1451	5	8	60	0.3
15	58	0	1	0	0	0	0	1467	5	0	60	0.3
16	70	0	1	0	0	0	0	1113	5	40	20	0.1
17	45	0	1	0	0	0	0	957	5	60	20	0.1
18	60	0	1	0	0	0	0	1087	5	15	20	0.2
19H	0	0	0	0	1	0	0	405	0	0	0	0.5
20	0	0	0	0	1	0	0	398	0	0	0	0.5
21	2	0	1	0	0	0	0	431	10	40	0	0.2
22	2	0	1	0	0	0	0	436	10	40	0	0.5
23	2	1	0	0	0	0	0	425	20	0	5	0.5
24	43	0	1	0	0	0	0	834	0	60	20	0.1
25	8	0	1	0	0	0	0	616	20	5	5	0.5
26	8	0	1	0	0	0	0	597	20	5	5	0.5
27	40	0	1	0	0	0	0	913	30	20	2	0.1
28	40	0	1	0	0	0	0	887	10	60	30	0.1
29	63	0	1	0	0	0	0	1300	5	0	60	0.2
30	55	0	1	0	0	0	0	1277	5	0	60	0.2
31	48	0	0	0	0	0	1	870	5	40	5	0.1
32	43	0	0	0	0	0	1	843	5	30	5	0.1
33	57	0	0	1	0	0	0	880	20	50	5	0.1
34	55	0	0	0	0	1	0	883	15	25	5	0.1

*Estos datos corresponden a la exposición, el valor de 0 = ausencia y 1 = presencia

APÉNDICE II

Lista de especies, géneros y familias registradas en El Campo Santa María, Lampazos de Naranjo, Nuevo León, y Candela, Coahuila, México.

Lista de especies del Campo Santa María		
Subdivisión: PTERYDIOPHYTA		
No.	Especie	Familia
1	<i>Sellaginella pilifera</i> A. Br.	Sellaginellaceae
2	<i>Asplenium resiliens</i> Kunze	Adiantaceae
3	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	
4	<i>Cheilanthes</i> sp	
5	<i>Notholaena</i> sp	
6	<i>Pellaea</i> sp	
7	<i>Phanerophlebia umbonata</i> Underw	
8	<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Wutt. var. <i>Michauxianum</i> Weath	Polypodiaceae
9	<i>Anemia mexicana</i> Klotzsch	Schizaceae
Subdivisión: SPERMATOPHYTA		
GYMNOSPERMAE		
10	<i>Juniperus deppeana</i> Steud	Cupresaceae
11	<i>J. monosperma</i> (Engelm.) Sarg.	
12	<i>Pinus remota</i> (Little) Bailey & Hawksworth	Pinaceae
Clase: MONOCOTILEDONEAE		
13	<i>Brahea dulcis</i> (H. B. K.) Mart.	Arecaceae
14	<i>Agave lecheguilla</i> Torr.	Agavaceae
15	<i>Agave scabra</i> Salm-Dyck	
16	<i>Agave striata</i> Zucc. Ssp <i>striata</i>	
17	<i>Yucca elata</i> Engelm.	Amarillidaceae
18	<i>Y. treculeana</i> Carr.	
19	<i>Tradescantia macropoda</i> Greenm	Comelinaceae
20	<i>Carex planostachys</i> Kunze	Cyperaceae
21	<i>Cyperus</i> sp	
22	<i>Nolina</i> sp	Nolinaceae
23	<i>Aristida adscencionis</i> L.	Gramineae
24	<i>Bouteloua barbata</i> Lag.	
25	<i>Bouteloua curtispindula</i> (Michx.) Torr.	
26	<i>Bouteloua gracilis</i> (H.B.K.) Griffiths	
27	<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	
28	<i>Bouteloua trifida</i> Thurb	
29	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	
30	<i>Chloris subdolichostachya</i> Muller	
31	<i>Digitaria</i> sp	
32	<i>Eragrostis intermedia</i> Hitch.	

33	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) R. & S.	
34	<i>Muhlenbergia microsperma</i> (DC) Trin.	
35	<i>Panicum halli</i> Vasey	
36	<i>Panicum</i> sp	
37	<i>Paphophorum bicolor</i> Fourn.	
38	<i>Setaria leucopila</i> (Scribn. & Merr.) K. Schum	
39	<i>Tridens muticus</i> (Torr.) Nash.	
40	<i>Allium drummondii</i> Regel	Liliaceae
41	<i>Dasyllirion berlandieri</i>	
42	<i>Smilax bona-nox</i> L.	
43	<i>Hesperaloe parviflora</i> (Torr.) Coult.	
Clase: DICOTYLEDONEAE		
44	<i>Anisacanthus Wrightii</i> (Torr.) Gray	Acanthaceae
45	<i>Ruellia</i> sp	
46	<i>Siphonoglossa greggii</i> Grenm. & Thomps	
47	<i>S. pilosela</i> (Nees) Torr.	
48	<i>Pistacia texana</i> H.B.K.	Anacardiaceae
49	<i>Rhus virens</i> Gray	
50	<i>Apocynum androsaeminifolium</i> L.	Apocynaceae
51	<i>Trachelospermum difforme</i> (Walt.) Gray	
52	<i>Arracacia</i> sp	Apiaceae
53	<i>Cynanchum barbigerum</i> (Scheele) Shiners	Asclepiadaceae
54	<i>Bidens</i> sp	Asteraceae
55	<i>Brickellia laciniata</i> Gray	
56	<i>Chaetopappa bellioides</i> (Gray) Shiners	
57	<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Polak var. <i>texana</i> (Greene) Burk	
58	<i>Dyssodia micropoides</i> (DC.) Loes	
59	<i>Erigeron superbus</i> Rydb	
60	<i>Eupatorium havanense</i> H.B.K.	
61	<i>Eupatorium</i> sp	
62	<i>Evax verna</i> Raff.	
63	<i>Gochnatia hypoleuca</i> DC.	
64	<i>Melampodium leucanthum</i> T & G var. <i>leucanthum</i>	
65	<i>Packera coahuilensis</i> (Greenm.) C. Jeffrey	
66	<i>Parthenium incanum</i> H.B.K.	
67	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	
68	<i>Perezia runcinata</i> (D. Don) Gray	
69	<i>Thymophylla pentachaeta</i>	
70	<i>Thymophylla</i> sp	
71	<i>Anredera</i> sp	Basellaceae
72	<i>Berberis chochoco</i> Schelecht.	Berberidaceae
73	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss.	Bignoniaceae

74	<i>Coldenia canescens</i> DC	Boraginaceae
75	<i>Coldenia mexicana</i> Wats.	
76	<i>Cryptanta mexicana</i> (Brandeg.) I.M. Johnst.	
77	<i>Heliotropium greggii</i> Torr.	
78	<i>Cardamine macrocarpa</i> Brandeg. var <i>texana</i> Roll.	Brassicaceae
79	<i>Draba cuneifolia</i> T. & G. var. <i>Integrifolia</i> Wats.	
80	<i>Lepidium virginicum</i> L.	
81	<i>Lesquerella Fendleri</i> (Gray) Wats	
82	<i>Sibara runcinata</i> (Wats.) Roll.	
83	<i>Ancistrocactus scherii</i> (Salm-Dyck) Britton & Rose	Cactaceae
84	<i>Echinocereus pentalophus</i> (DC.) Rumpler	
85	<i>Echinocerus eneacanthus</i> Engelm.	
86	<i>Opuntia leptocaulis</i> DC.	
87	<i>O.lindheimeri</i> Engelm.	
88	<i>Bauhinia ramosissima</i> Benth.	Caesalpiniaceae
89	<i>Cercis canadensis</i> L. var <i>mexicana</i> (Rose) M. Hopk.	
90	<i>Chamaecrista greggii</i> Moench	
91	<i>Hoffmanseggia glauca</i> (Ort.) Eiffert	
92	<i>Senna lindheimeriana</i> Scheelle	
93	<i>Stellaria</i> sp	Caryophyllaceae
94	<i>Schaefferia cuneifolia</i> A. Gray	Celastraceae
95	<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Convolvulaceae
96	<i>Cuscuta</i> sp	
97	<i>Echeverria strictiflora</i> Gray	Crassulaceae
98	<i>Sedum palmeri</i>	
99	<i>Sedum reptans</i>	
100	<i>Sedum</i> sp	
101	<i>Ibervillea tenuisecta</i> (Gray) Small	Cucurbitaceae
102	<i>Diospyros texana</i> Scheele	Ebenaceae
103	<i>Arbutus xalapensis</i> H.B.K.	Ericaceae
104	<i>Acalypha lindheimeri</i> Muell.	Euphorbiaceae
105	<i>Acalypha</i> sp	
106	<i>Bernardia myricaefolia</i> (Scheele) Wats.	
107	<i>Croton fruticosus</i> Torr.	
108	<i>Croton torreyanus</i> Muell.	
109	<i>Euphorbia</i> sp	
110	<i>Phyllanthus polygonoides</i> Spreng	
111	<i>Tragia</i> sp	
112	<i>Astragalus Emoryanus</i> (Rydb.) Cory	Fabaceae
113	<i>Canavallia villosa</i> Benth	
114	<i>Desmodium</i> sp	
115	<i>Dalea hospes</i> Rose	

116	<i>Dalea Greggii</i> Gray	
117	<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	
118	<i>Sophora secundiflora</i> (Ort.) DC.	
119	<i>Quercus canbyi</i> Cory & Parks	Fagaceae
120	<i>Q. laceyi</i> Small	
121	<i>Q. pungens</i> Liebm	
122	<i>Q. virginiana</i> Miller	
123	<i>Garrya ovata</i> Benth.	Garryaceae
124	<i>Centaurium calycosum</i> (Buckl.) Fernald	Gentianaceae
125	<i>Nama hispidum</i> Gray	Hydrophyllaceae
126	<i>Nama parvifolium</i> (Torr.) Grenm.	
127	<i>Nama undulatum</i> H.B.K.	
128	<i>Hypericum</i> sp	Hypericaceae
129	<i>Hedeoma Drummondii</i> Benth.	Lamiaceae
130	<i>Salvia ballotaeflora</i> Benth.	
131	<i>S. coccinea</i> Juss.	
132	<i>Scutellaria microphylla</i> Benth.	
133	<i>Abutilon hypoleucum</i> Gray	Malvaceae
134	<i>Meximalva filipes</i>	
135	<i>Pavonia lasiopetala</i> Scheele	
136	<i>Mascagnia lilacina</i> (S. Wats.) Niedenzu	Malpighiaceae
137	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) O. Ktze.	Mimosaceae
138	<i>A. berlandieri</i> Benth.	
139	<i>A. farnesiana</i> (L.) Willd.	
140	<i>A. rigidula</i> Benth.	
141	<i>A. roemeriana</i> Scheele	
142	<i>A. schaffneri</i> (Wats.) Herm.	
143	<i>A. wrightii</i> Benth.	
144	<i>Calliandra conferta</i> Gray	
145	<i>Havardia pallens</i>	
146	<i>Leucaena greggii</i> S. Wats.	
147	<i>Mimosa malacophylla</i> Gray	
148	<i>Mimosa taxana</i> Gray	
149	<i>Fraxinus greggii</i> Gray	Oleaceae
150	<i>Fraxinus papillosa</i> Lingelsheim	
151	<i>Gaura coccinea</i> Pursh.	Onagraceae
152	<i>Oenotera speciosa</i> Nutt.	
153	<i>Gilia incisa</i> Benth.	Polemoniaceae
154	<i>Anemone heterophylla</i> Nutt.	Ranunculaceae
155	<i>Clematis</i> sp	
156	<i>Plantago patagonica</i> Jacq. var. <i>gnaphalioides</i> (Nutt.) Gray	Plantaginaceae
157	<i>Colubrina greggii</i> Wats.	Rhamnaceae

158	<i>C. texensis</i> (T.&G.) Gray.	
159	<i>Condalia hookeri</i> M. C. Johnst.	
160	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (R. & S.) Zucc.	
161	<i>Ziziphus obtusifolia</i> (T. & G.) Gray.	
162	<i>Crataegus greggiana</i> Ettl.	Rosaceae
163	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	
164	<i>Prunus</i> sp	
165	<i>Vauquelinia corymbosa</i> Correa	
166	<i>Chiococca alba</i> (L.) Hitchc.	Rubiaceae
167	<i>Galium proliferum</i> Gray	
168	<i>Galium neomexicanum</i> Benth.	
169	<i>Hedyotis angulata</i> Fosb.	
170	<i>Spermacoce</i> sp	
171	<i>Amyris madrensis</i> Wats.	Rutaceae
172	<i>A. texana</i> (Buckl.) P. Wils.	
173	<i>Helietta parvifolia</i> (Gray) Benth.	
174	<i>Tamnosma texana</i> (Gray) Torr.	
175	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	
176	<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Sapindaceae
177	<i>Neopringlea integrifolia</i> Wats.	
178	<i>Ungnadia speciosa</i> Endl.	
179	<i>Urvillea ulmacea</i> H.B.K.	
180	<i>Bumelia celastrina</i> H. B. K.	Sapotaceae
181	<i>Sideroxylon lanuginosum</i> Michaux subsp. <i>Rigidum</i> (A. Gray) Pennington	
182	<i>Castilleja lanata</i> Gray	Scrophulariaceae
183	<i>Castilleja latebracteata</i> Penn.	
184	<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I. M. Johnst.	
185	<i>Maurandya wislizeni</i> Engelm.	
186	<i>Seymeria coahuilana</i> (Penell) Standley	
187	<i>Chamaesaracha conioides</i> (Moric ex Donal) Britt.	Solanaceae
188	<i>Physallis lobata</i> Torrey	
189	<i>Parietaria floridana</i> Nutt.	Urticaceae
190	<i>Aloysia gratisima</i> (Gill. & Hook.) Troncoso	Verbenaceae
191	<i>A. wrightii</i> (Gray) Heller.	
192	<i>Citharexylum brachyanthum</i> (Gray) Gray	
193	<i>Lantana macropoda</i> Torr.	
194	<i>Lippia graveolens</i> H.B.K.	
195	<i>Verbena neomexicana</i> (Gray) Small.	
196	<i>Verbena</i> sp	
197	<i>Viola pratincola</i> Greene	Violaceae
198	<i>Phoradendron tomentosum</i> (DC.) Gray	Viscaceae

199	<i>Cisus incisa</i> (Nutt.) Des. Maul	Vitaceae
200	<i>Parthenocisus quinquefolia</i> (L.) Planch.	
201	<i>Vitis</i> sp	

CONTINUACIÓN APÉNDICE III

	Cor boi	Ulmus sp	Bum cel	Cro fru	Pro gla	Cas tex	Zan fag	Ech pen	Aca roe
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	5.72	5.99	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	6.35	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	5.04	5.31	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	7.96	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	5.96	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	5.15	6.14
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Significado de acrónimos:

Aga sca= *Agave scabra*, Aca rig= *Acacia rigidula*, Lip gra= *Lippia graveolens*, Aca ber= *Acacia berlandieri*, Ber myr= *Bernardia myricaefolia*, Eys tex= *Eysenhardtia texana*, Aga lec= *Agave lecheguilla*, For ang= *Forestiera angustifolia*, Jat dio= *Jatropha dioica*, Hel par= *Helietta parvifolia*, Cit bra= *Citharexylum brachyantum*, Leu fru= *Leucophyllum frutescens*, Cal con= *Calliandra conferta*, Alo wri= *Aloysia gratisima*, Bra dul= *Brahea dulcis*, Das ver= *Dasyllirion berlandieri*, Cha gre=

Chamaecrista greggii, Neo int= *Neopringlea integrifolia*, Par inc= *Parthenium incanum*, Que pun= *Quercus pungens*, Rhu vir= *Rhus virens*, Pru sp= *Prunus* sp, Sop sec= *Sophora secundiflora*, Que can= *Quercus canbyi*, Pis tex= *Pistacia texana*, Que lac= *Quercus laceyi*, Jun dep= *Juniperus deppeana*, Que vir= *Quercus virginiana*, Dal hos= *Dalea hospes*, Hes par= *Hesperaloe parvifolia*, Fra gre= *Fraxinus greggii*, Pav las= *Pavonea lasiopetala*, Cro tor= *Croton torreyanus*, Vau cor= *Vauquelinia corymbosa*, Amy mad= *Amyris madrensis*, Aga str= *Agave striata*, Dio tex= *Diospyros texana*, Hav pal= *Havardia pallens*, Arb xal= *Arbutus xalapensis*, Opu lin= *Opuntia lindheimeri*, Opu lep= *Opuntia leptocaulis*, Gua ang= *Guaiacum angustifolium*, Cel pal= *Celtis pallida*, Alo gra= *Aloysia gratisima*, Ani wri= *Anisacanthus wrightii*, Aca far= *Acacia farnesiana*, Aca wri= *Acacia wrightii*, Pla occ= *Platanus occidentales*, Bri lac= *Brickellia laciniata*, Pin rem= *Pinus remota*, Bau ram= *Bauhinia ramosissima*, Hec glo= *Hechtia glomerata*, Cor boi= *Cordia boissieri*, Ulmus sp= *Ulmus* sp, Bum cel= *Bumelia c elastrina*, Cro fru= *Croton fruticosus*, Pro gla= *Prosopis glandulosa*, Cas tex= *Castella texana*, Zan fag= *Zanthoxylum fagara*, Ech pen= *Echinocereus pentalophus*, Aca roe= *Acacia roemeriana*.

