

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Distribución Potencial del Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Especie Invasora en el Noreste de México

Por:

AMISADAÍ CATALINA VÁSQUEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Distribución Potencial del Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L) Especie Invasora en el Noreste de México

Por:

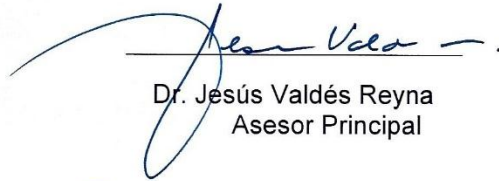
AMISADAÍ CATALINA VÁSQUEZ LÓPEZ

TESIS

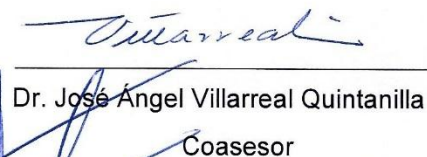
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Jesús Valdés Reyna
Asesor Principal


Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
Coasesor


Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Febrero, 2020

Dedicatoria

A Dios

Al forjador de mi camino, a Dios, que me levanta y siempre me sostiene de mi continuo tropiezo, por estar conmigo cuando ya no había salida, regalándome vida, salud y fuerzas, por permitirme concluir esta etapa tan importante, al Dios de mis padres y en el único que me mantiene de pie.

A mis padres

Papá Cleto Vásquez Gómez

Gracias padre por haberme forjado como la persona que soy ahora, muchos de mis logros te lo debo a ti, me formaste con reglas pero al final de cuentas me motivabaste a lograr mis anhelos, agradezco tu inmensa paciencia, tu apoyo incondicional. Este es el pago por lo que me has brindado en todos estos años, y mayor parte de todo te lo debo a ti mi papito.

Mamá Apolonia López Hernández

Mamá agradezco porque me trajiste a este mundo, por tu amor, por tus consejos, te convertiste en mi mejor amiga, me apoyas en mis locuras, mejor mamá en este mundo, no pude pedirle a DIOS, ha sido un orgullo y el privilegio más grande de ser tu hija, por cuidarme y preocuparte por mí tanto como lo haces, este es el fruto de tu hija que te sentías orgullosa desde primaria.

A mis hermanos

Misael, Jocabet, Elizema, Salatiel, Nataly, Uziel y Mitzi Ustedes son otro motivo para continuar superándome, a mi hermano mayor por motivarme, Eli gracias por no desafanarte de mí, por ayudarme, ustedes nunca se opusieron a algunas de mis decisiones,

agradezco por comprenderme apoyarme siempre, principalmente a ti, Jocabeth porque fui una de muchas de tus preocupaciones durante 5 años, y a mis pequeñitos cómplices Uziel y Mitzi, los amo.

A mis tíos y cuñados

A todos mis tíos, Eli y especialmente a mi tía Elizabeth por ser una persona tan amable, por su apoyo y su consentimiento, a su esposo tío Guadalupe Payan del que me siento totalmente en deuda por todo sus consejos y motivaciones.

A veces la familia no se define por personas que llevan tu misma sangre si no por la cercanía de sus corazones, gracias Edgar Mercader Contreras porque fuiste parte de mi formación y de mis sueños, porque como me decías, "con la frente siempre en alto" valen mucho personas como tú de un corazón tan grande, Dios te bendice siempre, a ti Elías Antonio por tu apoyo, porque has estado en mi camino resolviéndome la vida.

A mis sobrinos

A mi pequeña Daleysa, Carlos, Luz María y Mauricio este logro en parte también es suyo por llegar a mi vida en el momento preciso y llenarme de tanto amor y felicidad.

A mis amigos,

Amistades que se han vuelto hermanos, amigos de la infancia, amigos que han estado conmigo en mi caminar, gracias Martha Vidal porque te convertiste en una hermana para mí, en este pequeño proceso llamado universidad estuviste ahí, agradezco a Dios por haberte conocido, por darme cada momento de alegría. Yaneth mi amiga de prepa, a pesar de la distancia, cada palabra y apoyo para mí son los gestos de amor más sincero sé que cuento contigo mi amiga, Vicky gracias por estar conmigo, en mis torpezas dándome consejos maduros enseñándome a ser responsable.

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida, que me permite despertar cada mañana con salud por darme una familia, por darme este privilegio de concluir esta etapa de mi vida, porque me sostiene y me protege siempre.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi querida "Alma Mater" que me recibió con las puertas abiertas y me brindó 5 años de logros, gracias por darme las bases, profesores e instalaciones para crecer como persona.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna le agradezco infinitamente por aceptar acompañarme en este trabajo, por haberse convertido en un amigo, por su valioso tiempo y paciencia, por las muestras de apoyo que brindó a mi persona, por animarme para sacar adelante este trabajo, me enseñó muchas cosas tan valiosas, me llevo una gran experiencia muy grata de la vida por haber compartido un corto pero muy maravilloso tiempo con usted. De todo corazón muchas gracias.

Al Dr. Juan Antonio Encina por su gran apoyo en la realización de este trabajo, por sus valiosas opiniones, por recibirme amablemente, gracias por brindarme todas las opiniones edificadoras, en cada consulta que necesitaba, por ser una pieza importante en este proyecto le agradezco infinitamente.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla por su valiosa opinión, en la realización de este trabajo, gracias por brindarme una parte de su conocimiento, como profesor, agradezco por sus comentarios que favorecieron en la realización de proyecto.

A mis compañeros de la carrera que me acompañaron a lo largo de mi formación, agradezco su amistad, compañía, y consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
2.3. Hipótesis	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1. Especie invasora	5
3.1.1. Especies exóticas invasoras en México	6
3.1.2. Gramíneas como especies exóticas e invasoras.....	7
3.1.3. Gramíneas invasoras en el Noreste de México	7
3.2. Origen e introducción de <i>Cenchrus ciliaris</i> L.....	8
3.3. Clasificación taxonómica	9
3.3.1. Descripción Botánica	9
3.3.2. Distribución de <i>Cenchrus ciliaris</i> en México.....	10
3.3.3. Requerimientos climáticos y de suelo para el establecimiento de <i>Cenchrus ciliaris</i>	10
3.4. Características morfológicas y fisiológicas de <i>Cenchrus ciliaris</i> como especie invasora.	11
3.4.1. Variedades comerciales de pasto buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.).....	12
3.5. Modelo de distribución potencial.....	13
3.5.1. Importancia del uso de un modelo de distribución de especies.....	14
3.6. Importancia del Área de estudio	15

3.6.1. Localización geográfica del noreste México	15
3.6.2. Clima de los estados que conforman el noreste de México.....	16
3.6.3. Fisiografía	18
3.6.4. Hidrología	20
3.6.5. Suelo	21
3.6.6. Tipos de vegetación.....	23
3.6.7. Vegetación descrita para el noreste (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)	30
IV.- MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1. Materiales	31
4.2. Fase 1 trabajo de campo	31
4.2.1. Selección de especie sometida a modelación de distribución potencial..	31
4.2.2. Revisión de herbario	31
4.3. Fase 2 Base de dato de especímenes.	32
4.3.1. Fraccionamiento de datos.....	33
4.3.2. Utilización de la base de datos Wordclim	33
4.3.3. Patrones de distribución del <i>Cenchrus ciliaris</i> L. invasora en relación con el clima.	33
4.3.4. Uso del programa MaxEnt para modelar la distribución de <i>Cenchrus ciliaris</i>	34
4.3.5. Generación de modelos con la utilización del programa MaxEnt	35
4.3.6. Análisis de datos.....	36
V.- RESULTADOS	37
5.1. Evaluación del modelo y determinación del Área de Distribución Potencial	37
VI.- DISCUSIÓN.....	40

VII.- CONCLUSIONES.....	42
VIII.- RECOMENDACIONES.....	43
IX.- LITERATURA CITADA	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Disponibilidad comercial de diversas variedades de pasto buffel.....	12
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Cenchrus ciliaris</i> . L	9
Figura 2 Mapa del Noreste de México (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas).....	15
Figura 3 Provincias Fisiográficas de La República Mexicana.....	19
Figura 4 Mapa de la vegetación del estado de Coahuila México.....	25
Figura 5 Mapa de la vegetación del estado de Nuevo León, México.....	27
Figura 6 Mapa de la vegetación del estado de Tamaulipas.....	29
Figura 7 Modelo de distribución potencial de <i>Cenchrus ciliaris</i> L en el Noreste de México.....	38

RESUMEN

Una de las principales causas de pérdida de biodiversidad son las especies invasoras, dentro de ellas las gramíneas (Poaceae) que representan uno de los grupos con mayor número de especies catalogada como invasoras. El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) está dentro de esta lista siendo una amenaza a ecosistemas, el presente estudio tuvo como objetivo determinar la distribución potencial de *Cenchrus ciliaris* especie exótica de carácter invasor para el noreste de México (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas) mediante el uso del programa de modelaje MaxEnt. Para ello se utilizaron 19 variables climáticas y la distribución conocida de la especie obtenida de registros de herbario, se analizaron las variables climáticas más importantes en el modelo predictivo, la cual se obtuvo un mapa de distribución con el área de mayor probabilidad de presencia de las especie.

Palabras clave: (*Cenchrus ciliaris* L.) distribución, MaxEnt, plantas invasoras, modelación.

ABSTRACT

One of the main causes of biodiversity loss is invasive species, including grasses (Poaceae) that represent one of the groups with the highest number of species classified as invasive. The buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) is among this list being a threat to ecosystems, the present study aimed to determine the potential distribution of *Cenchrus ciliaris* exotic species of invasive nature for northeastern Mexico (Coahuila, Nuevo León and Tamaulipas) by using the MaxEnt modeling program. For this, 19 climatic variables were used and the known distribution of the species obtained from herbarium records, the most important climatic variables in the predictive model were analyzed, which obtained a distribution map with the area of greatest probability of presence of the species.

Keywords: (*Cenchrus ciliaris* L.) potential distribution, MaxEnt, invasive plants, climatic variables, modeling, northeastern Mexico

I. INTRODUCCIÓN

Los organismos considerados invasores, son generalmente introducidos y llevados de un sitio a otro intencional o accidentalmente, son exóticos (no nativos) que desarrollan un comportamiento invasivo, desplazan a las especies nativas causando daños a los ecosistemas y transformándolos (Villaseñor y Espinosa, 2004), cabe recalcar que la mayoría de las especies introducidas en México han sido el sustento, desarrollo y supervivencia de muchas culturas en nuestro país (Villaseñor y Magaña, 2006).

Las especies invasoras son la segunda causa de la pérdida de la biodiversidad después de la pérdida de hábitat (Lowe *et al.*, 2000), el impacto de las especies exóticas invasoras sobre los ecosistemas es inmenso, su repercusión va más allá del daño de la biodiversidad, si no también implica pérdidas económicas, problemas sanitarios, volviéndose un problema de amenaza directa para el ser humano (Aguirre y Mendoza, 2009) existen diversos organismos a nivel mundial que subrayan la importancia de conocer y afrontar especies invasoras tales como el Programa Global de Especies Invasoras (GISP), y en México a través de la CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad) se ha reunido un comité asesor nacional sobre especies invasoras y han elaborado estrategias a nivel nacional (CONABIO, 2010).

Para la familia de las gramíneas en México se registra el mayor número de especies que están catalogadas como invasoras, con 74 géneros y 171 especies, es decir el 27% del total de las especies exóticas en México (Villaseñor y Espinosa, 2004).

En Coahuila se registran 365 taxa de gramíneas, la mayoría de las especies son nativas con 255 y las otras 64 son introducidas (Valdés, 2015).

Un ejemplo es el (*Cenchrus ciliaris* L.) que pertenece a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae, tribu Paniceae, es nativa del sur de Asia y gran parte de África, introducido en 1970 a México como forraje, ya que constituye la clave para

la ganadería del noreste del país, se conoce 1, 230,000 hectáreas sembradas en México de esta especie (Martínez *et al.*, 2014).

Cenchrus ciliaris es una opción para la alimentación del ganado, sin embargo, por su persistencia y fácil propagación puede llegar a afectar el equilibrio del ecosistema, es conocida como una especie invasoras porque puede establecerse con éxito, naturalizarse y extenderse a nuevos hábitats aparentemente sin la ayuda adicional de los seres humanos actualmente se están estableciendo en nuevas ecorregiones (Radosevich *et al.*, 2007).

La naturalización es un requisito fundamental para la invasión de una planta y se da cuando las barreras abióticas y bióticas que ocasiona la reproducción y sobrevivencia son superadas (Richardson *et al.*, 2000), la naturalización es una de las características adaptativas del zacate buffel y que en la actualidad presenta un problema como especie invasora para el noroeste de México, logra dispersarse en poblaciones naturales, hasta llegar a constituir una de las especies con gran impacto en la biodiversidad (Martínez, 2007).

Cenchrus ciliaris puede transformar los ecosistemas que son invadidos, altera sus procesos y amenaza las comunidades de plantas y animales nativos (James y Raleigh, 2016) entre los hábitats invadidos está el matorral xerófilo representadas en las llanuras de Coahuila, el problema en este hábitat es la competencia en cuanto cobertura si crece mucho evita la llegada de otras especies o peor aun reemplazando a aquellas especies nativas (Ibarra *et al.*, 2012), y al terminar su ciclo de vida se seca y se convierte en materia combustible que origina grandes incendios, tal es el problema que enfrenta Sonora (De la Barrera, 2008).

Debido al gran impacto potencial de las especies invasoras sobre las comunidades biológicas y al funcionamiento de los ecosistemas, es necesario conocer su distribución para implementar acciones de manejo y control (Palma y Delgadillo, 2014).

II. JUSTIFICACIÓN

Cenchrus ciliaris es de gran importancia como forraje, debido a su capacidad adaptativa y reproductiva, sin embargo, se ha convertido en un problema pues se ha escapado de los campos de cultivo comenzado a invadir y desplazar la flora nativa del estado, siendo la segunda causa de la pérdida de la biodiversidad y poniendo a especies del lugar en grado de amenaza, es importante reconocer y afrontar a ésta especie para conservación de la biodiversidad. Para el noreste de México los estudios de esta especie son pocos, este trabajo ayudará a predecir la distribución potencial de *Cenchrus ciliaris* aportando información para el desarrollo de estrategias de control, manejo, erradicación o prevención de invasión de la especie, así como para la evaluación de riesgos al introducir esta especie a nuevos ambientes.

2.1. Objetivo General

Determinar la distribución potencial de *Cenchrus ciliaris* L. (zacate buffel) en el Noreste de México, mediante la utilización de variables climáticas.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la distribución actual de *Cenchrus ciliaris* en el Noreste de México.
- Obtener áreas que describan las condiciones ambientales adecuadas para la supervivencia de las especies; es decir, la distribución potencial o nicho fundamental de la especie para el Noreste de México
- Generar mapas de distribución potencial de *Cenchrus ciliaris*

2.3. Hipótesis

La presencia y la capacidad de dispersión de *Cenchrus ciliaris* como especie invasora dependen de variables climáticas como la temperatura, la precipitación, así como también del tipo de suelo, vegetación y de la altitud comportándose de manera independiente al área de invasión.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Especie invasora

Actualmente, las especies invasoras son tema relevante para la ciencia y el manejo de los recursos naturales, los términos especies invasoras, introducidas, exóticas, no nativas, entre otros, se usan indistintamente con frecuencia, pero se refieren a especies que se encuentran fuera de su área de distribución natural (Castro *et al.*, 2004)

Aun cuando muchas especies no causan problemas al inicio de su introducción, una presencia prolongada en el ambiente y con ausencia de competidores y enemigos naturales puede provocar resultados adverso, cuando una especie exótica extiende su rango de distribución a una distancia considerable de los organismos parentales, formando poblaciones independientes, se considera como una especie invasora (Rejmanek, 2000). En México esta definición se aplica oficialmente para el concepto de especie introducida o exótica (Herrera, 2010).

En cuanto al término especie invasora, SEMARNAT (secretaría de medio ambiente y recursos naturales) en el 2001 la define como “aquella que alcanza un tamaño poblacional capaz de desplazar o eliminar a otras especies dentro de un hábitat o ecosistema, alterando la estructura, composición y funcionalidad de este, las especies invasoras pueden ser exóticas o nativas”.

De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (actualmente Unión Mundial para la Naturaleza), una especie invasora es aquella especie exótica que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, y que tiene la capacidad de colonizar, invadir y persistir en cada invasión pueden reconocerse tres fases: introducción, colonización y naturalización , gracias a esto se da las invasiones biológicas perjudicando a otras especies, aunque no solo pueden llegar a afectar desde el nivel genético sino hasta los procesos de los ecosistemas (Higgings *et al.*,1999). Son especies que entran en hábitats modificados por sus propios medios y luego pasar por explosiones de

población, a menudo resultando en un gran daño económico a los cultivos u otros componentes de la diversidad biológica. La extinción de las especies nativas puede ser consecuencia de una o varias repercusiones de las especies invasoras: la competencia por alimento, espacio o sitios de reproducción, mayor depredación, o la propagación de parásitos y enfermedades frente a los que las especies nativas carecen de defensas. Las especies invasoras, además de todo eso, tienen un elevado potencial para afectar negativamente una serie de acciones de restauración ecológica, conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Chornesky *et al.*, 2005).

3.1.1. Especies exóticas invasoras en México

Las plantas introducidas o exóticas se han convertido en un componente importante de la vegetación de casi todos los países del mundo (Weber, 1997), en México es muy importante conocer todo sobre las especies exóticas que se han convertido en especies invasoras y que causan serios daños ecológicos. Por ello, desde el año 2000 CONABIO inició estudios para desarrollar los efectos causados por las especies invasoras y así poder planear acciones necesarias para prevenir y combatir su invasión. Después se creó el subsistema de información de especies invasoras, dentro del sistema nacional de información sobre la Biodiversidad (SNIB), dedicada a recopilar datos informativos sobre las especies invasoras y posteriormente sus poblaciones, a evaluar su potencial de dispersión, su distribución original y de las áreas que han invadido, así como también conocer los procesos de invasión y las rutas de introducción, y por último saber cómo controlarlos y erradicarlos (Carabias *et al.*, 2010).

3.1.2. Gramíneas como especies exóticas e invasoras

La importancia de las gramíneas como especies exóticas e invasoras radica en que son consecutivamente introducidas intencionalmente por el hombre para la ganadería y agricultura, por lo que las invasiones se convierten en un fenómeno común (D'Antonio y Vitousek, 1992).

Entre las especies de gramíneas exóticas más notables se encuentran el trigo, el sorgo, el arroz y la avena, todos cereales importantes que forman parte de la alimentación y economía mundial (Dávila *et al.*, 2006).

Las regiones de Europa, Asia templada, Asia tropical y Sudamérica son las principales fuentes de la flora exótica en nuestro país (Villaseñor y Espinoza, 2004), y en las gramíneas las especies africanas son frecuentes (Milton, 2004).

En años recientes las especies exóticas invasoras se han convertido en un tema de importancia ecológica, económica, e incluso social. Se considera a este tipo de especies como la segunda causa de la pérdida de la biodiversidad, después de la fragmentación de hábitat (McGeoch *et al.*, 2010), de modo que la Convención sobre la Biodiversidad Biológica ha subrayado la importancia de reconocer y afrontar a éstas especies como un área de estudio focal en la conservación de la biodiversidad (SCBD, 2006).

3.1.3. Gramíneas invasoras en el Noreste de México

La mayoría de las gramíneas invasoras se han introducido en el norte del país con fines ganaderos para incrementar la cantidad de forraje, la importancia económica que se le da a la familia Poaceae es que ocupa el primer lugar dentro de las plantas vasculares puesto que incluye a los principales cereales para la alimentación humana y gramíneas forrajeras para su consumo por las diferentes clases de ganado, de esta manera existen especies con valor industrial, ornamental, ecológico, entre otros (Valdés y Davila, 1998).

En Coahuila se registran 43 especies invasoras de gramíneas entre ellas la de mayor impacto es el carrizo *Arundo donax*, es una especie invasora característica por estar presente en los hábitats acuáticos como del valle de Cuatro Ciénegas, por lo que ha desplazado a varias especies nativas por otra parte también está el zacate buffel que ha invadido los matorrales de la su provincia Llanuras de Coahuila y Nuevo León, ubicada en los municipios del noreste coahuilense (Valdés y Encina, 2017).

3.2. Origen e introducción de *Cenchrus ciliaris* L.

Cenchrus ciliaris es originaria de las regiones semiáridas de África, al observar la persistencia, producción y la calidad del forraje, las semillas fueron colectadas y llevadas al sur de Texas en 1946 beneficiando a la agricultura y ganadería, *Cenchrus ciliaris* logro expandirse a gran velocidad en todo Texas, en 1952 la semilla se introdujo a México al norte del país como la principal en siembra de pastizales, a través de un programa de investigación se estableció como líneas de investigación en campos experimentales de Apodaca Nuevo León México fue en ese momento que se cultivó en grandes superficies del este y oeste de México (Cota y Johnson, 1975; Molina *et al.*, 1976).

Actualmente, *Cenchrus ciliaris* L. se ha posicionado como una de las especies con buena calidad y más deseada por los ganaderos debido a sus características fenológicas, en comparación con otros pastos, tiene una alta productividad de biomasa, tolerancia a grandes periodos de sequías además de tener buenas respuesta al pastoreo (Ibarra *et al.*, 2013).

3.3. Clasificación taxonómica



Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Paniceae

Subtribu: Cenchrinae

Nombre Científico: *Cenchrus ciliaris*. L.

Nombres comunes: zacate Buffel, african foxtail (USA) zacate cola de zorra, pasto salinas (sudamerica) zacate azul, Bufalograss y Anjasgraas (India) (Trópicos, 2019)

Figura 1.- *Cenchrus ciliaris*. L.

3.3.1. Descripción Botánica

Perenne amacollado culmos de 10 a 150 cm de alto, cespitosos desde una base nudosa, con o sin rizomas, erectos; nudos glabros; vainas comprimidas glabras o escasamente pilosas; lígulas ciliada, 0.5 a 3 mm de largo; láminas escábridas, en ocasiones ligeramente pilosas, 3 a 50 cm de largo por 2 a 13 mm de ancho, planas, glabras o pubescentes. Inflorescencia densa y cilíndrica, 2 a 20 cm de largo por 4 a 35 mm de ancho, erecta, café con verde, café púrpura, o púrpura oscuro, involucros pubescentes de 6 a 15 mm de largo; cerdas exteriores, 16 a 89, de 0.3 a 11.7 mm de largo, muchas excediendo las espiguillas; cerdas internas, 7 a 20, de 3.8 a 13.8 mm de largo, fusionadas en la base, hasta un cuarto de su largo, planas, ciliadas, cerdas primarias 10 a 23 mm de largo; espiguillas, 2 a 4 por involucro, de 2 a 5.6 mm de largo; primera gluma de 1 a 3 mm de largo, delgada y

membranácea, 0 a 1 nervadura; segunda gluma de 1.3 a 3.4 mm de ancho, 1 a 3 nervaduras; flósculo inferior estaminado o estéril; lemas inferiores de 2.5 a 5.3 mm de largo, con 3 a 7 nervaduras; páleas inferiores ausentes o de 2.5 a 5 mm de largo; anteras ausentes o de casi 0.4 mm; flósculo superior no desarticulando en la madurez, lemas superiores de 2.2 a 5.4 mm de largo, con 3 a 5 nervaduras; anteras de 1.4 a 2.7 mm de largo; cariopsis de 1.2 a 1.9 mm de largo, encerrada por la lema y la pálea en la madurez. $2n = 45$. (Valdés, 2015).

3.3.2. Distribución de *Cenchrus ciliaris* en México

se encuentra en Canadá, Estados Unidos de América, y en México (Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, y Zacatecas.(Dávila, *et al.*, 2006)

3.3.3 Requerimientos climáticos y de suelo para el establecimiento de *Cenchrus ciliaris*.

Cenchrus ciliaris persiste y coloniza en lugares que contengan las siguientes características:

- Una precipitación total de 300- 600 mm
- Precipitación de verano de 250- 550 mm
- Precipitación de invierno no inferior a 200 mm

Esto favorece su adaptación y persistencia por el contrario generalmente no se dispersa y muere. La temperatura ambiente está relacionada con la elevación sobre el nivel del mar, lo cual delimita las áreas de *Cenchrus ciliaris*, sin embargo, la altitud no está relacionada con variables como latitud y efecto de exposición de viento y sol, la adaptación conlleva a una relación con el tipo de suelo; así mismo la textura, materia orgánica y nutrientes, suelos planos con lomeríos suaves con

textura entre arenosa y franca se adapta mejor a pH de 7-8. Si el suelo es deficiente de Ca, demasiado rocosa y salino la planta tiene problemas de persistencia.

Los suelos ideales para su establecimiento y persistencia poseen las siguientes características:

- 1) Contenido de arena varia de 60 a 90 %
- 2) La suma de limo y arcilla siempre menos a 50%
- 3) El N total y C orgánico menores de 0.2 y 2.0%
- 4) PH de 6-9

Aunque *Cenchrus ciliaris* crece y se establece por periodos cortos y en casi todo tipo de suelo (Ibarra, 2013).

3.4. Características morfológicas y fisiológicas de *Cenchrus ciliaris* como especie invasora.

Cenchrus ciliaris, es un tipo de forraje capaz de adaptarse a las más disímiles condiciones de suelo, es altamente resistente a la sequía, debido a su profundo y fuerte sistema radicular consta de raíces bien formadas por un sistema radicular largo, fuerte, y abundante, fibrosa adaptándose a regiones de precipitación relativamente baja (750-900 mm), el éxito de invasión de *Cenchrus ciliaris* se debe en parte a su capacidad para emerger luego de niveles de precipitación relativamente bajos (Ward, 2006), así como también por su fácil propagación ya que las semillas pueden volar o adherirse a animales y personas.

3.4.1. Variedades comerciales de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

Cuadro 1. Disponibilidad comercial de diversas variedades de *Cenchrus ciliaris* (Quero, 2013)

Variedad	Origen
Común americano	Kenia
Viólela	Tanzania
Gayndah	Kenia
Lawes	Sudáfrica
Molopo	Sudáfrica
Nunbank	Uganda
Mbalambala	Kenia
Tarewinnbar	Kenia
Higgins	Texas, Usa
Llano	Usa
Nueces	Usa
T-704	Usa
Frio	Sudáfrica
Pecos	Comercial, Usa
Laredo	Comercial, Usa

3.5. Modelo de distribución potencial

Recientemente se han utilizado los modelos de distribución potencial basados en el concepto de nicho ecológico, como una herramienta adicional para la ecología de la invasión (Gillham *et al.*, 2004).

Los modelos de distribución de especies indican la relación del hábitat en el que se desarrollan, calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores (Benito y Peñas, 2007).

Estos modelos asocian registros de los sitios a un espacio multidimensional definido por un grupo de variables climáticas, con el propósito de identificar el nicho climático de las especies. Esta proyección identifica áreas con condiciones climáticas en un espacio determinado con el fin de identificar áreas de distribución potencial (Lindenmayer *et al.*, 1996). Los modelos obtenidos se basan en datos climáticos o topográficos, excluyendo datos biológicos, geográficos e históricos tales como barreras de dispersión, o presencia/ausencia de competidores en las áreas predichas por lo que un entendimiento a fondo, y estudio de la biología de las especies a modelar es muy necesario para obtener modelos válidos (Soberón y Townsend-Peterson, 2005).

Al emplear modelos cuantitativos que incluyan factores abióticos y bióticos en modelar el área de distribución de una especie, lo que realmente se modela es el nicho fundamental de la especie con una cobertura geográfica definida en este sentido, el proceso de modelado consiste en dos pasos:

- 1) modelar el nicho ecológico de la especie

- 2) proyectar el modelo de nicho a un paisaje geográfico para identificar áreas potenciales de su distribución (Sánchez *et al.*, 2001).

La potencial distribución de una especie varía geográficamente con la oscilación de las condiciones climáticas, pero es ambientalmente invariante, la

distribución realizada de la misma especie variará tanto en el espacio geográfico como en el ambiental cuando sujeto a las mismas variaciones climáticas (Jiménez *et al.*, 2008).

El perfil ambiental que se obtiene de los organismos se puede emplear para describir y medir la importancia de los factores ambientales específicos y predecir la distribución de las especies a través de áreas no muestreadas (Ortiz y Villaseñor, 2017).

3.5.1. Importancia del uso de un modelo de distribución de especies

Un enfoque fundamental para la comprensión y gestión de especies invasoras es determinar su distribución potencial. Varios trabajos proporcionan una visión general de la modelación de distribución de especies o una comparación de los métodos de modelación (Fielding y Bell, 1997).

Una forma de predecir las especies invasoras es a través de los SDM que hacen una representación parcial de la realidad que refleja algunas propiedades, son representaciones cartográficas de la idoneidad de un espacio para la presencia de una especie, en función de las variables empleadas para generar dicha representación (Guisan y E, 2000).

En general, estos métodos de modelación combinan datos de localidades geo referenciadas de las especies donde ha sido confirmada su presencia con variables ambientales, por ejemplo MAXENT (Máxima Entropía) que modela la distribución geográfica de las especies, utilizando como datos sólo los sitios de presencia de esa especie y las variables climáticas y topográficas asociadas a cada uno de esos puntos de presencia para crear un modelo de requerimientos de la especie de acuerdo a las variables examinadas (Anderson *et al.*, 2003).

El modelo resultante es proyectado sobre un mapa de la región de estudio que muestra la distribución potencial de las especies estudiadas. Estos mapas pueden servir para detectar áreas donde las especies invasoras pueden estar presentes y

donde posiblemente estarán en el futuro (Pérez y Lira, 2013). El clima es un factor importante que afecta o determina la distribución de los organismos; por tal motivo, los análisis de variables climáticas ayudan a comprender el por qué una especie crece en un determinado sitio y no en otro (Lindenmayer *et al.*, 1991).

3.6. Importancia del Área de estudio

3.6.1. Localización geográfica del noreste México

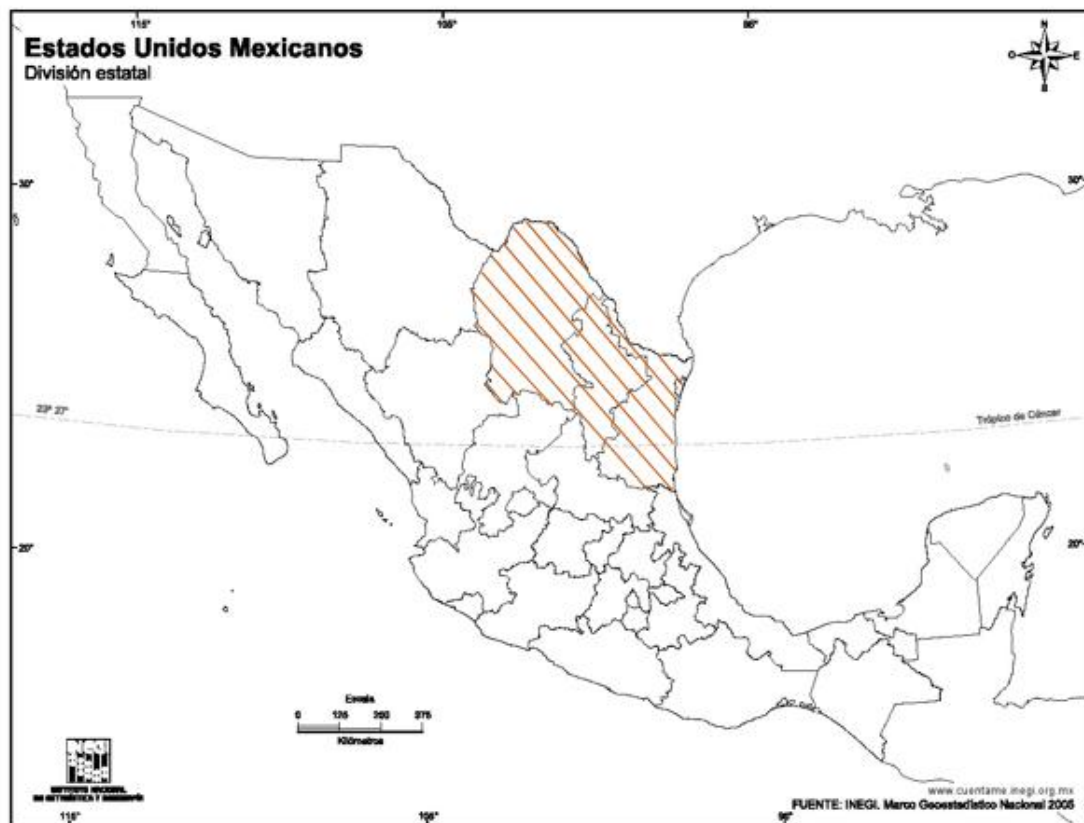


Figura 2. Mapa del Noreste de México (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas) fuente (INEGI, 2006).

El Noreste de México es una de las 8 regiones de los estados unidos mexicanos, formada por los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, con 295 967 km², cual representa el 15% de la superficie total del país, los tres estados

que comprenden el noreste de México están dentro de dos grandes regiones naturales denominadas Desierto Chihuahuense y Tamaulipeco, los cuales son considerados como centro de origen y diversificación de muchas especies características de las zonas áridas y semiáridas del país (Rzedowski, 1994). Es la región del ecosistema menos conocida y estudiada, y una parte importante por las actividades agrícolas y ganaderas aunque la mayor en desarrollo humano y alta calidad de vida para todo México

3.6.2. Clima de los estados que conforman el noreste de México

El tipo de clima para cada estado que conforma el Noreste de México, son pocos diferentes en el estado de **Nuevo León** predominan los climas semisecos extremos, la precipitación pluvial es en general bastante escasa, aunque cuenta con regiones que registran lluvias anuales mayores de 800 mm. La media general anual del estado oscila entre 300 y 600 mm. Los climas seco y semiseco se distribuyen principalmente en la región nororiental, la cual forma parte de la Gran Llanura de Norteamérica; y en la región suroccidental, separada de la primera por las alturas de la Sierra Madre Oriental. En áreas menores de la región de la sierra, en la zona del centro y sur de la entidad y en gran parte de la cuenca del Rio San Juan se registran los climas semiáridos, templados y semifríos.

En cuanto al estado de **Coahuila**, está situada en un área climática denominada desierto del norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales. La parte nororiental del estado, se ubica al este de la barrera orográfica de la Sierra Madre, y así los climas que se presentan en estos terrenos son más húmedos y cálidos, y la influencia marítima es, en general, más notable. Son tres las áreas en las que puede dividirse al estado por sus climas:

- El occidente muy seco, que comprende extensas llanuras desérticas de la provincia de Sierras y Llanuras del Norte y algunas otras.

➤ El centro y sur, en los que se asocian climas desde los muy secos y secos semicálidos de sus bolsones, hasta los semisecos templados y los templados subhúmedos de las cumbres serranas, con predominancia de climas secos y que coincide con el área de la Sierra Madre Oriental en el estado.

➤ El noreste semiseco y seco con influencia marítima más notoria, que corresponde en general a los terrenos de las Grandes Llanuras de Norteamérica.

La mitad de su territorio (49%) presenta clima seco y semiseco, el 46% tiene clima Muy seco y el 5% restante registra clima Templado subhúmedo, localizado en las partes altas de las sierras del sur, la temperatura media anual es de 18 a 22°C.

Por otro lado, el estado de **Tamaulipas** lo que respecta al clima, responden fundamentalmente a la influencia de tres condiciones geográficas, que son: La latitud a la que se encuentra la entidad; su cercanía al Golfo de México, y la altitud de sus tierras. El Trópico de Cáncer divide al estado en dos zonas: su parte sur, en la que predominan los climas cálidos y relativamente húmedos; y su centro y norte menos calurosos, con lluvias más escasas distribuidas en el año. La influencia marítima se deja sentir de distintas maneras a lo largo del año: durante los meses de verano, como son vientos húmedos que penetran en el continente y dejan caer buena parte de la precipitación anual; como huracanes, los cuales son muy frecuentes con intensas lluvias. Además, durante los meses invernales llegan a Tamaulipas, desde el golfo, masas de aire polar, o "nortes", que provocan precipitaciones y condiciones de alta humedad atmosférica, que repercuten sobre todo en la parte central y norte de la entidad. La presencia de las cadenas montañosas de la Sierra Madre Oriental, que se alinean paralelas a la costa, provoca un efecto muy notable de barrera orográfica, lo que favorece a la humedad en el frente oriental de la sierra, e impide la entrada de vientos húmedos hacia los altiplanos del suroeste tamaulipeco, donde prevalecen climas secos. La propia altitud de las sierras determina los grados de temperatura, desde climas cálidos, en los límites con las llanuras costeras, hasta templados en las alturas del suroeste del

estado. Si se toma en consideración lo antes mencionado, es posible subdividir a la entidad en tres zonas climáticas bien definidas, según se indica a continuación:

- Las porciones centro y norte del estado, en las que predominan los climas semisecos y los semicálidos con lluvias escasas todo el año.
- Las zonas sur y sureste con predominancia de climas cálidos subhúmedos o húmedas con lluvias veraniegas.
- Y la zona de la Sierra Madre, cuyos climas van desde cálidos a templados, en función de la altitud, y de los húmedos a los secos, de oriente a poniente.

El 58% del estado presenta clima cálido subhúmedo, el 38% presenta clima seco y semiseco en el centro, el norte y hacia el suroeste del estado; el 2% es templado subhúmedo en la región suroeste, y el restante 2% presenta clima cálido húmedo localizado hacia el suroeste. La temperatura media anual es alrededor de 23.5°C, la temperatura máxima promedio es de 22°C y se presenta en los meses de junio a agosto, la temperatura mínima promedio es de 10°C (INEGI, 1983)

3.6.3. Fisiografía

El paisaje de **Coahuila** está definido por tres provincias fisiográficas: Sierras y Llanuras del Norte, estos abarcan más del 17% del territorio y se definida por tres subprovincias; La Sierra Madre Oriental que abarca más del 65% del estado y la conforman 8 subprovincias, donde destacan Las Sierras y Llanuras Coahuilenses y la Sierra de Paila; y el resto del paisaje lo define la provincia de Grandes Llanuras de Norteamérica definida por la subprovincia de Llanuras de Coahuila y Nuevo León, siendo la flexión que sufre la Sierra Madre Oriental a la altura de Monterrey, Nuevo León, a partir de la cual adquiere una orientación general este – oeste, el rasgo fisiográfico más significativo (INEGI, 2001).

En cuanto **Nuevo León** engloba porciones importantes de tres de las grandes regiones naturales del país. La Sierra Madre Oriental, que domina todo el panorama

occidental y meridional del estado cuyas sierras separan en sentido noroeste-sureste las tierras altas del suroeste neolonés de las extensas llanuras del llamado plano inclinado. La Gran Llanura de Norteamérica que comienza en Nuevo León y se extiende por toda la parte central de los Estados Unidos de América hasta Canadá. La Llanura Costera del Golfo Norte, que abarca las tierras más bajas de Nuevo León, y que, por su morfología de llanuras aluviales extensas, es la zona del estado que mejor responde al nombre de "plano inclinado".

De acuerdo a INEGI (1983), el Estado de **Tamaulipas** se ubica dentro de los límites de tres Provincias Fisiográficas que conforman el territorio mexicano, la zona montañosa del suroeste del Estado pertenece a la Provincia Sierra Madre Oriental, las extensas áreas de llanuras costeras, lomeríos y valles, así como las sierras de San Carlos y Tamaulipas que abarcan la mayoría de los terrenos tamaulipecos, corresponden a la Provincia Llanura Costera del Golfo Norte, finalmente hacia la zona noroeste, en la que predominan lomeríos suaves alternados con llanuras dentro de la Provincia Grandes Llanuras de Norteamérica.

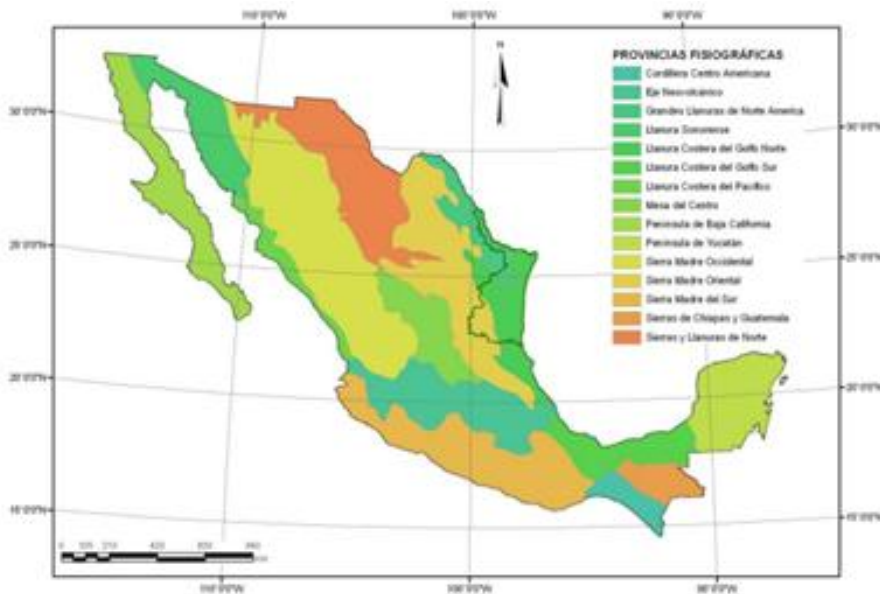


Figura 3. Provincias Fisiográficas de La República Mexicana (INEGI, 1983).

3.6.4. Hidrología

La región noreste cuenta con grandes recursos hídricos, las cuales, en su mayoría, son corrientes de agua intermitentes, los cuales se refieren a las corrientes que tiene agua sólo durante alguna parte del año así también las corrientes de agua perennes, se encuentra el río bravo, que pasa por estados como Coahuila, Nuevo León, y Tamaulipas que son parte de la región que se analiza.

La hidrología superficial de **Coahuila** está definida principalmente por cauces intermitentes y efímeros, teniendo muy pocos cauces perennes como el Río Bravo, Río Sabinas, entre otros. El estado de Coahuila es parte de cuatro Regiones hidrológicas: Bravo-Conchos, Mapimí, El Salado y Nazas-Aguanaval, donde se localizan 17 cuencas hidrológicas y 43 subcuencas (INEGI, 2011). Los patrones de drenaje que definen las cuencas hidrológicas son principalmente dendrítico y paralelo.

Para **Nuevo León** Existen cuatro regiones hidrológicas en el estado siendo la principal la Bravo-Conchos, se ubica en el norte, centro, oriente del estado, los principales ríos: San Juan (abastece a la presa el Cuchillo), Santa Catarina, Ramos, Pílon, Pesquería, Salinas, Sosa, Salado, Álamo y Candela. N°25 San Fernando-Soto La Marina: se ubica en el centro y oriente del estado. Los principales ríos son: Blanco, Conchos, Potosí, San Lorenzo y Pablillo. N°26 Pánuco: se ubica al sur del estado. El principal afluente es el arroyo San Pablo. N°37 El Salado: se ubica en el sur del estado, teniendo como afluentes los arroyos Santa Ana, San Rafael, Bustamante y Dr. Arroyo.

La red hidrográfica de la entidad de **Tamaulipas** inicia en las sierras altas formando corrientes que son alimentadas principalmente por la lluvia, las cuales descienden y recorren a través de importantes afluentes que se van distribuyendo en cuatro regiones hidrológicas: Bravo-Conchos, San Fernando Soto La Marina, Panuco-Tamesí y El Salado. Los ríos cortos descienden de la zona montañosa, paralelos entre sí y cuyo poco caudal aumenta gradualmente mientras se avanza hacia el sur del Estado. El más caudaloso es el Río Bravo, ubicado en prácticamente

el extremo norte del Estado, hacia el sur las corrientes importantes que encontramos son el Guayalejo, que en su curso inferior recibe el nombre de Tamesí, antes de unirse al caudal del Pánuco y posteriormente desembocar en el Golfo de México (INEGI, 1983).

3.6.5. Suelo

En Coahuila casi el 90% de los suelos están clasificados como Litosoles, Xerosoles, Regosoles, Yermosol y Rendzinas, los cuales son originarios de rocas sedimentarias, generalmente estos suelos están presentes en las Zonas Áridas, el resto de los suelos se clasifican como: Solonchak, Vertisol, Castañozem, Fluvisol, Feozem, Chernozem, Luvisol, Solonetz y Gleysol. La clase textural del suelo que predomina en el estado es la media seguida de la fina, las cuales se encuentran en el 81.59% y el 15.71% respectivamente, mientras la clase gruesa ocupa sólo el 2.68% del territorio estatal (INEGI 2011).

Debido a la predominancia de rocas como las calizas y lutitas, en **Nuevo León** los suelos presentan una marcada tendencia arcillosa y calcárea, su principal forma de origen es la aluvial, es decir, por arrestare de materiales por agua. Se reconocen algunas zonas muy localizadas donde los suelos se han originado por intemperismo de rocas ígneas, como es el caso de la Sierra Picachos en los municipios de Sabinas Hidalgo y Agualeguas (INEGI, 1986). 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.

Los suelos de **Tamaulipas** predominan las rocas sedimentarias como las calizas, los conglomerados, las areniscas y las lutitas, que dan origen a una gran diversidad de suelos. A continuación se describen los suelos (según la clasificación FAO / UNESCO) que constituyen cada una de las provincias.

Franja Fronteriza: Provincia que está constituida por los municipios de Nuevo Laredo, Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo, Díaz Ordaz, Reynosa, Río Bravo, Matamoros y Valle Hermoso. Los suelos típicos de esta provincia son los xerosoles, que se encuentran sobre lomeríos suaves y algunas llanuras. Son suelos profundos, de textura de migajón arcillosa o arcillosa, de color amarillento o rojizo; se derivan de rocas arcillosas y calcáreas y su estructura es en forma de bloques.

Los llanos de San Fernando: Estos llanos están conformados por los municipios de San Fernando, Méndez y parte de Burgos y Cruillas. Los suelos característicos son los castañozem, tienen una capa superficial de color pardo, y su textura es de migajón arcillosa y arcillosa, otros suelos presentes son el xerosol, el vertisol y el solonchak.

Sierra de San Carlos: La forman los municipios de San Carlos, San Nicolás y parte de Cruillas y Burgos. El suelo característico es el rendzina, el cual presenta una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre una roca caliza; no son profundos (apenas miden 10 cm.), tienen textura arcillosa de color negro a gris, son de susceptibilidad moderada a alta a la erosión, y se encuentran en regiones semiáridas. Otros suelos presentes son los vertisoles, litosoles y castañozem.

La Cuenca Central: La forman los municipios de Victoria, Güémez, Padilla, Hidalgo, Villagrán, Mainero, Jiménez, Abasolo, Casas y Soto la Marina. El suelo predominante es el vertisol, de colores negro, gris y rojizo.

Sierras del suroeste: La conforman los municipios de Tula, Jaumave, Palmillas, Miquihuana y Bustamante. El suelo característico es el litosol, el más abundante de la región y se encuentra en la mayor parte de la sierra, con pendientes mayores a 20%. Se desarrolla de materiales calcáreos (lutinas, margas y conglomerados de colores negros y grises, es rico en materia orgánica y no presenta problemas salinos

La Huasteca: La constituyen los municipios de Llera, Gómez Farías, Xicoténcatl, Ocampo, Antigua Morelos, Nuevo Morelos, Mante, González, Aldama, Altamira, Madero, Tampico y una porción de Casas y Soto la Mariana. El suelo

predominante es el vertisol. Resultan ser suelos casi siempre muy fértiles, de origen aluvial, de textura arcillosa, masiva o pesada que originan grietas anchas y profundas en la época de sequía, son de colores negro y gris (INEGI, 1983).

3.6.6. Tipos de vegetación

El estado de **Coahuila**, es extremadamente árido con la mayor parte de la superficie de matorral xerófilo, se ubica en la zona biogeográfica conocida como Desierto Chihuahuense, dentro del Gran Desierto de Norteamérica, de acuerdo con Villarreal y Valdés (1992-1993) comprende seis tipos de vegetación y doce comunidades vegetales, siendo las gramíneas las que se sitúan en primer lugar en cuanto a los grupos florísticos con mayor cobertura y número de taxas.

Se describe a continuación la vegetación y las agrupaciones de acuerdo su presencia en Coahuila (Encina, 2015)

I. Matorral desértico chihuahuense

- 1) Matorral micrófilo
- 2) Matorral rosetófilo
- 3) Izotal
- 4) Matorrales halófilo y gipsófilo

II. Matorral tamaulipeco

III. Matorral submontano

IV. Bosque de montaña

- Bosque de encino
- Bosque de pino
- Bosque de oyamel
- Vegetación alpina-subalpina

- 1) Bosque de niebla

V. Zacatal

VI. Vegetación riparia, subacuática y acuática

La vegetación arbustiva espinosa y caducifolia, y el mezquital son los dos tipos de vegetación más característicos, también el pastizal halófilo que crece también en las llanuras, sobre suelos salinos o sódicos y el pastizal natural mientras tanto el cultivado se localiza en las llanuras y el valle, y está compuesto fundamentalmente por una especie, el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) (Rzedowski, 1994).

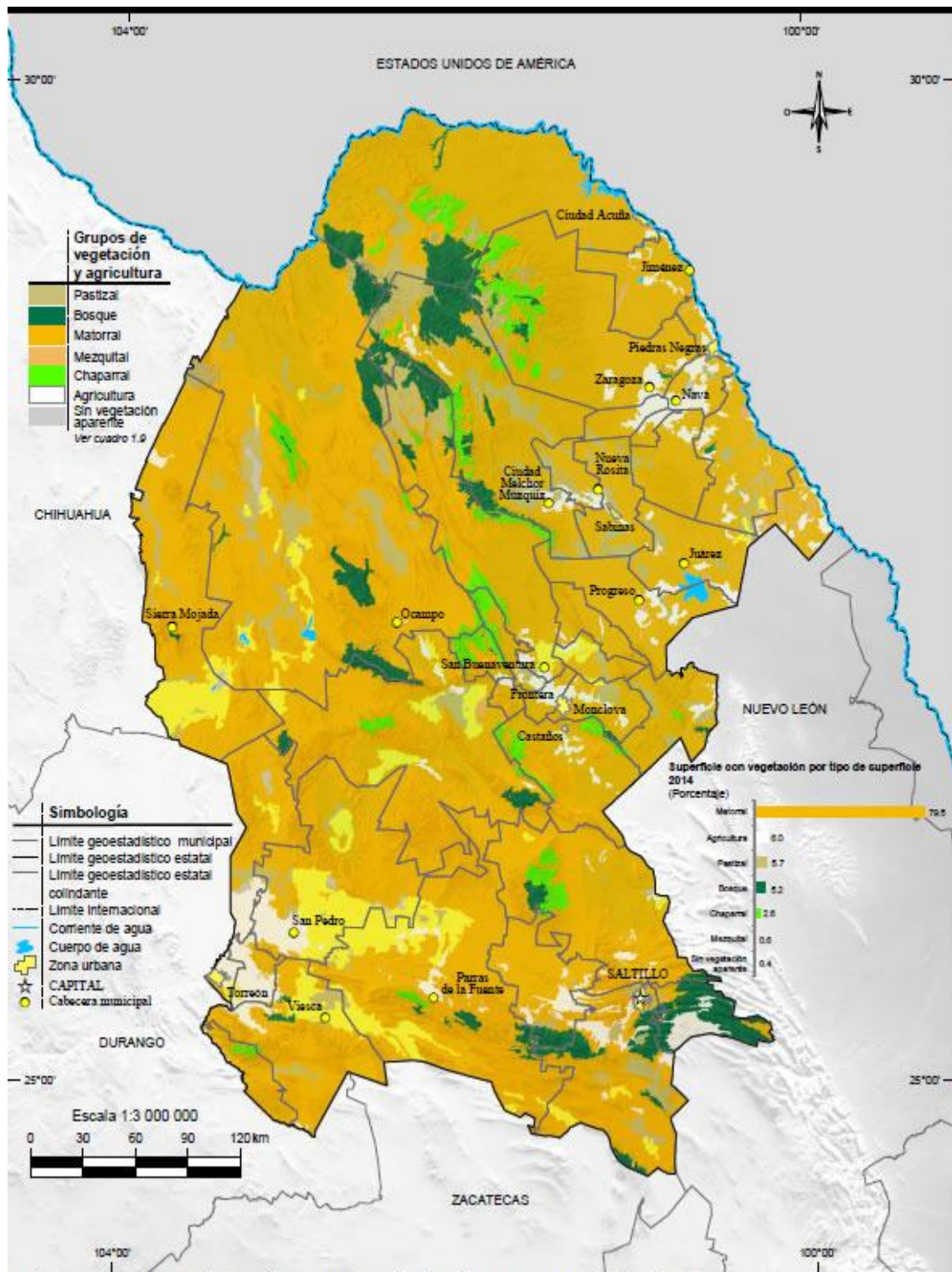


Figura 4. Mapa de la vegetación del estado de Coahuila México. Fuente (INEGI, 2018).

La vegetación del estado de **Nuevo León** comprenden los siguientes tipos de vegetación: Bosque espinoso, Bosque de Encinos, bosque de coníferas, matorral desértico, vegetación acuática, pastizal y otros tipos de vegetación. Sin embargo para cuestiones prácticas podemos decir que en Nuevo León existen 5 grandes grupos (*Rzedowski, 1994*).

- Bosques.
 - Bosque de pino
 - Bosque de coníferas
 - Bosque de pino – encino
 - Bosque de encino
- Matorrales. “matorral desértico”
- Pastizales.
- Vegetación acuática.
- Otros tipos de vegetación (vegetación zonas con yeso y sal, vegetación alpina y subalpina).

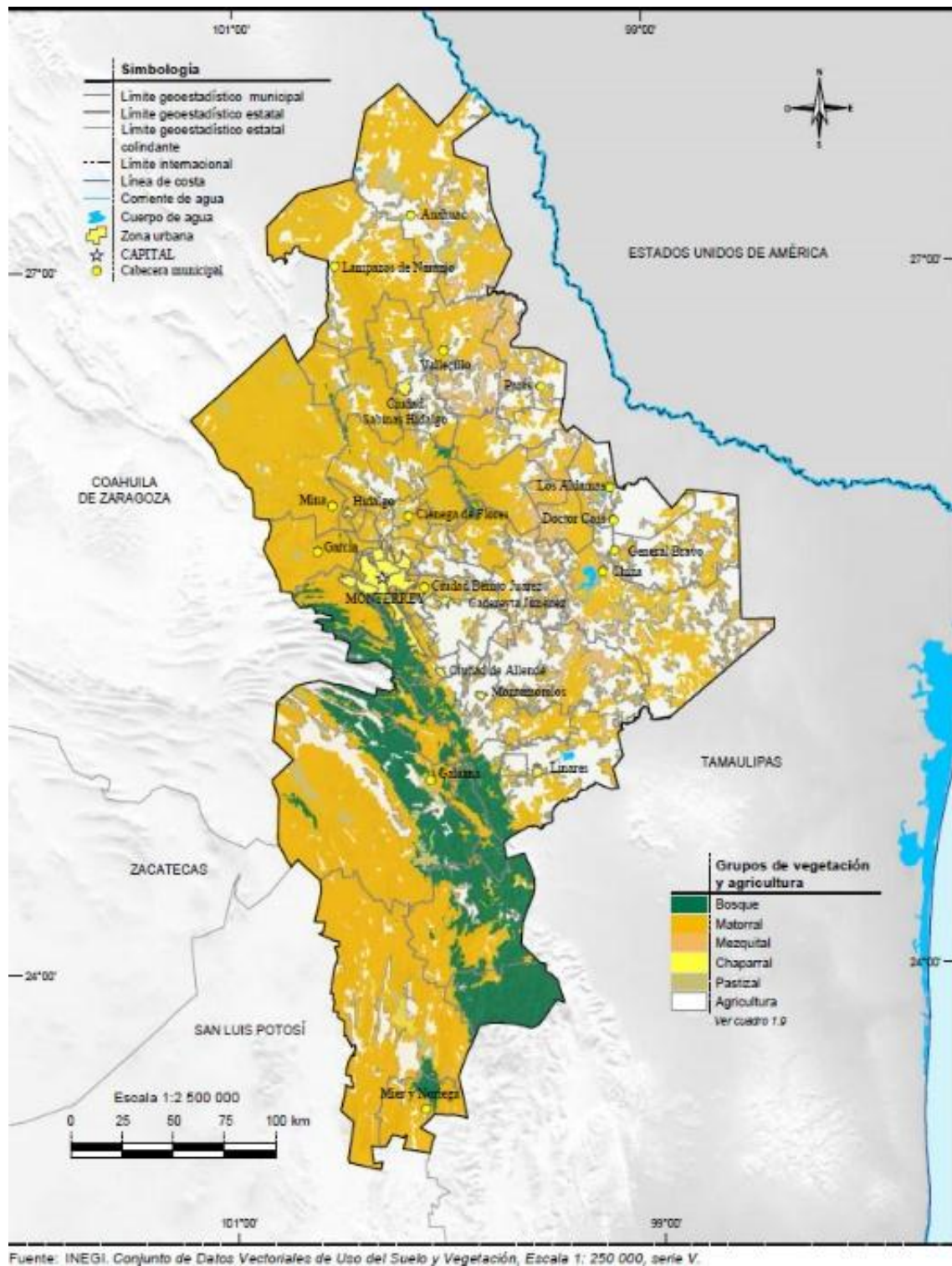


Figura 5. Mapa de la vegetación del estado de Nuevo León, México, fuente (INEGI, 2018).

En el estado de **Tamaulipas** La superficie estatal está cubierta en un 27.8% por zonas agrícolas, el 25.3% por matorrales, el 22% pastizales, el 10.5% por selvas, el 8% por bosques, el 2% por mezquitales y el 4.4% restante por otros tipos de vegetación, cuerpos de agua y zonas urbanas.

- Bosque de coníferas
- Bosque de encinos (y hojosas)
- Bosque tropical perennifolio y subcaducifolio
- Bosque tropical caducifolio
- Bosque espinoso
- Matorral xerófilo

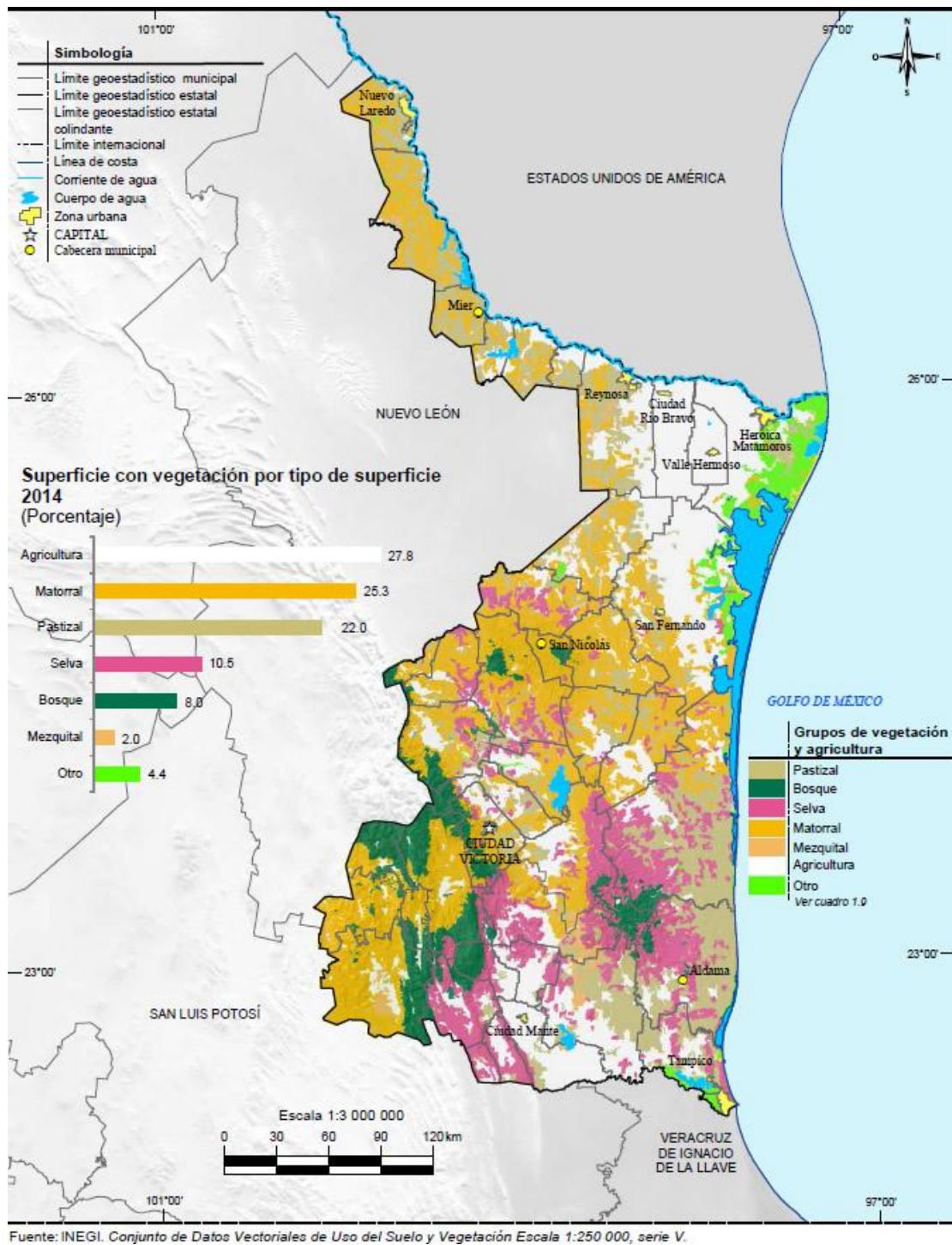


Figura 6. Mapa de la vegetación del estado de Tamaulipas México fuente (INEGI, 2018)

3.6.7. Vegetación descrita para el noreste (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)

La flora de los estados de Nuevo León y Coahuila son similares pues cuentan con parecidas comunidades vegetativas, más sin embargo el estado de Tamaulipas se distingue de las anteriores por tener bosque tropical y en donde se encuentra una reserva de la biosfera, cuenta con un gran porcentaje de pastizal inducido que fomenta la ganadería, la composición florística y la estructura de la vegetación están fuertemente determinadas por el contenido de humedad del suelo disponible para desarrollo de las plantas a tal grado que se reconoce como el principal factor limitante en estas regiones.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

- Material botánico herborizado
- Especímenes de la especie estudiada, correctamente identificados y geo referenciados.
- Material de escritorio (computadoras)
- Programas: MaxEnt, Arcgis 10.2, Excel, Google earth.
- Variables ambientales descargadas de internet (Worldclim)
- Mapas temáticos y políticos.

4.2. Fase 1 trabajo de campo

4.2.1. Selección de especie sometida a modelación de distribución potencial.

La especie invasora que se considerara en este trabajo es (*Cenchrus ciliaris* L.) especie adaptada en el noreste de México.

4.2.2. Revisión de herbario

El trabajo en laboratorio consistió en retomar colectas que se han realizado anterior mente depositadas en los herbarios principalmente de instituciones como la Antonio, Narro, Saltillo, México (ANSM), (MEXU) y Estados Unidos de América (MO,US) virtuales y énfasis en los herbarios regionales, contando con la ayuda de expertos en el tema de identificación de la familia Poaceae, tomando información correspondiente a su taxonomía (género y especie), el lugar de colecta, coordenadas, altitud, y el tipo de vegetación, georreferenciados provenientes de regiones de los 3 estados que conforman el noreste de México montados y etiquetados de lo cual se verificará la información de la distribución de los ejemplares disponibles.

4.3. Fase 2 Base de dato de especímenes.

Utilizamos todos los registros físicos y virtuales, de los herbarios (ANSM), (MEXU) y Estados Unidos de América (MO,US) así también colectas de *Cenchrus ciliaris*, para poder concentrarlos en una base de datos con especímenes revisados pertenecen a colecciones realizadas hasta el 2003.

Se sistematizó la base de datos con las siguientes casillas:

1. Nombre científico.- Dentro de la base datos se utilizaron solo especímenes que fueron identificados a nivel de especie.
2. Descripción de la localidad.- Se empieza describiendo la localidad más grande hasta la localidad más pequeña, condiciones de hábitat.
3. Elevación.- La elevación se la determina el colector.
4. Colector y número de colecta.- Se anota a la persona quien realizo la colección y el número de esta colección, cada colector tiene su propio rango de colectas que va aumentando con cada colección.
5. Determinador.- Se anota el nombre de la persona quien determino el nombre científico y el año en que hizo la determinación.
6. Descripción de la especie.- Se describen las características de la especie las cuales no pueden ser observadas en los especímenes coleccionados.
7. Latitud y Longitud.- La casilla de las coordenadas es una de las más importantes, ya que son la base para encontrar la distribución de la especie por lo que deben ser verificadas una por una, luego en el programa Google Earth si el punto coincide con la descripción de la localidad y tiene la misma elevación que la encontrada por GPS.
8. Duplicados.- Se encuentra las siglas de los herbarios donde se tienen los duplicados del espécimen.

9. Fecha.- Es la fecha de colección.

10. Observaciones.- Se anotó algún apunte sobre la colección.

11. Una vez obtenida la base datos, se revisó cada una de los ejemplares para corroborar su identificación se descartaron los datos de los especímenes con identificación no segura.

4.3.1. Fraccionamiento de datos.

Para la mejor evaluación de los datos, se tomó en cuenta 60 registros de *Cenchrus ciliaris* distribuidos en todo el Noreste de México.

4.3.2. Utilización de la base de datos Wordclim

WorldClim es un conjunto de capas climáticas globales (datos climáticos reticulares) con una resolución espacial de aproximadamente 1 km². Estos datos se pueden usar para mapeo y modelado espacial. Las variables bioclimáticas se derivan de los valores mensuales de temperatura y precipitación para generar más variables biológicamente significativas. Estos se usan a menudo en modelos de distribución de especies y técnicas de modelado ecológico relacionadas 19 variables y la altitud (Varela *et al.*, 2015).

4.3.3. Patrones de distribución del *Cenchrus ciliaris* L. invasora en relación con el clima.

Parámetros utilizados por el programa Bioclim para generar mapas de distribución potencial de *Cenchrus ciliaris*.

1. Temperatura promedio anual (°C)
2. Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3. Isotermalidad (cociente entre parámetros 2 y 7)
4. Estacionalidad de la temperatura (coeficiente de variación, %)

5. Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
6. Temperatura mínima promedio del periodo más frío (°C)
7. Oscilación anual de la temperatura (diferencia entre parámetros 5,6)
8. Temperatura promedio del cuatrimestre más lluvioso (°C)
9. Temperatura promedio del cuatrimestre más seco (°C)
10. Temperatura promedio del cuatrimestre más cálido (°C)
11. Temperatura promedio del cuatrimestre más frío (°C)
12. Precipitación anual (mm)
13. Precipitación del periodo más lluvioso (mm)
14. Precipitación del periodo más seco (mm)
15. Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación, %)
16. Precipitación del cuatrimestre más lluvioso (mm)
17. Precipitación del cuatrimestre más seco (mm)
18. Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
19. Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

4.3.4. Uso del programa MaxEnt para modelar la distribución de *Cenchrus ciliaris*

El programa utilizado para el modelado de especies corresponde a MaxEnt 3.3.3k. Este programa funciona con algoritmos que predicen el potencial de distribución de las especies en relación con las condiciones ambientales conocidas y recopiladas a través del tiempo (Phillips *et al.*, 2006) y se considera como uno de los programas más eficientes en dichas predicciones (Elith *et al.*, 2006).

Cuando se conoce el impacto de las especies invasoras sobre el ecosistema es de gran utilidad conocer su distribución para realizar manejos y control de la

especie, los modelos de distribución permiten conocer las áreas con condiciones ambientales en donde la vegetación invasora se pueda desarrollar, así como también la distribución potencial con una herramienta como es el programa de modelaje MaxEnt (Buehler y Ungar, 2001). Algunas aplicaciones de este programa son la priorización de zonas para iniciativas de conservación biológica y restauración ecológica, modelaciones de efectos del cambio climático sobre los ecosistemas, así como la evaluación de patrones de propagación de especies invasoras (Morales, 2012), es importante realizar estudios que tomen en cuenta las características biológicas de las especies y no solo su distribución geográfica (Bradley *et al.*, 2010).

Uno de los programas más empleados para la modelización de distribución potencial de especies es Maxent. En donde podemos analizar estadísticamente diversas variables territoriales o atributos (pendiente, temperatura, vegetación, altitud, humedad etc.), junto a la distribución inicial de la especie (Phillips *et al.*, 2006). El mapeo geográfico del riesgo de invasión es útil establecer una estrategia de control espacialmente explícita para especies invasivas (Fukasawa *et al.*, 2010).

Las variables (climáticas) que se utilizan en esta herramienta, se puede obtener en una plataforma en la web denominada WorldClim esta es una base de datos de variables climáticas que se presenta en la forma de archivos rasters, que es un archivo utilizado en los SIG (sistema de información geográfica) que presenta un área espacial dividida en celdas (o píxel) regulares (cuadrícula). Cada celda está asociada al valor de un atributo ya mencionado (Hijmans *et al.*, 2004).

4.3.5. Generación de modelos con la utilización del programa MaxEnt

Como resultado obtenemos un conjunto de gráficas, tablas y mapas que nos advierten de la distribución potencial de la especie, para eso se introducirá dos tipos de archivos:

- la información de la distribución inicial de la especie en formato CSV.
- la información de variables territoriales dependientes de la especie en formato ASCII.

Una vez indicados diferentes parámetros para la generación de resultados, Maxent, nos devolverá la información analítica en tablas y gráficas, así como un archivo ráster descriptivo del mapa de distribución potencial. Esta herramienta nos ayudara para aplicarla a la modelización potencial de la distribución del zacate buffel como especies invasoras y la distribución futura de esta misma.

Una especie invasora puede ocupar espacios de nicho climáticamente distintos después de su introducción en una nueva área. Los modelos no pueden predecir la distribución invadida actual, útil para identificar áreas en riesgo de introducción (Broennimann *et al.*, 2007).

Para obtener una representación geográfica del nicho lo suficientemente precisa de una especie, debemos considerar que las limitaciones de la dispersión, las interacciones bióticas y condiciones ambientales actuales, son factores que pueden obscurecer el espectro en el mapa (Sánchez *et al.*, 2011)

Los mapas obtenidos fueron exportados al programa Arcgis 10.2 (Esri, 2006) y se generaron los mapas finales del modelo potencial donde se muestran valores de baja (0) y alta (1) probabilidad de ocurrencia para cada especie.

4.3.6. Análisis de datos

Se calibró con las siguientes especificaciones para todos los casos: con los puntos reportados de colecta en visitas de campo y herbarios, el 75% de las ocurrencias para el entrenamiento del modelo y el 25% restante para realizar su respectiva validación, según sugieren varios autores (Alba *et al.*, 2010). Además, se configuró con un umbral de convergencia de 0,00001 y como límite superior de corrida un valor de 10000 interacciones según recomienda (Phillips *et al.*, 2006).

V. RESULTADOS

5.1. Evaluación del modelo y determinación del Área de Distribución Potencial

Cenchrus ciliaris presenta una distribución potencial de mayor probabilidad en la zona sur y noreste del área de estudio, así también su alta probabilidad de presencia se encuentra de manera discontinua en la provincia florística de la planicie costera del noreste de México, esta área con alta presencia mantiene una temperatura media que va de 10- 25 grados y altitudes de 360 m a 1600 m, con precipitaciones que van de 200- 800 observando una clara reducción del área de probabilidad de presencia conforme incrementa la altitud.

En el resto del área se encuentra de manera dispersa, por lo que corresponde a Coahuila y Nuevo León cumple con un área de media probabilidad en las zonas centro-norte que se expande al sur de los estados por debajo de los 1600 m de altitud. Tal como se muestra en la (figura 7). En Tamaulipas la concentración de la especie es baja, observando solo zonas de impactos ganaderos ya que las sierras de San Carlos y Tamaulipas abarca la mayoría de los terrenos del estado de Tamaulipas con climas cálido subhúmedo.

Conforme aumenta la altitud límite de distribución, la especie se somete a una restricción en área, siendo la Sierra Madre Oriental una barrera para el crecimiento y distribución de *Cenchrus ciliaris* esta se ubica en Nuevo León y también abarca parte del municipio de Arteaga, Coahuila con altitudes mayores a los 1700. En particular esta especie presenta gran cobertura en el estado de Coahuila, en áreas de impacto con actividades ganaderos.

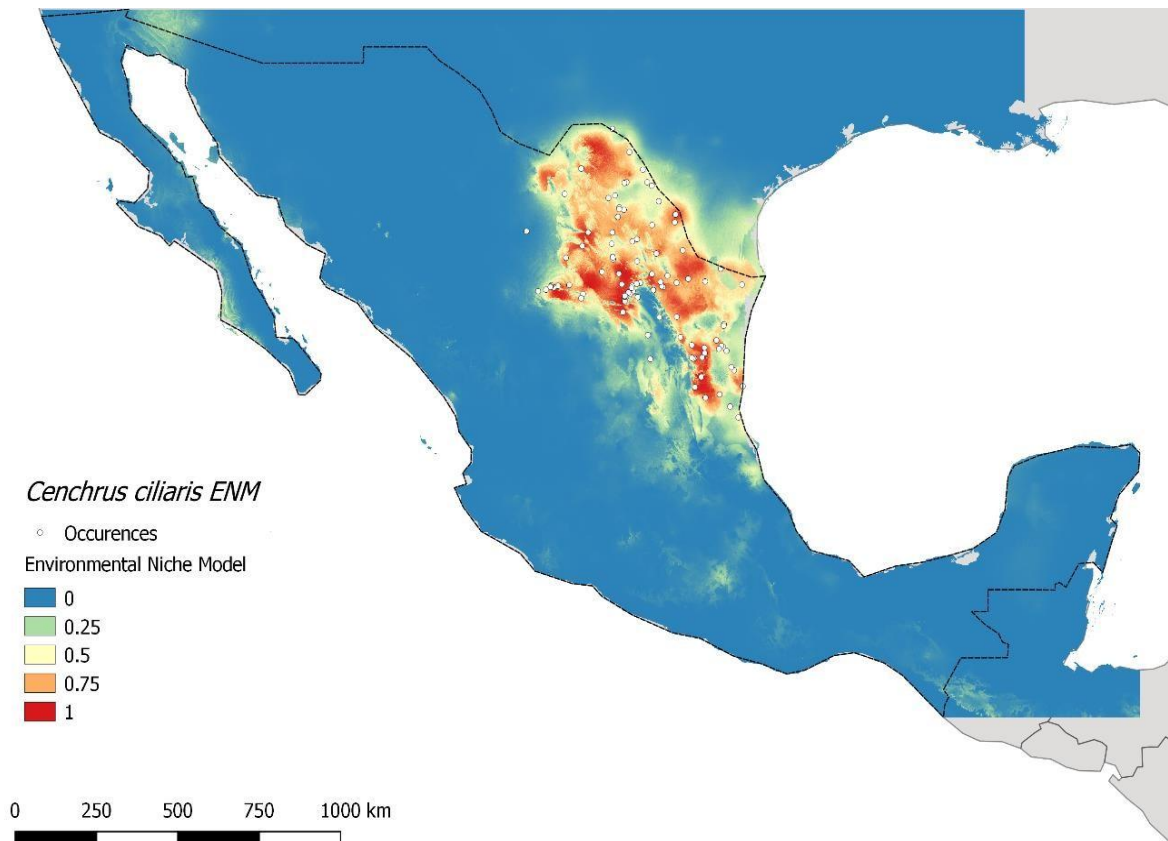


Figura 7. Modelo de distribución potencial de *Cenchrus ciliaris* L en el Noreste de México. La probabilidad de presencia va de 0 a 1, la coloración roja indica la más alta. Los registros de las especies están indicados por círculos blancos (archivo de imagen png)

■ El color rojo indica una alta probabilidad de condiciones adecuadas para la especie

■ El color verde indica las condiciones típicas de aquéllos lugares donde la especie se encuentra

■ El color azul con sombras más tenues indica una baja probabilidad de condiciones adecuadas.

En este estudio se logró recopilar una cantidad de datos considerables de la especie, los cuales estaban bien distribuidos dentro del área que corresponde al noreste de México, con mayor densidad de población de la especie, lo cual permitió generar un buen modelo de distribución, esto se debe al tipo de clima que presenta siendo favorecedor para la especie.

De acuerdo a los datos que arrojaron las variables después de ser sometidas al programa Maxent se puede decir que; la variable climática que más contribuye es la oscilación anual de la temperatura mientras que las variables climáticas más importantes, que disminuyen la ganancia en los modelos cuando son omitidas, son las relacionadas a la precipitación.

VI. DISCUSIÓN

En este trabajo se modeló una especie llamada *Cenchrus ciliaris* que se considera invasora en el Noreste de México,(Conabio, 2010)) la distribución potencial de *Cenchrus ciliaris*, las predicciones generadas a partir de las 19 variables climáticas y la revisión de herbario dan a conocer la probabilidad de aparición de la especie estudiada. El noreste de México es una zona en donde la actividad antropogénica (urbana y agrícola) ha sido de gran impacto, siendo *Cenchrus ciliaris* una especies forrajera cultivada extensivamente, lo anterior probablemente ha fomentado a que la especie haya encontrado un nicho ecológico que favoreció su naturalización y ahora presentan una mejor adaptación a las condiciones ambientales en esta zona.La distribución para *Cenchrus ciliaris* está avanzando hacia el norte y sur del estado de Coahuila en donde el clima va de seco semiseco y muy seco, notoriamente al norte de Nuevo León y Tamaulipas amenazando ecosistemas importantes como lo son algunas reservas naturales de flora y fauna.

Arriaga y Gómez (2007) indican que “el aumento en las emisiones de gases efecto invernadero provocará diferencias en la temperatura y precipitación, por lo que se estima que los bosques templados en México serán uno de los tipos de vegetación más afectados, lo cual implicará un cambio en la distribución de las especies”. Se comprueba la importancia del factor climático sobre la distribución de *Cenchrus ciliaris*, los modelos y predicciones de este trabajo nos hacen afirmar y alertarnos respecto a la influencia que puede tener un proceso de cambio climático sobre la vegetación, podría afirmarse que el grado de control que el clima ejerce sobre la distribución de las especies vegetales es de gran importancia porque unas especies incrementarán y otras disminuyen su área de ocupación.

Las sierras de Coahuila y Nuevo león por las temperaturas bajas extremas parece ser la razón principal para la exclusión de *Cenchrus ciliaris* del área determinada, aunque las plantas jóvenes son sensibles a altas temperaturas como

lo es las zonas más secas del norte de Coahuila, mientras que la temperatura promedio del aire son determinantes para la productividad de la planta a temperaturas mínimas anuales promedio de entre 5 y 25 °C (Cox *et al.*, 1988). La distribución prevista es entre 0–800 mm de precipitación anual (Arriaga *et al.*, 2004) *Cenchrus ciliaris* persiste bien en suelos franco, franco arenoso, franco arcilloso y franco arcilloso arenoso, y perderá vigor y morirá cuando se establezca en limo, limo limoso, limo arcilloso limoso, arcilla limosa y suelos arcillosos (Marshall *et al.*, 2012) es decir suelos de textura gruesa y con buen drenaje.

Cenchrus ciliaris en la zona del noreste de México, se puede observar gran presencia en altitudes menores, se considera también que los movimientos de la especie dependerán de la capacidad de dispersión y de las barreras de migración de la disponibilidad de hábitat.

El tipo de vegetación que está en mayor riesgo de invasión es el matorral desértico, seguido de bosques de mezquite, tierras agrícolas abandonadas y bosques tropicales caducifolios (Arriaga *et al.*, 2004). El impacto general de las invasiones de *Cenchrus ciliaris* en la biodiversidad no se conoce completamente, probablemente solo estemos viendo el comienzo de su potencial para invadir nuevos ecosistemas, la extensión de las invasiones de *Cenchrus ciliaris* continuará expandiéndose hasta que se alcancen nuevos equilibrios dentro de los ecosistemas invadido.

Cenchrus ciliaris es un caso en el que por prácticas agrícolas pone en peligro la biodiversidad, este trabajo puede apoyar proyectos públicos para manejar y controlar especies invasoras. En este documento se ha resaltado las características morfológicas, las tolerancias ambientales y los impactos en la biodiversidad de *Cenchrus ciliaris* y un modelo predictivo de distribución potencial del hábitat y la identificación de regiones que requieren un control urgente efectivo de las poblaciones de *Cenchrus ciliaris* que requerirá una acción global a escala local y regional, así como aumentar la preocupación por el control de esta especie invasora.

VII. CONCLUSIONES

La distribución potencial hallada por el programa de modelaje MaxEnt tuvo excelente desempeño, lo que nos indica que los modelos son herramientas que verdaderamente predicen los lugares a los cuales las especies pueden llegar a distribuirse.

Los mapas que se generaron demostraron las variaciones en la distribución geográfica, indicando las zonas potenciales con mayor factibilidad de presencia actualmente para los tres estados que conforman el noreste de México.

El área de distribución actual para *Cenchrus ciliaris* se encuentra en el norte de Coahuila y al sur de Nuevo León, de acuerdo a los cambios del área de expansión potencial de la especie se denotó su variabilidad ante los escenarios de cambio climático que favorece a las variables climáticas reflejados en la sierras de estos tres estados.

Los ambientes áridos y semiáridos son particularmente propensos a la invasión de *Cenchrus ciliaris*.

VIII.- RECOMENDACIONES

El noreste de México es una área de diversificación de las especies de las zonas áridas y semiáridas de México, por lo cual se hace necesaria la continuación de este tipo de estudios para especies invasoras exóticas con potencial de invasión a los ecosistemas frágiles de esta área, así también se es necesario desarrollar una estrategia de erradicación, control y manejo de las especies invasoras introducidas, que causan daños severas al ecosistema, se recomienda a las áreas naturales protegidas diseñar protocolos para controlar especies de alta peligrosidad por su potencial como invasora y su elevada probabilidad de éxito.

IX. LITERATURA CITADA

- Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México Estado de Conservación y Tendencias de Cambio*. CONABIO, vol. (2):, México: 277-318.
- Alba Sánchez, F., López Sáez, J. A., Pando, B. B. D., Linares, J. C., Nieto Lugilde, D., and López Merino, L. (2010). Past and present potential distribution of the Iberian *Abies* species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. *Diversity and Distributions*, 16(2), 214-228.
- Anderson R.P., Lew D. and Peterson A.T. (2003). Evaluating Predictive Models of Species' Distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modelling* 162:211-232.
- Arriaga, L., Castellanos V., A.E., Moreno, E., and Alarcón, J. (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(6):1504–1514.
- Benito P, B y Peñas G, J. (2007) “Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica”. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. Granada, España.(7): 100-119.
- Bradley, B. A., D. M. Blumenthal, D. S. Wilcove L. H. Ziska. (2010) Predicting plant invasions in an era of global change. *Trends in Ecology and Evolution* 25(5): 310-318.
- Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A. T., and Guisan, A. (2007). Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology letters*, 10(8):701-709.

- Buehler, E. C., and Ungar, L. H. (2001, August). Maximum entropy methods for biological sequence modeling. In Proceedings of the 1st International Conference on Data Mining in Bioinformatics.60-64).
- Carabias, J., Sarukhán, J., de la Maza, J., and Galindo, C. (2010). Patrimonio natural de México. Cien casos de éxito. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México: 194-195.
- Castro Díez, P., Valladares, F., and Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Revista Ecosistemas*, 13(3).
- Chornesky, E. A., Bartuska, A. M., Aplet, G. H., Britton, K. O., Cummings-Carlson, J., Davis, F.w. y Hansen, A. J. (2005). Science priorities for reducing the threat of invasive species to sustainable forestry. *Bioscience*, 55(4): 335-348.
- CONABIO. (2010) Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.Consultado el 15 de marzo 2018.
- Cota Félix, A., y Johnson, G. D. (1975). Adaptación y producción de diez especies de zacates perennes bajo condiciones de temporal en un matorral arbosufrutescente del estado de Sonora (No. Folleto 3993).
- Cox, J.R., Martín-R, M.H., Ibarra-F, F.A., Fourie, J.H., Retoman, N.F.G. y Wilcox D.G. (1988). The influence of climate and soils on the distribution of four African Grasses. *J. Range Manage* 41:127-139.
- D'Antonio C. M. y P. M. Vitousek. (1992). Biological Invasions by Exotic Grasses, the Grass/Fire Cycle, and Global Change. *Annual Review Ecology and Systematics* 23(4).

- Dávila, P., Mejia Saules, M. T., Gómez Sánchez, M., Valdés Reyna, J., Ortiz, J. J., Morín, C. y Ocampo, A. (2006). Catálogo de gramíneas de México. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, D.F: 675.
- De la Barrera, E. (2008). Recent invasion of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) of a natural protected area from the southern Sonoran Desert. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(2):385-392
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., y Li, J. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Encina D.J.A. (2015). La vegetación de Coahuila. En. Valdés. R. J. Gramíneas de Coahuila. CONABIO. 11-22
- Esri, G. I. S. (2006). Mapping Software. *ArcGIS*: <http://www.esri.com/software/arcgis>.
- Fielding A.H. y Bell J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation* 24:38-49.
- Fukasawa, K., Koike, F., Tanaka, N., y Otsu, K. (2010). Predicting future invasion of an invasive alien tree in a Japanese oceanic island by process-based statistical models using recent distribution maps. In *Restoring the Oceanic Island Ecosystem* Springer, Tokyo: 173-183.
- Gillham, J. H., A. L. Hild, J. H. Johnson, E. R. Hunt y T. D. Whitson. (2004). Weed Invasion Susceptibility Prediction (WISP) Model for Use with Geographic Information Systems. *Arid Land Research and Management* 18: 1-12.

- Guisan, A., Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*, 135(2-3): 147-186.
- Gómez Mendoza Leticia y Arriaga, Laura (2007). Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology*, 21(6), 1545-1555.
- Herrera Flores Sandra Denisse (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059SEMARNAT2010: Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestres categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio lista de especies en riesgo.
- Higgins, S. I., D. M. Richardson, R. M. Cowling y T. H. Trinder-Smith. (1999). Predicting the landscape-scale distribution of alien plants and their threat to plant diversity. *Conservation Biology* 13(2): 303-313.
- Hijmans, RJ, Cameron, SE, Parra, JL, Jones, PG y Jarvis, A. (2004). El WorldClim intercala las superficies del clima terrestre global. Version 1.3.
- Ibarra, F. F. A., Marín, R. M. H., Ramírez, M. F. (2012). El subsoleo como práctica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 42(1).
- Ibarra, F. F. A., Marín, R. M. H., Quero, C.A.R. (2013). Pasto buffel *Cenchrus ciliaris*, En: Gramíneas introducidas: importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. Bba 73-101.
- INEGI (2011) Síntesis geográfica del Estado de Coahuila México.
- INEGI. (1983) Síntesis geográfica del estado de Nuevo León, México. 170 pp.i
- INEGI. (1983) Síntesis geográfica del estado de Coahuila.

- INEGI. (1983) Síntesis geográfica del estado de Tamaulipas.
- INEGI. (1986) Nuevo León. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (1986) Síntesis geográfica del estado de Nuevo León, México. Aguascalientes, México, 170.
- INEGI. (2001) Provincias fisiográficas de México.
- INEGI. (2006) Mapa de la república mexicana conociendo México.
- INEGI. (2018) Mapa de la vegetación del estado de Coahuila México.
- INEGI. (2018) Mapa de la vegetación del estado de Nuevo León, México.
- INEGI. (2018) Mapa de la vegetación del estado de Tamaulipas México.
- James, B., Blood, K., y Raleigh, R. (2016). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.), an early invader in Victoria. In 20th Australasian Weeds Conference, Perth, Western Australia, 1115 September 2016: 337-338.
- Jiménez Valverde, A., Lobo, J. M., y Hortal, J. (2008). Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. *Diversity and distributions*, 14(6): 885-890.
- Lindenmayer D.B., Nix H.A., McMahon J.P., Hutchinson M.F. y Tanton M.T. (1991). The conservation of Lead beater's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modelling. *Journal of Biogeography*.
- Lindenmayer, D. B., Possingham, H. P. (1996). Ranking conservation and timber management options for leadbeater's possum in southeastern Australia using population viability analysis. *Conservation Biology*, 10(1): 235-251.

- Lowe, S., M. Browne, S. Boudjelas, M. De Poorter (2000). 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. *Aliens*: 1212.
- Marshall, VM, Lewis, MM y Ostendorf, B. (2012). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) como invasor y amenaza para la biodiversidad en ambientes áridos: una revisión. *Revista de entornos áridos*, 78, 1-12.
- Molina, S.I., y T. R. Torres. (1976). Producción de carne en Guinea y Buffel con dos dosis de fertilización durante un año en Tizimin, Yucatán, *Técnica Pecuaria en México*. 31: 17-21.
- Ortiz, E., y Villaseñor, J. L. (2017). Modelación de la distribución potencial del bosque húmedo de montaña en México. *Agroproductividad*, 10(1).
- Palma, O. S. y Delgadillo, R. J (2014). Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Botanical Science. Ecología*. 92(4):587-597.
- Pérez-García, B., y Liria, J. (2013). Modelos de nicho ecológico fundamental para especies del género *Thraulodes* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae: Atalophlebiinae). *Revista mexicana de biodiversidad*, 84(2), 600-611.
- Phillips S.J., Anderson R.P. y Schapire R.E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* (190):231-259.
- Phillips, S. J., y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Martínez-López, J., y Gutiérrez-Ornelas, E. Y Barrera-Silva, M., y Retes-López, R. (2014). Simulación estocástica para praderas de pasto buffe I (*Cenchrus*

ciliaris L.) en Marín, N. L., México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17 (1), 87-104.

Martínez Jiménez, Maricela (2007). *Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

McGeoch, M. A., Butchart, S. H., Spear, D., Marais, E., Kleynhans, E. J., Symes, A y Hoffmann, M. (2010). Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions*, 16(1):95-108.

Milton, S. J. (2004). Grasses as invasive alien plants in South Africa: working for water. *South African Journal of Science*, 100(1-2):69-75.

Morales S. N. (2012) “Modelos de distribución de especies: Software Maxent y sus aplicaciones en conservación” *Revista Conservación Ambiental*. New Zealand. 2(1):1-5.

Radosevich, S. R., Holt, J. S., y Ghera, C. M. (2007). *Ecology of weeds and invasive plants: relationship to agriculture and natural resource management*. John Wiley & Sons.

Rejmanek, M. (2000). Invasive plants: approaches and predictions. *Austral ecology*, 25(5):497-506.

Richardson, D.M., Allsopp, N., D’Antonio, C.M., Milton, S.J. y Rejmánek, M. (2000) Plant invasions — the role of mutualisms. *Biological Reviews*, (75): 65–93.

Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., y West, C. J. (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions*, 6(2): 93-107.

- Rzedowski, J., Y Huerta, L. (1994). Vegetación de México (No. 582.16 R997r Ej. 1 002135). México: Limusa, Noriega Editores.54-63.
- Sánchez Fernández, D., Lobo, J. M., y Hernández .Manrique, O. L. (2011). Species distribution models that do not incorporate global data misrepresent potential distributions: a case study using Iberian diving beetles. *Diversity and Distributions*, 17(1): 163-171.
- Sánchez, C. V., Townsend, A., y Escalante, P. (2001). El modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. H. Hernández: 359-379.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2006) Montreal Global Biodiversity Outlook 2.
- Segurado, P., y Araujo, M. B. (2004). An evaluation of methods for modelling species distributions. *Journal of Biogeography*, 31(10), 1555-1568.
- Soberón J., A. Townsed-Peterson. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* (2): 11
- Quero,C.A.R.(2013). Gramíneas introducidas: importancia e impacto en ecosistemas ganaderos. *Bba*. 73-101.
- Valdés, R. J., y Dávila, A. P. (1998). Base de datos de las gramíneas (Poaceae) del noreste de México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Informe final SNIBCONABIO proyecto, (G029).
- Valdés Reyna, J. (2015). Gramíneas de Coahuila. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio): 27.

- Valdés Reyna, J. y J.A. Encina Domínguez. 2017. Gramíneas invasoras. En: La biodiversidad en Coahuila. Estudio de Estado, vol. I. Conabio/Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza, México.
- Villarreal, J.A., y J. Valdés R. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. Revista de Manejo de Pastizales 6(1,2):9-18.
- Varela, S., Terribile, L. C., de Oliveira, G., Diniz-Filho, J. A. F., González-Hernández, J., y Lima-Ribeiro, M. S. (2015). EcoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía. Revista Ecosistemas, 24(3): 88-92.
- Villaseñor, J. L., y J Espinosa Garcia, F. (2004). The alien flowering plants of Mexico. Diversity and distributions, 10(2): 113-123.
- Villaseñor, J. L., y Magaña, P. (2006). Plantas introducidas en México. Ciencias, (082).
- Ward, J. P., Smith, S. E., y McClaran, M. P. (2006). Water requirements for emergence of buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). Journal: Weed Science 54(4): 720-725.
- Weber, E. F. (1997). The alien flora of Europe: a taxonomic and biogeographic review. Journal of Vegetation Science, 8(4): 565-572.

