

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



**TESIS**

**DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE PLANTAS NATIVAS Y EXÓTICAS AL  
LADO DE CAMINOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL  
EN EL NORESTE DE MÉXICO**

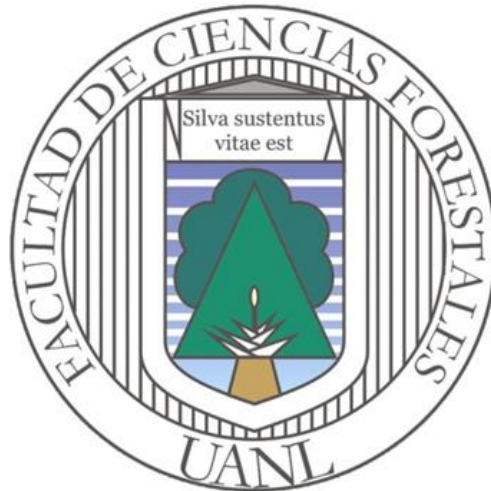
**POR**

**ING. FÁTIMA ZULEYMA SÁNCHEZ MEDRANO**

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

**AGOSTO, 2018**

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



**TESIS**

**DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE PLANTAS NATIVAS Y EXÓTICAS AL  
LADO DE CAMINOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL  
EN EL NORESTE DE MÉXICO**

**POR**

**ING. FÁTIMA ZULEYMA SÁNCHEZ MEDRANO**

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

**LINARES, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**AGOSTO, 2018**

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

DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE PLANTAS NATIVAS Y EXÓTICAS AL  
LADO DE CAMINOS A LO LARGO DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN  
EL NORESTE DE MÉXICO

TESIS

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

Presenta:

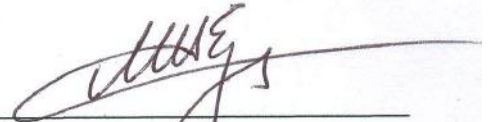
Ing. Fátima Zuleyma Sánchez Medrano

COMITÉ DE TESIS



Dr. A. Eduardo Estrada Castellón

Director de Tesis



Dr. Marco Aurelio González Tagle

Asesor



Dr. José Isidro Uvalle Saucedá

Asesor

José Ramón  
Arévalo

Firmado digitalmente por José  
Ramón Arévalo  
Nombre de reconocimiento (DN):  
cn=José Ramón Arévalo, o=ULL,  
ou=ULL,  
email=jarevalo@ull.edu.es, c=ES  
Fecha: 2018.06.17 23:56:50 +01'00'

Dr. José Ramón Arévalo Sierra

Asesor Externo

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Fátima Zuleyma Sánchez Medrano, estudiante de la carrera Maestro en Ciencias Forestales, con matrícula 1877073 y autor de la presente Tesis manifiesto que:

1. Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
4. Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. Entiendo que la función y alcance de mi comité de asesoría está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente tesis, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente mía.

Atentamente



---

Fátima Zuleyma Sánchez Medrano  
Tesis de Maestría/UANL

## **AGRADECIMIENTOS**

Al lugar donde nacen los sueños, se envuelven con inspiración, se alimentan con el ejemplo y un día se les deja salir a su encuentro con el mundo. Gracias **familia** por cuidar de los míos, defenderlos y sentirlos propios. Por brindarme en exceso ese amor al aprendizaje y a la mejora constante. Por jamás dudar de mi capacidad y siempre estar presentes. Cualquier acontecimiento carecería de sentido sin ustedes.

**Los Amo.**

Agradezco muy especialmente al **Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón** por dirigir este trabajo de tesis, por ser un profesional extraordinario, por mostrarse con esa calidez y gentileza que son parte de su esencia. La confianza y apoyo se presentaron desde el primer día, después arribo la motivación constante y la seguridad de que la amistad perdurara por siempre.

**Dr. Eduardo Alanís Rodríguez**, gracias por todas sus palabras, las cuales tome el atrevimiento de traducir en consejos, los mismos que tendrán eco en el futuro, gracias por el apoyo y la amistad.

Al **Dr. Marco Aurelio González Tagle** por su buena disposición en formar parte del cuerpo del comité, por sus comentarios y revisiones.

**Dr. José Isidro Uvalle Saucedo**, por todas esas charlas tan amenas, el apoyo y la disposición constantes.

Al **Dr. José Ramón Arévalo Sierra** por sus valiosas aportaciones durante toda la investigación que enriquecieron el presente proyecto.

Al Dr. Israel Cantú Silva y Dr. Humberto González Rodríguez por facilitarme los materiales y equipo para los análisis de suelo y salidas a campo.

Dr. Fortunato Garza Ocañas, Dr. Cesar Cantú A. y Dr. Eduardo Treviño G., todas esas palabras que se han mencionado dentro y fuera del aula han sido invaluable para mí, gracias por contribuir en el proceso de seguir soñando, ellas han resultado sumamente motivantes, pero sobre todo, gracias por la amistad.

Al **Dr. Alejandro Collantes Chávez-Costa** quien amablemente me apoyo durante mi movilidad estudiantil y me otorgo todas las facilidades durante la misma. Por la confianza, las ideas compartidas y sobre todo su amistad.

Al personal de la FCF y amigos, por su gran ayuda en campo, laboratorio y su invaluable amistad (**Oscar, Dany, Diego, Mariana, Inés, Amelia, Edmar, Yazmín, Juan, Silvia, Ana Mary**) por pasar tantos buenos momentos en la colecta de información, que me harán recordarlos como parte de una valiosa experiencia.

A esas personas, **amigos de siempre**, que una vez más estuvieron pendientes y participes de diversas maneras, cerca o a la distancia, mi agradecimiento por siempre.

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

A la **Facultad de Ciencias Forestales de la UANL**, a su cuerpo académico y administrativo, por la enseñanza y el apoyo.

A cada persona que me ha acompañado durante la realización de esta tesis, de esta etapa tan breve en mi vida pero duradera en la memoria, a quien me brinda enseñanzas y recuerdos invaluable, a todos y cada uno de ustedes mi mayor agradecimiento.

*“Los hombres como tú no mueren. Sigues dentro de mí, tan real en mi memoria,  
como lo fuiste en vida, cariñoso y amado para siempre.  
Que verde era entonces mi valle.” –John Ford-*

## DEDICATORIA

*De la manera más especial dedico este trabajo de investigación a la vida y en memoria, del guía, maestro, amigo, confidente, compañero de sueños, alma libre, a ese ser maravilloso, a mi amado hermano **Abel** (†), a ti que te encuentras ahí donde la memoria jamás permite que te ausentes. Gracias por estar presente de tantas maneras. Por enseñarme a sonreír aun con lágrimas en los ojos y el corazón.*

**A Dios:** *Por el tiempo y espacio en el que soy consciente de mi existencia. Por sentirme parte de un todo y mantenerme en la búsqueda de dejar un mejor lugar del que he encontrado.*

*A mi madre: **Francisca Medrano Guevara**, quien representa la digna personificación de la abnegación, fuerza y amor. Mi primer maestro en este viaje llamado vida y quien me ha enseñado a jamás dejar de creer en mí. Mami, esta es una más de nuestras metas cumplidas. Tú, esa luz que me guía en las penumbras, la palabra de aliento y el abrazo que me da consuelo.*

*A mi padre: **Noé Sánchez Sandoval**, por el apoyo y la confianza incondicional que me brindas a cada momento. Gracias por ese amor, por mostrarme como se cumple una promesa y saber que aunque caigamos, podemos levantarnos aún más fuertes.*

*A mi hermanita: **Yareli Adriana Sánchez Medrano**, a quien en mi afán de enseñar me muestras que a veces el papel se invierte, gracias por enseñarme a ser fuerte, determinada y valiente. Este trabajo lo dedico a la magia que siempre has compartido conmigo desde el día que te conocí, a tu esencia única y sonrisa chispeante (3/3).*

*A mi primo: **Oscar Omar Santos Sánchez**, te has convertido en una parte fundamental para lograr este sueño, gracias por todos los consejos, apoyo y cariño.*

*Porque en un guiño, el cosmos me ha permitido coincidir con personas extraordinarias, tan valiosas y generosas que han dejado parte de sí mismos en mí, aun continuo extática ante su ocurrencia. A su lado lo imposible se desvanece fácilmente y mi total existencia se transforma.*

***A todos ustedes mi admiración, confianza y amor por siempre.***



## CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	5
2.1. Flora terrestre exótica en México.....	5
2.2. Efecto de perturbaciones antropogénicas en la riqueza de especies exóticas. ....	7
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	10
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	11
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos. ....	11
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	12
6.1. Localización del área de estudio.....	12
6.1.1. Provincias florísticas.....	13
6.1.2. Clima. ....	14
6.1.3. Hidrología.....	15
6.1.4. Edafología. ....	15
6.1.5. Vegetación .....	16
6.2. Diseño de muestreo.....	18
6.3. Muestreo de variables bióticas .....	18
6.4. Muestreo de variables abióticas .....	19
6.4.1. Físicas.....	19
6.4.2. Edáficas .....	20
6.5. Identificación de especies de plantas y su clasificación.....	20
6.6. Análisis estadístico .....	21
6.6.1. Representatividad del muestreo.....	21
6.6.2. Coeficiente de correlación de Spearman .....	21
6.6.3. Prueba de Kruskal-Wallis .....	21
6.7. Análisis de Gradiente.....	21
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
7.1. Representatividad del inventario.....	22
7.2. Diversidad florística .....	22

7.2.1.	Sitios borde .....	23
7.2.2.	Sitios intermedios .....	24
7.2.3.	Sitios interiores.....	25
7.3.	Forma de vida.....	27
7.4.	Estatus.....	28
7.5.	Origen biogeográfico.....	31
7.6.	Análisis de gradiente directo.....	32
7.6.1.	Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA) de especies nativas y exóticas. ....	32
7.6.2.	Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA) de especies exóticas. ....	36
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>42</b>
<b>10.</b>	<b>APÉNDICES</b> .....	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del Coeficiente de Correlación de Spearman y la significancia estadística entre las variables diversidad de especies exóticas y altitud. ....	26
Tabla 2. Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.....	27
Tabla 3. Grupo de especies utilizadas en el análisis de correspondencias canónicas (CCA).....	33
Tabla 4. Variables ambientales incluidas en CCA y significancia. ....	33
Tabla 5. Coordenadas correspondientes a los sitios de muestreo del área de estudio. ....	50
Tabla 6. Lista de especies presentes en los sitios de muestreo .....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización sitios de muestreo en el estado de Nuevo León. ....	12
Figura 2. Provincias florísticas en el estado de Nuevo León. ....	14
Figura 3. Principales tipos de vegetación en el estado de Nuevo León.....	17
Figura 4. Disposición de los 15 cuadrantes a diferentes distancias de la carretera (0,25 y 50m). ....	18
Figura 5. Familias con el mayor número de especies en los sitios de muestreo. ....	23
Figura 6. Diversidad de especies nativas y exóticas en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios borde).....	24
Figura 7. Diversidad de especies nativas y exóticas en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios intermedios).....	25

Figura 8. Diversidad de especies nativas (izquierda) y exóticas (derecha) en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios interiores).....	26
Figura 9. Clasificación de especies de plantas de acuerdo a forma de vida.....	27
Figura 10. Clasificación de especies de plantas de acuerdo al estatus reportado en México. ....	28
Figura 11. Diversidad de especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal en el área de estudio. ....	29
Figura 12. Número de sitios en los que se distribuyen las especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal del área de estudio. ....	30
Figura 13. Familias con mayor número de géneros exóticos presentes en el gradiente altitudinal del área de estudio. ....	31
Figura 14. Origen biogeográfico reportado para las especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal del área de estudio. ....	32
Figura 15. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de especies nativas (color negro) y exóticas (color rojo) con mayor densidad relativa. ....	35

## RESUMEN

En el estudio descrito se seleccionaron 13 sitios de muestreo en cinco carreteras del noreste mexicano (Linares- Monterrey, Linares- Iturbide, Galeana-San Roberto, San Roberto-Matehuala y San Roberto-Saltillo) para conocer la distribución de especies de plantas nativas y exóticas. Se tomaron datos de densidad y se evaluaron 13 variables ambientales textura (% arena, % arcilla y % limo), porcentaje de pedregosidad, altitud, exposición, pendiente, porcentaje de suelo desnudo, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y distancia a la carretera de cada parcela. La composición florística de los sitios de muestreo muestra una diversidad de 61 familias, 163 géneros, 178 especies nativas y 17 corresponden a exóticas, teniendo de esta manera un promedio de una especie exótica en cada sitio de muestreo. La mayor diversidad de especies exóticas pertenece a Poaceae con ocho géneros, misma que ha sido catalogada de acuerdo con Villaseñor y Espinosa-García (2004) la de mayor número de géneros de invasoras en nuestro país, con 74. De acuerdo con el valor de  $p= 0.690$  obtenido en el coeficiente de correlación de Spearman (0.6) se puede determinar que existe relación negativa no significativa entre las variables altitud y presencia de especies exóticas. Así mismo la distribución de exóticas en las diferentes distancias al camino no revela diferencias estadísticas significativas, obteniéndose resultados de un  $p= 0.223$  arrojado por la prueba de Kruskal Wallis. La ordenación mediante análisis de correspondencia canónica (CCA) sugiere que el % arena, pendiente y altitud rigen la composición del conjunto de especies (nativas y exóticas). En el caso particular de plantas exóticas las variables que más influyen en su distribución son altitud, %arcilla y %limo.

## **ABSTRACT**

In the study described, 14 sampling sites were selected on five highways in northeastern Mexico (Linares-Monterrey, Linares-Iturbide, Galeana-San Roberto, San Roberto-Matehuala and San Roberto-Saltillo) to determine the distribution of native plant species and exotic species. Density data were collected and 13 environmental variables (% sand,% clay and% limo), percentage of stoniness, altitude, exposure, slope, percentage of bare soil, percentage of humus, pH, electrical conductivity and distance were evaluated to the road of each plot. The floristic composition of the sampling sites shows a diversity of 61 families, 163 genera, 178 native species and 17 correspond to exotic, having in this way an average of one exotic species at each sampling site. The greatest diversity of exotic species belongs to Poaceae with eight genera, which has been cataloged according to Villaseñor and Espinosa-García (2004), the largest number of invasive genera in our country, with 74. According to the value of  $p = 0.690$  obtained in the Spearman correlation coefficient (0.6), it can be determined that there is a negative relationship between the variables altitude and the presence of exotic species. Likewise, the distribution of the distances on the way to the end, resulting in results  $p = 0.223$  thrown by the Kruskal Wallis test. The ordination by analysis of canonical correspondence (CCA) suggests that the sand, slope and altitude govern the composition of the set of the species (native and exotic). In the particular case of exotic plants, the variables that most influence its distribution are altitude, % clay and% silt.

## 1. INTRODUCCIÓN

La presencia o ausencia de las especies y la forma en que se distribuyen en un espacio geográfico se definen por factores históricos, ecológicos y fisiológicos que varían a lo largo de la distribución, sometiendo a las especies a diferentes condiciones bióticas y abióticas (Maciel-Mata, Manríquez-Morán, Octavio-Aguilar & Sánchez-Rojas, 2015).

Las especies nativas se encuentran de manera natural en una región como resultado de un largo proceso de adaptación a las condiciones ambientales existentes y el desarrollo de complejas interacciones con otras especies mismas que pueden ser las llamadas especies exóticas, procedentes de otras áreas y transportadas por actividades humanas que llegan a establecerse fuera de su área de distribución natural (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010). Una parte de ellas proviene de la dispersión natural, definida como el movimiento o la distancia desde el lugar de origen del organismo hasta su lugar de reproducción (Howard, 1960). La mayor parte de dispersión es de corta distancia y limitada por barreras naturales, de tal forma que pocas veces excede el área de distribución de la especie. Ocasionalmente la dispersión es de largo alcance y resulta en la colonización de nuevas áreas. En la actualidad, la mayor parte del ingreso de especies exóticas resulta de introducciones intencionales o accidentales por parte del hombre (Ojasti, 2001). La introducción de plantas exóticas o especies de plantas nuevas a un área debido a la actividad humana (Richardson et al., 2000) y su diseminación y establecimiento se cree que causa una disminución en la diversidad de especies nativas (Williamson, 1999). En los últimos años, las especies exóticas invasoras se han considerado como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel global, algunas especies pueden alterar los hábitats y ecosistemas, provocando la extinción de muchas especies nativas (Capdevila-Argüelles, Zilletti & Álvarez, 2013).

En México el Sistema Nacional sobre Especies Invasoras de la CONABIO ha identificado de manera preliminar más de 600 especies de plantas exóticas con algún tipo de evidencia de estar presentes, si bien, muchas de estas especies

exóticas se han establecido como malezas en zonas perturbadas otras han logrado invadir comunidades naturales. Dentro de este contexto y aunando el factor antropogénico, las carreteras inciden sobre los ecosistemas a escala global, regional y local (Forman, 1998; Forman & Alexander, 1998; Forman et al. 2002; Havlick, 2002; Noss, 1995; Seiler, 2001; Spellerberg, 1998) son una fuente importante de propágulos de especies exóticas que invaden áreas naturales, especialmente para especies generalistas con ciclos de vida cortos y altas tasas reproductivas (Dietz & Edwards, 2006; Parendes & Jones, 2000; Pauchard & Alaback, 2004). La identificación de los factores que influyen en la distribución de las especies exóticas a través de un paisaje es fundamental para evaluar el grado presente y futuro de las invasiones de plantas y para el desarrollo de programas de erradicación (Alpert, Bone & Holzapfel, 2000; Rejmanek & Pitcairn, 2002; Wace, 1977). Aunque en la actualidad se cuenta con más información sobre las implicaciones de las especies exóticas y con herramientas conceptuales y matemáticas de la naciente especialidad de ecología de invasiones el papel de los bordes de la carretera como corredores y hábitats en la abundancia y composición de conjuntos de plantas nativas y exóticas raras ocasiones se ha evaluado (Pauchard & Alaback, 2004), enmarcado en lo ya citado con anterioridad resulta una premisa el contribuir con información relevante acerca del diversidad actual de dichos grupos en el noreste mexicano a partir del análisis de variables ambientales y antropogénicas.



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Flora terrestre exótica en México

En 2007, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad publicó una lista de 665 especies invasoras en México (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua [IMTA], The Nature Conservancy [TNC], Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], AridAmérica, Grupo de Ecología y Conservación de Islas, A.C [GECI], 2007). De estas, 23 fueron identificadas como prioritarias de acuerdo con tres criterios: a) crecen en ambientes naturales, b) son malezas ambientales nocivas en otros países y c) es viable su erradicación, contención o mitigación (CONABIO, AridAmérica, GECI & TNC, 2006). En lo que respecta a plantas fanerógamas, Villaseñor y Espinosa-García (2004) publicaron una lista de 618 especies exóticas presentes en el país. Señalan que la proporción de estas especies (2.7%) es baja si se compara con la gran riqueza de especies nativas (22 968), y en coincidencia con escalas espaciales menores (Van Devender, Felger & Búrquez, 1997). Sin embargo, el listado nacional únicamente incluye registros de plantas exóticas en zonas no perturbadas, por lo que especies registradas como introducidas o cultivadas, pero sin evidencia de haber escapado a hábitats naturales, no son consideradas. Esto, aunado a la creciente actividad comercial y turística y a estrategias de prevención inadecuadas, indica que el número de plantas exóticas establecidas en los ecosistemas naturales del país crece cada año. En las zonas más pobladas la tasa de introducción es mayor. Espinosa-García, Villaseñor y Vibrans, (2004) encontraron una correlación positiva entre el tamaño de la población humana o del disturbio causado por humanos y el número de especies de plantas exóticas. Un caso notable en México es el del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*), una especie originaria del sureste de Asia y del este de África que es usada como forraje en muchos países (Sanderson, Voigt & Jones, 1999). Durante las décadas de los treinta y cuarenta fue introducido en Estados Unidos y México para mejorar los forrajes de las zonas de pastoreo. En poco tiempo, los pastos buffel se dispersaron de forma inusitada y ahora cubren más de un millón de hectáreas, tan solo en Sonora (Van Devender et al. 1997; Arriaga, Aguilar & Alcocer-Durán,

2000). Estos pastizales representan una amenaza para la biodiversidad debido a que son promovidos a partir de la remoción de la cubierta vegetal original y a que invaden y transforman hábitats naturales (Búrquez, Millar & Martínez-Yrizar, 2002; Arriaga, Castellanos, Moreno & Alarcón, 2004). Vibrans, García-Moya, Clayton y Sánchez-Ken (2014) encontraron poblaciones grandes de *Hyparrhenia cymbaria* y *Hyparrhenia variabilis* en el centro de Jalisco, noreste de Michoacán, Morelos y México. Ambas especies son pastos de la sabana africana con taxonomías complejas, sin embargo, no se habían reportado para América. Se encontró que las especies crecen en los campos de maíz y sorgo, así como en los caminos y en los campos viejos, pero siempre asociadas con el cultivo presente o pasado de sorgo; esto sugiere la introducción a través de material de semilla contaminada de África. Debido al tamaño y la densidad de las poblaciones, y su ecología nativa, ambas pueden ser consideradas como plagas agrícolas, así como potencialmente peligrosos invasores para los pastizales americanos subtropicales y matorrales nativos.

El género *Tamarix*, que incluye árboles y arbustos introducidos del este de Europa (Gaskin & Schaal 2002), se ha usado por décadas para la fijación de dunas, formación de barreras rompevientos y reforestación de hábitats áridos y semisalinos. Ampliamente distribuido en las zonas templadas del país, incluyendo áreas naturales, este género está incrementando la salinidad del suelo debido a que absorbe sales de las capas profundas. Además, tiene efectos alelopáticos y tiende al crecimiento malezoide dado que también se propaga vegetativamente a partir de raíces. Además, es capaz de invadir ambientes diversos provocando decrementos importantes en la diversidad de los bosques riparios (Zimmerman, 1997). Mack et al. (2000), entre otros, señalan una opción a la erradicación llana: una estrategia de manejo del ecosistema a largo plazo. En el mismo sentido, Nagler et al. (2005) sugieren como una opción viable la restauración pasiva ante la invasión de *Tamarix*, más que la erradicación de esta invasora.

En las costas del país, el mal llamado pino de mar o pino salado (*Casuarina* spp.) está causando problemas muy serios en los humedales y manglares. El género *Casuarina* es originario de Oceanía y Asia. Varias especies de *Casuarina* fueron introducidas con fines de aprovechamiento, pero el proyecto se abandonó muy pronto. Se encontró que la madera es quebradiza y muy susceptible a las termitas. La pulpa para papel es de baja calidad y por su concentración de taninos es poco recomendable para forraje (Morton, 1980). Actualmente hay poblaciones densas de casuarinas en las costas del Golfo de México y el Mar Caribe, así como en algunos puntos aislados continentales.

## 2.2. Efecto de perturbaciones antropogénicas en la riqueza de especies exóticas.

Se ha sugerido que la riqueza de especies de plantas nativas y exóticas aumenta con niveles moderados de las perturbaciones naturales y/o antropogénicas, junto con los altos niveles de hábitat y la heterogeneidad estructural en las zonas urbanas, fluviales y ecosistemas rurales de pequeña escala (Deuschewitz, Lausch, Kühn & Klotz, 2003).

Se han encontrado distancias de afección variable sobre la vegetación desde pocos metros hasta varios centenares en distintos hábitats. Como ejemplos extremos, las alteraciones hidrológicas a la vegetación y la invasión por especies exóticas puede penetrar más de 2 kilómetros en el hábitat nativo (Forman, 1998). Otros efectos se propagan hasta distancias notables afectando a la composición de especies arbóreas (140m), la mortalidad de árboles (125 m), la densidad de pies arbóreos (120 m), la densidad del sotobosque (65 m), la cobertura de la bóveda (60 m), o la composición y abundancia líquénica (50 m) (Chen et al. 1991; Essen & Renhorn, 1998; Laurance, 1991; Young & Mitchell, 1994).

Arévalo et al. (2005) Estudió la variación en la riqueza de especies de plantas, en particular de la flora exótica a lo largo de un gradiente altitudinal en relación con la variación de los factores de hábitat en dos caminos respecto a un

gradiente altitudinal en Gran Canaria y Tenerife (España). Los autores señalan que la altitud fue el factor más importante que determinó la riqueza de especies y composición a lo largo de dos transectos al borde de la carretera. Las plantas invasoras mostraron un patrón de distribución unimodal a lo largo del gradiente altitudinal, con menos especies y menos abundancia en altitudes bajas y altas, así como una mayor abundancia en la altitud intermedia. Tanto especies nativas, no endémicas y exóticas mostraron diferencias en su distribución a lo largo de un gradiente altitudinal de acuerdo con sus afinidades biogeográficas y tolerancias climáticas.

Arévalo, Delgado y Fernández-Palacios, (2008) estudiaron los efectos de la carretera sobre la vegetación en el bosque relicto de laurel de Tenerife (España) por medio de la evaluación de los efectos de borde sobre la riqueza de especies de plantas, composición y producción de hojarasca. Se encontró que los efectos de corredores antropogénicos sobre la vegetación diferían entre las carreteras pavimentadas y caminos sin pavimentar. Especies oportunistas (intolerantes a la sombra) dominaban en los bordes de carreteras, pero la composición difería entre todos los sitios. Sus resultados revelaron la convergencia en la composición de especies a lo largo del gradiente de pasillo interior. Los efectos de borde sobre la vegetación fueron detectables sólo dentro de los primeros 10 m hacia el interior. Esto sugiere que los efectos principales de los caminos y senderos en la riqueza de especies se limitan al borde inmediato, de igual forma, la hojarasca a lo largo de los bordes de la carretera era la mitad a la del interior.

Arteaga, Delgado, Fernández-Palacios y Arévalo (2009) estudiaron la riqueza, composición y distribución de las plantas exóticas y las compararon con las especies nativas a lo largo de las carreteras en Tenerife (Islas Canarias). Se evaluaron los efectos de exposición, altitud, distancia a los núcleos urbanos, entre otros. Se utilizaron modelos de regresión, análisis de varianza, y métodos de ordenación multivariada. Los autores concluyeron que la riqueza tanto de especies endémicas y nativas no endémicas se explica por la elevación, pendiente del borde y la cubierta del suelo rocoso. Se encontró una zonificación

altitudinal clara por su origen biogeográfico de especies nativas y exóticas no endémicas y la distribución altitudinal de las exóticas siguió la misma zonificación que la de las nativas. Diferentes variables explicaron los patrones de distribución de las especies nativas endémicas y exóticas aunado con la exposición de sotavento y barlovento.

Arévalo et al. (2010) registraron la composición de especies de plantas vasculares en las comunidades de carretera a lo largo de un gradiente altitudinal utilizando parcelas al lado de la carretera y dos distancias de la carretera (0-50 y 50-100 m). Sus resultados revelaron que cuando las especies exóticas fueron más abundantes en el borde de la carretera, pueden crear un efecto de homogeneización florística. A una distancia mayor a 50 m de la carretera, donde las especies exóticas son menos frecuentes, este efecto desaparece, lo que indica que se trata de un fenómeno local, estrechamente relacionado con el medio ambiente en carreteras altamente perturbadas. La homogeneización florística parece ser más importante en las zonas altas (> 1000 m).

Dyakov (2016) describe el patrón de invasión de la vegetación en los Alpes, encontró que los tipos de vegetación más invadidos se dan en elevaciones bajas, en bosques mixtos de roble, matorrales xerófilos y plantaciones de pino. Las comunidades abiertas subalpinas están relativamente libres de invasión. La riqueza de especies exóticas es más alta en hábitats xerófilos y elevaciones más bajas así como en la región métrica, en elevaciones más altas. Los bosques de hayas, comunes en los ambientes húmedos, en elevaciones bajas o medias están casi libres de la invasión. Los factores principales que impulsan procesos de invasión en el contexto de gradientes ambientales locales son la elevación, humedad del hábitat y pendiente, aunado a los disturbios antropogénicos y naturales.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El movimiento de especies fuera de su área de distribución natural constituye un componente significativo de los cambios globales inducidos por actividades humanas. Su impacto es comparable a la sobreexplotación de poblaciones silvestres, la alteración de ciclos biogeoquímicos, el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases causantes del efecto invernadero y las modificaciones de la cobertura vegetal resultantes de cambios en el uso de la tierra (Vitousek, 1994; Vitousek, D'antonio, Loope, Rejmanek & Westbrooks, 1997). A través de la historia el hombre ha contribuido al traslado de especies de plantas exóticas de un lado a otro del planeta. La introducción de plantas exóticas o especies de plantas nuevas a un área debido a la actividad humana (Richardson et al., 2000), su diseminación y establecimiento se cree que causa una disminución en la diversidad de especies nativas (Williamson, 1999). Con base a conclusiones de diversas investigaciones (Parendes & Jones, 2000; Pauchard & Alaback, 2004; Dietz & Edwards, 2006) se ha manifestado que las carreteras se consolidan como una fuente importante para la propagación especies exóticas que invaden áreas por efecto de las invasiones biológicas ocupa el segundo lugar, misma que se puede dar en base a las características que presentan algunas especies exóticas las cuales son generalistas, con ciclos de vida cortos y altas tasas reproductivas. En la presente investigación se llevó a cabo la identificación de especies exóticas a lado de caminos en un gradiente altitudinal en el noreste mexicano, para determinar el grado de presencia, su distribución y el análisis de los factores que influyen en esta. Dichos resultados muestran una línea base importante y necesaria en la toma de decisiones futuras.

#### **4. HIPÓTESIS**

- Variables físicas y edáficas pueden explicar de manera significativa la distribución y abundancia de especies exóticas en el noreste de México.
- Existen diferencias en la distribución de especies exóticas respecto a la distancia de separación con los principales caminos.

#### **5. OBJETIVOS**

##### 5.1. General.

- Determinar las principales variables ambientales que influyen en la diversidad y variación de plantas nativas y exóticas en un gradiente altitudinal, así como la presencia y distribución de especies exóticas a diferentes distancias al borde de las carreteras en el noreste de México.

##### 5.2. Específicos.

- Determinar la diversidad y variación en la riqueza de especies de plantas nativas y exóticas a lo largo de un gradiente altitudinal.
- Clasificar las especies de plantas en función de su forma de vida, estatus y origen biogeográfico.
- Determinar la distribución de especies exóticas a diferentes distancias de las principales carreteras en el noreste mexicano.
- Realizar un análisis de gradiente directo, para examinar la variación en la composición de especies a lo largo del gradiente altitudinal en función de las características ambientales.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Localización del área de estudio

El estudio reúne la información recabada en carreteras selectas en el estado de Nuevo León, el cual está localizado al noreste de la República Mexicana, entre los  $23^{\circ}10'27''$  y  $27^{\circ}46'06''$  de latitud norte y  $98^{\circ}26'24''$  y  $101^{\circ}13'55''$  de longitud oeste, el cual tiene 64,555 km<sup>2</sup> de superficie y está dentro de la gran zona árida del desierto de Chihuahua. (INEGI, 2005). Los sitios de muestreo se muestran en la figura 1.

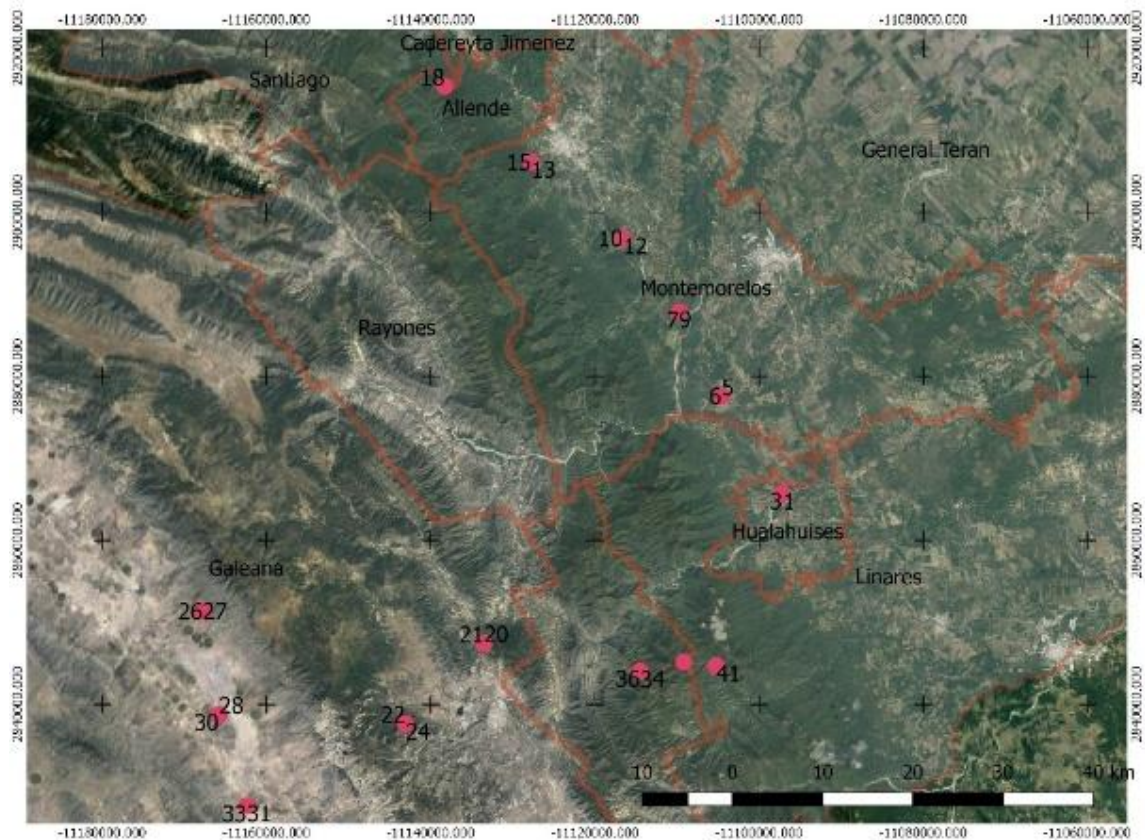


Figura 1. Localización sitios de muestreo en el estado de Nuevo León.



### 6.1.1. Provincias florísticas

En el estado de Nuevo León se presentan tres zonas florísticas bien definidas (Rzedowski & Reyna, 1990) (figura 2):

#### a) Planicie Costera del Golfo

Ocupa la porción norte, noreste y centro del estado, se presentan elevaciones desde los 50 a los 250 msnm, su topografía es de forma general plana, a excepción de algunos cerros y lomeríos de poca altitud, es en esta zona donde se localizan los principales ríos del estado, los cuales fluyen hacia el este en dirección al Golfo de México. Geológicamente hablando esta región se constituye por sedimentos de la era Cenozoica del periodo Terciario.

#### b) Sierra Madre Oriental

Esta zona cruza el estado de sureste al noroeste, con algunas secciones que pueden considerarse islas geográficas, como es el caso de la Sierra Picachos y la Sierra Papagayos. Está compuesta de terrenos muy accidentados que forman pliegues paralelos y que alcanzan un promedio de 2,000 msnm, es en esta provincia donde se localizan los picos más altos, entre los cuales están el Cerro El Potosí, La Ascensión y San Antonio Peña Nevada todos con cerca de 4,000 msnm.

#### c) Altiplano Mexicano

Está localizada en la sección sur suroeste del estado, está compuesta de terrenos planos y algunas elevaciones montañosas aisladas y lomeríos suaves, su altura varía entre los 1,500 y 2,000 msnm.

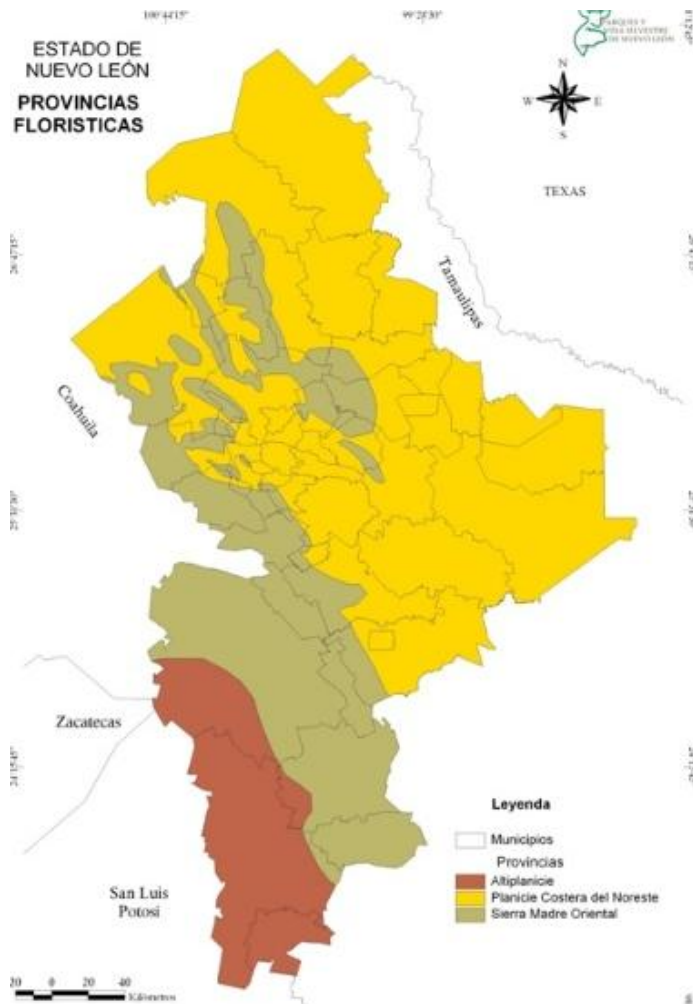


Figura 2. Provincias florísticas en el estado de Nuevo León.

### 6.1.2. Clima.

En el estado predominan los climas tipo B caliente y seco de la clasificación de Koeppen (1948), Bw árido o muy seco, y Bs semiárido o seco. También se presentan otros tipos de clima, los cuales tienen una menor ocurrencia o dominancia, entre estos podemos encontrar el semicálido (A) C y el templado subhúmedo C (W) mientras que en las partes con altitudes arriba de los 3000 msnm en la Sierra Madre Oriental se pueden observar climas tipo alpino y subalpino de manera muy restringida como es el caso de San Antonio Peña

Nevada y EL Cerro del Potosí en los municipios de Gral. Zaragoza y Galeana respectivamente (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 1986). El régimen de precipitación pluvial muestra una gran variación, en las zonas más secas localizadas la Planicie Costera del Golfo y el Altiplano mexicano la precipitación puede llegar a ser menor a los 200 mm anuales; en contraste, la zona con mayor precipitación y humedad se localiza en la vertiente este de la Sierra Madre Oriental con valores de entre 600 y 900 mm anuales. De manera esporádica se presentan eventos como huracanes o tornados, mientras que heladas, granizadas y nevadas se registran casi de manera exclusiva a la Sierra Madre Oriental y afectan zonas muy restringidas en esta zona (INEGI,1986).

#### 6.1.3. Hidrología

El estado presenta dos cuencas principales en lo que se refiere a la hidrología superficial, una localizada al Norte denominada Cuenca del Río Bravo y otra al sur también conocida como Cuenca del Golfo de México. Entre los principales ríos del Estado se encuentran el Río Salado, Río Salinas, Río San Juan, Río Pílon, Río Pesquería, Río Conchos, Río Blanco (INEGI, 1986).

#### 6.1.4. Edafología.

Debido a la naturaleza mayormente sedimentaria del Estado y a la predominancia de rocas como las calizas y lutitas, los suelos presentan marcada tendencia arcillosa y calcárea, su principal forma de origen es aluvial, es decir, por arrastre de materiales por agua. Se reconocen algunas zonas muy localizadas donde los suelos se han originado por el intemperismo de rocas ígneas. De acuerdo a la clasificación internacional, los suelos que predominan en Nuevo León, son los litosoles, presentes en gran medida en la Sierra Madre Oriental mezclado en ciertas zonas con rendzinas, por otra parte se presenta una mayor diversidad de suelos en la Planicie Costera del Golfo y el Altiplano Mexicano entre los que destacan los castaños o chesnut, los de desierto y semidesierto, grises o xerozem y suelos negros o chernozem (INEGI, 1986).

### 6.1.5. Vegetación

Los tipos de vegetación presentes en Nuevo León han sido tratados en las publicaciones de Miranda y Hernández (1963), Rojas (1965), Rzedowski (1978), Alanís (1996) y Estrada et al. (2012, 2015).

A continuación se sintetiza la distribución de los tipos generales de vegetación y se ilustran en la figura 3:

- **Bosques:** se presenta en lugares con clima templado y húmedo a partir de los 900 o 1,000 msnm. Se trata de comunidades con árboles de hasta 30 m de alto, en los municipios de Santa Catarina, Monterrey, San Pedro Garza García, Santiago, Montemorelos, Allende, Linares, Rayones, Iturbide, Galeana, Aramberri y Zaragoza.
- **Matorral:** predomina en el estado cubriendo 55.2 % de la superficie de éste. Se pueden encontrar diferentes subtipos como el Matorral Submontano, Matorral Espinoso, Mezquital, Matorral Desértico (Micrófilo y Rosetófilo). En éstos las asteráceas están bien representadas, así como las leguminosas, gramíneas y cactáceas.
- **Chaparral:** se presenta en forma de pequeños manchones y en su conjunto no cubren mucha superficie. Comprende matorral perenne y arbustivo más o menos 27 caducifolio, comúnmente de cobertura densa y no muy alta. Prosperan sobre suelos someros y pedregosos de laderas de cerros.
- **Pastizales:** se caracterizan porque sobresalen herbáceas graminoides con hojas delgadas y alargadas, aunque pueden combinarse en algunas otras con especies de las familias Asteraceae, Fabaceae y Chenopodiaceae. Los pastizales clímax naturales ocupan áreas reducidas en espacios abiertos dentro de los matorrales desérticos así como en situaciones edáficas específicas en lugares con mal drenaje, inundables o con excesivas sales o existencia de yeso.

- Vegetación de Galería: se encuentra estrechamente ligada a la formación orográfica de la Sierra Madre Oriental como una gran cuenca de captación con sus afluentes de ríos y arroyos, agrupa tanto a la vegetación arbórea como a la arbustiva que se encuentra en las riberas de las corrientes de agua en los municipios de Linares, Montemorelos, Allende, General Terán, Cadereyta Jiménez, Santiago, Monterrey, Guadalupe, Sabinas, Cerralvo, Lampazos y Bustamante.

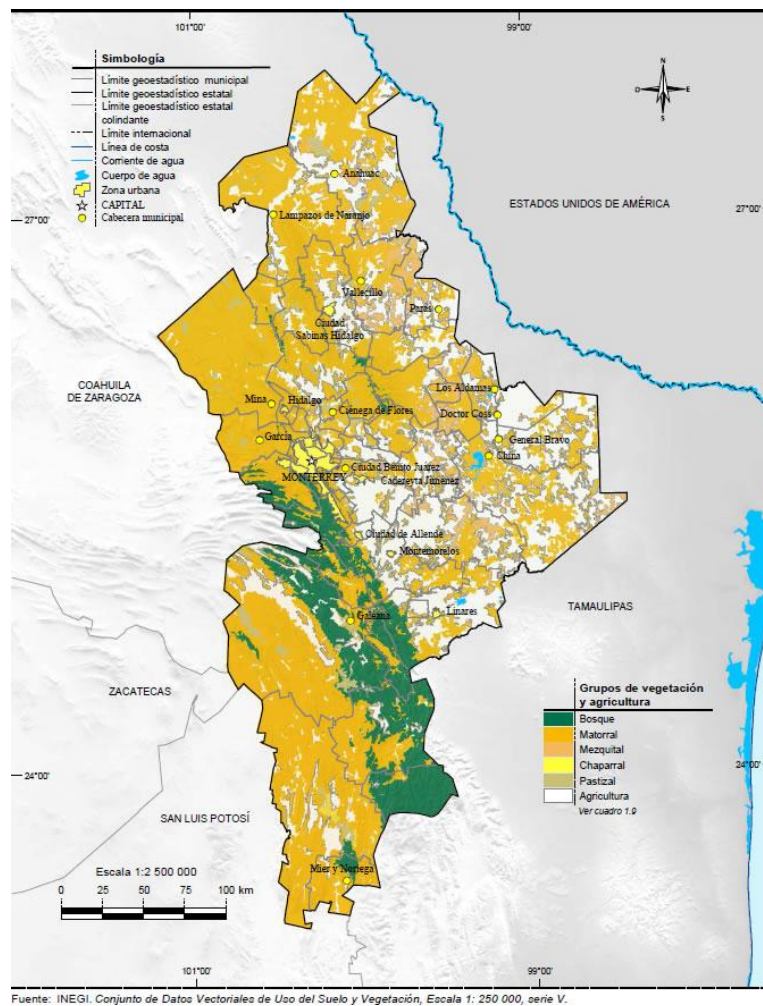


Figura 3. Principales tipos de vegetación en el estado de Nuevo León.

## 6.2. Diseño de muestreo

Se realizaron 13 muestreos de vegetación separados entre 10 y 15 km de distancia. En cada sitio se dispusieron 15 cuadrantes de 2 x 5 m, cinco cuadrantes en el borde de la carretera, cinco cuadrantes a 25 m de distancia de la carretera, y otros cinco cuadrantes se dispusieron a 50 m de la carretera (modificado de Arévalo et al., 2009) (figura 4). Para un total de 39 puntos de muestreo en el apéndice 1 se muestran las coordenadas de cada uno de ellos.

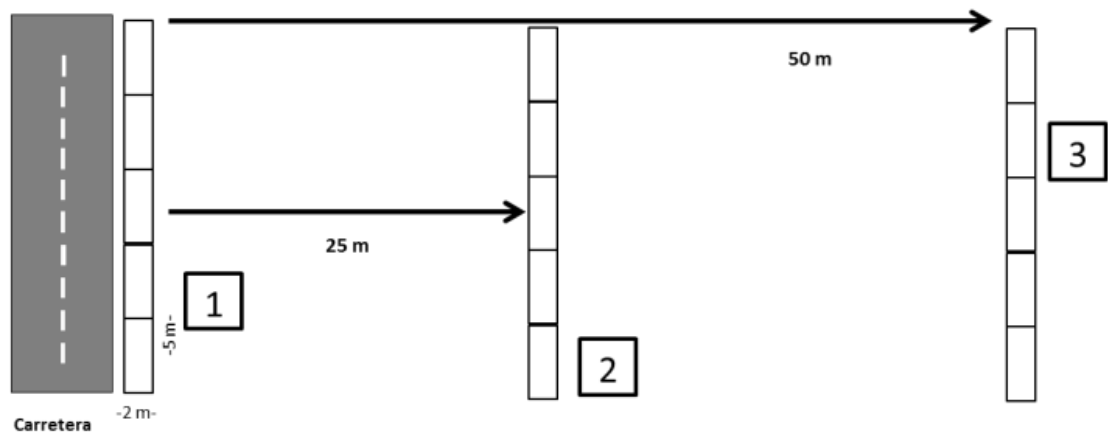


Figura 4. Disposición de los 15 cuadrantes a diferentes distancias de la carretera (0,25 y 50m).

## 6.3. Muestreo de variables bióticas

El muestreo de vegetación se realizó en cada uno de los 39 sitios, enfocándose en densidad, cobertura y en su identificación botánica, se cuantificaron todos los individuos de cada especie de planta herbáceas, arbustivas y arbóreas.

La cobertura se refiere a la proyección vertical de la vegetación sobre el suelo y la densidad es el número de individuos de una especie por unidad de área, la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci & Colma, 1982), es usada con especies que crecen vegetativamente, como por ejemplo pastos y algunos arbustos. La cobertura fue obtenida en metros cuadrados.

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

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right) * 100$$

$$i = 1 \dots n$$

Donde:

DiR = Densidad relativa de la especie i respecto a la densidad total

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

#### 6.4. Muestreo de variables abióticas

##### 6.4.1. Físicas

Por medio del establecimiento de cada una de las parcelas de un metro cuadrado con cinco repeticiones distribuidas dentro de cada sitio de muestreo se promedió el porcentaje de pedregosidad y contenido de materia orgánica.

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

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

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

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

La distancia a la carretera de cada sitio de muestreo se cuantificó con la ayuda de cintas métricas de 50m.

#### 6.4.2. Edáficas

En el centro de cada sitio de muestreo se obtuvo una muestra de aproximadamente 1 kg de suelo entre los 0 y 20 cm de profundidad. La muestra de suelo fue analizada en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde se utilizaron las metodologías del manual “Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas” (Woermer, 1989) y las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, para determinar las variables edafológicas; arena (%), limo (%), arcilla (%), pH y conductividad eléctrica.

#### 6.5. Identificación de especies de plantas y su clasificación

Se colectaron muestras botánicas para la correcta identificación de la especie, estas muestras fueron identificadas con base en bibliografía especializada en flora de la región, monografías para cada género y bancos de información científica consultada en forma electrónica. Se clasificarán los taxones según su forma de vida, estatus y origen biogeográfico. Se logró la distinción de las especies bajo la siguiente categorización; (1) nativas y (2) exóticas, independientemente de su comportamiento invasivo. Para llevar a cabo la clasificación de los taxones se hizo uso de las listas publicadas por la CONABIO, UNIBIO, estudios regionales y la base de datos de la USDA y TROPICOS. Se determinó el taxón al que pertenecen para realizar un análisis de la diversidad de familias y géneros.



## 6.6. Análisis estadístico

### 6.6.1. Representatividad del muestreo

Para conocer la representatividad del muestreo se utilizaron los estadísticos no paramétricos Chao 1 y Jackknife 1 (Magurran, 2004), mediante el programa EstimateS 8.2.

### 6.6.2. Coeficiente de correlación de Spearman

Se realizó una prueba de normalidad a los datos (programa SPSS STATISTICS 23 ®) para conocer la distribución de éstos, la cual mostró que los datos no tenían una distribución normal, por lo que se eligió trabajar con el coeficiente de correlación de Spearman para medir la relación entre altitud y presencia de especies exóticas.

### 6.6.3. Prueba de Kruskal-Wallis

Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, para determinar si existían diferencias en la presencia de especies exóticas a lo largo del gradiente altitudinal así como a las diferentes distancias de la carretera. Estas pruebas estadísticas se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS ®.

## 6.7. Análisis de Gradiente

Según Ter Braak y Prentice (1988), recogido también por Okland (1990) y Jongman, Ter Braak, y Tongeren, (1987), la expresión análisis de gradiente hace referencia a técnicas que permiten la interpretación de las comunidades en términos de la respuesta de las especies a los gradientes ambientales, entendiendo esta respuesta en un sentido muy amplio. Se utilizó el análisis de Correspondencia Canónica versión 4.5 (Ter Braak & Šmilauer, 2002) con lo cual

se pudo examinar la distribución y relaciones entre especies así como factores edáficos y altitudinales (Ter Braak, 1986, 1987).

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

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

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Representatividad del inventario

La representatividad del inventario realizado en los 39 sitios se encuentra entre un 73.26% y un 90.2% de acuerdo a los resultados mostrados por los estadísticos de los modelos no paramétricos Jackknife 1 y Chao 1 (Magurran, 2004). La tabla anexa las coordenadas de los sitios de muestreo.

### 7.2. Diversidad florística

La cota altitudinal muestreada partió de los 413 msnm en la carretera Linares-Monterrey hasta 1934 msnm en la carretera Saltillo-Matehuala.

Los muestreos de vegetación evidencian la presencia de 195 especies (Apéndice 2), 163 géneros entre los que destacan el género *Croton* con cuatro especies, *Acacia* con tres al igual que *Celtis* y *Parthenium*. Los restantes 159 géneros presentan entre una y dos especies. Todos ellos se encuentran distribuidos dentro de 61 familias. Doce familias representan el 63% siendo Asteraceae

(17.4%), Fabaceae (11.8%), Euphorbiaceae (7.2%) y Poaceae (5.6%) las de mayor presencia, el restante 37% lo representan 49 familias (Figura 5).

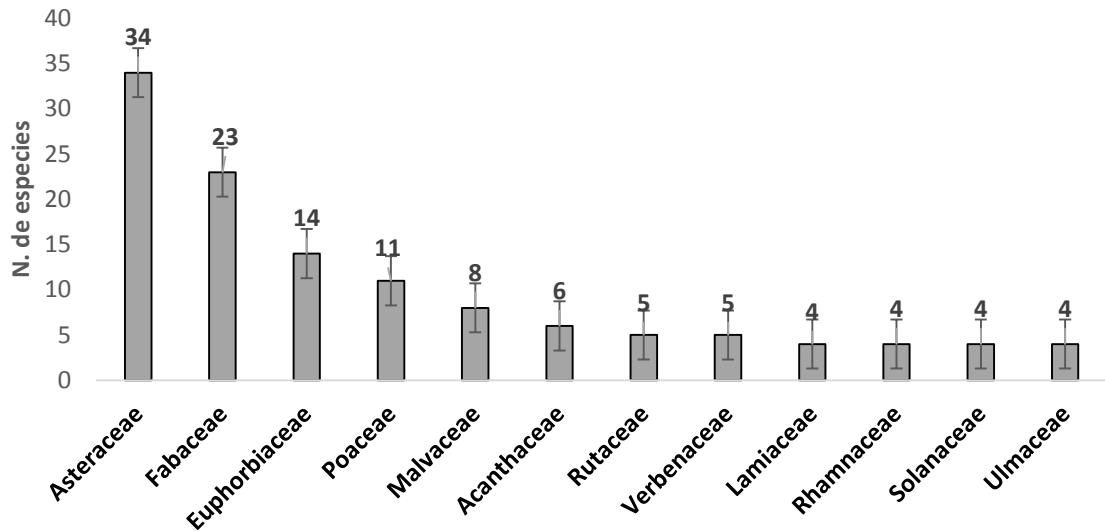


Figura 5. Familias con el mayor número de especies en los sitios de muestreo.

### 7.2.1. Sitios borde

El promedio de especies en los sitios borde corresponde a 17 especies nativas y dos especies exóticas. De manera general los sitios borde presentaron la mayor diversidad de especies nativas y exóticas. Esto puede ser atribuible a que la mayor cantidad de especies de porte herbáceo se encuentran adyacentes a la carretera y su presencia disminuye conforme más cerrado es el dosel. En 11 de los 13 sitios se contó con la presencia de especies exóticas con excepción de los sitios ubicados a los 1597 y 1914 msnm. Se observó que conforme la altitud aumentaba la presencia de exóticas en el borde la carretera disminuía. La diversidad más alta de especies nativas se obtuvo en un “sitio borde”, a una altitud de 413 msnm sobre la carretera Linares-Monterrey con un total de 28 especies, de forma paralela, fue en el mismo sitio de muestreo donde se obtuvo el mayor número de incidencia de especies exóticas con seis. Seguido de este

sitio, se encontró que a los 447.6 msnm y 1058 msnm, la diversidad de especies nativas disminuyó a 25, mientras que las exóticas contabilizaron una y dos especies presentes respectivamente. Cinco especies exóticas fueron registradas a 510 msnm frente a 13 nativas, lo cual representa que casi un tercio (27.8%) de las especies presentes son de origen exótico. La menor diversidad de especies nativas se encontró a los 1915 msnm con solo ocho especies nativas y dos de origen exótico (Figura 6).

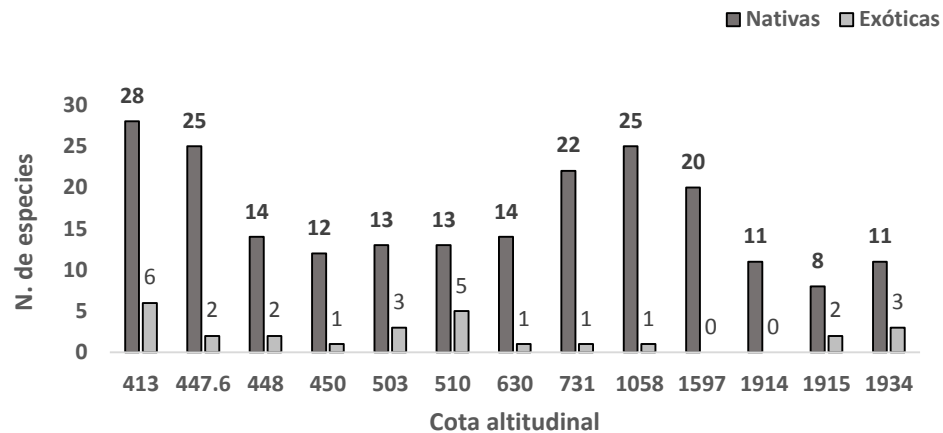


Figura 6. Diversidad de especies nativas y exóticas en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios borde).

### 7.2.2. Sitios intermedios

Aquellos sitios con un distanciamiento de 25 m de las carreteras principales cuentan con un promedio de 14 especies nativas y una especie exótica por sitio. Únicamente seis de los trece sitios contaron con presencia de exóticas y siete de ellos carecen de la presencia de estas. El mayor número de exóticas se encontró a 441.5, 1036 y 1915 msnm. La mayor diversidad de especies nativas se encontró por debajo de los 1000 msnm, siendo los 640 msnm donde se obtuvo la mayor representación de nativas con 24 especies y ausencia de exóticas (Figura 7).

Respecto a los sitios borde se pudo observar que la media tanto de especies nativas y exóticas disminuyó al igual que la frecuencia de especies exóticas.

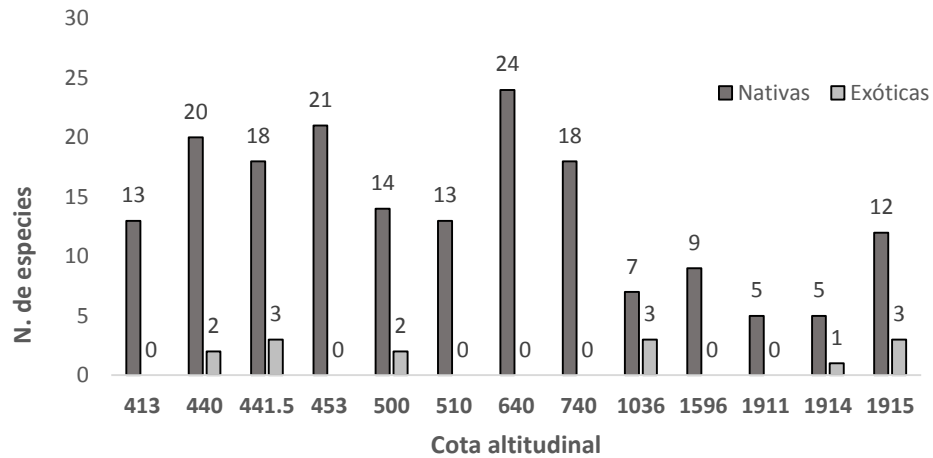


Figura 7. Diversidad de especies nativas y exóticas en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios intermedios).

### 7.2.3. Sitios interiores

A 50m de distancia la media de especies nativas se sitúa en trece, mientras que para especies exóticas es de una especie por sitio. El patrón de disminución de diversidad de especies nativas conforme aumenta la cota altitudinal se repitió al igual que en los sitios con distanciamiento de 25m de la carretera. Especies de origen exótico estuvieron presentes en nueve de los trece sitios totales, con mayor diversidad a los 1044msnm con la presencia de tres especies. Fue en las altitudes por debajo de los 628 msnm donde contaron con menor presencia (Figura 8).

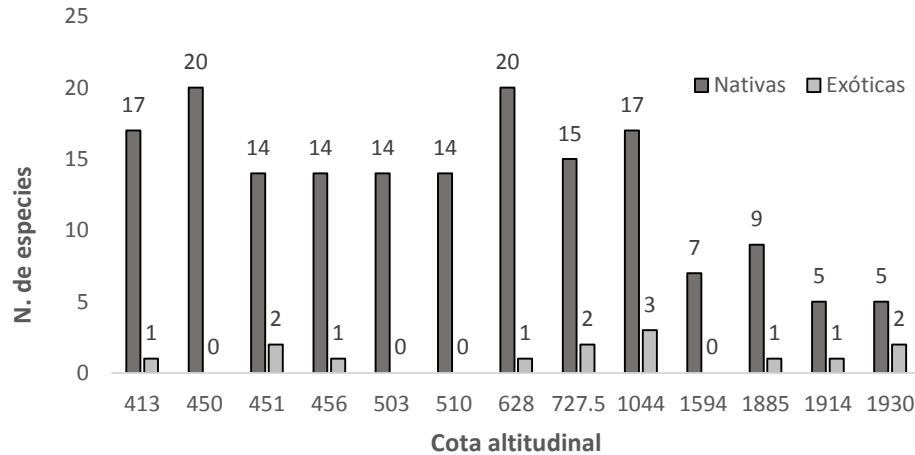


Figura 8. Diversidad de especies nativas (izquierda) y exóticas (derecha) en los diferentes niveles altitudinales del área de estudio (sitios interiores).

De acuerdo con el valor de  $p= 0.690$  obtenido en el coeficiente de correlación de Spearman (0.6) se puede determinar que existe relación negativa no significativa entre las variables altitud y presencia de especies exóticas (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del Coeficiente de Correlación de Spearman y la significancia estadística entre las variables diversidad de especies exóticas y altitud.

		ALT	Exóticas
<b>Rho de Spearman</b>	ALT	Coeficiente de correlación	1.000
		Sig. (bilateral)	.
		N	39
	Exóticas	Coeficiente de correlación	-.066
		Sig. (bilateral)	.690
		N	39

Los resultados obtenidos por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Tabla 2) respecto a la distribución de especies exóticas en las diferentes distancias no

revelaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ), obteniéndose un valor de  $p = 0.223$ .

Tabla 2. Resultados de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis

Rangos			Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>		
	Distancia	N	Rango promedio		Especies exóticas
Especies exóticas	Borde	11	14.50	Chi-cuadrado	3.000
	Intermedio	6	16.50	gl	2
	Interior	9	10.28	Sig. asintótica	.223
	Total	26		<b>a. Prueba de Kruskal Wallis</b>	
				b. Variable de agrupación: Distancia	

### 7.3. Forma de vida

La forma de vida en la que se clasificaron las especies corresponde a 102 especies herbáceas (52.31%), 19 herbáceas/arbustivas (9.74%), 42 arbustivas (21.54%), 18 arbustiva/arbórea (9.23%), 12 de porte arbóreo (6.15%) y dos suculentas (1.03%) (Figura 9).

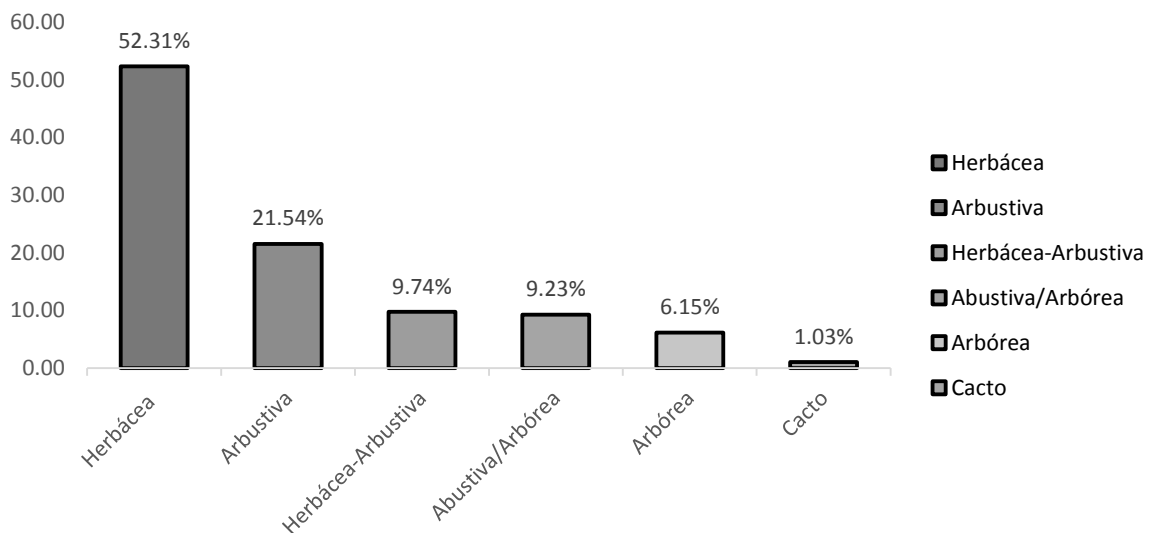


Figura 9. Clasificación de especies de plantas de acuerdo a forma de vida.

#### 7.4. Estatus

Un estudio realizado por Villaseñor et al. (2004) reporta 618 especies de plantas no nativas o exóticas presentes en el país. Estos autores señalan que, a pesar de que las especies exóticas representan apenas 2.7% en contraste con las especies registradas de la flora nativa nacional, existe una clara subestimación, ya que estas evaluaciones se realizan sólo en ambientes bien conservados, por lo cual no se considera a las especies introducidas o cultivadas, que existen en el país pero no necesariamente invaden los ambientes mejor conservados, que tienen mayor resiliencia (MEA, 2005). En el estudio presente las especies nativas constituyen el 91.33% con 178 especies de un total de 195 especies registradas, el restante 8.67% son las 17 especies de origen exótico (Figura 10).

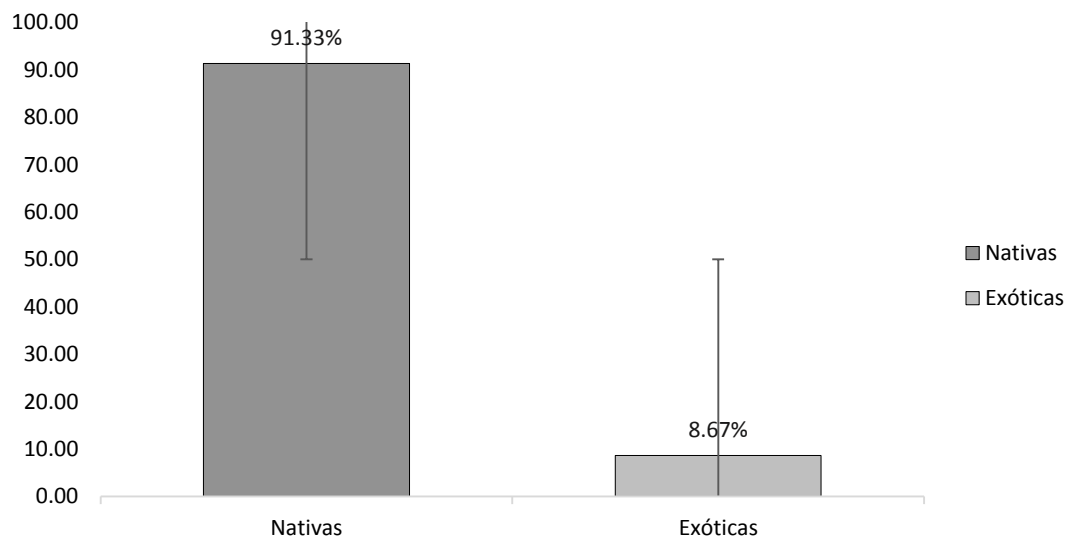


Figura 10. Clasificación de especies de plantas de acuerdo al estatus reportado en México.

La diversidad de especies exóticas está representada por *Anagallis arvensis* L., *Asphodelus fistulosus* L., *Cenchrus ciliaris* L., *Centaurea melitensis* L., *Citrus sinensis* L., *Cynodon dactylon* L., *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf. *Eleusine indica* (L.) Gaertn. *Juglans regia* (L.), *Melilotus indica* (L.), *Melinis repens* (Willd.) Zizka, *Panicum maximum* Jacq., *Ricinus communis* L., *Salsola tragus* L., *Sonchus oleraceus* L., *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg., y *Triticum*



*aestivum* L. Las especies con mayor densidad relativa aun por encima de muchas especies nativas son las pertenecientes a la familia Poaceae (*Cenchrus ciliaris* L., *Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapf., y *Panicum maximum* Jacq).

La especie que mayor densidad mostro en los sitios de muestreo fue *Cenchrus ciliaris*, seguida de *Dichanthium annulatum* y *Panicum maximum*, en cuanto a especies como *Anagalis arvensis*, *Sonchus oleraceus* y *Triticum officinale* su densidad fue mínima (Figura 11).

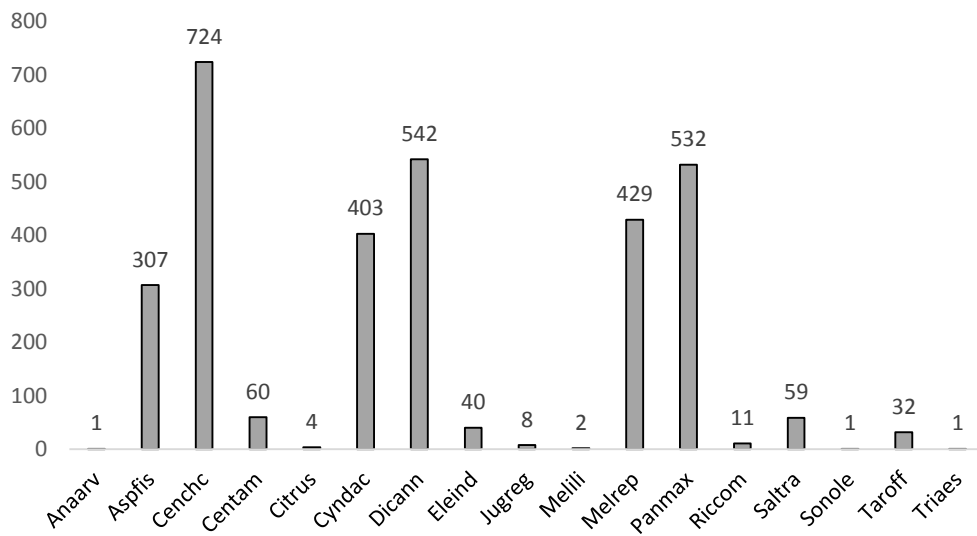


Figura 11. Diversidad de especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal en el área de estudio.

Las especies encontradas con mayor frecuencia en los sitios de muestreo corresponden a; *Cenchrus ciliaris* encontrada en 10 de los 38 sitios de muestreo, *Asphodelus fistulosus* con presencia en 9 sitios, seguida de *Melinis repens* (7 sitios), *Panicum maximum* (6) y *Taraxacum officinale* (6) (Figura 12).

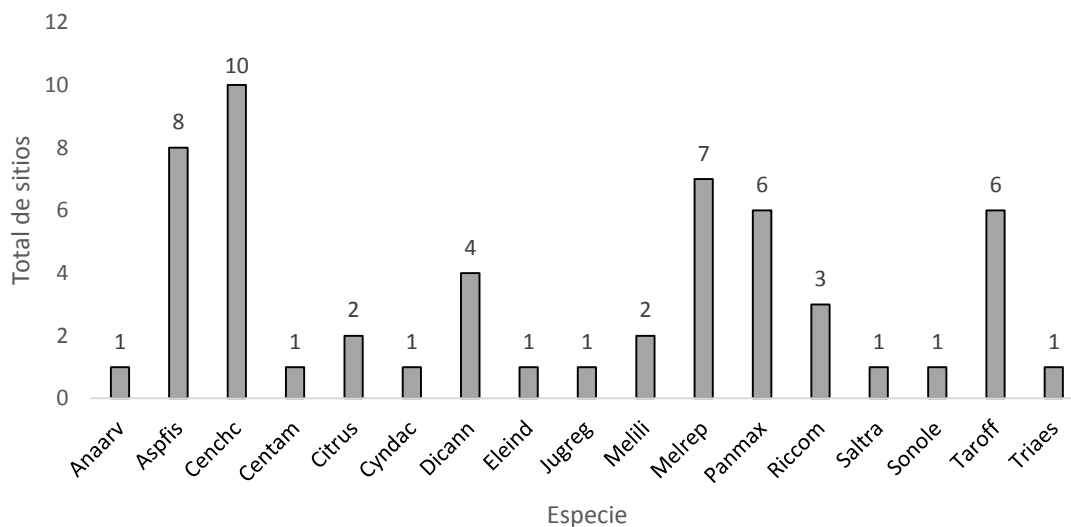


Figura 12. Número de sitios en los que se distribuyen las especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal del área de estudio.

De esta manera *Cenchrus ciliaris* (pasto buffel) es la especie con mayor densidad y frecuencia. En la década de 1970, el pasto buffel se introdujo en Sonora, México, desde EE. UU. Para reforzar la industria ganadera (Cox et al., 1988; De La Barrera y Castellanos, 2007; Franklin et al., 2006). De 1973 a 2000, las pasturas de gramíneas buffel en México aumentaron de 7700 ha a 140,000 ha (Franklin et al., 2006). Se estima que tiene el potencial de cubrir el hasta el 12% de México en general (Arriaga et al., 2004). La distribución del zacate buffel puede variar desde el nivel del mar hasta los 2000 m de altitud (Global Biodiversity Information Facility, 2011).

Se encontró con la presencia de siete géneros pertenecientes a la familia Poaceae reportados como exóticos en el país (*Cenchrus*, *Melinis*, *Panicum*, *Cynodon*, *Dichanthium*, *Eleusine* y *Triticum*) (Figura 13). Rzedowski y Calderón (1990), refieren que durante el siglo XX hubo un notable incremento de plantas exóticas de origen africano, con una predominancia de la familia Poaceae, en su mayoría se comportan como ruderales y por lo regular son elementos escapados de cultivo.

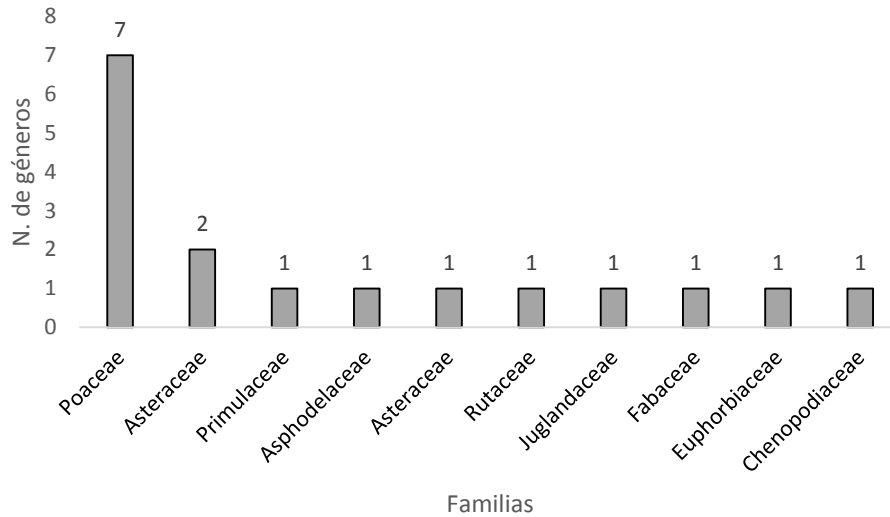


Figura 13. Familias con mayor número de géneros exóticos presentes en el gradiente altitudinal del área de estudio.

### 7.5. Origen biogeográfico

En cuanto al origen de la flora exótica en México, Villaseñor y Espinosa-García (2004), comentan que es muy diverso; la mayor parte (78.9%) proviene del viejo mundo (África, Asia y Europa) y se relaciona con los siglos de colonización y dominación española; posteriormente, están Sudamérica, Oceanía y Norteamérica.

De acuerdo con las diferentes clasificaciones consultadas tanto de forma bibliográfica como electrónica se obtuvo el reconocimiento de que el 36.84 % de las especies exóticas son de origen Euroasiático, 31.58% africano, 15.79% europeo, y un 15.79% asiático (Figura 14).

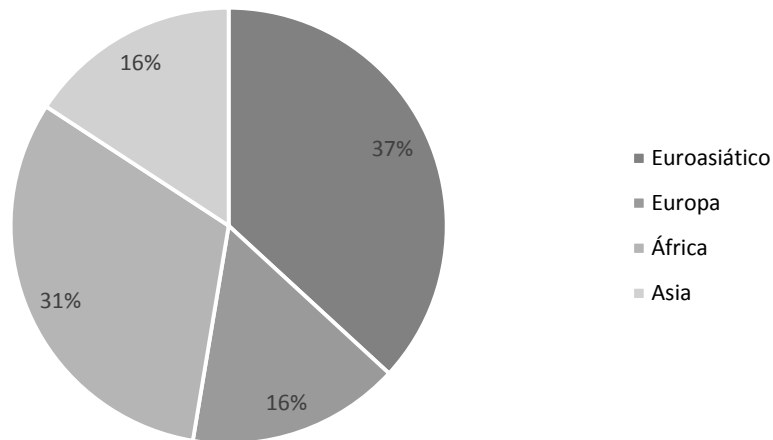


Figura 14. Origen biogeográfico reportado para las especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal del área de estudio.

## 7.6. Análisis de gradiente directo

### 7.6.1. Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA) de especies nativas y exóticas.

Se realizó un primer análisis de correspondencias canónicas (CCA) para analizar el comportamiento del conjunto de especies respecto a las variables ambientales incluidas, para ello fueron utilizados los valores mayores de la densidad relativa de las especies sin discriminar el fueran nativas o exóticas, se hizo uso de las 27 especies con mayor valor DiR (Tabla 3), descartándose de esta manera 169 especies con densidades relativas por debajo del 1%. De las 27 especies utilizadas, 21 especies corresponden a nativas y seis a exóticas.

Tabla 3. Grupo de especies utilizadas en el análisis de correspondencias canónicas (CCA).

Especie	DiR	Estatus	Especie	DiR	Estatus
<i>Abutilon malacum</i> S. Watson	5.2210	N	<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh.	1.8966	N
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	4.7090	N	<i>Lantana macropoda</i> Torrey	1.8822	N
<i>Argemone mexicana</i> L.	3.9086	N	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	1.6875	N
<i>Argythamnia neomexicana</i> Müll.Arg.	3.8328	N	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1.6298	E
<i>Asphodelus fistulosus</i> L.	3.6345	E	<i>Panicum maximum</i> Jacq.	1.5937	E
<i>Bauteloua gracilis</i>	3.1730	N	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	1.5144	N
<i>Berlandiera lyrata</i> Benth.	3.0937	N	<i>Physalis hederifolia</i> A. Gray	1.5000	N
<i>Bidens pilosa</i> L.	2.9062	N	<i>Rhus toxicodendron</i> Greene	1.4711	N
<i>Calyptocarpus vialis</i> Less.	2.8990	N	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	1.2259	N
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	2.4230	E	<i>Solidago velutina</i> DC	1.1682	N
<i>Croton fruticosus</i> Torr.	2.3725	N	<i>Stenaria nigricans</i> (Lam.) Terrell var. <i>nigricans</i>	1.1466	N
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	2.2139	E	<i>Tetramerium nervosum</i> Nees	1.0817	N
<i>Dichanthium annulatum</i> (Forssk.) Stapf.	2.0264	E	<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	1.0456	N
			<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	1.0024	N

Posteriormente se realizó la prueba de permutación Monte Carlo, con 500 iteraciones, con una probabilidad  $p < 0.05$ , en la cual las variables ambientales que presentaron una significancia  $> 0.05$  fueron eliminadas. Las variables explicativas fueron; altitud ( $p = 0.020$ ), textura/arena ( $p = 0.020$ ) y pendiente ( $p = 0.0160$ ) (Tabla 4).

Tabla 4. Variables ambientales incluidas en CCA y significancia.

Variable	Rango	Mínimo	Máximo	Media	$p$
Altitud	1521	413	1934	946.6108	<b>0.0020*</b>
Arcilla	42.79	0.01	42.8	19.6597	0.0800
Arena	94.48	5.52	100	52.4151	<b>0.0020*</b>
Conductividad eléctrica	1817	38	1855	171.1757	0.0860
Limo	58.56	1.44	60	28.1957	0.1280
Materia orgánica	99	1	100	50.0464	0.3880
Pedregosidad	98	0	98	16.8924	0.4400
Pendiente	33.39	0.01	33.4	6.605	<b>0.0160*</b>
pH	0.81	6.98	7.79	7.4573	0.1900
Suelo desnudo	97.99	0.01	98	21.3624	0.2260

La variabilidad explicada por los ejes de ordenación dio como resultado una inercia de 11.03, lo que nos indica que el análisis es satisfactorio ya que con los datos que corresponden podemos explicar la distribución de las especies. Las variables ambientales más fuertemente correlacionadas con la vegetación son altitud, pendiente y textura (arena), la importancia de la textura del suelo en el crecimiento de la planta está generalmente vinculada a la capacidad del suelo para retener la humedad ( Reynolds et al., 2004 ). Algunos autores mencionan que los patrones de vegetación que se observan típicamente a lo largo de los gradientes altitudinales, son el resultado de complejas interacciones entre factores como la elevación, grado de exposición a la radiación solar y posición en el relieve (Whittaker et al, 1967; McAulife, 1994; Funes & Cabido, 1995). En la figura 15 se muestra el análisis de correspondencia canónica, donde las variables ambientales están representadas por las flechas de color negro. Entre más larga este la flecha es mayor la intensidad y la influencia que ejerce sobre la distribución de las especies. Las especies están representadas por los triángulos verdes y los sitios representados por polígonos de acuerdo a la clasificación dada por la distancia, de esta manera el polígono de color gris representa a los sitios correspondientes al borde la carretera (0 m), el color plomo a los sitios intermedios (25 m) y el negro a los sitios interiores (50 m).

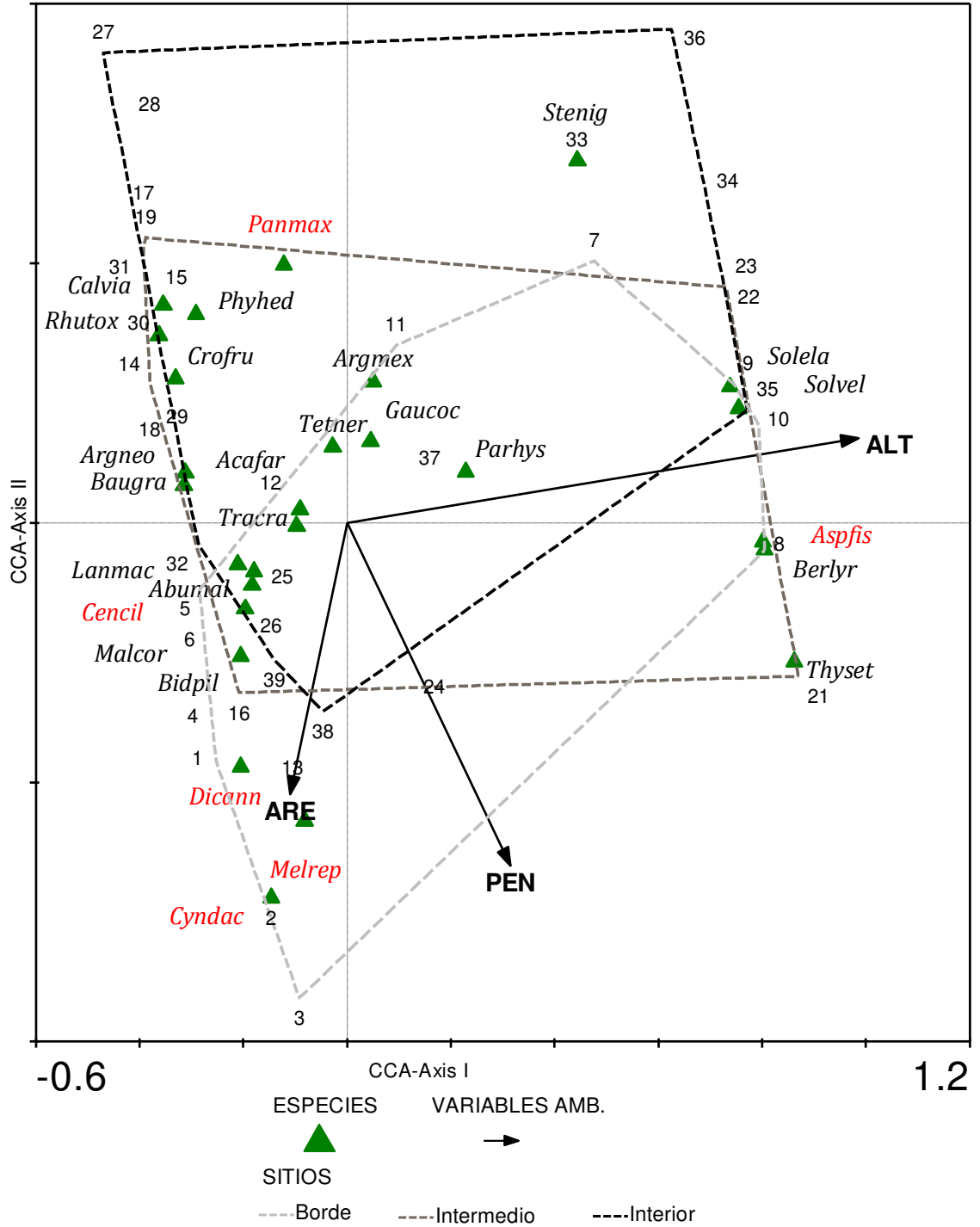


Figura 15. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de especies nativas (color negro) y exóticas (color rojo) con mayor densidad relativa.

### 7.6.2. Análisis de Correspondencias Canónicas (CCA) de especies exóticas.

El segundo análisis se realizó específicamente para determinar la influencia de las variables ambientales en la distribución de especies exóticas. La Prueba de Permutación Monte Carlo, permitió identificar aquellas variables ambientales que presentaron una significancia  $< 0.05$ , encontrando de esta manera que la altitud ( $p= 0.0020$ ), arcilla ( $p= 0.0020$ ) y limo ( $p= 0.0040$ ) son quienes ejercen una influencia en la presencia o ausencia de estas especies. Las especies están representadas por los triángulos verdes y los sitios representados por polígonos de acuerdo a la clasificación dada por la distancia, de esta manera el polígono de color gris representa a los sitios correspondientes al borde la carretera (0 m), el color plomo a los sitios intermedios (25 m) y el negro a los sitios interiores (50 m) (Figura 16).

La variabilidad explicada por los ejes de ordenación dio como resultado una inercia de 7.1, lo que nos indica que el análisis es satisfactorio ya que con los datos que corresponden podemos explicar la distribución de las especies exóticas.



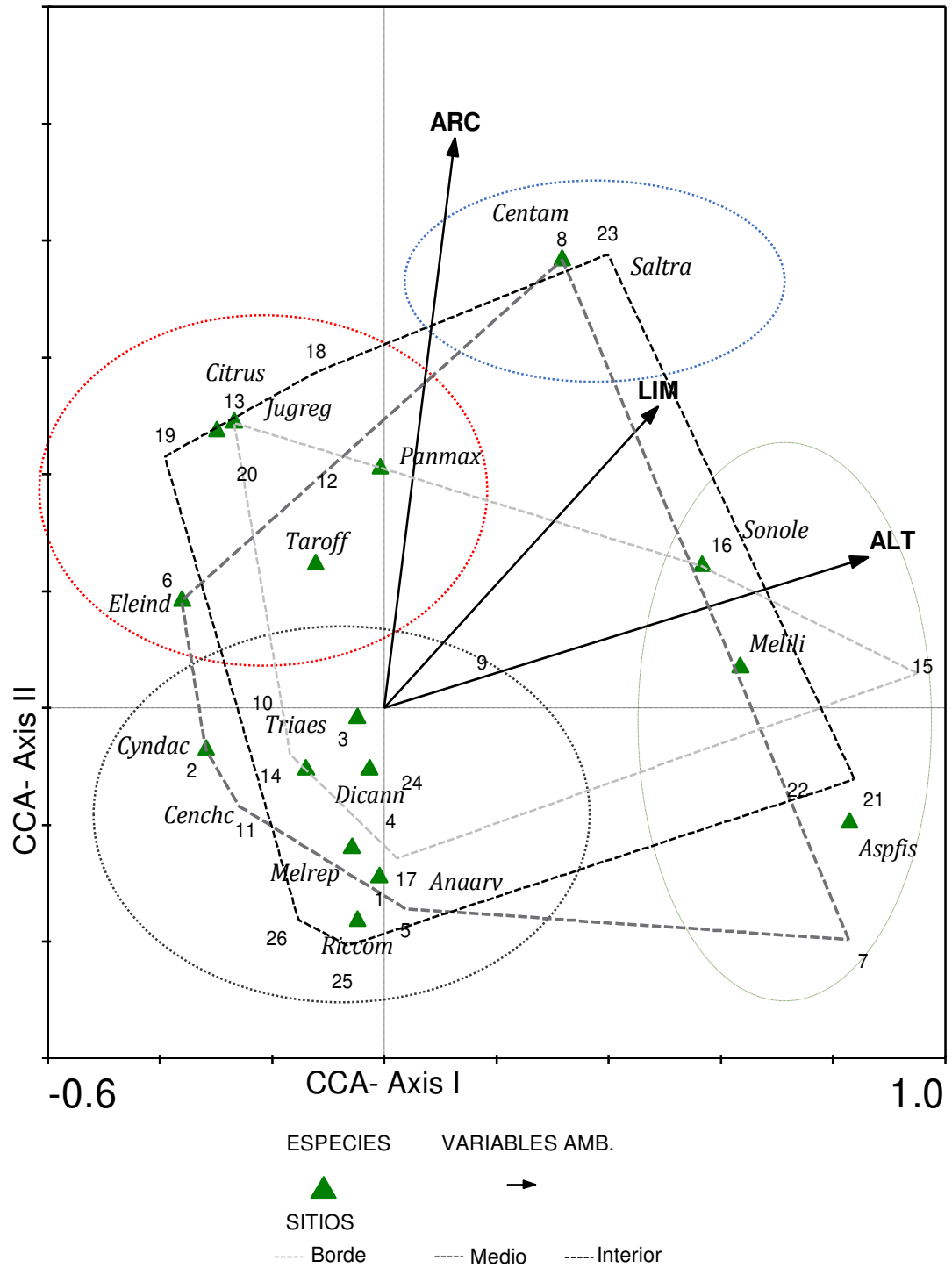


Figura 16. Análisis de correspondencia canónica (ACC) de especies exóticas encontradas en el gradiente altitudinal del área de estudio. Los círculos indican las agrupaciones vegetales respecto a correlaciones negativas y positivas con las variables ambientales incluidas en el ACC.

Los resultados muestran la presencia de cuatro principales grupos de especies. El primer grupo (azul) está conformado por *Centaurea melitensis* y *Salsola tragus*, las cuales se ven fuertemente correlacionadas a la variable arcilla y limo de una manera positiva. Son el grupo de especies que se distribuye en las altitudes más altas del gradiente altitudinal a partir de los 1500 msnm.

Con la presencia de *Citrus sinensis*, *Juglans regia*, *Eleusine indica*, *Taraxacum officinale* y *Panicum máximum* se conforma el segundo grupo (rojo). De todas ellas es *Panicum máximum* quien presenta una mayor correlación a los suelos arcillosos, se puede observar la cercanía a esta variable. En cuanto a la variable ambiental limo a pesar de que hay una relación positiva las especies de este grupo se encuentran más distantes, así mismo a la variable altitud. *Panicum máximum* y *Taraxacum officinale* son las especies que muestran una distribución tanto en altitudes bajas desde los 400 msnm, como en altitudes altas que van desde los 1800 msnm en adelante. Por otra parte *Citrus sinensis*, *Juglans regia* y *Eleusine indica* siendo las especies más alejadas a la variable altitud son aquellas que tienen presencia en altitudes bajas entre los 400 y 500 msnm.

Con el mayor número de especies exóticas se encuentra el grupo tres (gris) compuesto por *Triticum aestivum*, *Cynodon dactylon*, *Cenchrus ciliaris*, *Dichanthium annulatum*, *Melinis repens*, *Anagallis arvensis* y *Ricinus communis*, son las especies que se encuentran correlacionadas de manera negativa con las tres variables ambientales, con lo cual se concluye que son las especies que se encuentran asociadas a suelos con mayor proporción de arena y menor proporción de limo y arcilla. A excepción de *Melinis repens* y *Ricinus communis*, las demás especies se encontraron presentes en altitudes menores a los 731 msnm. En el caso específico de *M.repens* y *R.communis* aunque también se encontraron en altitudes que van desde los 1000 hasta los 1930 msnm la correlación negativa que presentan con las variables limo y arcilla es mayor, ya que estas se registraron en los suelos con mayor contenido de arena algunos de

ellos a la orilla del río, el cual se podía observar que a causa del constante desbordamiento del cauce el suelo era predominantemente arenoso.

El cuarto grupo (verde) lo constituyen; *Sonchus oleraceus*, *Melilotus indica* y *Asphodelus fistulosus* especies que demuestran una correlación positiva con las variables (arena, limo altitud). *S. oleraceus* y *M. indica* son las especies que mayormente se encontraron asociadas a las altitudes por encima de los 1900 msnm, situación similar ocurre con *A. fistulosus* la cual además de encontrarse en altitudes por encima de los 1900 msnm, también tiene presencia a los 1000 msnm.

## 8. CONCLUSIONES

La composición florística de los sitios de muestreo del gradiente altitudinal (403-1930 msnm), está conformada por una diversidad de 64 familias, 178 especies nativas y 17 exóticas. La mayor diversidad de especies exóticas pertenece a la familia Poaceae, misma que ha sido catalogada de como la de mayor número de géneros de especies invasoras en nuestro país. Rzedowski y Calderón (1990), refieren que durante el siglo XX hubo un notable incremento de plantas exóticas de origen africano, con una predominancia de la familia Poaceae, en su mayoría se comportan como ruderales y por lo regular son elementos escapados de cultivo. Muchas, si no la mayoría, fueron introducidas a propósito como ornamentales, forrajeras, medicinales y para césped; entre ellas, varias que se estudian aquí.

En el listado de plantas exóticas para México, realizado por Villaseñor y Espinosa-García (2004), se encuentran 618 especies que pertenecen a 355 géneros y 87 familias. Las cuatro familias que registraron el mayor número de especies exóticas fueron: Poaceae, 74 géneros y 171 especies; Fabaceae, 36 géneros y 57 especies; Asteraceae, 39 géneros y 56 especies; y Brassicaceae con 25 géneros y 45 especies. Sin embargo, en datos recientes (Villaseñor, datos no publicados), elevan la cifra del número de especies exóticas a 665, la dinámica

de descubrimientos de especies exóticas es aún sorprendente, por lo que no se puede descartar que en fechas próximas las cifras tengan que ser reevaluadas.

Al no existir diferencias significativas en las varianzas respecto a la presencia de especies exóticas en las diferentes distancias a la carretera, esto refleja en cierta medida que la presencia de especies exóticas se ha distribuido tanto en partes bajas como altas, y ello se puede atribuir al factor antropogénico. La diversidad de especies nativas presentó un patrón de disminución de acuerdo al distanciamiento de los sitios, encontrándose un promedio de 17 especies nativas en los sitios borde, 14 en sitios intermedios y 13 en los sitios interiores.

Los resultados del análisis de correspondencia canónica, indicaron que la altitud, pendiente y arena fueron los gradientes ambientales que mejor explicaron la distribución del conjunto de especies (nativas y exóticas), dado que en las regiones de clima árido las diferencias en topografía, sustrato geológico y del suelo son las que mayor influencia tienen en la distribución de la vegetación (Shreve, 1942<sup>a</sup>:201; 1951:29, 60-62).

De las 10 variables (altitud, pendiente, humus, suelo desnudo, conductividad eléctrica, pedregosidad, limo, arcilla, arena y pH) utilizadas en el análisis de correspondencia canónica, solamente tres variables fueron significativamente explicativas en la distribución del conjunto de especies, lo cual nos hace pensar que variables no consideradas en el presente trabajo pueden estar fuertemente asociadas en su distribución, dichas variables podrían ser ambientales como el contenido de agua del suelo y humedad relativa, además de contenido de nutrientes. Y del tipo antropogénicas como la intensidad de manejo para determinar la perturbación del borde y la distancia a los núcleos urbanos más cercanos.

Del grupo de variables ambientales utilizados, fueron las variables edáficas aunadas a la altitud las que mostraron mayor significancia explicativa de la distribución de las especies exóticas, esto puede deberse, en parte a que las especies presentes en el área no sean tolerantes a las variaciones en los parámetros de suelo cuantificados.

Se recomienda darle continuidad al presente estudio, cualificando otras variables no registradas en esta investigación como las que ya se mencionaron con anterioridad, así mismo abarcar una distancia mayor de separación a las carreteras para observar hasta que distancias se encuentra la distribución de especies exóticas, abarcar altitudes por encima de los 2000 msnm podría arrojar diferencias significativas por lo que también se recomienda abarcar un mayor gradiente.

El propósito de la presente investigación fue la de probar las dos hipótesis planteadas, por un lado el mostrar que variables ambientales pueden explicar la distribución y abundancia de las especies exóticas y conocer si existen diferencias en cuanto a la distancia que separa a los sitios de las carreteras, ya que éstas han sido consideradas como fuentes importantes de propágulos (Parendes y Jones 2000; Pauchard y Alaback 2004; Dietz y Edwards 2006). De acuerdo a los análisis de correspondencia canónica realizados con el conjunto de especies se puede determinar que variables ambientales como la altitud, pendiente y la textura explican de manera significativa dicha distribución y abundancia. Así mismo de acuerdo a la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis ( $p=0.0223$ ) se muestra que no existen diferencias en cuanto a la distribución de las especies exóticas en los primeros 50 m., adyacentes a las carreteras principales del noreste mexicano

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Alanís FGJ. 1996. Vegetación y flora de Nuevo León, una guía botánico-ecológica. Impresora Monterrey, S.A. de C.V. San Nicolás de los Garza, N. L., 1-20.
- Alpert, P., Bone, E. & Holzapfel, C. (2000) Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 3, 52–66.
- Arévalo, J.R., Delgado, J.D., Otto, R., Naranjo, A., Salas, M. & Fernández-Palacios, J.M. 2005. Distribution of alien vs. native plant species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria (Canary Islands). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 185-202.
- Arévalo, J. R., Delgado, J. D., & Fernández-Palacios, J. M. (2008). Changes in plant species composition and litter production in response to roads and trails in the laurel forest of Tenerife (Canary Islands). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 142(3), 614-622.
- Arévalo, J. R., Otto, R., Escudero, C., Fernández-Lugo, S., Arteaga, M., Delgado, J. D., & Fernández-Palacios, J. M. (2010). Do anthropogenic corridors homogenize plant communities at a local scale? A case studied in Tenerife (Canary Islands). *Plant Ecology*, 209(1), 23-35.
- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer-Durán (eds.). 2000. Aguas continentales y diversidad biológica en México. CONABIO, México.
- Arriaga, L., A.E. Castellanos, E. Moreno y J. Alarcón. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: A case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation Biology* 18: 1504-1514.
- Arteaga, M. A., Delgado, J. D., Otto, R., Fernández-Palacios, J. M., & Arévalo, J. R. (2009). How do alien plants distribute along roads on oceanic islands? A case study in Tenerife, Canary Islands. *Biological Invasions*, 11(4), 1071-1086.

- Búrquez, A., M. Millar y A. Martínez-Yrizar. 2002. Mexican grasslands, thornscrub, and the transformation of the Sonoran Desert by invasive exotic buffelgrass (*Pennisetum ciliare*), en B. Tellman (ed.), *Invasive exotic species in the Sonoran region*. University of Arizona Press, Tucson.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B., & Álvarez, V. Á. S. (2013). Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*.
- Chen, J., Franklin, J.F. & Spies, T. 1991. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forest. *Ecological Applications* 2:387-396.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONABIO, Aridamérica, GECl y TNC. 2006. Memoria del taller “Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México”. Ciudad de México, mayo de 2006, pp. 41 y anexos. CONABIO, en (consultado en 2007).
- Cox, J. R., H. L. Morton, T. N. Johnsen, Jr, G. L. Jordan, S. C. Martin, and L. C. Fierro. *Vegetation restoration in the Chihuahuan and Sonoran Deserts of North America*. USDA-Agr. Res. Sevr. ARM-W-28. 1982
- De la Barrera, E. and A. E. Castellanos. 2007. High temperature effects on gas exchange for the invasive buffel grass (*Pennisetum ciliare* [L.] Link). *Weed Biology and Management* 7:128–131.
- Deutschewitz, K., Lausch, A., Kühn, I. & Klotz, S. (2003) Native and alien plant species richness in relation to spatial heterogeneity on a regional scale in Germany. *Global Ecology and Biogeography*, 12, 299–311.
- Dietz H, Edwards PJ (2006) Recognition that causal processes change during plant invasion helps explain conflicts in evidence. *Ecology* 87:1359–1367. doi: 10.1890/0012-9658(2006)87[1359: RTCPCD] 2.0.CO; 2.

- Dyakov, N. R. (2016). Spatial distribution of some alien plants across a restricted mountainous area. *Contemporary Problems of Ecology*, 9(6), 663-673.
- Espinosa-García, F.J., J.L. Villaseñor y H. Vibrans. 2004. The rich generally get richer, but there are exceptions: Correlations between species richness of native plant species and alien weeds in Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 399-407.
- Essen, P. & K. Renhorn. 1998. Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. *Conservation Biology*, 12: 1307-1317.
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cantú-Ayala, C., García-Aranda, M. A., Sánchez-Salas, J., & Pando-Moreno, M. (2012). Clasificación, estructura y diversidad del matorral submontano adyacente a la planicie costera del Golfo Norte en el Noreste de México. *Botanical Sciences*, 90(1), 37-52.
- Estrada, C. E., Arévalo, J. R., Quintanilla, J. Á. V., Rodríguez, M. M. S., Encina-Domínguez, J. A., Rodríguez, H. G., & Ayala, C. M. C. (2015). Classification and ordination of main plant communities along an altitudinal gradient in the arid and temperate climates of northeastern Mexico. *The Science of Nature*, 102(9-10), 59.
- Forman, R.T.T. 1998. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, Cambridge.
- Forman, R.T.T. & Alexander, L. E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231.
- Forman, R.T.T., Bissonette, J., Clevenger, A., Cutshall, C., Dale, V., Fahrig, L., Goldman, C., Heanue, K., Jones, J., Sperling, D., Swanson, F., Turrentine, T. & Winter, T. 2002. Road ecology: Science and solutions. Island Press, Washington.
- Franklin, K. A., Lyons, K., Nagler, P. L., Lampkin, D., Glenn, E. P., Molina-Freaner, F., ... & Huete, A. R. (2006). Buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico. *Biological Conservation*, 127(1), 62-71.



- Funes, G. & M. Cabido. 1995. Variabilidad local y regional de la vegetación rupícola de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 24: 173-188.
- Gaskin, J.F., y B.A. Schaal. 2002. Hybrid *Tamarix* widespread in U.S. invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 11256-11259.
- Global Biodiversity Information Facility, 2011. Global Biodiversity Information Facility.
- Havlick, D.G. 2002. No place distant. Roads and motorized recreation on America's public lands. Island Press, Washington.
- Howard, W. E. (1960). Innate and environmental dispersal of individual vertebrates. *American Midland Naturalist*, 152-161.
- IMTA, The Nature Conservancy, CONABIO, Aridamérica y GECI. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Jiutepec, Morelos
- INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags.
- Jongman, R. H. G., Ter Braak, C. J. F., & Tongeren, O. F. R. (1987). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology* Pudoc Wageningen.
- Jongman, R, H. O., Ter Braak, C. J. E. & Van Tongeren, O. F. R. 1987. *Data analysis In community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen.
- Laurance, W.F. 1991. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. *Biological Conservation* 57: 205-219.
- Maciel-Mata, C. A., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P., & Sánchez-Rojas, G. (2015). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta universitaria*, 25(2), 03-19.
- McAuliffe, J. R. 1994. Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert Bajadas. *Ecol. Monogr.* 64: 111-148.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Mark Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., & Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological applications*, 10(3), 689-710.

- Magurran, A. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. (2004), Pp. 106-121.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*.
- MEA. 2005. *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D. C.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley, Nueva York. (1974), 547 p.
- Miranda F, Hernández XE. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28: 29-176.
- Morton, J.F. 1980. The Australian pine or beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.), an invasive weed tree in Florida. *Proceedings, Florida State Horticultural Society* 93: 87-95.
- Nagler, P. L., Hinojosa-Huerta, O. S. V. E. L., Glenn, E. P., Garcia-Hernandez, J., Romo, R., Curtis, C. & Nelson, S. G. (2005). Regeneration of native trees in the presence of invasive saltcedar in the Colorado River delta, Mexico. *Conservation Biology*, 19(6), 1842-1852.
- Noss, R.F. 1995. The ecological effects of roads, or the road to destruction. *Wildlands Center for Preventing Roads, USA*, p. 11-21.
- Ojasti, J. 2000 Informe temático preliminar sobre las especies exóticas en Venezuela. Oficina Nacional de Diversidad Biológica, MARN, Caracas. 14 pp. (Informe inédito)
- Okland, R. H. 1990. *Vegetation ecology: theory. Methods and applications with reference to Fennoscandia*. *Sommerfeltia*, suplement 1: 9-233.
- Palmer, W.M. 1993. Putting things in even better order: The advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230.
- Parendes LA, Jones JA. 2000. Role of flight availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conserv Biol* 14:64-75.

- Pauchard, A., Alaback, P.B., 2004. Influence of elevation, landuse, and landscape context on patterns of alien plant invasions along roadsides in protected areas of southcentral Chile. *Conserv. Biol.* 18, 238–248.
- Rejmanek, M., Pitcairn, M.J., 2002. When eradication of exotic pest is plants a realistic goal? In: Veitch, C.R., Clout, M.N. (Eds.), *Turning the Tide: the Eradication of Invasive*
- Reynolds JF, PR Kemp, K Ogle, RJ Fernández. 2004. Modifying the pulse reserve paradigm for deserts of North America: precipitation pulses, soil water, and plant responses. *Oecologia* 141: 194-210.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., & West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2), 93-107.
- Rodríguez, J. P. (2001). La amenaza de las especies exóticas para la conservación de la biodiversidad suramericana. *Interciencia*, 26(10), 479-483.
- Rojas MP. 1965. Generalidades sobre el estado de Nuevo León y datos acerca de su flora. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 124 pp
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. D. F., pp. 97-110.
- Rzedowski, J. y Calderón R.G. 1990. Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botánica Mexicana* 12:21-24.
- Rzedowski, J. y T. Reyna-Trujillo. 1990. Provincias florísticas. Mapa IV.8.3. Atlas Nacional de México. Vol. III. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México.
- Sanderson, M.A., P. Voigt y R.M. Jones. 1999. Yield and quality of warm-season grasses in central Texas. *Journal of Range Management* 52: 145-150
- Seiler, A. 2001. Ecological effects of roads: a review. Introductory Research Essay, nº 9, Department of Conservation Biology, Uppsala, 40p.
- Spellerberg, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7: 317-333.

- Ter Braak, C. J. (1983). Principal components biplots and alpha and beta diversity. *Ecology*, 64(3), 454-462.
- Ter Braak, C. J. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167-1179.
- Ter Braak, C. J. (1987). The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. In *Theory and models in vegetation science* (pp. 69-77). Springer, Dordrecht.
- Ter Braak, C. J. F., & Šmilauer, P. (1998). *CANOCO 4. CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows*. Centre of Biometry, Wageningen.
- Ter Braak, C. J. F. et Šmilauer P. (2002): *CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Biometris, Wageningen et České Budějovice.
- Van Devender, T., R.S. Felger y A. Búrquez. 1997. Exotic plants in the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora. *Proceedings of the California Exotic Plant Council Symposium 3*: 17-22
- Vibrans, H., E. García-Moya, D. Clayton y J. G. Sánchez-Ken. 2014. *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): new for the Americas, successful in Mexico. *Invasive Plant Science Management* 7(2): 222-228.
- Villaseñor, J.L., y F.J. Espinosa-García. 2004. The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113-123.
- Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861-1876.
- Vitousek, P. M., D'antonio, C. M., Loope, L. L., Rejmanek, M., & Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, 1-16.
- Wace, N., 1977. Assessment of dispersal of plant species: The car-borne flora in Canberra. *Proc. Ecol. Soc. Australia* 10, 167–186.

- Whittaker, R. H., S. W. Buol, W. A. Niering & Y. H. Havens. (1967). A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. *Ecology* 48: 440-450.
- Williamson, M. (1999). Invasions. *Ecography*, 22(1), 5-12.
- Young, A. & Mitchell, N. 1994. Microclimate and vegetation edge effects in a fragmented podocarp-broadleaf forest in New Zealand. *Biological Conservation* 67: 63-72.
- Zimmerman, J. 1997. Ecology and distribution of *Tamarix* sp. Southwest Exotic Plant Mapping Program. USGS.

## 10. APÉNDICES

### Apéndice 1

Tabla 5. *Coordenadas correspondientes a los sitios de muestreo del área de estudio.*

Sitio	Dist.	X	Y	Sitio	Distancia	X	Y
1	0m	24°55'4.83"N	99°41'13.10"O	20	25m	24°46'8.04"N	100° 0'50.96"O
2	0m	24°55'4.72"N	99°41'14.13"O	21	25m	24°41'20.92"N	100° 6'0.23"O
3	0m	24°55'4.61"N	99°41'15.30"O	22	25m	24°41'19.67"N	100° 5'58.79"O
4	0m	25° 0'52.30"N	99°45'13.10"O	23	25m	24°48'2.10"N	100°19'19.83"O
5	0m	25° 0'52.28"N	99°45'14.20"O	24	25m	24°48'2.66"N	100°19'18.98"O
6	0m	25° 0'52.27"N	99°45'15.13"O	25	25m	24°48'3.19"N	100°19'18.15"O
7	0m	25° 5'53.61"N	99°48'3.12"O	26	25m	24°41'53.69"N	100°18'13.50"O
8	0m	25° 5'53.68"N	99°48'2.13"O	27	50m	24°41'53.52"N	100°18'14.41"O
9	0m	25°10'15.70"N	99°51'44.10"O	28	50m	24°41'53.23"N	100°18'15.49"O
10	0m	25°10'16.10"N	99°51'43.20"O	29	50m	24°36'27.17"N	100°16'23.80"O
11	0m	25°10'16.23"N	99°51'42.20"O	30	50m	24°36'26.88"N	100°16'24.74"O
12	0m	25°14'48.86"N	99°57'44.08"O	31	50m	24°36'26.56"N	100°16'25.69"O
13	0m	25°14'48.12"N	99°57'44.48"O	32	50m	24°44'27.98"N	99°50'35.42"O
14	25m	25°14'47.22"N	99°57'44.95"O	33	50m	24°44'28.78"N	99°50'35.58"O
15	25m	25°19'18.40"N	100° 3'23.90"O	34	50m	24°44'29.66"N	99°50'35.68"O
16	25m	25°19'18.04"N	100° 3'24.72"O	35	50m	24°45'2.16"N	99°47'43.05"O
17	25m	25°19'17.57"N	100° 3'25.57"O	36	50m	24°45'2.69"N	99°47'43.85"O
18	25m	24°46'9.32"N	100° 0'49.64"O	37	50m	24°44'48.97"N	99°45'35.64"O
19	25m	24°46'8.67"N	100° 0'50.29"O	38	50m	24°44'48.12"N	99°45'35.55"O
				39	50m	24°44'47.25"N	99°45'35.53"O

## Apéndice 2

Tabla 6. Lista de especies presentes en los sitios de muestreo

<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>	<b>Genero</b>
<i>Abutilon malacum</i> S. Watson	Malvaceae	<i>Abutilon</i>
<i>Acacia coulteri</i> A. Gray	Fabaceae	<i>Acacia</i>
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Fabaceae	<i>Acacia</i>
<i>Acacia rigidula</i> (Benth.) Britton & Rose.	Fabaceae	<i>Acacia</i>
<i>Acalypha lindheimeri</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>
<i>Acalypha monostachya</i> Cav.	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>
<i>Acourtia runcinata</i> (Lag. ex D. Don) B.L. Turner	Asteraceae	<i>Acourtia</i>
<i>Agastache mexicana</i> (Kunth) Lint & Epling	Lamiaceae	<i>Agastache</i>
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Agavaceae	<i>Agave</i>
<i>Ageratina havanensis</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	Asteraceae	<i>Agastache</i>
<i>Amyris texana</i> (Buckley) P.Wilson.	Rutaceae	<i>Amyris</i>
<i>Anagallis arvensis</i> L.	Primulaceae	<i>Anagallis</i>
<i>Anisacanthus quadrifidus</i> (Vahl) Nees.	Acanthaceae	<i>Anisacanthus</i>
<i>Anredadera scandens</i> (L.)	Basellaceae	<i>Anredadera</i>
<i>Argemone mexicana</i> L.	Papaveraceae	<i>Argemone</i>
<i>Argythamnia humilis</i> (Engelm. & A. Gray) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	<i>Argythamnia</i>
<i>Argythamnia neomexicana</i> Müll.Arg.	Euphorbiaceae	<i>Argythamnia</i>
<i>Aristida purpurea</i> Nutt.	Poaceae	<i>Aristida</i>
<i>Asclepias linaria</i> Cav.	Asclepiadiaceae	<i>Asclepias</i>
<i>Asclepias emoryi</i> (Greene).	Asclepiadiaceae	<i>Asclepias</i>
<i>Asphodelus fistulosus</i> L	Asphodelaceae	<i>Asphodelus</i>
<i>Atriplex acanthocarpa</i> (Torr.) S. Watson ssp. <i>acanthocarpa</i>	Chenopodiaceae	<i>Atriplex</i>
<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae	<i>Baccharis</i>
<i>Barkleyanthus salicifolius</i> (Kunth) H.E. Robins. & Brett.	Asteraceae	<i>Barkleyanthus</i>
<i>Bauteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Poaceae	<i>Bauteloua</i>
<i>Berberis trifoliolata</i> Moric.	Berberidaceae	<i>Berberis</i>
<i>Berlandiera lyrata</i> Benth.	Compositae	<i>Berlandiera</i>
<i>Bidens odorata</i> Dum.Cours.	Asteraceae	<i>Bidens</i>
<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	<i>Bidens</i>
<i>Boerhavia anisophylla</i> Torr.	Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i>
<i>Brickellia laciniata</i> A. Gray	Asteraceae	<i>Brickellia</i>
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray var. <i>veronicifolia</i>	Asteraceae	<i>Brickellia</i>
<i>Buddleja scordioides</i> Kunth	Buddlejaceae	<i>Buddleja</i>
<i>Buddleja sessiliflora</i> Kunth	Buddlejaceae	<i>Buddleja</i>
<i>Caesalpinia mexicana</i> A.Gray.	Fabaceae	<i>Caesalpinia</i>
<i>Calyptocarpus vialis</i> Less.	Asteraceae	<i>Calyptocarpus</i>
<i>Carlowrightia texana</i> Henrickson & Daniel	Acanthaceae	<i>Carlowrightia</i>

<i>Carya ovata</i> (Mill.) K. Koch	Juglandaceae	<i>Carya</i>
<i>Celtis laevigata</i> Willd.	Ulmaceae	<i>Celtis</i>
<i>Celtis pallida</i> Torr.	Ulmaceae	<i>Celtis</i>
<i>Celtis</i> sp.	Ulmaceae	<i>Celtis</i>
<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Poaceae	<i>Cenchrus</i>
<i>Centaurea melitensis</i> L.	Asteraceae	<i>Centaurea</i>
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	Fabaceae	<i>Centrosema</i>
<i>Chamaecrista greggii</i> (A.Gray) A.Heller	Fabaceae	<i>Chamaecrista</i>
<i>Chamaesyce glyptosperma</i> (Engelm.) Small	Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce</i>
<i>Cheilanthes alabamensis</i> (Buckley) Kunze	Pteridaceae	<i>Cheilanthes</i>
<i>Chiococca pachyphylla</i> Wernham	Rubiaceae	<i>Chiococca</i>
<i>Chrysactinia mexicana</i> A. Gray	Asteraceae	<i>Chrysactinia</i>
<i>Cirsium texanum</i> Buckley	Asteraceae	<i>Cirsium</i>
<i>Cissus incisa</i> (Nutt.) Des Moul. ex S.Watson	Vitaceae	<i>Cissus</i>
<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C. E. Jarvis	Vitaceae	<i>Cissus</i>
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	<i>Citrus</i>
<i>Clematis drummondii</i> Torr. & A.Gray	Ranunculaceae	<i>Clematis</i>
<i>Colubrina greggii</i> S. Watson	Rhamnaceae	<i>Colubrina</i>
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	<i>Commelina</i>
<i>Condalia hookeri</i> M.C.Johnst.	Rhamnaceae	<i>Condalia</i>
<i>Cordia boissieri</i> A.DC.	Boraginaceae	<i>Cordia</i>
<i>Crotalaria pumila</i> Ort	Fabaceae	<i>Crotalaria</i>
<i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ortega	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>
<i>Croton cortesianus</i> Kunth	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>
<i>Croton fruticulosus</i> Torr.	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>
<i>Croton suaveolens</i> Torr.	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth var. <i>imbricata</i>	Cactaceae	<i>Cylindropuntia</i>
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	<i>Cynodon</i>
<i>Dalea scandens</i> var. <i>Paucifolia</i> (Mill.) R.T.Clausen	Fabaceae	<i>Dalea</i>
<i>Desmodium grahamii</i> A. Gray	Fabaceae	<i>Desmodium</i>
<i>Dichanthium annulatum</i> (Forssk.) Stapf.	Poaceae	<i>Dichanthium</i>
<i>Diospyros texana</i> Scheele.	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>
<i>Dyschoriste schiedeana</i> (Nees) Kuntze var. <i>decumbens</i> (A. Gray) Henrickson	Acanthaceae	<i>Dyschoriste</i>
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berl.) Britton et Rose	Fabaceae	<i>Ebenopsis</i>
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn	Poaceae	<i>Eleusine</i>
<i>Eucnide bartonioides</i> Zucc.	Loasaceae	<i>Eucnide</i>
<i>Eucnide lobata</i> (Hook.) A. Gray	Loasaceae	<i>Eucnide</i>
<i>Euphorbia hexagona</i> Nutt. ex Spreng.	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>
<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>
<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	Convolvulaceae	<i>Evolvulus</i>
<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele.	Fabaceae	<i>Eysenhardtia</i>



<i>Flourensia cernua</i> DC.	Asteraceae	<i>Flourensia</i>
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	Oleaceae	<i>Forestiera</i>
<i>Fraxinus greggii</i> A. Gray	Oleaceae	<i>Fraxinus</i>
<i>Gaillardia mexicana</i> A.Gray	Asteraceae	<i>Gaillardia</i>
<i>Galactia texana</i> (Scheele) A.Gray	Fabaceae	<i>Galactia</i>
<i>Gaura coccinea</i> Nutt. ex Pursh.	Onagraceae	<i>Gaura</i>
<i>Gilia stewartii</i> I.M. Johnst.	Polemoniaceae	<i>Gilia</i>
<i>Gnaphalium</i> sp.	Asteraceae	<i>Gnaphalium</i>
<i>Grindelia inuloides</i> Willd	Asteraceae	<i>Grindelia</i>
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae	<i>Gymnosperma</i>
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose.	Fabaceae	<i>Havardia</i>
<i>Hedeoma drummondii</i> Hemsl.	Lamiaceae	<i>Hedeoma</i>
<i>Heimia salicifolia</i> (Kunth) Link.	Lythraceae	<i>Heimia</i>
<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae	<i>Helianthus</i>
<i>Heliopsis parvifolia</i> (A. Gray ex Hemsl.) Benth.	Rutaceae	<i>Heliopsis</i>
<i>Hoffmannseggia glauca</i> (Ortega) Eifert.	Caesalpiniaceae	<i>Hoffmannseggia</i>
<i>Hybanthus verticillatus</i> (Ortega) Baill.	Violaceae	<i>Hybanthus</i>
<i>Hymenoxys</i> sp.	Compositae	<i>Hymenoxys</i>
<i>Indigofera miniata</i> Ortega.	Fabaceae	<i>Indigofera</i>
<i>Ipomoea lindheimeri</i> A. Gray	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>
<i>Iresine calea</i> (Ibantz) Standl.	Amaranthaceae	<i>Iresine</i>
<i>Juglans regia</i> L.	Juglandaceae	<i>Juglans</i>
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	CUPRESSACEAE	<i>Juniperus</i>
<i>Kallstroemia californica</i> (S. Watson) Vail	Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia</i>
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	Rhamnaceae	<i>Karwinskia</i>
<i>Lantana macropoda</i> Torrey	Verbenaceae	<i>Lantana</i>
<i>Lantana achyranthifolia</i> Desf.	Verbenaceae	<i>Lantana</i>
<i>Larrea tridentata</i> (Moç. & Seseé ex DC.) Coville	Zygophyllaceae	<i>Larrea</i>
<i>Lepidium montanum</i> Nutt.	Brassicaceae	<i>Lepidium</i>
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Brassicaceae	<i>Lepidium</i>
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit subsp. Glabrata.	Mimosaceae	<i>Leucaena</i>
<i>Leucophyllum laevigatum</i> Standl.	Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum</i>
<i>Leucophyllum langmaniae</i> Flyr.	Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum</i>
<i>Lithospermum viride</i> Greene.	Boraginaceae	<i>Lithospermum</i>
<i>Lycium berlandieri</i> Dunal.	Solanaceae	<i>Lycium</i>
<i>Machaeranthera pinnatifida</i> (Hook.)	Asteraceae	<i>Machaeranthera</i>
<i>Machaeranthera tanacetifolia</i> (Kunth) Nees	Asteraceae	<i>Machaeranthera</i>
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC.) Urb.	Fabaceae	<i>Macroptilium</i>
<i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torr.	Malvaceae	<i>Malvastrum</i>
<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Malvaceae	<i>Malvastrum</i>
<i>Mandevilla karwinskii</i> Hemsl.	Apocynaceae	<i>Mandevilla</i>
<i>Mascagnia lilacina</i> (S. Watson) Nied.	Malpighiaceae	<i>Mascagnia</i>
<i>Melilotus indica</i> (L.) All.	Fabaceae	<i>Melilotus</i>

<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Poaceae	<i>Melinis</i>
<i>Melochia pyramidata</i> L.	Sterculiaceae	<i>Melochia</i>
<i>Meximalva filipes</i> (A. Gray)	Malvaceae	<i>Meximalva</i>
<i>Mimosa malacophylla</i> A. Gray	Fabaceae	<i>Mimosa</i>
<i>Muhlenbergia</i> sp.	Poaceae	<i>Muhlenbergia</i>
<i>Muhlenbergia villiflora</i> Hitchc. var. <i>villosa</i> (Swallen) C.W. Morden	Poaceae	<i>Muhlenbergia</i>
<i>Neptunia pubescens</i> Benth.	Fabaceae	<i>Neptunia</i>
<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Ait.	Onagraceae	<i>Oenothera</i>
<i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.	Cactaceae	<i>Opuntia</i>
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	Poaceae	<i>Panicum</i>
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Fabaceae	<i>Parkinsonia</i>
<i>Parthenium confertum</i> A. Gray	Asteraceae	<i>Parthenium</i>
<i>Parthenium fruticosum</i> Less. ex Schltl. & Cham.	Asteraceae	<i>Parthenium</i>
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	<i>Parthenium</i>
<i>Passiflora tenuiloba</i> Engelm.	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>
<i>Peganum mexicanum</i> A. Gray	Zygophyllaceae	<i>Peganum</i>
<i>Perezia runcinata</i> (Lag. ex D.Don) Lag. ex A.Gray	Asteraceae	<i>Perezia</i>
<i>Phyla nodiflora</i> (L.) Greene	Verbenaceae	<i>Phyla</i>
<i>Phyllanthus polygonoides</i> Nutt. ex Spreng.	Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus</i>
<i>Physalis hederifolia</i> A. Gray	Solanaceae	<i>Physalis</i>
<i>Physalis viscosa</i> L.	Solanaceae	<i>Physalis</i>
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	Pinaceae	<i>Pinus</i>
<i>Pistacia mexicana</i> Kunth	Anacardiaceae	<i>Pistacia</i>
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Mimosaceae	<i>Prosopis</i>
<i>Prosopis laevigata</i> (H. & B.) Jonhst	Fabaceae	<i>Prosopis</i>
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	Rutaceae	<i>Ptelea</i>
<i>Quercus canbyi</i> Trel.	Fagaceae	<i>Quercus</i>
<i>Randia aculeata</i> L.	Rubiaceae	<i>Randia</i>
<i>Rhus toxicodendron</i> L.	Anacardiaceae	<i>Rhus</i>
<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.	Fabaceae	<i>Rhynchosia</i>
<i>Rhynchosia senna</i> var. <i>angustifolia</i> (A.Gray) Grear	Fabaceae	<i>Rhynchosia</i>
<i>Rhynchosida physocalyx</i> (A. Gray)	Malvaceae	<i>Rhynchosida</i>
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>
<i>Rubus</i> sp.	Rosaceae	<i>Rubus</i>
<i>Ruellia corzoi</i> Tharp & F.A. Barkley	Acanthaceae	<i>Ruellia</i>
<i>Salsola tragus</i> L.	Chenopodiaceae	<i>Salsola</i>
<i>Salvia ballotaeflora</i> Benth.	Labiatae	<i>Salvia</i>
<i>Salvia coccinea</i> P.J. Buchoz ex Etlinger	Lamiaceae	<i>Salvia</i>
<i>Senna lindheimeriana</i> (Scheele) Irwin & Barneby	Fabaceae	<i>Senna</i>
<i>Serjania brachycarpa</i> A.Gray ex Radlk	Sapindaceae	<i>Serjania</i>
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	<i>Sida</i>

<i>Sida abutifolia</i> P. Miller	Malvaceae	<i>Sida</i>
<i>Smilax bona-nox</i> L.	Smilacaceae	<i>Smilax</i>
<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	Solanaceae	<i>Solanum</i>
<i>Solidago velutina</i> DC.	Asteraceae	<i>Solidago</i>
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	<i>Sonchus</i>
<i>Stenaria nigricans</i> (Lam.) Terrell var. <i>nigricans</i>	Rubiaceae	<i>Stenaria</i>
<i>Suaeda nigrescens</i> I.M. Johnst.	Amaranthaceae	<i>Suaeda</i>
<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	Asteraceae	<i>Taraxacum</i>
<i>Tetramerium hispidum</i> Nees.	Acanthaceae	<i>Tetramerium</i>
<i>Tetramerium nervosum</i> Nees.	Acanthaceae	<i>Tetramerium</i>
<i>Teucrium cubense</i> Jacq.	Lamiaceae	<i>Teucrium</i>
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small.	Asteraceae	<i>Thymophylla</i>
<i>Thymophylla setifolia</i> Lag.	Asteraceae	<i>Thymophylla</i>
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	Commelinaceae	<i>Tradescantia</i>
<i>Tragia ramosa</i> Torr.	Euphorbiaceae	<i>Tragia</i>
<i>Tridax coronopifolia</i> (Kunth) Hemsl.	Compositae	<i>Tridax</i>
<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	<i>Triticum</i>
<i>Turnera diffusa</i> Willd.	Turneraceae	<i>Turnera</i>
<i>Urtica chamaedryoides</i> Pursh	Urticaceae	<i>Urtica</i>
<i>Urvillea ulmacea</i> Kunth.	Ulmaceae	<i>Urvillea</i>
<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.	Verbenaceae	<i>Verbena</i>
<i>Verbena canescens</i> Kunth.	Verbenaceae	<i>Verbena</i>
<i>Verbesina encelioides</i> (Cav.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Asteraceae	<i>Verbesina</i>
<i>Verbesina persicifolia</i> DC.	Asteraceae	<i>Verbesina</i>
<i>Viguiera</i> sp.	Asteraceae	<i>Viguiera</i>
<i>Vitis cinerea</i> (Engelm.) Engelm. ex Millard var. <i>helleri</i> (L.H. Bailey) M.O. Moore	Vitaceae	<i>Vitis</i>
<i>Waltheria indica</i> L.	Malvaceae	<i>Waltheria</i>
<i>Wedelia hispida</i> Kunth.	Asteraceae	<i>Wedelia</i>
<i>Xylosma flexuosum</i> (Kunth) Hemsl.	Flacourtiaceae	<i>Xylosma</i>
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>
<i>Zinnia acerosa</i> (DC.) A. Gray	Asteraceae	<i>Zinnia</i>
<i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & A. Gray) A. Gray	Rhamnaceae	<i>Ziziphus</i>