



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA

IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

Título :

”Evaluación en el establecimiento y control mecánico de la especie exótica invasora *Asphodelus fistulosus* (L.) en el municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro ”

TESIS:

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ECOLOGÍA APLICADA

PRESENTA:

Biól. Oscar Sandino Guerrero Eloisa

Matricula: 2152800703

Codirectores:

Dr. Jordan Kyril Golubov Figueroa

Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez

Aseror:

Dr. Gilberto Vela Correa

Fecha: 20 de octubre de 2017





Dedicatoria

A mi esposa Jatziri Delgado Rodríguez.

A mis padres Martín Guerrero Suastegui y Paula Eloisa Pacheco †.

A mi hermano José Francisco Guerrero Eloisa.

A José Ivan Eloisa Sanchez †.

Agradecimientos Institucionales

A la Maestría en Ecología Aplicada del División del Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Agradezco el apoyo económico brindado por la realización de la maestría a la Universidad Autónoma Metropolitana por la beca de manutención.

Al Laboratorio de Ecología, Taxonomía y Sistemática Vegetal de la UAM-Xochimilco ofreció las instalaciones para realizar los trabajos experimentales y elaboración de la presente tesis de fondos GEF-CONABIO a Jordan Golubov.

Al Laboratorio de Dinámica de Poblaciones y Evolución de Historias de Vida -Instituto de Ecología, UNAM por el apoyo económico y logístico (Presupuesto operativo del Instituto de Ecología, UNAM, CONACyT 221362, CONACyT CB-2007-1 83790) a María del Carmen Mandujano Sánchez, brindado para realizar mi trabajo de campo.

Al Laboratorio de Edafología y Absorción Atómica de la UAM-Xochimilco que facilitó las instalaciones para realizar los trabajos de análisis de suelos de la presente tesis a Gilberto Vela Correa.

Al Ing. Emiliano Sánchez Martínez, Biól. María Magdalena Hernández Martínez, Biól. Beatriz Maruri Aguilar del Jardín Botánico Regional de Cadereyta Ing. Manuel González de Cosío del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro por el apoyo técnico, infraestructura y logística que fueron indispensables durante la realización de la tesis.

Agradecimientos personales

Al Dr. Jordan Golubov por motivarme a estudiar un grupo no apreciado como las especies invasoras, por creer en mí desde un principio, darme la oportunidad de seguir con mis estudios, brindarme amablemente su confianza, ayuda, apoyo, paciencia y enseñanzas, más que un director te considero un gran ser humano.

A la Dra. María del Carmen Mandujano Sánchez, por aceptarme y motivarme para seguir en esta aventura de las invasoras, una gran amiga.

Al Dr. Gilberto Vela Correa por aceptar ser mi asesor, brindando su apoyo al proyecto.

A la Comisión Académica de la Maestría en Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, en especial al Dr. Facundo Rivera Becerril y al M. en C. Alfonso Esquivel Herrera por los apoyos que me brindaron a lo largo de la maestría.

A mi esposa Jatziri Delgado por su apoyo durante toda esta etapa de mi vida y carrera, sus consejos tan acertados y apoyo incondicional.

A mi papá Martín Guerrero por todo su apoyo y motivación durante esta etapa, para poder lograr este objetivo.

A mi mamá Paula Eloisa que desde algún lugar debe de estar al pendiente de su *chano*.

A mi hermano Francisco Guerrero por su apoyo brindado.

A la Dra. Mariana Rojas Aréchiga por el apoyo en la logística de las salidas de campo y trabajo de laboratorio.

A la M. en C. Aurora Chimal Hernández por su apoyo en la identificación de las plantas.

A la M. en B. Aldanelly Galicia por tu apoyo desde un principio.

Al M. en B. Esteban Omar Munguía Soto, sin duda alguna un gran amigo, que con su enorme apoyo, irreverencias y locuras le dieron el toque extra a las salidas de campo.

A los miembros de *Los Tomentosos del Semidesierto*: José Aranda, Isabel Briseño, Tania Fernández, Mariana Martínez, Berenice Morales, Mariana Cano, Alejandro Moyers, Jessica Tovar, Ilse Alonso y Donají López.

A la M.en B. Marisol Martínez por tu apoyo y sugerencias.

Al Dr. Gabriel Arroyo Cosultchi por su apoyo y sugerencias realizadas durante todo el proyecto.

A los Biól. Oscar Cano y Georgina Arconada por su apoyo en los análisis de las muestras de suelos.

Al personal del Jardín Botánico de Cadereyta: Hugo, Erika, Hailen, Beatriz, Oliverio, Catalino y demás personas que amablemente me apoyaron.

El Jurado asignado por la Comisión Académica de la Maestría en Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, aprobó la Idónea Comunicación de Resultados titulada:

”Evaluación en el establecimiento y control mecánico de la especie exótica *Asphodelus fistulosus* (L.) en el municipio de Cadereyta, Querétaro ”

Que presentó: Oscar Sandino Guerrero Eloisa

El día – de — de 2017 en la Ciudad de México para obtener el Grado de Maestro en Ecología Aplicada

JURADO DE EXÁMEN

Dr. Pedro Luis Valverde Padilla _____
Departamento de Biología.
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa
Presidente

M. en C. Alfonso Esquivel Herrera _____
Departamento El Hombre y su Ambiente.
División de Ciencias Biológicas y de la Salud
Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco
Secretario

Dr. Gabriel Arroyo Cosultchi _____
Profesor de Asignatura
Departamento de Biología
Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de México
Vocal

“It is not the strongest of the species that survives, nor the most intelligent that survives. It is the one that is the most adaptable to change.”

Charles Darwin

Resumen

Las especies invasoras son la segunda causa de pérdida de biodiversidad y generan un conjunto de problemas ambientales, sociales y económicos. Para hacer frente a las amenazas que provocan las especies exóticas invasoras en las comunidades, es necesario tener los elementos ecológicos como su distribución, dinámica poblacional, interacciones, efectos en vegetación y suelo entre otros para poder tomar decisiones por medio de evaluaciones y métodos de control que nos ayuden a priorizar los riesgos de las EEI. Usamos a *Asphodelus fistulosus* como planta modelo para caracterizar sus atributos ecológicos y usar elementos de su ciclo de vida para proponer métodos de control. Por un lado describimos a los visitantes flores, fenología, la capacidad de germinación de las semillas y la dinámica poblacional de *A. fistulosus* y poder usar la información generada para identificar rasgos del ciclo de vida que puedan ser susceptibles a manejo. También usamos métodos edafológicos para evaluar la variación edafológico que es capaz de usar *A. fistulosus* y como es que estos atributos cambian a lo largo del año. El tercer elemento utiliza la información recabada para generar un estudio de costo-beneficio de remoción manual y evaluar el riesgo que puede tener *A. fistulosus* para México utilizando dos métodos de evaluación de riesgos. Finalmente, se hace un componente práctico de educación y manejo de una población de *A. fistulosus* en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta como parte de su programa de control y erradicación de especies exóticas invasoras y ser un modelo que pueda ser replicado en otros jardines botánicos. Encontramos que *A. fistulosus* es una especie que genera una gran cantidad de semillas que tienen la capacidad de germinar banco una serie de condiciones abióticas y al parecer tendría la capacidad de generar un banco de semillas transitorio (> 1 año). Su dinámica la hace una especie que crece muy rápidamente ($\lambda = 1.4$) con un ciclo de vida en cual depende de el crecimiento y la reproducción y con floración a lo largo del año contrario a lo que reporta la literatura. Los tratamientos con herbicida sobre las semillas son posibles siempre y cuando exista cierta limitación hídrica. En cuanto a los análisis de suelo, se encontró que *A. fistulosus* tiene la capacidad de completar su ciclo de vida en un rango amplio de condiciones edafológicas. Aunque los resultados son locales, muestran la variación espacial y temporal y la dinámica compleja del suelo local. Esto sugiere que el riesgo incrementa por la plasticidad. Las evaluaciones de riesgo en todos los casos sugieren que *A. fistulosus* es una especie que conlleva cierto riesgo. El sistema Australiano de malezas lo rechaza, el sistema de CONABIO le pone una calificación de riesgo medio y el segundo sistema de riesgo también la coloca dentro de una especies con riesgo medio. Los experimentos de remoción pueden ser costosos si son infestaciones grandes con el costo asociado de la necesidad de volver al menos varias veces para eliminar las semillas que se encuentran en el banco.

Abstract

Invasive species are the second cause of biodiversity loss and are responsible for a number of social, economic and environmental problems. To face the threats caused by alien invasive species on communities, the traits associated to their distribution, population dynamics, interactions, impacts on vegetation and soil among other factors are needed to adequately supplement assessments and control methods that would help us prioritize the risks and properly manage invasive species. We use *Asphodelus fistulosus* as a model system to characterize its ecological attributes and use elements of its life cycle to propose control methods. On one hand we describe floral visitors, describe phenology, seed germination success and population dynamics of *A. fistulosus* to be able to identify stages in the life cycle that can be susceptible to management. We also sampled soil to assess the variation in soil that allows *A. fistulosus* to successfully invade. The third aspect uses information from a cost-benefit study on manual control and evaluates the risk posed by *A. fistulosus* to Mexico using several risk assessment methods. Finally, a practical component of education and management of a population of *A. fistulosus* at the Botanical Garden in Cadereyta as part of a control and eradication program of alien invasive species that can be used as a model that can be applied in other botanical gardens. We found that *A. fistulosus* is a species that has a very successful sexual reproduction through seeds that have the capacity to germinate under a wide variety of abiotic conditions and seems to have the ability to generate a transient seed bank (> 1 year). Its population dynamics depicts a fast growing species ($\lambda = 1.4$) with a life cycle that largely depends on growth and fecundity and a all year flowering period in contrast to what is stated in the literature. Herbicide treatments on seeds are possible only when there is water limitation. The soils analyses showed that *A. fistulosus* has the capacity to easily adapt to a range of soil conditions that vary spatially and temporally. This suggests that *A. fistulosus* has a high tolerance to soil conditions in which to complete its life cycle. The risk assessments in all cases suggest that *A. fistulosus* is a risky species. The Australian weed risk assessment rejects it, the CONABIO system as well as the second Australian risk assessment assigns a medium risk. The experimental removal plots can be costly for large infestations and has an added cost associated to the need for long time management to eliminate the seeds in the seed bank.

Índice general

Resumen	IX
Abstract	X
Índice de figuras	XIV
Índice de cuadros	XVI
Introducción general	1
1. Germinación, visitantes y demografía de una población de <i>Asphodelus fistulosus</i>	6
1.1. Resumen	6
1.2. Introducción	7
1.2.1. Especies exóticas invasoras	7
1.2.2. Vías de introducción y Proceso de Invasión Biológica	7
1.2.3. Atributos de las especies exóticas invasoras	9
1.2.4. Efectos sobre el medio ambiente	11
1.2.5. Características demográficas	12
1.3. Objetivos	13
1.4. Método	13
1.4.1. Germinación bajo condiciones controladas	13
1.4.2. Visitantes florales en <i>A. fistulosus</i>	14
1.4.3. Demografía y dinámica poblacional	15
1.5. Resultados	16
1.5.1. Germinación	16
1.5.2. Visitantes florales	19
1.5.3. Demografía	22
1.6. Discusión	25
1.7. Conclusiones	26
2. Caracterización del suelo con presencia de <i>Asphodelus fistulosus</i> (L).	28
2.1. Resumen	28
2.2. Introducción	29
2.2.1. Efectos sobre la composición y alteración de nutrientes	29
2.3. Objetivos	30

2.4.	Área de estudio	30
2.5.	Método	31
2.6.	Resultados	32
2.6.1.	Color del suelo	32
2.6.2.	Textura	34
2.6.3.	Densidad aparente	35
2.6.4.	Densidad real	37
2.6.5.	Porosidad	38
2.6.6.	Materia orgánica	39
2.6.7.	Carbono orgánico	41
2.6.8.	Nitrógeno	41
2.6.9.	Relación Carbono/Nitrógeno	42
2.6.10.	pH	44
2.6.11.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	45
2.6.12.	Calcio (Ca ²⁺) y Magnesio (Mg ²⁺) intercambiables	46
2.6.13.	Sodio (Na ⁺) y potasio (K ⁺) intercambiables	48
2.7.	Discusión	49
2.8.	Conclusiones	52
3.	Distribución potencial, análisis costo-beneficio en la remoción y evaluación de riesgo para <i>Asphodelus fistulosus</i>	53
3.1.	Resumen	53
3.2.	Introducción	54
3.2.1.	Costos de control	54
3.2.2.	Formas de control	54
3.2.3.	Evaluaciones de riesgo	56
3.3.	Objetivos	57
3.4.	Área de estudio	57
3.5.	Método	58
3.5.1.	Mapa de distribución potencial	58
3.5.2.	Remoción manual	58
3.5.3.	Evaluaciones de riesgo	59
3.6.	Resultados	61
3.6.1.	Mapa de distribución potencial	61
3.6.2.	Remoción manual	63
3.6.3.	Evaluaciones de riesgo	66
3.7.	Discusión	66
3.8.	Conclusiones	67
4.	Transferencia de Tecnología	69
4.1.	Resumen	69
4.2.	Introducción	69
4.2.1.	Educación ambiental y su papel en la concientización	69

4.3. Objetivos	71
4.4. Área de Estudio	71
4.5. Método	72
4.5.1. Taller Especies exóticas invasoras vegetales en Cadereyta.	72
4.5.2. Remoción de <i>Asphodelus fistulosus</i> en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.	74
4.5.3. Colecta de especies invasoras vegetales en las instalaciones del Jardín Botáni- co Ing. Manuel González de Cosío.	75
4.6. Resultados	75
4.6.1. Taller Especies exóticas invasoras vegetales en Cadereyta.	75
4.6.2. Remoción de <i>Asphodelus fistulosus</i> en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.	76
4.6.3. Colecta de especies invasoras vegetales en las instalaciones del Jardín Botáni- co Ing. Manuel González de Cosío.	77
4.7. Conclusiones	77
Bibliografía	78
5. Anexos	93
5.1. Sistema Australiano de evaluación de riesgo de malezas.	95
5.2. Guía de riesgo para la evaluación de malezas del sur de Australia.	102
5.3. Instructivo para evaluar la invasividad de especies exóticas invasoras en México. . .	116
5.4. Especies encontradas en el repoblamiento	120

Índice de figuras

1.	Área de estudio de <i>A. fistulosus</i> en el municipio de Cadereyta de Montes, Qro. El punto rojo indica la zona de trabajo	4
1.1.	Proporción de semillas de <i>A. fistulosus</i> germinadas en condiciones controladas bajo 5 tratamientos de exposición a la luz.	17
1.2.	Proporción de semillas de <i>A. fistulosus</i> germinadas en condiciones controladas bajo 4 tratamientos de saturación de agua	18
1.3.	Proporción de semillas germinadas con tres tratamientos de herbicida bajo condiciones controladas en cámara ambiental. Letras diferentes significan diferencias significativas ($p > 0.01$)	18
1.4.	Proporción de semillas germinadas con tres tratamientos de herbicida sobre suelo bajo condiciones controladas en invernadero.	19
1.5.	Individuo de <i>A. mellifera</i> sobre <i>A. fistulosus</i> con conducta de forrajeo y polinización.	20
1.6.	<i>Augochlorella</i> sp., colectado como visitante de las estructuras florales de <i>Asphodelus fistulosus</i>	20
1.7.	Individuo de <i>Ammophila</i> sp. visitante de <i>A. fistulosus</i> en vista lateral y posterior	20
1.8.	Individuo de la familia Muscidae, visitante floral de <i>A. fistulosus</i>	21
1.9.	Aprovechamiento de las estructuras reproductivas y vegetativas de <i>A. fistulosus</i> por <i>A. mexicana</i>	21
1.10.	Dispersión secundaria de semillas de <i>A. fistulosus</i> por <i>Monomorium cyaneum</i>	21
1.11.	Estructura categorizada en clases de tamaño (altura en cm) de una población de <i>A. fistulosus</i> de Querátro durante los años 2015 y 2016. (1) 0.1 cm-5 cm, (2) 5.1 cm-10 cm, (3) 10.1 cm a 15 cm, (4) 15.01 cm-20 cm, (5) 20.01 cm-25 cm y (6) >25.01 cm.	22
1.12.	Matriz de transiciones demográficas de <i>Asphodelus fistulosus</i> a partir de un censo anual en Querétaro. Los colores más rojos significan valores más altos.	23
1.13.	Matriz de elasticidades de <i>Asphodelus fistulosus</i> a partir de un censo anual en Querétaro. Los colores más rojos significan valores más altos.	24
1.14.	Elasticidades a partir de la matriz de transición anual de <i>Asphodelus fistulosus</i> por proceso demográfico.	24
2.1.	Área de estudio de <i>A. fistulosus</i> en el municipio de Cadereyta de Montes, Qro. El punto rojo en la imagen derecha muestra la zona de trabajo.	32

2.2.	Valores de Nitrógeno (%) obtenidos para el ciclo anual (a) y las muestras de los cuadrantes (b) del sitio invadido por <i>A. fistulosus</i>	51
2.3.	Valores de Materia Orgánica(%) obtenidos para el ciclo anual (a) y las muestras de los cuadrantes (b) del sitio invadido por <i>A. fistulosus</i>	52
3.1.	Mapa de distribución potencial de <i>A. fistulosus</i> obtenido de MaxEnt.	62
3.2.	Mapa editado de la distribución potencial de <i>A. fistulosus</i> en México realizado con 277 georreferencias.	63
4.1.	Mapa del Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío”	72

Índice de cuadros

1. Síndromes de invasión descritos por Perkins y Nowak (2013) que relaciona los niveles de recursos, diversidad de especies nativas y el tipo potencial de especie invasora.	2
1.1. Ubicación geográfica de los 10 cuadrantes estudiados durante el periodo agosto 2015 a agosto 2016	16
2.1. Color del suelo de las muestras de septiembre 2015 a agosto 2016	33
2.2. Color del suelo de las muestras de cada uno de los cuadrantes en los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.	34
2.3. Clasificación de la Textura del suelo mensuales y de los cuadrantes.	36
2.4. Valores obtenidos de Densidad aparente de septiembre 2015 a agosto 2016 y los cuadrantes de los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.	37
2.5. Densidad real de las muestras de cada uno de los cuadrantes en los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.	38
2.6. Porosidad calculada para las muestras anuales de septiembre 2015 a a agosto 2016 y las muestras de los cuadrantes de abril y octubre.	39
2.7. Valores de materia orgánica obtenidos de sitios con <i>A. fistulosus</i> mensualmente por 12 meses y los veinte cuadrantes. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	40
2.8. Valores de carbono orgánico obtenidos de el sitio con <i>A. fistulosus</i> mensualmente por un periodo de 12 meses y los veinte cuadrantes.	41
2.9. Valores de N obtenidos para los meses y los cuadrantes de las dos temporadas. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	43
2.10. Valores de la relación C/N obtenidos para los meses y los cuadrantes de las dos temporadas.	44
2.11. Valores de pH mensualmente y por cuadrante.	45
2.12. Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico mensualmente y por cuadrante. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	46
2.13. Valores Ca y Mg intercambiables obtenidos mensualmente. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	47
2.14. Valores de Ca y Mg intercambiables obtenidos para los cuadrantes. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	48

2.15. Valores de Na y K obtenidos para los meses y cuadrantes estudiados. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra <i>et al.</i> (2013).	49
3.1. Datos obtenidos de la remoción de <i>A. fistulosus</i> en campo.	64
3.2. Plantas removida en el mes de febrero, contabilizadas hasta agosto y especies asociadas al repoblamiento de cada cuadrante (M=Control manual, C=Control combinado, NP=No hubo presencia de plantas, X=Cuadrante que no se termino de revisar).	65
4.1. Numero de plantas removidas de <i>A. fistulosus</i> en el periodo febrero 2016 - febrero 2017 en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta.	76

Introducción General

México se cataloga como uno de los 17 países megadiversos (Myers *et al.*, 2000). Esta biodiversidad se encuentra sujeta a una serie de factores de presión dados principalmente por el cambio climático global, destrucción de hábitat, deforestación, erosión, implementación de tecnología inadecuada, manipulación genética, comercio ilegal de especies, proliferación de plagas y catástrofes naturales (Challenger y Rodolfo, 2009). Dentro de las amenazas, las especies exóticas invasoras (EEI) son muy relevantes a nivel mundial y va a incrementar conforme aumente la globalización (Meyerson y Mooney, 2007). Este conjunto particular de especies con aquellas (plantas, animales y patógenos) que se encuentran fuera de su área de distribución natural y cuyo establecimiento y dispersión puede afectar negativamente a otras especies, hábitats y ecosistemas. La definición misma de una EEI implica un componente geográfico, uno asociado al ciclo de vida y uno de impactos. La introducción de especies en distintas áreas del mundo es un fenómeno que se debe a acciones humanas (Richardson *et al.*, 2000). Estas introducciones pueden ser deliberadas, como en el caso de especies vegetales de interés económico (fibras, forraje, medicinas, madera, u ornamentales) o de manera accidental (Pimentel *et al.*, 2001; Sakai *et al.*, 2001). Si bien es cierto que las invasiones biológicas constituyen un fenómeno natural, también es cierto que la expansión del hombre sobre la tierra ha acelerado el proceso a un ritmo exponencial (Mooney y Hobbs, 2000; Myers *et al.*, 2000). La invasión por especies exóticas que provienen de regiones biogeográficamente diferentes es señalada como la segunda causa de pérdida de biodiversidad global y regional, precedida sólo por la destrucción de hábitats (Pimentel *et al.*, 2001; Mace *et al.*, 2005) y han sido identificadas como una de las principales causas de extinción de las especies nativas en todo el planeta (McNeely, 2001). En México se reconoce a estas especies invasoras como la tercera causa de pérdida de biodiversidad (Challenger y Rodolfo, 2009) y a su vez, son la principal causa de pérdida en ecosistemas insulares (Challenger y Rodolfo, 2009). La importancia de estas especies invasoras radica en su presencia en todos los grupos taxonómicos. En especies vegetales, un subconjunto de especies exóticas invasoras lo constituyen las malezas, que reducen el rendimiento de los cultivos agrícolas, aumentan sus costos y obligan a un uso excesivo de agroquímicos lo cual repercute directamente en el ecosistema.

Entender la biología de especies exóticas invasoras es esencial por dos razones: por un lado ayuda a identificar los atributos asociados a la invasión y por otro provee de los conocimientos necesarios para poder realizar un control adecuado. Baker (1965) propuso el modelo de la *maleza ideal* en donde describe los atributos biológicos que tienen las especies exóticas invasoras. Menciona atributos como la habilidad de reproducción sexual y asexual, crecimiento rápido, plasticidad

Cuadro 1: Síndromes de invasión descritos por Perkins y Nowak (2013) que relaciona los niveles de recursos, diversidad de especies nativas y el tipo potencial de especie invasora.

Síndrome	Cantidad de recursos	Diversidad de especies	Tipo de especie invasora
I	Muchos recursos	Alta diversidad	Especies muy competitivas
II	Pocos recursos	Baja diversidad	Especies que constituyen nicho, transformadoras
III	Recursos moderados o fluctuantes	Diversidad moderada	Especie con alta plasticidad fenotípica
IV	Condiciones adecuadas para la especie invasora	Comunidad con nichos vacíos	Especie adecuada al nicho vacío

fenotípica y alta tolerancia a la heterogeneidad ambiental. El modelo sugiere que entre más tributos se tengan de una maleza perfecta más será la capacidad de invasión de la especie. El problema principal con el modelo de Baker es que muchas especies no tienen todos los atributos asociados a la maleza perfecta y aún así son especies muy invasoras. Desde entonces, los sistemas de evaluación de riesgo (ver Anexo) y otros autores (Sakai *et al.*, 2001) han concentrado un serie de atributos que son muy comunes entre las especies exóticas invasoras y las comunidades invadidas. Además de los atributos de la propia especie, hay atributos asociados a la comunidad que está invadiendo. Los atributos que hacen que una comunidad sea más o menos susceptible a una invasión se encuentran asociados a aquellos atributos físicos o ambientales (p. ej. similitud climática) y atributos biológicos como la riqueza y diversidad de especies nativas y la presencia de enemigos naturales. Perkins y Nowak (2013) asocia los atributos de la especie invasoras con los atributos de las comunidad invadidas y describe síndromes de invasión (Cuadro 1).

Es claro que aún estamos lejos de entender las causas de las invasiones biológicas. Uno de los componentes menor conocidos es la dinámica poblacional de las EEI (Ramula *et al.*, 2008) y cómo es que los componentes de la dinámica pueden dar información relevante para su manejo. En México en particular, no solo no hay información demográfica sino no es hasta SEMARNAT (2012) en donde existe una definición clara de EEI y en la mayoría de los casos no hay métodos claros de control que no sean especies de importancia agrícola ni las evaluaciones de riesgo que son ahora parte fundamental de organizaciones internacionales como la Organización Mundial del Comercio por medio de las agencias fito y zoo-sanitarias de los países parte. La tesis abarca el problema de una EEI desde varias perspectivas para proponer su manejo.

La tesis se encuentra dividida en 4 secciones. La primera sección abarca atributos biológicos del éxito reproductivo y la demografía de una población de *A. fistulosus*, una descripción de las observaciones de algunos visitantes florales y un método de químico en condiciones de laboratorio

que potencialmente pueda ser usado para su control. El segundo capítulo evalúa el efecto que tiene *A. fistulosus* sobre características edafológicas para tratar de entender el rango de impactos que pueda tener *A. fistulosus* en las comunidades que invade. El tercer capítulo utiliza métodos para una evaluación de riesgo de *A. fistulosus* basado en un modelo Australiano que utiliza modelado de nicho y se describe el costo de un método manual de remoción y se evalúa las costo y efectividad de la remoción manual. Finamente, el cuarto capítulo describe talleres y ejercicios de remoción en un jardín botánico estatal y como puede mejorarse el conocimiento y manejo de especies invasoras de manera más general.

Objetivos

- Describir la dinámica poblacional, fenología, visitantes florales de una población de *A. fistulosus* en Querétaro
- Determinar si *A. fistulosus* tienen impactos sobre factores edafológicos
- Realizar las evaluaciones de riesgo para México de *A. fistulosus* con tres métodos diferentes
- Transferir el conocimiento sobre EEI y el manejo de una infestación pequeña de *A. fistulosus* en un jardín botánico.

Área de estudio

El estudio se realizó en las periferias del poblado de San Javier perteneciente al municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro; esta zona es conocida como el Semidesierto Queretano-Hidalguense, que a su vez es una porción disyunta del Desierto Chihuahuense. El clima predominante de la región es BS1kw semiseco-templado con lluvias en verano (García, 1988), con una precipitación media anual entre 400-450 mm y un rango de temperatura media anual de 16.7° C y una máxima promedio de 38° C, encontrándose a una mediana altura de 2060 m.s.n.m. ((INEGI, 2000))(ver Figura 2.1). La mayor parte de la vegetación presenta diversas variantes del matorral xerófilo, como lo son el micrófilo, rosetófilo y crasicale, los cuales están distribuidos en los lomeríos y pie de montes ((Zamudio *et al.*, 1992)).

El sitio de trabajo se localiza en las coordenadas -99.714774°W y 23.737904°N, dentro de la vegetación presente se encuentran cactáceas como *Coryphantha octacantha* (DC.) Britton & Rose, *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F. M. Knuth, *Echinocereous cinerascens* (DC.) Lem, *Ferocactus histrix* (DC.) G.E. Linds, *Mammillaria magnimamma* Haw, *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex

Pfeiff), *Opuntia cantabrigensis* Lynch, *Opuntia robusta* H.L. Wendl. ex Pfeiff, *Opuntia streptacantha* Lem y *Peniocereus serpentinus* (Lag & Rodr.); así como dos especies de *Echeveria* y una de *Agave*. Aparte del grupo de cactáceas se encuentran especies exóticas invasoras como *Aloe vera* (L.) Burm. f., *Asphodelus fistulosus* L., *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Brown, *Melinis repens* (Willd.) C. E. Hubb., *Nicotiana glauca* Graham, *Reseda luteola* L. y *Schinus molle* L.

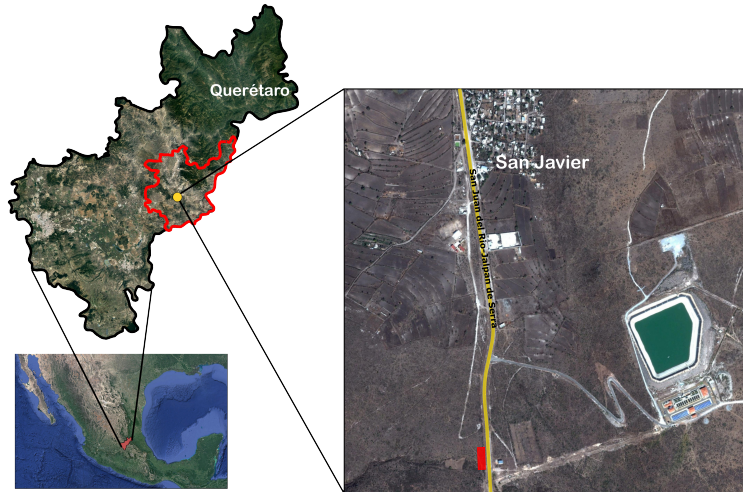


Figura 1: Área de estudio de *A. fistulosus* en el municipio de Cadereyta de Montes, Qro. El punto rojo indica la zona de trabajo

Especie de estudio: *Asphodelus fistulosus*

Es una especie introducida de Europa hacia a Estados Unidos y posterior a México. Es una hierba perenne, de hasta 65 cm de altura, de rizomas cortos; tallos subcilíndricos, de 8 a 25 cm de largo; hojas lineares, hasta de 25 cm de longitud por 2 a 3 mm de diámetro, fistulosas, acuminadas, longitudinalmente estriadas y algo escabrosas, verde-azulosas, ligeramente glaucas, vainas de 2 a 4.5 cm de largo, membranosas-escariosas; inflorescencia de 15 a 50 cm de longitud, pedicelos de 4 a 8 mm de largo, bráctea floral de 2 a 3 mm de largo, acuminada o cuspidada, escariosa; flores anchamente campanuladas, blancas, segmentos del perianto linear-oblongos, de 6 (10) mm de longitud por 2 a 9 mm de ancho, unidos en su base en ± 0.5 mm, con una nervadura media café-rojiza, los de la serie interna elípticos, hasta de 3.5 mm de ancho, ápices obtusos; estambres inclusos, anteras ovado-elipsoides, café-anaranjadas; semillas de ± 3 mm de longitud por 2.2 a 2.5 mm de ancho, café-grisáceas, con o sin líneas de color café oscuro de distribución variable (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

En México *A. fistulosus* ha encontrado las condiciones adecuadas para su establecimiento y expansión, esto último es evidencia de su abundancia y distribución más o menos continua en el

norte y centro del país (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Martínez-Cruz y Téllez-Valdés (2004) hacen mención que *A. fistulosus* se desarrolla en forma masiva junto a otras especies en donde existe una mayor degradación de la capa arbórea, comportándose en la mayoría de los casos como invasora; a su vez, Galván y Martínez (2006) la reporta en el Bajío entre los 1950 a los 2650 m.s.n.m.; Villaseñor y Espinosa-Garcia (2004) mencionan su distribución dentro de la República Mexicana en las siguientes entidades: Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz.

Germinación, visitantes y demografía de una población de *Asphodelus fistulosus*

1.1. Resumen

Las especies invasoras se consideran la segunda causa de pérdida de biodiversidad, y primer en sistemas insulares mexicanos, estas especies tienen la capacidad de generar una serie de problemas ambientales, sociales y económicos. Una manera de comprender su comportamiento en el medio ambiente implica tener el conocimiento de rasgos distintivos que permiten el éxito en el ecosistema tales como un banco de semillas que favorezca la invasión, visitantes florales o aspectos demográficos que nos permitan conocer los sitios invadidos. Se estudio a *Asphodelus fistulosus* como planta modelo para comprender aspectos ecológicos de la especie. Encontramos que *A. fistulosus* es una especie que tienen la capacidad de florecer durante periodos largos, permitiéndole generar una gran cantidad de semillas y al parecer tendría la capacidad de generar un banco de semillas transitorio (> 1 año), los tratamientos con herbicida sobre las semillas son posibles siempre y cuando exista cierta limitación hídrica. Dentro de los visitantes florales se encontraron dos especies de abejas, una especie de avispa y una especie de mosca, además se observó el aprovechamiento de estructuras por dos especies de hormigas lo que nos muestra las interacciones de esta planta. Su dinámica la hace una especie que crece muy rápidamente ($\lambda = 1.4$) con un ciclo de vida en cual depende de el crecimiento y la reproducción y con floración a lo largo del año contrario a lo que reporta la literatura.

1.2. Introducción

1.2.1. Especies exóticas invasoras

México alberga el 10% de las especies de plantas superiores del planeta y más del 40% de ellas son habitantes exclusivas del territorio nacional, (especies endémicas) (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2000). Muchos grupos de plantas y animales se han diversificado en nuestro territorio, un elemento adicional que muestra la importancia de nuestro país desde el punto de vista de su biodiversidad. México se encuentra dentro de los 17 países que por su riqueza de especies, endemismos y ecosistemas, se reconocen como megadiversos (Mittermeier, 1997). Esta diversidad actualmente se enfrenta a la problemática de las especies invasoras que son señaladas como la segunda causa de pérdida de biodiversidad global y regional, precedida sólo por la destrucción de hábitats (Pimm *et al.*, 1995), consideradas la principal causa de pérdida de biodiversidad en ecosistemas insulares mexicanos (Mendoza y Koleff, 2014). México tiene registradas 546 especies de plantas exóticas de las cuales 226 son invasoras y 320 son clasificadas como malezas (Muñoz *et al.*, 2009).

Una especie exótica o introducida es aquella que se encuentra fuera de su área de distribución original o nativa (histórica o actual), no acorde con su potencial de dispersión natural (IUCN, 2000), y De acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) una especie exótica invasora es la que ha sido introducida accidental o intencionalmente fuera de su distribución natural, con la capacidad de colonizar, invadir, persistir y producir descendencia en áreas diferentes al sitio de introducción original; amenazando a la diversidad biológica, causando daños al ambiente, a la economía y a la salud humana. Es importante reconocer que las especies exóticas invasoras exóticas están representadas en todos los grupos taxonómicos, como virus, hongos, algas, musgos, helechos, plantas terrestres y acuáticas, invertebrados terrestres y acuáticos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, por lo tanto son consideradas como un problema global.

1.2.2. Vías de introducción y Proceso de Invasión Biológica

Las invasiones biológicas son el proceso de introducción, establecimiento y expansión de especies exóticas en áreas geográficas diferentes a las de su origen (Williamson, 1996), la introducción de especies en distintas áreas del mundo es un fenómeno que se ha dado raramente de manera natural y que primordialmente se debe a acciones humanas (Richardson *et al.*, 2000). Si bien es cierto que las invasiones biológicas constituyen un fenómeno natural, también es cierto que la expansión del hombre sobre la tierra ha acelerado el proceso a un ritmo exponencial (Mooney y Hobbs, 2000).

Estas introducciones se han realizado de manera deliberada, en el caso de especies vegetales de interés económico (fuentes de alimento, fibras, forraje, medicinas, madera, u ornamentales), aunque también se ha dado de manera accidental (Pimentel *et al.*, 2001; Sakai *et al.*, 2001). Las principales causas de invasión son los diferentes disturbios causados por el hombre: (1) Agricultura por medio de la introducción de plantas invasoras y malezas de sistemas agrícolas, (2) Ganadería al introducir pastos invasores para forraje, (3) Reforestación utilizando árboles exóticos invasores, (4) Construcción de caminos y carreteras teniendo una invasión de plantas ruderales, (5) Urbanizaciones involucrando una introducción, siembra e invasión de todo tipo de especies, principalmente plantas de jardín, (6.) Colmatación e invasión de especies acuáticas enraizadas de borde de cuerpos de agua y (7) Contaminación e invasión de especies acuáticas flotantes (Díaz-Espinosa *et al.*, 2012).

Herrera (2007) hace mención a las características que pueden propiciar el establecimiento de plantas exóticas en zonas áridas como lo son: el cambio en el uso de la tierra (Evans *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2002), la presencia de cuerpos de agua (Loope *et al.*, 1988; Brooks, 1999), el sobrepastoreo (Dinerstein *et al.*, 1995; Brooks, 1999), la variación estacional de la precipitación (Mack *et al.*, 2002) y la presencia de carreteras (Burgess *et al.*, 1991; Brooks, 1999). Uno de los primeros enfoques se basa en un acercamiento numérico, que toma en cuenta que sólo una cantidad mínima de las especies introducidas por el hombre se vuelven invasoras esta regla es conocida como las “tens rules de Williamson”; donde se cree que esta cantidad corresponde al 10% de las especies que se lograron establecer, las cuales a su vez corresponden al 10% de las especies totales introducidas por el humano en regiones geográficamente separadas de la zona en la que son nativas, esta regla supone que el 1% de las especies introducidas a un área se convertirán en invasoras (Williamson, 1996).

Richardson *et al.* (2000) hace mención sobre los diferentes estadios en los cuales una especie invasora va sobrepasando hasta formar una población, estas etapas son la *introducción* en la cual la especie cruza una barrera geográfica y ambiental; *adaptación*, es la fase en la cual las especies exóticas sobreviven, se reproducen y pueden mantener poblaciones en la región receptora; *dispersión*, una vez que una especie se ha establecido exitosamente en un área, su dispersión rápida se vuelve indispensable para que pueda persistir durante largo tiempo, debe crecer y reproducirse en el nuevo entorno, para finalmente producir poblaciones autosustentables; *estabilidad*, periodo en el que las especies terminan la dispersión procediendo a la fase de estabilidad o de descenso, a la que se ha llamado lag phase es decir, que aunque se haya introducido y establecido cierta especie, no es señal del éxito de la invasión. La última fase en el proceso de invasión son los *impactos* ocasionados directamente a la biodiversidad, economía y salud. Es en esta etapa cuando las EEI han superado todas las barreras anteriores y se pueden cuantificar sus impactos.

Con el propósito de estandarizar los términos y los criterios utilizados para procesos de invasiones biológicas, Richardson *et al.* (2000) proponen una clasificación de acuerdo a las barreras que limitan a la especie invasora. Cada condición se caracteriza por el hecho de que la especie ha superado alguna o algunas barreras que limitaban su área de distribución original o su permanencia y expansión en la zona introducida, implicando que se tienen que superar las barreras de las etapas anteriores antes de poder llegar a la siguiente condición: (I) Condición de introducida o exótica. Es la condición en la que una especie ha traspasado alguna barrera geográfica que limitaba su distribución natural gracias a la ayuda humana, se ha sugerido utilizar como criterio práctico el considerar como especie introducida a aquella que se encuentra en una zona a más de 100 km de sus límites naturales. (II) Condición casual. Es la etapa en la cual la especie introducida logra reproducirse de manera sexual o asexual, pero no logra mantener una población a largo plazo. (III) Condición naturalizada. Es la etapa en la que la especie naturalizada traspasa las barreras reproductivas, logrando reproducirse de manera regular y mantener sus poblaciones en el área en la que fue introducida. (IV) Condición invasora. Es la condición en la cual la especie traspasa las barreras ambientales de la localidad a la que fue introducida originalmente, con lo cual comienza a dispersarse y formar nuevas poblaciones en áreas diferentes. Sugieren utilizar como criterio de invasión el que una especie vegetal expanda su área de distribución por encima de los 100 km en menos de 50 años (especies propagadas por semilla) o expanda su área más de 6 m en menos de 3 años (para especies propagadas vegetativamente).

1.2.3. Atributos de las especies exóticas invasoras

Un primer enfoque que trataba de entender y caracterizar a las plantas con alto grado de invasividad fue el concepto de la maleza ideal (Baker, 1974), el cual plantea que una especie invasora presenta una serie de características como la habilidad de reproducirse sexual y asexualmente, presentar un crecimiento rápido, una plasticidad fenotípica y una amplia tolerancia a una heterogeneidad ambiental, es decir, si una especie de estudio va presentando estos rasgos indeseables nos indicaría que tiene un amplio potencial de invasividad. En muchas especies invasoras se han detectado por lo menos una de estas características biológicas que hace referencia Baker (1974) y que las vuelve especies capaces de poder colonizar uno o más sitios compitiendo directamente con la vegetación nativa, Sakai *et al.* (2001), sino que suelen presentarse en los diferentes estadios de la planta.

Se han propuesto algunas características reproductivas y de repoblación como atributos del potencial invasor de plantas: “largos períodos reproductivos” que incrementan la probabilidad de que las flores sean polinizadas y promueven una mayor producción de frutos (Reichard, 1997; Rej-

manek, 2000; Lloret *et al.*, 2005); “propagación vegetativa” que permite el aumento del área de distribución de una planta exótica a partir de bajos tamaños poblacionales o cuando no están presentes los polinizadores o éstos están en baja densidad (Cronk y Fuller, 1995; Reichard, 1997; Meyer y Florence, 1996); “requerimiento mínimos” para la germinación y supervivencia que pueden ser fácilmente cubiertos en diferentes hábitats en una región (Baker, 1965; Reichard, 1997) lo que facilita el establecimiento de estas plantas en grandes áreas geográficas (Greenberg *et al.*, 2001); “presentar flores perfectas” (gama de colores amplios y diferentes tamaños) y un largo tiempo de permanencia del fruto en la planta (Reichard y Hamilton, 1997); “alta inversión de energía” para la producción de propágulos, favoreciendo la producción de éstos en números altos (Rejmanek y Richardson, 1996; Godfray y Crawley, 1998); “plasticidad fenotípica” favoreciendo su adaptabilidad al medio (Droste *et al.*, 2010); “dispersión a largas distancias” y facilitada por factores abióticos, ésto aumenta la velocidad del proceso de invasión al permitir el establecimiento de múltiples focos de invasión expansivos (Muller-Landau *et al.*, 2003; Lloret *et al.*, 2005; Richardson y Pyšek, 2006; Price *et al.*, 2011); “alta representación en el banco de semillas”, ya que asegura la persistencia de estas plantas en el tiempo (Menges, 2000; Goergen y Daehler, 2002) ; “estrategia reproductiva del tipo r”, teniendo la máxima capacidad de reproducción, de forma acelerada favoreciendo una amplia descendencia (Sakai *et al.*, 2001) y “presencia de compuestos alelopáticos”, compuestos producidos por las especies invasoras (metabolitos secundarios) son altamente inhibitorios para las plantas nativas (Callaway y Aschehoug, 2000). Estas características en conjunto brindan a las especies la capacidad para ser exitosa bajo distintas condiciones ambientales, permitiéndoles competir y reproducirse de manera exitosa repercutiendo directamente sobre las poblaciones nativas.

Entre los atributos biológicos que se consideran comúnmente en las especies invasoras son de carácter reproductivo ya sea desde el punto de vista de la reproducción sexual y asexual, el éxito reproductivo y el número y frecuencia de los propágulos (Moravcová *et al.*, 2015), una mayor presencia en el número de propágulos y frecuencia de introducción también se suele observar una mayor variabilidad genética en la población exótica y por lo tanto una mayor probabilidad de tener genotipos exitosos en la comunidad hospedera (Ellstrand y Schierenbeck, 2000).

Las semillas constituyen un elemento fundamental en el ciclo de vida de las plantas ya que es el mecanismo por el cual se une una generación con otra (Donohue *et al.*, 2010). La alta producción y la viabilidad es un atributo que se comparte entre especies invasoras con reproducción sexual, el tamaño del propágulo (número de individuos por evento de introducción) y la cantidad de propágulos que llegan por unidad de tiempo, ambos componentes de la presión de propágulos “propagule pressure”(Kolar y Lodge, 2001; Valéry *et al.*, 2009). Gioria y Pyšek (2017) hacen un análisis de los atributos asociados a las semillas de las especies exóticas comparadas con especies nativas y

encuentran que a diferencia de las nativas, las EEI tienen alta velocidad de germinación, requerimientos amplios de germinación y un incremento importante en el número de semillas producidas que potencialmente genera bancos de semillas. La tasa de germinación no parece ser un atributo importante y las tasas bajas por lo general son compensadas por el número de semillas producidas. El impacto que tienen las EEI sobre el banco de semillas es muy importante y tienen implicaciones del manejo a largo plazo (Gioria y Osborne, 2010).

1.2.4. Efectos sobre el medio ambiente

Castro-Díez *et al.* (2004) mencionan que los procesos de transporte de especies tienen como consecuencia que las especies, tanto las invasoras como las del ecosistema receptor se enfrentan a situaciones ambientales nuevas, Aunque muchas de las especies introducidas desaparecen, la persistencia de algunos ejemplares puede desencadenar una serie de efectos, a menudo difíciles de predecir, tales como: Desplazamiento de especies nativas; sucede cuando la especie introducida es resistente a plagas o enfermedades u ocupa el nicho ecológico que una especie nativa, pero con mayor eficacia; Hibridación y contaminación genética; ciertas especies exóticas que llegan a naturalizarse pueden intercambiar material genético con especies nativas, pudiendo amenazar la persistencia de estas últimas; Alteraciones de las redes de interacción entre especies de la comunidad; a menudo las nuevas especies interfieren en las interacciones establecidas entre las especies nativas de una comunidad; Alteración de las condiciones del ecosistema nativo; entre las causas del éxito de las invasoras, se puede diferenciar entre aquéllas que tienen que ver con las características del ecosistema receptor y las que son propias de la especie invasora.

Diversas investigaciones indican que las plantas invasoras pueden modificar el funcionamiento y la biodiversidad de comunidades y ecosistemas como consecuencia del incremento de: (1) las tasas de asimilación de carbono en el sistema (Le Maitre *et al.*, 1996), (2) modificación del microclima (Baruch, 1996; Williams y Baruch, 2000), (3) alteración del ciclo de nutrientes (Vitousek y Walker, 1989), (4) incremento en la intensidad del fuego (Anable *et al.*, 1992; D'Antonio y Vitousek, 1992; Williams y Baruch, 2000), (5) modificación de la supervivencia de las especies nativas (Vitousek, 1990), (6) alteración en la composición de especies (Musil, 1993; Pimm *et al.*, 1995; Meyer y Florence, 1996; Yurkonis *et al.*, 2005; Henderson *et al.*, 2006), (7) competencia con especies nativas por los polinizadores y los dispersores de la zona (Traveset y Santamaría, 2004) y (8) detener la navegación de cuerpos de agua o favorecer inundaciones (Mack *et al.*, 2000).

Socialmente las especies exóticas invasoras amenazan la salud humana a través de la propagación de enfermedades, la afectación de los paisajes naturales y áreas naturales protegidas, y la puesta en riesgo de la seguridad alimenticia y de las plantas nativas de uso medicinal en muchos

lugares del mundo (Akulova-Barlow, 2009). En general, los impactos de las especies invasoras en los ecosistemas y en sus especies nativas varían significativamente dependiendo del tipo de especies, la extensión de la invasión y del tipo y vulnerabilidad del ecosistema en cuestión (Shine *et al.*, 2008).

1.2.5. Características demográficas

El comprender los procesos demográficos de las especies invasoras implica el tener conocimiento acerca de la abundancia, preferencias de hábitat, mecanismos de propagación, impacto en otras especies, floración y fructificación en las diferentes zonas climáticas, que en conjunto ayudan a comprender el ciclo de vida de la planta. Una forma de poner a prueba las predicciones de las teorías existentes sobre las especies invasoras puede lograrse a través del uso de las herramientas demográficas (Parker, 2000; Brown *et al.*, 2008).

Hasta hace muy recientemente, los modelos demográficos han sido utilizados para evaluar los componentes de una invasión biológica y guiar el manejo de especies exóticas invasoras (Li y Ramula, 2015; Ramula *et al.*, 2008; Sebert-Cuvillier *et al.*, 2007; Williams y Baruch, 2000) que puede incluir la priorización basado en costo (Kerr *et al.*, 2016). La dinámica de poblaciones de especies exóticas invasoras comúnmente tiene altas tasas de crecimiento poblacional (Ramula *et al.*, 2008).

Las tasas de crecimiento poblacional (λ , r , R_0) han sido parámetros demográficos utilizados para cuantificar el crecimiento poblacional y el éxito de una especie invasora (Rejmanek *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2008). Los modelos matriciales, que agrupan a los individuos por estructura de edades, tamaño o estado de la población permiten el cálculo de las sensibilidades y elasticidades de cada categoría, y permite así evaluar qué categoría o proceso es el que aporta más a λ (Caswell, 1989).

Se ha visto que las especies invasoras son capaces de tener plasticidad demográfica (Claridge y Franklin, 2002; Parker-Allie *et al.*, 2009) y amortiguar la variación ambiental (Li y Ramula, 2015) lo que les permite explotar ambos extremos del espectro de la plasticidad fenotípica. Atacando ciertos estados del ciclo de vida (o combinaciones) puede dar la pauta hacia la identificación de las rutas sensibles (Sebert-Cuvillier *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2011) que pueden ser aprovechadas para el manejo óptimo (Ramula *et al.*, 2008), y disminuir el costo total de los impactos de especies exóticas (Buhle *et al.*, 2005). Esto resulta importante, ya que puede ser la base para implementar un plan de control de la especie invasora (De Walt, 2006).

1.3. Objetivos

- Caracterizar la germinación de *A. fistulosus* bajo condiciones de luz, agua y susceptibilidad a herbicidas
- Describir a los visitantes florales y herbívoros asociados a *A. fistulosus*
- Determinar la dinámica poblacional de *A. fistulosus* mediante modelos matriciales de población.

1.4. Método

1.4.1. Germinación bajo condiciones controladas

Durante la visita de reconocimiento al sitio de estudio se colectaron frutos de *A. fistulosus*, los cuales fueron guardados en bolsa de papel para evitar su contaminación por hongos. Los frutos fueron llevados al Laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal de la UAM-X para realizar la limpieza y conteo de semillas, con el propósito de realizar pruebas de germinación controladas de luz y agua.

Efecto de la luz y la edad sobre la germinación

En un primer experimento fué un experimento factorial de 2 factores (luz y edad de la semilla). Se estableció el rango de condiciones de luz bajo las cuales germinan las semillas de *A. fistulosus* en cinco tratamientos en los cuales se utilizaron mallas que extinguen la luz fotosintéticamente activa (medido con sensor en LICOR-L-1000) por: 30 %, 50 % y 70 %. Para probar el fotoblastismo negativo un tratamiento se cubrió con una doble capa de aluminio y un control se dejó descubierto permitiendo el 100% de luz. Bajo cada tratamiento de luz se usaron semillas de 3, 6 9 y 12 meses de edad. Este experimento se llevó a cabo en una cámara ambiental con fotoperiodo 12:12 y temperatura constante de 25 °C. Se sembraron 25 semillas de *A. fistulosus* en cada combinación de tratamiento . Cada combinación de tratamiento (luz y edad) tuvo 10 repeticiones, es decir, un total 250 semillas por experimento.

Efecto del agua y la edad sobre la germinación

En el segundo experimento se germinaron semillas de *A. fistulosus*, donde se pretendió simular las condiciones hídricas y de sustrato de campo. Para este experimento se establecieron cuatro

tratamientos, en los cuales se utilizó una saturación de agua al 25 %, 50 %, 75 % y 100 %. Bajo cada tratamiento de agua se usaron semillas de 3, 6 9 y 12 meses de edad. Para cada combinación de tratamientos (agua y edad) se sembraron 25 semillas (10 replicas) en macetas de 8 cm de diámetro en el invernadero. Se mantuvieron las condiciones hídricas con riego constante que se evaluaba por la diferencia en peso de las macetas.

Efecto de herbicidas y edad de la semilla sobre la germinación

En un tercer experimento se evaluó el efecto de 2 herbicidas y una combinación de ambos sobre la germinación de *A. fistulosus*. Para ello se utilizaron los herbicidas glifosato (0.4 ml/L), 2-4D (1.2 ml/gal) y una combinación de ambos (50:50). En cada uno de los tratamientos se utilizó agar bacteriológico (1 %). Para probar la susceptibilidad de la semilla y la dependía de la edad, se sembraron semillas de 3, 6, 9 y 12 meses de edad a partir de la cada colecta en campo. Se depositaron 25 semillas por caja petri (10 repeticiones por combinación de tratamiento y edad). La tasa de germinación se evaluó durante 15 días posteriores a la siembra.

En cuarto experimento se germinaron semillas de *A. fistulosus*, donde se probó la germinación bajo condiciones de invernadero con suelo como sustrato. Para este experimento se establecieron tres tratamientos de herbicida glifosato (0.4 ml/L), 2-4D (1.2 ml/gal) y una combinación de ambos herbicidas (50:50) para observar si estos perdían efecto al estar en contacto con el suelo. En cada uno de los tratamientos se utilizó sustrato (suelo negro, 250 g por maceta), en los cuales se depositaron 250 semillas en 10 macetas (25 semillas por maceta) y se contabilizaron la germinación durante 15 días para obtener las tasas de germinación. Se realizaron los conteos de las plántulas de los 3 tratamientos desarrollados, teniendo un seguimiento por un periodo de 15 días cada tres meses a partir de la fecha de colecta (octubre 2015, enero 2015, abril 2016 y julio 2016).

Para todo los análisis de germinación se utilizó un análisis de varianza con error de tipo binomial en R 3.3.1. (R Development Core Team, 2017)

1.4.2. Visitantes florales en *A. fistulosus*

Para conocer a los visitantes florales de *A. fistulosus* se realizaron observaciones sobre la inflorescencia de la especie. El periodo de observación correspondió a los meses de agosto 2015 a agosto 2016. En cada visita, se capturaron a los visitantes florales de manera directa que se encontraban posando o volando cerca de las flores. Los individuos capturados se colectaron en cámaras letales con acetato de etilo. Se observó la presencia de insectos que utilizaban hojas, semillas u otra estructura vegetativa. Todos los individuos que fueron colectados se preservaron en alcohol etílico

al 70 % para su montaje e identificación (Márquez, 2005).

1.4.3. Demografía y dinámica poblacional

En el área de estudio se establecieron diez cuadrantes de 1 m² (tabla 1.1) con tubos de pvc. Cada planta de *A. fistulosus* dentro de las parcelas fue etiquetado y locazado mediante coordenadas cartesianas **X** y **Y** (Krebs, 1999). Se tomaron las siguientes datos de cada individuo: altura (cm) (considerando la espiga mas alta en caso de presentarse), cobertura como dos medidas perpendiculares (cm), número total de hojas y número total de espigas. Si la planta presentaba espigas se selecciono la espiga central a la cual se le contó el número total de frutos presentes para estimar el número de semillas por planta a partir del número de frutos por espiga. Durante el periodo de estudio se reportó la mortalidad o el reclutamiento de nuevos individuos dentro de cada uno de los cuadrantes establecidos en periodos mensuales. Los individuos se agruparon en distintas categorías de tamaños utilizando como referencia la altura de las plantas para poder describir su dinámica por medio de un modelo matricial de Lefkovitch (1965). Estos modelos consideran que los procesos demográficos en plantas están determinados más por el estadio del ciclo de vida o por el tamaño de los individuos que por la edad (Caswell, 2001; Mandujano *et al.*, 2001).

Se describió la dinámica poblacional (λ), estructura estable de tamaños (**w**), valor reproductivo (**v**) y la matriz de elasticidad y sensibilidad (Caswell, 2001) que permite identificar la contribución de las diferentes etapas del ciclo de vida a la tasa finita de crecimiento λ . Los individuos en la población de categorizaron en seis distintas categorías de tamaños (1) 0.1 cm-5 cm, (2) 5.1 cm-10 cm, (3) 10.1 cm a 15 cm, (4) 15.01 cm-20 cm, (5) 20.01 cm-25 cm y (6) >25.01 cm. El modelo poblacional $N_{t+1} = AN_t$ describe las frecuencias de los individuos en cada categoría de tamaño en el tiempo $t + 1$ en términos de su frecuencia en el t y las probabilidades de transición descritas en forma de una matriz A . Se calculó un intervalo de confianza de λ remuestreando 10,000 matrices a partir de los datos originales.

Cuadro 1.1: Ubicación geográfica de los 10 cuadrantes estudiados durante el periodo agosto 2015 a agosto 2016

Cuadrante	Latitud	Longitud
16	20.73353	-99.71473
17	20.73362	-99.71474
18	20.73354	-99.71472
19	20.73356	-99.71471
20	20.73361	-99.71483
21	20.73358	-99.71474
22	20.73352	-99.71474
23	20.73360	-99.71476
24	20.73364	-99.71475
25	20.73360	-99.71483

1.5. Resultados

1.5.1. Germinación

Los resultados obtenidos en el tratamiento de extinción de luz muestran que la especie es capaz de germinar en ausencia de luz, con poca y abundante luz, es decir, presentan un fotoblastismo indiferente (Figura 1.1). La prueba de varianza mostró que la edad de la semillas no fue significativa ($\chi^2 = 1.843$, $gl = 3$, $p = 0.6055$), lo que implica que la edad de la semilla no influye sobre su capacidad germinativa. El porcentaje de germinación es consistentemente superior al 80%, es decir permitiendo la germinación de semillas a lo largo del año sin perder viabilidad. Los diferentes tratamientos de luz fueron significativamente diferentes ($\chi^2 = 95.913$, $gl = 4$, $p < 0.01$), con un aumento progresivo conforme aumenta la cantidad de luz.

En los experimentos donde se probó la saturación hídrica, se encontró que el agua tuvo un efecto significativo sobre la germinación ($\chi^2 = 88.70$, $gl = 3$, $p < 0.01$, Figura 1.2) pero nuevamente la edad no jugó un papel importante ($\chi^2 = 0.410$, $gl = 3$, $p = 0.9381$). Bajo escasez o limitación de agua las semillas presentan una germinación menor al 10%, mientras que con una cantidad de agua abundante la germinación se encuentra entre un 10%-20%. Estas condiciones hídricas muestran como las semillas pueden germinar con poca o abundante agua, dándole a la especie un rango amplio de posibles zona para su establecimiento. La germinación en condiciones controladas en la cámara ambiental (cajas petri) tuvieron tasas de germinación altas, aún con el tratamiento de herbicida. La edad de la semillas no fué significativo ($\chi^2 = 0.3821$, $gl = 3$, $p = 0.9439$), pero el tratamiento de herbicidas si tuvo diferencias significativas ($\chi^2 = 14.17$, $gl = 2$, $p = 0.008$).

De los tratamientos, no encontramos diferencias significativas entre el tratamiento de 2-4D y el combinado (Fig. 1.3). El glifosato no fué un buen herbicida. En estas condiciones, ningún herbicida utilizado tuvo efectos importantes en la germinación ya que en promedio las tasa de germinación se encontraron por arriba del 70%.

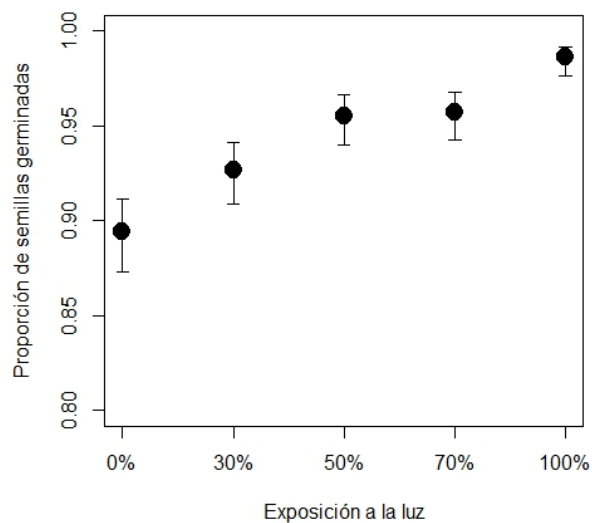


Figura 1.1: Proporción de semillas de *A. fistulosus* germinadas en condiciones controladas bajo 5 tratamientos de exposición a la luz.

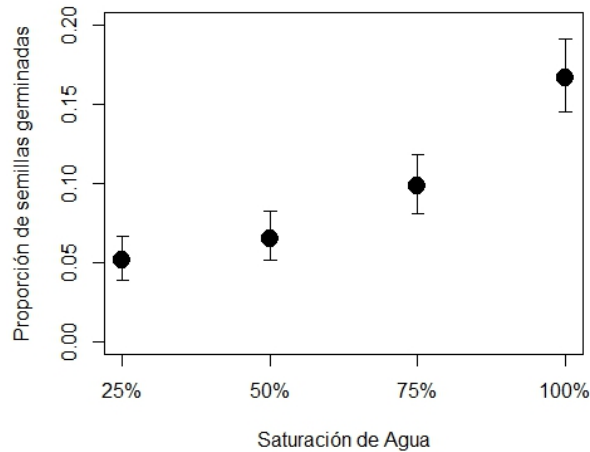


Figura 1.2: Proporción de semillas de *A. fistulosus* germinadas en condiciones controladas bajo 4 tratamientos de saturación de agua

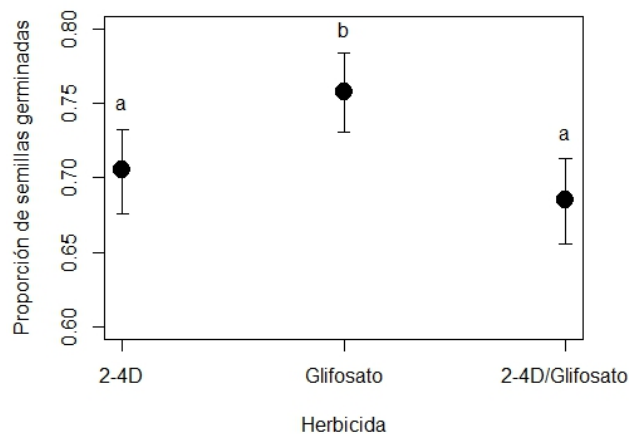


Figura 1.3: Proporción de semillas germinadas con tres tratamientos de herbicida bajo condiciones controladas en cámara ambiental. Letras diferentes significan diferencias significativas ($p > 0.01$)

Los tratamientos de herbicida sobre suelo resultó una baja importante en la germinación ($< 8\%$, Fig. 1.4). No encontramos diferencias significativas por la edad de la semilla ($\chi^2 = 1.078$, $gl = 3$, $p = 0.7823$) ni por el tratamiento ($\chi^2 = 0.1823$, $gl = 2$, $p = 0.91$). Todos los tratamientos de herbicida redujeron la tasa de germinación en más del 90%.

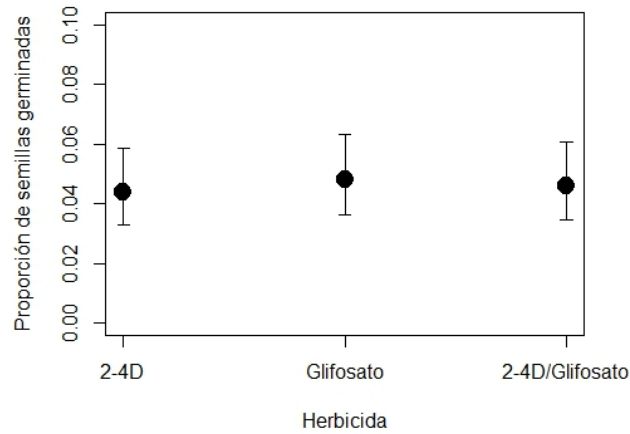


Figura 1.4: Proporción de semillas germinadas con tres tratamientos de herbicida sobre suelo bajo condiciones controladas en invernadero.

1.5.2. Visitantes florales

Durante el año en el que se realizó la demografía, se observó a los visitantes florales asociados a *A. fistulosus*, se encontró a la abeja *Apis mellifera* (Figura 1.5) realizando forrajeo y polinización, las avispas *Augochlorella* sp. (Figura 1.6) y *Ammophila* sp. (Figura 1.7), y un miembro de la familia Muscidae (Figura 1.8). Estos visitantes florales colectaban polen y llevaban a cabo conducta de un polinizador típico.

En cuanto a los insectos no asociados a las estructuras reproductivas, se encontró a *Atta mexicana* realizando herbivoría sobre las hojas y espigas de *A. fistulosus* (figura 1.9), y a *Monomorium cyaneum* realizando acarreo de semillas al hormiguero (figura 1.10).

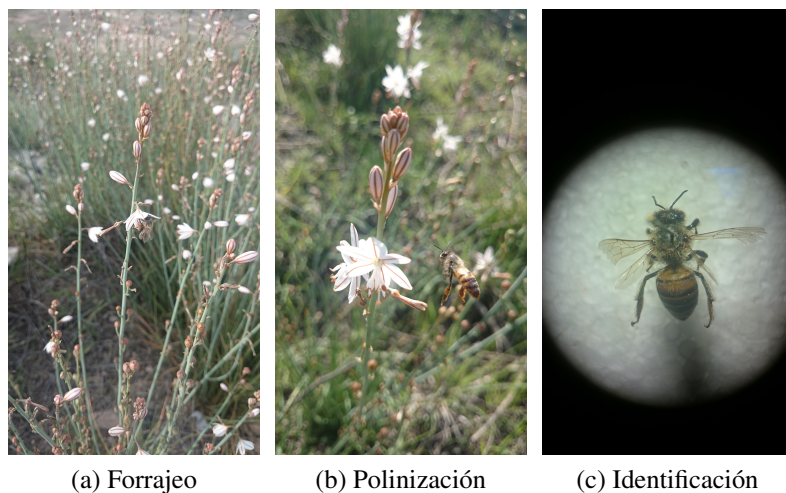


Figura 1.5: Individuo de *A. mellifera* sobre *A. fistulosus* con conducta de forrajeo y polinización.

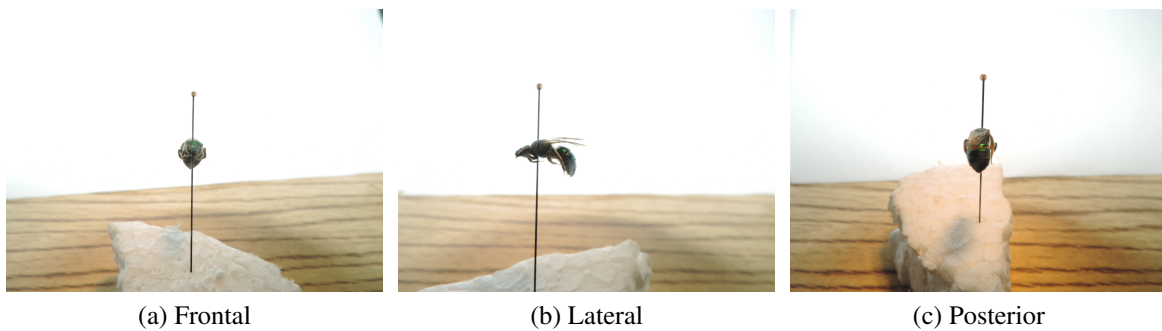


Figura 1.6: *Augochlorella* sp., colectado como visitante de las estructuras florales de *Asphodelus fistulosus*

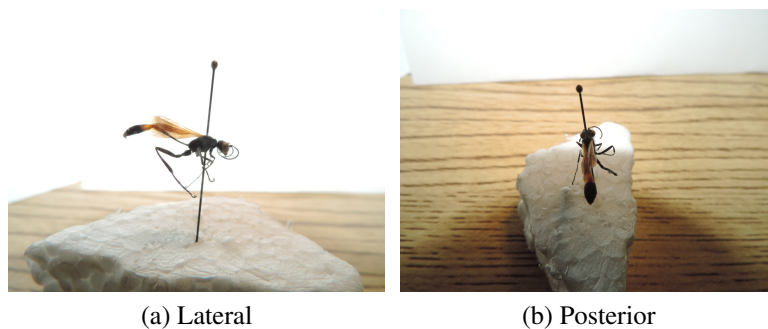


Figura 1.7: Individuo de *Ammophila* sp. visitante de *A. fistulosus* en vista lateral y posterior

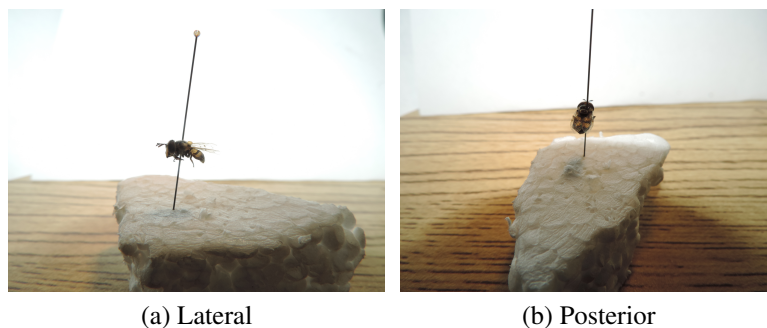


Figura 1.8: Individuo de la familia Muscidae, visitante floral de *A. fistulosus*

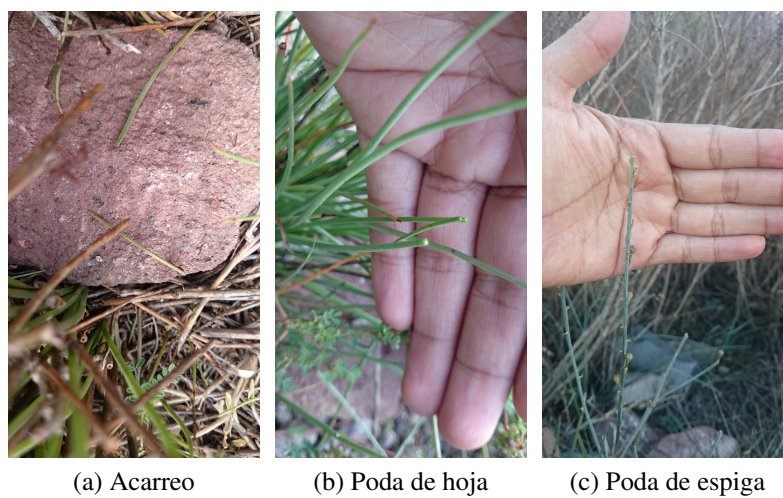


Figura 1.9: Aprovechamiento de las estructuras reproductivas y vegetativas de *A. fistulosus* por *A. mexicana*



Figura 1.10: Dispersión secundaria de semillas de *A. fistulosus* por *Monomorium cyaneum*

1.5.3. Demografía

Se establecieron 10 cuadrantes de 1 m² en agosto 2015 en los cuales se marcaron 1,031 plantas individuos. La densidad de *A. fistulosus* por cuadrante fue de 292 plantas, mientras que en el cuadrante con menor plantas fue de 15 m². El promedio de los 10 cuadrantes fue de 103 plantas por m². Al final de los censos, (agosto-2016) se contabilizaron un total de 662 individuos con densidades de 218 a 14 por parcela, y un promedio de 62 m². Durante los censos mensuales el mes en octubre se contabilizaron 1,040 plantas siendo el mayor número de individuos, mientras que, en abril se presentó el menor número de plantas marcadas ($N = 639$).

Durante este estudio demográfico se observó que *A. fistulosus* presentó floración espigas y frutos a lo largo del año. Las plantas presentaron estructuras reproductivas a partir de los 5 cm de altura, y el número de espigas producidas por individuo oscila entre 1 y 156. Cada espiga puede presentar de 1 a 18 frutos y cada fruto contiene 6 semillas, por lo tanto una planta madura de *A. fistulosus* es capaz de generar una cantidad mayor a 16, 000 semillas. En agosto-2015 se presentaron 136 plantas reproductivas y en agosto-2016 fueron 101, en el mes de marzo se observó la menor cantidad de plantas reproductivas (14). De diciembre a abril se observó la menor cantidad de individuos con presencia de estructuras reproductivas (< 30 plantas). Las estructuras de la población difirió de un año a otro (Fig. 1.11, $\chi^2 = 41.88$, $gl = 5$, $p < 0.01$)

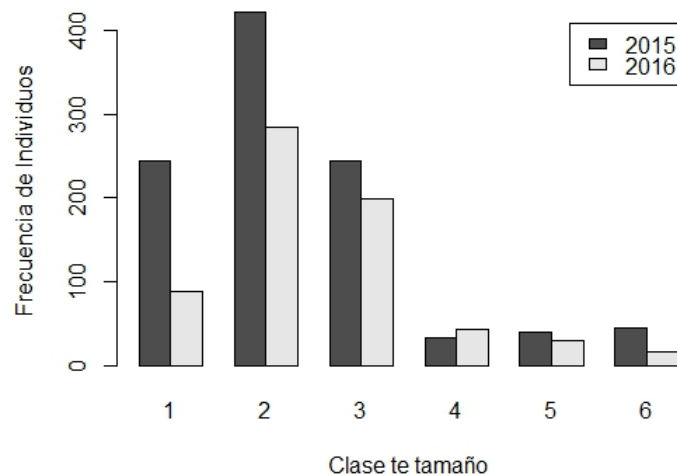


Figura 1.11: Estructura categorizada en clases de tamaño (altura en cm) de una población de *A. fistulosus* de Querátro durante los años 2015 y 2016. (1) 0.1 cm-5 cm, (2) 5.1 cm-10 cm, (3) 10.1 cm a 15 cm, (4) 15.01 cm-20 cm, (5) 20.01 cm-25 cm y (6) >25.01 cm.

El análisis matricial arrojó una $\lambda = 1.4$ (1.278 – 1.507). La matriz de transición tiene todos excepto 5 de los procesos asociados principalmente al crecimiento grande de las etapas tempranas. El ciclo de vida contiene crecimiento de una categoría a varias posteriores, regresos (en términos de pérdida de tamaño) e individuos que permanecen dentro de la misma categoría de un año a otro (Fig 1.12). La reproducción de los individuos empieza muy tempranamente (Categoría 1) y se duplica a partir de la Categoría 4.

	1	2	3	4	5	6
1	0.127	2.345	12.171	89.706	156	337.304
2	0.127	0.309	0.229	0.147	0.146	0.065
3	0.004	0.124	0.351	0.382	0.463	0.196
4	0.004	0.01	0.086	0.088	0.122	0.13
5	0	0	0.029	0.118	0.122	0.304
6	0	0	0.012	0	0.073	0.239

Figura 1.12: Matriz de transiciones demográficas de *Asphodelus fistulosus* a partir de un censo anual en Querétaro. Los colores más rojos significan valores más altos.

Al hacer los análisis de elasticidad que son la contribución relativa de cada celda a la tasa finita de crecimiento (Figura 1.13) podemos observar que las transiciones más importantes se encuentran relacionadas al crecimiento (celdas por abajo de la diagonal principal) y a la reproducción (celdas del primer renglón).



Figura 1.13: Matriz de elasticidades de *Asphodelus fistulosus* a partir de un censo anual en Querétaro. Los colores más rojos significan valores más altos.

Al dividir las contribuciones por proceso demográfico, el crecimiento y después la fecundidad son los dos procesos que contribuyeron más a λ seguido de la supervivencia y por último la retrogresión (Fig. 1.14).

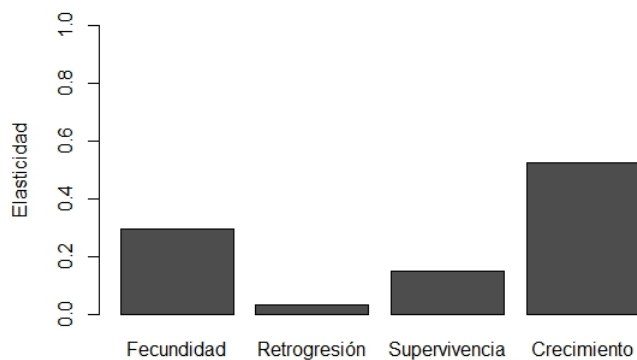


Figura 1.14: Elasticidades a partir de la matriz de transición anual de *Asphodelus fistulosus* por proceso demográfico.

1.6. Discusión

Las especies invasoras tienen una serie de atributos que se consideran especialmente importantes para tener éxito en la invasión. La maleza perfecta descrita por Baker (1965) menciona como atributo, organismos con alto éxito reproductivo, crecimiento rápido y altas tasas de crecimiento. *A. fistulosus* reúne los tres atributos descritos por Baker (1965). Las altas tasas de producción de semillas (> 300 semillas ind^{-1}), amplios rangos de tolerancia ambiental a condiciones de luz ($> 85\%$ semillas germinadas) y agua (> 5 semillas germinadas) hace que *A. fistulosus* sea una especie capaz de invadir una serie de ambientes con variación lumínica y de condiciones de humedad similar a lo que encuentra Gioria y Pyšek (2017) con varias especies de EEI. *A. fistulosus* tuvo la capacidad de germinar aún sin luz, una característica común en malezas que les permite germinar aún estando enterradas. Una exposición a sitios abiertos también favorece la germinación, a que incrementa con el nivel de luz. En cuanto al agua, es un factor sumamente limitante a la germinación. Las condiciones más agrestes en el invernadero provocaron una disminución de un orden de magnitud la germinación. En condiciones de poca agua (25% saturación) la tasa de germinación fue de 5%. Las implicaciones de estos dos tratamientos sugiere que conforme mejoran las condiciones lumínicas e hídricas, la tasa de germinación de *A. fistulosus* mejora. Estas características sugiere que la germinación de las semillas de *A. fistulosus* se adaptan a las condiciones locales, únicamente modificadas por las condiciones ambientales específicas. La investigación reciente (Oduor *et al.*, 2016) sugiere que las especies exóticas invasoras son igual de capaces que las especies nativas de adaptación y además de caracterizan por ser especies con alta plasticidad fenotípica (Richards *et al.*, 2006; Gioria y Pyšek, 2017). Aunque no considerado en este trabajo, existe una posibilidad clara de generación de un banco de semillas ya que la edad de las semillas no tuvo ningún efecto sobre la germinación. La posibilidad de generar un banco de semillas hace el manejo más difícil y a largo plazo (Gioria y Osborne, 2010) ya que la comunidad va a seguir teniendo elementos de la EEI aún cuando el estado adulto no se encuentre o se haya eliminado.

El uso de herbicidas sugiere que la germinación puede reducirse hasta el 4%, sin tener una diferencia importante entre herbicidas. La decisión del uso de herbicida particular dependerá del ambiente invadido y de la toxicidad y permanencia en el suelo que se requiera para el sitio en particular.

El riesgo que puede tener una especie exótica invasora incrementa si tienen mecanismos que aseguran el éxito reproductivo, como sistemas generalistas de polinización o la autogamia. Para *A. fistulosus*, encontramos que además de ser visitada por *A. mellifera* que también es una especie exótica, fue visitada por especies nativas. La presencia de *A. fistulosus* entonces puede estar

compitiendo con la flora nativa por lo polinizadores (Stout y Tiedeken, 2017), especialmente si *A. fistulosus* ofrece recompensas florales durante todo el año. Si bien *A. fistulosus* se beneficia de los polinizadores nativos, también sufre un efecto de depredación de semillas y herbivoría por la fauna nativa. Sin embargo, el efecto que tiene las especies nativas en la granivoría y herbivoría al parecer no son de suficiente intensidad para reducir las tasas de crecimiento poblacional. En sitios que no tengan a estas especies como control parcial de la población, podemos esperar tasas de crecimiento mayores a lo que encontramos en este estudio.

Las dinámica poblacional de las especies invasoras es en general pobre, a la fecha hay alrededor de 30 estudios que usan modelos matriciales de dinámica poblaciones. Los resultados sugieren a que por lo general, las especies exóticas invasoras tienden a tener valores de λ por arriba de la unidad, lo que significa que las poblaciones se encuentran en crecimiento (Ramula *et al.*, 2008). La importancia de los diferentes procesos demográficos también es diferente entre las especies de vida corta (como *A. fistulosus*) y vida larga. Ramula *et al.* (2008) menciona que las especies de ciclo de vida corto tienen estrategias de historia de vida que favorecen las tasas vitales de crecimiento y fecundidad, mientras que las especies de ciclo de vida más largo (> 11 años) tienden a usar una estrategia que maximiza las transiciones asociadas a la supervivencia. Esto implica que el manejo que se puede hacer va a depender del ciclo de vida de las plantas. Simulaciones hechas por Ramula *et al.* (2008) sugieren que para especies de ciclo de vida corto el manejo puede hacerse afectando únicamente una tasa vital (supervivencia, fecundidad o crecimiento) mientras que las especies de ciclo de vida largo necesitaría un manejo que involucre a dos tasas vitales para lograr tasas de crecimiento poblacional menor a la unidad. Para *A. fistulosus* los resultados muestran una población que se encuentra en crecimiento $\lambda = 1.4$, con los procesos demográficos más importantes asociados al crecimiento y fecundidad. Una simulación de una reducción en las tasas de fecundidad en 75% reduce la tasa de crecimiento a $\lambda = 0.98$ consistente con lo propuesto por Ramula *et al.* (2008) para especies invasoras de corta vida. La implicación de los resultados es que la población estudiada de *A. fistulosus* se encuentra en una fase de crecimiento importante de 40% por año. Para su control es necesario al menos una reducción del 75% en la fecundidad que puede lograrse con cualquiera de los herbicidas que se probaron aún después de la liberación de las semillas.

1.7. Conclusiones

- *A. fistulosus* es capaz de germinar en ausencia, poca y abundante luz (fotoblastismo indiferente) y germinar con poca o abundante agua.
- La edad de la semilla no influye sobre su capacidad germinativa.

- Los visitantes florales fueron *Apis mellifera* y *Augochlorella* sp. (abejas), *Ammophila* sp. (avispa); y un miembro de la familia Muscidae.
- El aprovechamiento de estructuras fue por *Atta mexicana* (hojas y espigas) y a *Monomorium cyaneum* (semillas).
- *A. fistulosus* presentó floración, espigas y frutos a lo largo del año.
- El análisis matricial obtuvo $\lambda = 1.4$ (1.278 – 1.507).
- En el análisis de elasticidad se observa que las transiciones más importantes se encuentran relacionadas al crecimiento y a la reproducción.

Caracterización del suelo con presencia de *Asphodelus fistulosus* (L).

2.1. Resumen

Las especies exóticas invasoras tienen la capacidad de provocar cambios en el ambiente entre ellos esta la capacidad de provocar alteraciones en la composición, balance hídrico y flujo de nutrientes en el suelo, al incrementar la cantidad de nitrógeno, fósforo y carbono disponible permitiéndoles un crecimiento acelerado que favorezca la colonización de nuevos sitios por estas especies. Por lo tanto conocer aspectos edafológicos que favorezcan el establecimiento de especies invasoras es de importancia para comprender estos procesos. Se realizaron pruebas edafológicas para evaluar la variación en el suelo que es capaz de usar *A. fistulosus* y como es que estos atributos se pueden ver modificados en un periodo anual. Se encontró que *A. fistulosus* tiene la capacidad de completar su ciclo de vida en un rango amplio de condiciones edafológicas, se observó que el carbono orgánico presente se mantuvo estable en este periodo, el hecho de que la especie incorpore nitrógeno al sitio nos hace referencia a algunas características reportadas propias de las especies invasoras. Aunque los resultados son locales nos muestran la variación espacio-temporal y la dinámica compleja del suelo local, esto sugiere que el riesgo se incrementa por la plasticidad que puede tener la especie.

2.2. Introducción

2.2.1. Efectos sobre la composición y alteración de nutrientes

Una de las características que hace a una especie exótica invasora (EEI) es la capacidad de provocar impactos o cambios, que pueden ser bióticos como la competencia o abióticos como alterar el flujo de nutrientes o el balance hídrico (Blackburn *et al.*, 2011; Kumschick *et al.*, 2012). Es conocido que las plantas invasoras pueden modificar el funcionamiento, composición, estructura y biodiversidad de comunidades y ecosistemas como consecuencia del incremento de: 1) tasas de asimilación de carbono en el sistema (Le Maitre *et al.*, 1996); 2) modificación del microclima (Baruch, 1996; Williams y Baruch, 2000); 3) alteración del ciclo de nutrientes (Vitousek, 1990); 4) incremento en la intensidad del fuego (Anable *et al.*, 1992; D'Antonio y Vitousek, 1992; Williams y Baruch, 2000); 5) modificación de la supervivencia de las especies nativas (Vitousek, 1990); y 6) alteración en la composición de especies (Pimm *et al.*, 1995; Meyer y Florence, 1996; Yurkonis *et al.*, 2005; Henderson *et al.*, 2006).

Algunos de los atributos asociados a las EEI como agentes de cambio se asocian a la adquisición y distribución de los recursos que determina la interacción entre especies vegetales (Wilsey y Polley, 2006) y alteran funciones ecosistémicas (Vitousek, 1990). Por ejemplo, las EEI tienen mayores tasa de crecimiento (Vila y Weiner, 2004; Ramula *et al.*, 2008), mayor biomasa y productividad primaria y alteran las tasa de fijación de nitrógeno que las especies nativas (Ehrenfeld, 2003). Esto lleva a una acumulación de biomasa aérea que tiende a incrementar el flujo de energía en las capas superiores del ecosistema (Wilsey y Polley, 2006). Dentro de las afectaciones al suelo se puede ver una alteración de la composición que provoca una alteración los procesos de sedimentación o contribuyendo a la erosión de dunas provocado por la incorporación de *Cassuarina equisetifolia* (Cronk y Fuller, 1995).

Vilà *et al.* (2011) encuentran que las especies exóticas invasoras incrementan la actividad microbiana, incrementan la cantidad de nitrógeno disponible, las reservas de nitrógeno, fósforo y carbono en el suelo. El carbono disponible es usado por las plantas en diferentes funciones: crecimiento del tallo, la raíz, incremento del número de flores, mayor producción de frutos, tamaño del fruto o el número y tamaño de los frutos. Ramírez (2016) en una revisión hace mención que las plantas invasoras utilizan el carbono para crecer más y a una mayor velocidad, y no muestran una mayor inversión en reproducción o en biomasa total, Ehrenfeld (2003) afirma que el carbono del suelo (C) y las reservas de nutrientes son modificadas a menudo por la invasiones de plantas. Esto implica que las especies exóticas invasoras en general alteran componentes ecosistémicos que a su

vez llevan a la modificación de las comunidades asociadas a ese ecosistema en particular. Especies como *Mesembrythemum crystallinum* tiene la capacidad de acumular sales del suelo, las cuales al morir son incorporadas provocando una salinización limitando el crecimiento de vegetación nativa (Kloot, 1983; Cronk y Fuller, 1995). Uno de los componentes de la evaluaciones de riesgo incluye preguntas asociadas a si las especies son fijadoras de nitrógeno (Anexo) ya que este recursos modifican los ecosistemas de manera significativa. Determinar si una especie afecta los componentes del ecosistema es fundamental ya que un efecto negativo en el ecosistema y las interacciones que se encuentran en este, la clasificaría dentro de una especie invasora con mayor riesgo si cambia elementos del ecosistema (Blackburn *et al.*, 2011).

2.3. Objetivos

- Determinar los posibles cambios en un periodo anual en las características físico-químicas del suelo con presencia de *A. fistulosus* en Cadereyta de Montes, Qro.

2.4. Área de estudio

El estudio se realizó en las periferias del poblado de San Javier perteneciente al municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro; está zona es conocida como el Semidesierto Queretano-Hidalguense, que a su vez es una porción disyunta del Desierto Chihuahuense. El clima predominante de la región es BS1kw semiseco-templado con lluvias en verano (García, 1988), con una precipitación media anual entre 400-450 mm y un rango de temperatura media anual de 16.7° C y una máxima promedio de 38° C, encontrándose a una mediana altura de 2060 m.s.n.m. (INEGI, 2000) (Figura 2.1). La mayor parte de la vegetación presenta diversas variantes del matorral xerófilo, como lo son el micrófilo, rosetófilo y crasicale, los cuales están distribuidos en los lomeríos y piedemontes (Zamudio *et al.*, 1992).

El sitio de trabajo se localiza geográficamente en las coordenadas -99.714774°W y 23.737904°N, dentro de la vegetación presente se encuentran cactáceas como *Coryphantha octacantha* (DC.) Britton & Rose, *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F. M. Knuth, *Echinocereus cinerascens* (DC.) Lem, *Ferocactus histrix* (DC.) G.E. Linds, *Mammillaria magnimamma* Haw, *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff), *Opuntia cantabrigensis* Lynch, *Opuntia robusta* H.L. Wendl. ex Pfeiff, *Opuntia streptacantha* Lem y *Peniocereus serpentinus* (Lag & Rodr.); así como dos especies de *Echeveria* y una de *Agave*. Aparte del grupo de cactáceas se encuentran especies exóticas invasoras como *Aloe vera* (L.) Burm. f., *Asphodelus fistulosus* L., *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Brown, *Melinis*

repens (Willd.) C. E. Hubb., *Nicotiana glauca* Graham, *Reseda luteola* L. y *Schinus molle* L.

2.5. Método

Durante el periodo de septiembre 2015 a agosto 2016 en conjunto con la demografía y fenología de *A. fistulosus* se tomaron muestras de 1-1.5 Kg. de suelo a una profundidad de 0-20 cm, las cuales fueron almacenadas en bolsas de plástico y etiquetadas para su posterior análisis, el suelo se colecto en donde se ubico la población; mientras que en los meses de abril (C16-A) y octubre de 2016 (C16-O) y se tomó una muestra de suelo de cada uno de los cuadrantes en donde se realizaron los censos, las muestras tomadas de campo se analizaron por duplicado en el laboratorio de “Edafología y Absorción Atómica” de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

Es importante mencionar que a finales del mes de marzo del 2016 el sitio de estudio se vio afectado por un incendio forestal, el cual tuvo ligeras afectaciones sobre algunos cuadrantes estudiados.

De acuerdo a SEMARNAT (2012), se realizaron las pruebas físico-químicas; tales como, color de suelo densidad aparente, densidad real, textura, materia orgánica, reacción del suelo (pH), Capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) intercambiables y sodio (Na^+) y potasio (K^+) intercambiables.

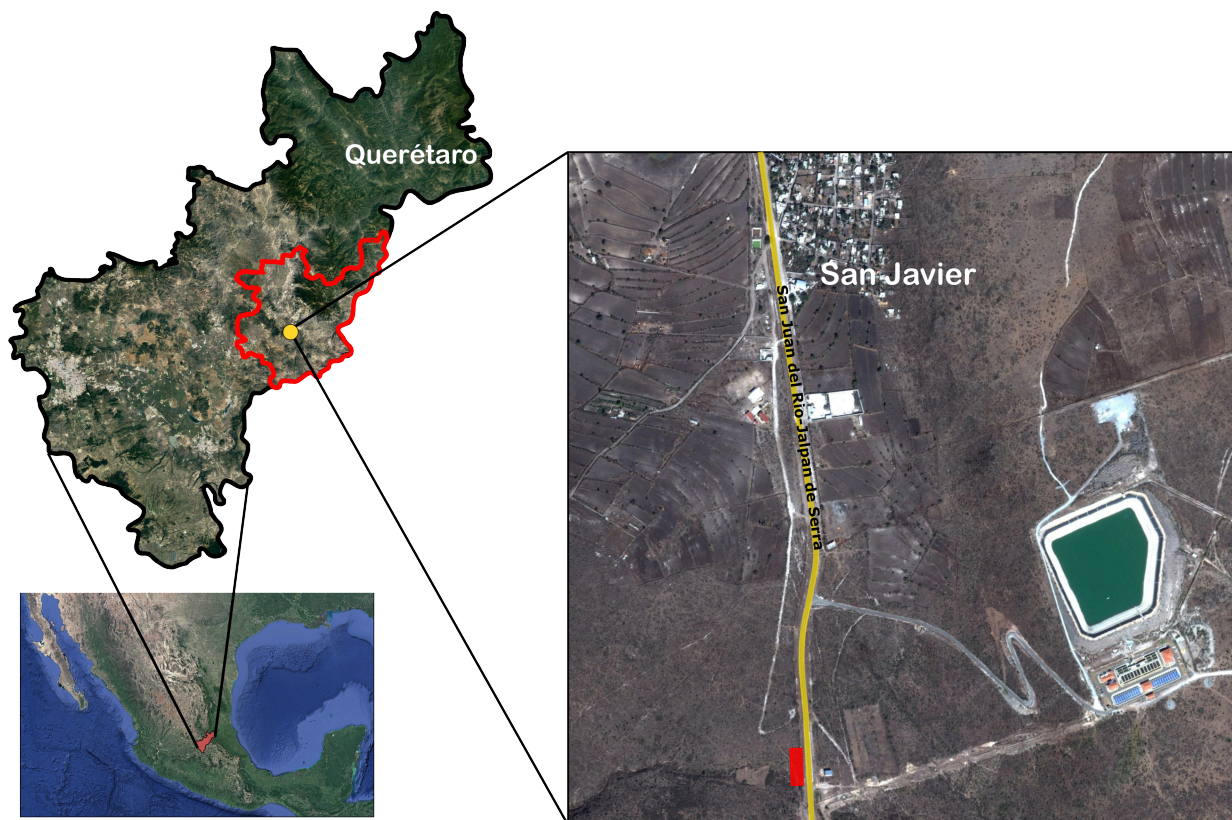


Figura 2.1: Área de estudio de *A. fistulosus* en el municipio de Cadereyta de Montes, Qro. El punto rojo en la imagen derecha muestra la zona de trabajo.

2.6. Resultados

Se realizaron las determinaciones físicas y químicas que comprende el periodo septiembre-2015 a agosto-2016 y de los 10 cuadrantes en los meses de abril y octubre, de los cuales los resultados de cada prueba se muestran a continuación.

Propiedades físicas del suelo

2.6.1. Color del suelo

Es una cantidad determinada por la cantidad y estado del hierro o la materia orgánica (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013), el color esta influenciado por la presencia de plantas, actividad microbiana, drenaje, aireación y el manejo que suele darse por la actividad humana (Muñoz-Iniestra *et al.*,

2013). De tal forma que esta propiedad es un indicador de las condiciones y fuerzas que operan durante la formación del suelo, así mismo ayuda a predecir la calidad, fertilidad y productividad del suelo (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013).

De acuerdo a los valores obtenidos en el color del suelo, se observa que los valores obtenidos en los meses como en los cuadrantes, muestran colores pardos en su mayoría lo cual nos indica la presencia de poca materia orgánica, así como una disminución en la humificación del suelo el lugar. Durante el periodo anual lo meses de enero, junio, julio y agosto (2016) el color en seco fue gris parduzco claro y colores pardo o gris para el resto de los meses; para color húmedo predominaron los pardo grisáceo muy oscuro y pardo grisáceo oscuro; los colores en seco gris parduzco claro y colores pardo o gris colores, y color húmedo pardo grisáceo muy oscuro y pardo grisáceo oscuro corresponden del mismo modo para los cuadrantes de abril y octubre (Tabla 2.1 y 2.2).

pardo grisáceo muy oscuro y pardo grisáceo oscuro

Cuadro 2.1: Color del suelo de las muestras de septiembre 2015 a agosto 2016

Mes	Clave seco	Nombre seco	Clave húmedo	Nombre húmedo
Sep-15	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
Oct-15	10 YR 6/3	Pardo pálido	10 YR 4/3	Pardo
Nov-15	10 YR 5/3	Pardo	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
Dic-15	10 YR 6/3	Pardo pálido	10 YR 4/3	Pardo
Ene-16	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
Feb-16	10 YR 6/1	Gris	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
Mar-16	10 YR 6/1	Gris	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
Abr-16	10 YR 6/1	Gris	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
May-16	10 YR 7/1	Gris claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
Jun-16	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
Jul-16	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
Ago-16	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro

Cuadro 2.2: Color del suelo de las muestras de cada uno de los cuadrantes en los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.

Cuadrante	Clave seco	Nombre seco	Clave húmedo	Nombre húmedo
C16-A	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C17-A	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
C18-A	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C19-A	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
C20-A	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 5/2	Parduzco
C21-A	10 YR 7/2	Gris claro	10 YR 5/2	Parduzco
C22-A	10 YR 4/1	Gris oscuro	10 YR 1/1	Gris muy oscuro
C23-A	10 YR 7/2	Gris claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C24-A	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 5/2	Parduzco
C25-A	10 YR 7/2	Gris claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C16-O	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
C17-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C18-O	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro	10 YR 3/1	Gris muy oscuro
C19-O	10 YR 5/2	Pardo grisáceo	10 YR 3/1	Gris muy oscuro
C20-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C21-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro
C22-O	10 YR 3/2	Pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/1	Negro
C23-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C24-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro
C25-O	10 YR 6/2	Gris parduzco claro	10 YR 4/2	Pardo grisáceo oscuro

2.6.2. Textura

Es la propiedad física que refiere a las diferentes proporciones en las que pueden estar presentes arenas (2-0.050 mm), limos (0.050-0.002) y arcillas (< 0.002mm), esta propiedad tiene influencia en el funcionamiento del suelo y dependen de ella el abastecimiento de nutrientes y el flujo de agua y aire (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013). Los resultados mensuales y por cuadrante obtenidos en textura indican que son suelos franco arenosos y franco arcillosos (Tabla 2.3). Al presentarse la clase textural franco arenosa nos indica que la remoción de las plantas manualmente es menos laboriosa por la composición de suelo. Respecto a la abundancia de plantas de *A. fistulosus* por cuadrante, en el 22 (franco arcilloso) se presentó la mayor cantidad de individuos debido a que este suelo no se anega y difícilmente tiende a compactarse, esto favoreció que se presentase la mayor cantidad de plantas juveniles y es donde hubo un mayor reclutamiento comparada con los otros cuadrantes; para el número 18 (franco arenoso) la composición del suelo presentó una estructura

de estadios de las plantas homogénea favorecida por el drenaje y aireación del suelo y dado las características fue el cuadrante con más individuos reproductivos reportados.

2.6.3. Densidad aparente

La densidad aparente o de masa indica la relación entre el peso del suelo y el volumen que ocupa (g/cm^3), es decir, el espacio ocupado por los sólidos y el espacio de los poros en conjunto (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013). De acuerdo a los resultados obtenidos durante el periodo de los meses septiembre 2015- agosto 2016 los resultados (Tabla 2.4) muestran un valor máximo de 1.21 (febrero 2016) y el mínimo 0.98 (junio 2016), al catalogar las muestras mensuales nos indica que pertenece a un suelo arenoso (valor 1.0-1.2 g/cm^3), de igual manera al ser categorizadas por su densidad nos muestra un valor medio (Valor 1.0-1.25 g/cm^3). Para el mes de abril donde se colectó por cuadrante la mayor densidad se presentó en el cuadrante 18 y la menor en el cuadrante 25, mientras que para el mes de octubre la mayor fué en el cuadrante 14 y la menor en el 16 (tabla 2.4). Estos resultados muestran que en el sitio donde se establece *A. fistulosus* es un suelo medianamente denso que tiene capacidad media para el almacenamiento de agua y gases. Duran te el periodo anual se observa una ligera disminución del valor de D_a indicando una recuperación del suelo ya que indica una mayor estabilidad y menor compactación; respecto a los cuadrantes estudiados la densidad muestra valores medios y bajos, en específico para el cuadrante 22 (valor bajo) favorece el desarrollo de plantas y que estas puedan establecerse por la abundancia de raíces que pueden generar, esto es mas evidente para el cuadrante 16 en el cual se presento la mayor cantidad de individuos adultos reproductivos.

Cuadro 2.3: Clasificación de la Textura del suelo mensuales y de los cuadrantes.

Mes	Partículas del suelo (%)			Tipo textural	Cuadrante	Partículas del suelo (%)			Tipo textural
	arenas	arcillas	limos			arenas	arcillas	limos	
Sep-15	45	23	32	Franca	C16-A	37	27	36	Franca
Oct-15	47	23	30	Franca	C17-A	41	35	24	Franco arcillosa
Nov-15	59	16	25	Franco arenosa	C18-A	54	15	31	Franco arcillosa
Dic-15	49	21	30	Franca	C19-A	68	13	19	Franco arenosa
Ene-16	55	17	28	Franco arenosa	C20-A	57	15	28	Franco arenosa
Feb-16	65	15	20	Franco arenosa	C21-A	56	17	27	Franco arenosa
Mar-16	70	13	17	Franco arenosa	C22-A	43	31	26	Franco arcillosa
Abr-16	69	13	18	Franco arenosa	C23-A	68	13	19	Franco arenosa
May-16	65	17	18	Franco arenosa	C24-A	51	23	26	Franco arcillo arenosa
Jun-16	65	17	18	Franco arenosa	C25-A	51	13	36	Franca
Jul-16	55	21	24	Franco arcillo arenosa	C16-O	30	36	34	Franco arcillosa
Ago-16	59	17	24	Franco arenosa	C17-O	36	38	26	Franco arcillosa
					C18-O	49	31	20	Franco arcillo arenosa
					C19-O	54	18	28	Franco arenosa
					C20-O	52	16	32	Franco arenosa
					C21-O	46	21	33	Franca
					C22-O	42	28	30	Franco arcillosa
					C23-O	68	8	24	Franco arenosa
					C24-O	58	14	28	Franco arenosa
					C25-O	54	23	23	Franco arcillo arenosa

Cuadro 2.4: Valores obtenidos de Densidad aparente de septiembre 2015 a agosto 2016 y los cuadrantes de los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.

Mes	Da(g/cm ³)	Cuadrante	Da(g/cm ³)
sep-15	1.16	C16-A	0.98
oct-15	1.16	C17-A	1.11
nov-15	1.06	C18-A	1.13
dic-15	1.14	C19-A	1.09
ene-16	1.14	C20-A	1.08
feb-16	1.21	C21-A	1.01
mar-16	1.14	C22-A	0.96
abr-16	1.10	C23-A	0.97
may-16	1.02	C24-A	1.11
jun-16	0.98	C25-A	0.89
jul-16	1.07	C16-O	0.87
ago-16	1.06	C17-O	0.96
		C18-O	1.02
		C19-O	0.99
		C20-O	0.97
		C21-O	0.99
		C22-O	0.96
		C23-O	1.13
		C24-O	1.14
		C25-O	1.07

2.6.4. Densidad real

La densidad real indica la relación entre la masa de las partículas sólidas del suelo y el volumen que estas ocupan, únicamente toma en cuenta el peso y volumen de las partículas sólidas; busca cuantificar la proporción que existe entre el componente mineral y orgánico del suelo. Los resultados de la densidad real durante el periodo anual se encuentran inferiores al promedio (2.65 g/cm³) con valores de 2.18 a 2.28 g/cm³ en los meses de enero y noviembre respectivamente y son categorizados como una densidad real baja. Para el mes de abril la mayor densidad se observó en el cuadrante 19 y la menor en el 22, mientras que para el mes de octubre el cuadrante 25 obtuvo la mayor mientras que el 24 el menor valor (Tabla 2.5). Tanto para los muestra mensuales y de los cuadrantes se presentan valores bajos de Dr (<2.65 g/cm³) lo que sugiere que el suelo posee un mayor contenido de yeso

Cuadro 2.5: Densidad real de las muestras de cada uno de los cuadrantes en los meses de abril (A) y octubre (O) 2016.

Mes	Dr (g/cm ³)	Cuadrante	Dr (g/cm ³)
sep-15	2.25	C16-A	2.15
oct-15	2.27	C17-A	2.23
nov-15	2.28	C18-A	2.30
dic-15	2.19	C19-A	2.38
ene-16	2.18	C20-A	2.36
feb-16	2.24	C21-A	2.23
mar-16	2.24	C22-A	2.07
abr-16	2.34	C23-A	2.27
may-16	2.32	C24-A	2.35
jun-16	2.24	C25-A	2.22
jul-16	2.25	C16-O	1.92
ago-16	2.05	C17-O	2.16
		C18-O	2.11
		C19-O	2.04
		C20-O	2.03
		C21-O	2.06
		C22-O	2.07
		C23-O	2.16
		C24-O	1.76
		C25-O	2.26

2.6.5. Porosidad

Es el volumen ocupado por el espacio poroso con relación al volumen total del suelo, es obtenida por los valores de densidad real y densidad aparente (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013). Los valores de porosidad obtenidos del periodo anual muestra un porcentaje de porosidad media (36-55 %) con excepción del meses de mayo y junio. Para las muestras por cuadrante en abril los cuadrantes 23 y 25, y en octubre el numero 17 mostraron una porosidad alta, las demás muestras de los cuadrantes presentan una porosidad media (Tabla 2.6). AL presentarse valores de porosidad media y alta nos muestra la proporción de macroporos y microporos presentes y lo podemos interpretar en el sentido que existe un buen drenaje y aireación del suelo lo que favorece la formación de raíces y si se toma en cuenta que la especie genera una gran cantidad de semillas estas se van a ver favorecidas al momento de germinar y de una manera siguiente seguir colonizando nuevos lugares por la especie.

Cuadro 2.6: Porosidad calculada para las muestras anuales de septiembre 2015 a agosto 2016 y las muestras de los cuadrantes de abril y octubre.

Mes	% Porosidad	Categoría	Cuadrante	% Porosidad	Categoría
Sep-15	48.52	Media	C16-A	54.38	Media
Oct-15	48.78	Media	C17-A	50.14	Media
Nov-15	53.42	Media	C18-A	51.00	Media
Dic-15	47.82	Media	C19-A	54.24	Media
Ene-16	47.53	Media	C20-A	54.42	Media
Feb-16	46.08	Media	C21-A	54.88	Media
Mar-16	48.99	Media	C22-A	53.66	Media
Abr-16	52.88	Media	C23-A	57.43	Alta
May-16	55.96	Alta	C24-A	52.84	Media
Jun-16	56.18	Alta	C25-A	59.77	Alta
Jul-16	52.69	Media	C16-O	54.93	Media
Ago-16	48.19	Media	C17-O	55.52	Alta
			C18-O	51.34	Media
			C19-O	51.37	Media
			C20-O	52.16	Media
			C21-O	51.84	Media
			C22-O	53.76	Media
			C23-O	47.66	Media
			C24-O	35.30	Media
			C25-O	52.68	Media

Propiedades químicas del suelo

2.6.6. Materia orgánica

La materia orgánica es considerado un indicador de la fertilidad del suelo, además, indica la capacidad relativa para retener nutrientes contra pérdidas por lixiviación y es un atributo crucial al aportar macronutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, sodio, potasio y magnesio, además de micronutrientes como hierro, zinc, cobre, boro, cobalto y manganeso. Los resultados obtenidos para las muestras de cada uno de los meses muestran porcentajes de M.O. media (1.81 % - 3.50 %) con excepción de los meses de septiembre en el que se obtuvo el valor más bajo (1.65 %) y el mes del abril que presenta un valor alto (> 4.5 %) que tuvo incidencia por el incendio en la zona aumentando la disposición de M.O. en el suelo. De los diez cuadrantes en el mes de abril los resultados muestran valores altos en la mayoría de los cuadrantes (3.51 % - 6%), el cuadrante 25

muestra un valor muy alto (9.15 %), mientras que el 23 presento un valor medio (3.23 %). En los cuadrantes del mes de octubre los valores obtenidos son muy altos (> 6.1 %) con valores entre 8.12 % y 10.23 %, solo el cuadrante 22 presenta un valor alto de 4.61 % (Tabla 2.7). Si se analiza por periodos abril (A) los valores muy altos corresponden en el caso del C-22 donde hubo una mayor proximidad del incendio que se presento un mes previo en la zona y que afecto al cuadrante acumulando M.O., mientras que los C-16 y C-17 fueron en donde hubo una acumulación de M.O. de este incendio favorecida por la lluvia y la ubicación de estos. Mientras que en los cuadrantes de octubre estos valores altos se deben a la acumulación de M.O. provocada por las lluvias a la parte inferior de la ladera donde se establecieron estos cuadrantes.

Cuadro 2.7: Valores de materia orgánica obtenidos de sitios con *A. fistulosus* mensualmente por 12 meses y los veinte cuadrantes. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013) .

Mes	Materia orgánica (%)	Clasificación	Cuadrante	Materia orgánica (%)	Clasificación
Sep-15	1.66	Bajo	C16-A	5.20	Alto
Oct-15	3.10	Mediano	C17-A	4.37	Alto
Nov-15	2.65	Mediano	C18-A	3.86	Alto
Dic-15	1.99	Mediano	C19-A	4.68	Alto
Ene-16	2.54	Mediano	C20-A	4.26	Alto
Feb-16	2.49	Mediano	C21-A	4.99	Alto
Mar-16	3.43	Mediano	C22-A	9.16	Muy alto
Abr-16	4.57	Alto	C23-A	3.33	Mediano
May-16	2.81	Mediano	C24-A	3.53	Alto
Jun-16	3.01	Mediano	C25-A	5.72	Alto
Jul-16	3.12	Mediano	C16-O	8.66	Muy alto
Ago-16	2.70	Mediano	C17-O	9.20	Muy alto
			C18-O	8.12	Muy alto
			C19-O	8.21	Muy alto
			C20-O	8.93	Muy alto
			C21-O	8.12	Muy alto
			C22-O	4.61	Alto
			C23-O	9.91	Muy alto
			C24-O	10.27	Muy alto
			C25-O	9.38	Muy alto

2.6.7. Carbono orgánico

Durante el periodo anual de análisis que se obtuvieron fueron valores medios (1.06% - 2.30%), en el mes de septiembre se obtuvo el valor mas bajo el cual fue de 0.96% (bajo) y en abril un valor alto de 2.65% (alto). En los cuadrantes de abril los porcentajes de carbono orgánico obtuvieron valores altos de 2.35% a 5.30%, mientras que para el mes de octubre los valores fueron > 3.5% que son considerados muy altos, con excepción del cuadrante 22 el cual obtuvo un valor de 2.77% que lo cataloga como alto (Tabla 2.8).

Cuadro 2.8: Valores de carbono orgánico obtenidos de el sitio con *A. fistulosus* mensualmente por un periodo de 12 meses y los veinte cuadrantes.

Mes	Carbono orgánico	Clasificación	Cuadrante	Carbono orgánico	Clasificación
Sep-15	0.96	Bajo	C16-A	3.01	Alto
Oct-15	1.80	Mediano	C17-A	2.53	Alto
Nov-15	1.54	Mediano	C18-A	2.23	Mediano
Dic-15	1.15	Mediano	C19-A	2.35	Alto
Ene-16	1.48	Mediano	C20-A	2.47	Alto
Feb-16	2.29	Mediano	C21-A	2.89	Alto
Mar-16	1.99	Mediano	C22-A	5.30	Muy alto
Abr-16	2.65	Alto	C23-A	1.93	Mediano
May-16	1.63	Mediano	C24-A	2.05	Mediano
Jun-16	1.75	Mediano	C25-A	3.32	Alto
Jul-16	1.81	Mediano	C16-O	5.02	Muy alto
Ago-16	1.57	Mediano	C17-O	5.33	Muy alto
			C18-O	4.71	Muy alto
			C19-O	4.76	Muy alto
			C20-O	5.18	Muy alto
			C21-O	4.50	Muy alto
			C22-O	2.68	Alto
			C23-O	5.75	Muy alto
			C24-O	5.96	Muy alto
			C25-O	5.44	Muy alto

2.6.8. Nitrógeno

El nitrógeno presente en el suelo suele estar en manera escasa debido a los ciclo biogeoquímicos, el contenido presente en los suelos varia entre 0.05 a 0.2%.

El resultado de N para el ciclo anual de análisis oscilo de 0.08 % a 1.71 %, con excepción del mes de abril el cual presento un valor de 0.23 % que supera los valores medios de este elemento.

Del análisis de los diez cuadrantes de abril, en tres se obtuvieron valores de 0.17 % a 0.19 %, en los siete restantes el valor fue $> 0.2\%$ sobresaliendo el numero 22 que presenta un 0.46 % de N. Para el mes de octubre en los diez cuadrantes el valor de N en el cuadrante 22 es de 0.23 % siendo el porcentaje mas bajo de los diez, ya que en los nueve restantes el valor es $> 0.4\%$, el cuadrante 24 tiene 0.51 % y es el que presenta el valor muy elevado respecto a los demás (Tabla 2.9), e incluso duplica los valores medios que reporta la literatura. Los valores medios y ricos que se reportan indica que las plantas de *A. fistulosus* tienen condiciones del nutriente que permiten el crecimiento adecuado, si se observa en los cuadrantes C-16, C-22 y C-25 (A) en ellos se presentan los individuos mas grandes y reproductivos de los cuadrantes.

2.6.9. Relación Carbono/Nitrógeno

La relación C/N nos indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica en nitrógeno mineral. Se considera que una relación C/N entre 10 y 12 produce una adecuada liberación de N y M.O. en el ambiente(Tabla 2.10). De acuerdo a los valores obtenidos para los cuadrantes se ve una adecuada liberación de estos dos nutrientes, lo mismo sucede con el ciclo anual con excepción del mes de abril en el que se documento un incendio que favoreció la acumulación de M.O. en el suelo.

Cuadro 2.9: Valores de N obtenidos para los meses y los cuadrantes de las dos temporadas. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013).

Muestra	N (%)	Categoría	Cuadrante	N (%)	Categoría
Sep-15	0.08	Medianamente pobre	C16-A	0.26	Rico
Oct-15	0.15	Medianamente rico	C17-A	0.22	Medianamente rico
Nov-15	0.13	Medianamente rico	C18-A	0.19	Medianamente rico
Dic-15	0.10	Medio	C19-A	0.23	Medianamente rico
Ene-16	0.13	Medianamente rico	C20-A	0.21	Medianamente rico
Feb-16	0.12	Medianamente rico	C21-A	0.25	Medianamente rico
Mar-16	0.17	Medianamente rico	C22-A	0.46	Rico
Abr-16	0.23	Medianamente rico	C23-A	0.17	Medianamente rico
May-16	0.14	Medianamente rico	C24-A	0.18	Medianamente rico
Jun-16	0.15	Medianamente rico	C25-A	0.29	Rico
Jul-16	0.16	Medianamente rico	C16-O	0.43	Rico
Ago-16	0.14	Medianamente rico	C17-O	0.46	Rico
			C18-O	0.41	Rico
			C19-O	0.41	Rico
			C20-O	0.45	Rico
			C21-O	0.41	Rico
			C22-O	0.23	Medianamente rico
			C23-O	0.50	Rico
			C24-O	0.51	Rico
			C25-O	0.47	Rico

Cuadro 2.10: Valores de la relación C/N obtenidos para los meses y los cuadrantes de las dos temporadas.

Mes	Relación C/N	Cuadrante	Relación C/N
sep-15	11.60	C16-A	11.60
oct-15	11.60	C17-A	11.60
nov-15	11.60	C18-A	11.60
dic-15	11.60	C19-A	10.05
ene-16	11.60	C20-A	11.60
feb-16	18.37	C21-A	11.60
mar-16	11.60	C22-A	11.60
abr-16	11.60	C23-A	11.60
may-16	11.60	C24-A	11.60
jun-16	11.60	C25-A	11.60
jul-16	11.60	C16-O	11.60
ago-16	11.60	C17-O	11.60
		C18-O	11.60
		C19-O	11.60
		C20-O	11.60
		C21-O	11.09
		C22-O	11.60
		C23-O	11.60
		C24-O	11.60
		C25-O	11.60

2.6.10. pH

Es una prueba química que indica la acidez o alcalinidad que tiene el suelo, asociado a los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Muñoz-Iniestra *et al.*, 2013). Los valores obtenidos de esta prueba para los meses de análisis nos indican un pH neutro en su mayoría, en los meses de marzo, julio y agosto se presenta un pH medianamente alcalino. En los análisis de pH de los cuadrantes de abril y octubre el suelo se cataloga como neutro, con excepción de los cuadrantes 21 y 23 que para ambos meses el suelo es medianamente alcalino (Tabla 2.11). El aumento en los valores de pH (incremento en la basicidad) nos indican una acumulación o saturación de bases o cationes básicos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ .

Cuadro 2.11: Valores de pH mensualmente y por cuadrante.

Muestra	pH	Categoría	Muestra	pH	Categoría
sep-15	6.84	Neutro	C16-A	7.06	Neutro
oct-15	6.86	Neutro	C17-A	7.13	Neutro
nov-15	6.78	Neutro	C18-A	6.78	Neutro
dic-15	6.84	Neutro	C19-A	7.31	Neutro
ene-16	6.80	Neutro	C20-A	7.04	Neutro
feb-16	7.10	Neutro	C21-A	7.38	Medianamente alcalino
mar-16	7.39	Medianamente alcalino	C22-A	7.31	Neutro
abr-16	7.20	Neutro	C23-A	7.36	Medianamente alcalino
may-16	7.15	Neutro	C24-A	7.05	Neutro
jun-16	7.00	Neutro	C25-A	7.21	Neutro
jul-16	7.36	Medianamente alcalino	C16-O	7.19	Neutro
ago-16	7.44	Medianamente alcalino	C17-O	7.14	Neutro
			C18-O	7.30	Neutro
			C19-O	7.16	Neutro
			C20-O	7.21	Neutro
			C21-O	7.40	Medianamente alcalino
			C22-O	7.14	Neutro
			C23-O	7.31	Medianamente alcalino
			C24-O	7.27	Neutro
			C25-O	7.23	Neutro

2.6.11. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Es la suma de los cationes intercambiables adsorbidos, los resultados obtenidos en el periodo agosto-marzo muestran una capacidad de intercambio media con la calores de 20 a 22 ($\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$), lo que nos indica una saturación parcial de bases como calcio, magnesio, sodio y potasio. En los análisis de las muestras de septiembre (2015) a agosto (2016), en el periodo septiembre-enero se obtuvieron valores medios (20.41-22.02) y de febrero-agosto los valores obtenidos fueron bajos (13.30-19.27). Para los cuadrantes del mes de abril los resultados de los valores se encontraron entre 13.76-18.80 siendo catalogado como bajo, mientras que en el mes de octubre los valores oscilaron de 17.43-25 (Tabla 2.12). De acuerdo a los valores de CIC obtenidos mensualmente y de cuadrantes se muestran valores medios o bajos estos. Para los análisis mensuales se observa disminución, es decir, la disminución de la M.O., disminución de retener nutrientes y conllevando a la disminución de la fertilidad.

Por lo general, los suelos con alta CIC, son aquellos con altos contenidos de arcilla y/o materia

orgánica. La alta CIC les brinda mayor capacidad para retener nutrientes, eso normalmente los hace más fértiles

Cuadro 2.12: Valores de Capacidad de Intercambio Catiónico mensualmente y por cuadrante. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013).

Mes	CIC (cmol(+) Kg ⁻¹)	Valor Medio	Cuadrante	CIC (cmol(+) Kg ⁻¹)	Valor Medio
Sep-15	20.41	Medio	C16-A	18.35	Bajo
Oct-15	20.64	Medio	C17-A	18.58	Bajo
Nov-15	21.56	Medio	C18-A	18.81	Bajo
Dic-15	22.02	Medio	C19-A	17.20	Bajo
Ene-16	21.79	Medio	C20-A	13.76	Bajo
Feb-16	19.27	Bajo	C21-A	16.74	Bajo
Mar-16	13.30	Bajo	C22-A	18.35	Bajo
Abr-16	16.74	Bajo	C23-A	17.20	Bajo
May-16	18.12	Bajo	C24-A	16.74	Bajo
Jun-16	18.12	Bajo	C25-A	16.28	Bajo
Jul-16	19.27	Bajo	C16-O	24.31	Medio
Ago-16	17.20	Bajo	C17-O	21.56	Medio
			C18-O	22.25	Medio
			C19-O	19.95	Bajo
			C20-O	18.81	Bajo
			C21-O	20.87	Medio
			C22-O	25.00	Medio
			C23-O	22.71	Medio
			C24-O	19.04	Bajo
			C25-O	17.43	Bajo

2.6.12. Calcio (Ca²⁺) y Magnesio (Mg²⁺) intercambiables

Dentro de este análisis se estableció la relación Ca (elemento con alta capacidad de combinación en la naturaleza) y el magnesio (elemento que influye en la productividad de algunos suelos).

Los resultados para el Ca se expresó en un porcentaje de 41.28 % (medio) para el mes de septiembre, mientras que en los meses restantes este valor fue menor a 30 % catalogado como bajo ; del mismo modo el magnesio expresó porcentaje mayores a 40 % (muy alto) para las muestras del suelo del ciclo anual. El resultado del Ca para los cuadrantes del mes de abril osciló de 25.83 % a 83.88 %, para estos cuadrantes el Mg resultó ser > 40 % que lo clasifica como un % muy alto de este elemento presente en el suelo (Tabla 2.13). Para los cuadrantes de octubre el valor de Ca ob-

tenido fue 49.76 % a 83.88 % comprendiendo valores altos y muy altos; los resultados de Mg para estos cuadrantes fueron < 10 % siendo clasificado como bajo (Tabla 2.14). Como se observa en las tables existe una mayor concentración de Mg ²⁺ esto se interpreta de una manera positiva para las plantas ya que favorece el crecimiento y la producción de flores, lo que favorece la invasividad de esta especie.

Cuadro 2.13: Valores Ca y Mg intercambiables obtenidos mensualmente. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013).

Mes	Ca (meq/100 g)	Categoría	Mg (meq/100 g)	Categoría
Sep-15	41.28	Medio	46.33	Muy Alta
Oct-15	28.21	Baja	61.24	Muy Alta
Nov-15	24.31	Baja	59.40	Muy Alta
Dic-15	18.58	Baja	74.54	Muy Alta
Ene-16	20.64	Baja	77.29	Muy Alta
Feb-16	30.81	Baja	66.82	Muy Alta
Mar-16	12.56	Baja	45.97	Muy Alta
Abr-16	9.24	Baja	43.84	Muy Alta
May-16	30.33	Baja	61.61	Muy Alta
Jun-16	29.86	Baja	63.74	Muy Alta
Jul-16	25.59	Baja	59.24	Muy Alta
Ago-16	34.60	Baja	37.68	Muy Alta

Cuadro 2.14: Valores de Ca y Mg intercambiables obtenidos para los cuadrantes. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013).

Cuadrante	Ca (meq/100 g)	Categoría	Mg (meq/100 g)	Categoría
C16-A	62.09	Alto	48.58	Muy Alta
C17-A	56.64	Medio	51.42	Muy Alta
C18-A	29.62	Baja	59.24	Muy Alta
C19-A	25.83	Baja	50.00	Muy Alta
C20-A	51.90	Medio	50.71	Muy Alta
C21-A	62.09	Alto	42.42	Muy Alta
C22-A	44.55	Medio	53.32	Muy Alta
C23-A	44.08	Medio	53.32	Muy Alta
C24-A	37.44	Baja	58.29	Muy Alta
C25-A	83.89	Muy Alta	48.58	Muy Alta
C16-O	83.89	Muy Alta	9.95	Baja
C17-O	83.89	Muy Alta	5.69	Baja
C18-O	63.03	Alto	8.77	Baja
C19-O	49.76	Medio	6.40	Baja
C20-O	80.09	Alto	5.21	Baja
C21-O	74.64	Alto	5.45	Baja
C22-O	77.25	Alto	6.64	Baja
C23-O	66.59	Alto	7.82	Baja
C24-O	71.80	Alto	2.37	Baja
C25-O	77.25	Alto	4.03	Baja

2.6.13. Sodio (Na⁺) y potasio (K⁺) intercambiables

La concentración de sodio y potasio se mide por medio del espectrofotómetro de emisión, el potasio es un nutriente esencial para las plantas, caso opuesto el sodio si se presenta en grandes cantidades puede representar un problema ya que impide la absorción de humedad y nutrientes.

Los valores obtenidos para sodio corresponde a un porcentaje alto sobresaliendo el mes de noviembre con un valor del 29.61 %, mientras que los meses de mayo y junio se presentaron los valores más bajos de 1.98 %, para el magnesio los resultados obtenidos de octubre-diciembre son > 10% lo que indica un porcentaje alto, mientras que en los meses restantes el valor fue < 8%. El sodio en el mes de noviembre se obtuvo un porcentaje mayor a 20%. El resultado de Ca y Mg para los diez cuadrantes de ambos periodos fue > 7%, este valor es catalogado como bajo (Tabla 2.15). De estos resultados el sodio sobresale ya que al presentarse concentraciones elevadas puede repercutir en la solubilidad y disponibilidad de algunos micro nutrientes como el hierro, cobre, magnesio y zinc que influyen directamente en la nutrición de las plantas. Como se observa en las tablas el valor de

Na^+ es mayor que el de K^+ , una mayor cantidad de Na^+ pudiese interpretarse como la presencia de un suelo sódico, lo cual repercute sobre el crecimiento de las plantas y la estructura del suelo (textura), es específico una mayor cantidad de Na^+ promueve la separación de las partículas del suelo conllevando a bloquear los poros y evitando la infiltración del agua y la aireación.

Cuadro 2.15: Valores de Na y K obtenidos para los meses y cuadrantes estudiados. Criterios de valoración tomados de Muñoz-Iniestra *et al.* (2013).

Mes	Na (meq/100 g)	K (meq/100 g)	Cuadrante	Na (meq/100 g)	K (meq/100 g)
Sep-15	8.84	6.83	C16-A	3.61	3.60
Oct-15	19.51	17.69	C17-A	2.20	2.14
Nov-15	29.61	24.29	C18-A	3.51	3.31
Dic-15	14.39	12.03	C19-A	3.94	3.90
Ene-16	9.82	7.63	C20-A	2.53	2.43
Feb-16	3.18	2.06	C21-A	3.51	3.53
Mar-16	2.74	1.48	C22-A	6.34	6.02
Abr-16	3.07	2.80	C23-A	1.76	1.62
May-16	1.98	1.55	C24-A	2.31	1.55
Jun-16	4.92	4.63	C25-A	3.94	3.09
Jul-16	2.42	2.06	C16-O	2.53	3.72
Ago-16	1.98	1.70	C17-O	1.76	4.16
			C18-O	3.61	3.29
			C19-O	2.42	3.07
			C20-O	1.11	6.99
			C21-O	1.98	7.21
			C22-O	3.29	4.59
			C23-O	0.68	5.03
			C24-O	0.89	2.85
			C25-O	2.63	2.85

2.7. Discusión

Una de las características de las especies exóticas invasoras vegetales es su capacidad de colonizar una variedad de ambientes. Dentro de las evaluaciones de riesgo, el suelo es uno de los factores que se consideran importantes para definir riesgo. En el caso del sistema Australiano (Pheloung *et al.*, 1999) una pregunta se asocia a la posibilidad de crecer en suelos pobres, mientras que otros sistemas lo asocian a el tipo de suelos de las zonas en las que se evalúa el riesgo.

Los suelos analizados tuvieron una gran variación en sus características. La variación tiene

causas ambientales importantes en todos los atributos ya que encontramos variación a lo largo del año. Además de la variación mensual, encontramos que aún en sitios muy cercanos la variación de suelos es importante. Esto indica que hay una heterogeneidad del suelo en donde se encuentra *A. fistulosus* que puede ser consecuencia del disturbio asociado a los sitios estudiados. El consenso general es que además de que las invasoras son un componente de los sistemas degradados también contribuyen a un deterioro mayor (Jordan *et al.*, 2008).

Una de las características de las especies exóticas invasoras es su capacidad de tener efectos bióticos o abióticos. El meta-análisis hecho por (Vilà *et al.*, 2011) muestra que las especies exóticas invasoras modifican la actividad microbiana, el nitrógeno disponible, las reservas de nitrógeno, carbono y fósforo y disminuyen el pH del suelo. Las consecuencias de estos cambios por lo general son una disminución en la diversidad y adecuación de especies nativas y en muchos casos una mayor productividad. Aunque una mayor productividad puede pensarse como una ventaja, los ecosistemas de las zonas áridas son por lo general de suelos pobres. La generación de islas de fertilidad puede llevar a procesos más acelerados de cambios del suelo, y en zonas de pastizales puede incrementar el riesgo a la desertificación (Schlesinger y Pilmanis, 1998). Hay evidencia de los cambios en el suelo por parte de las EEI (Rodgers *et al.*, 2008; Vilà *et al.*, 2011) que llevarían como consecuencia, cambios en la comunidad asociada al ecosistema.

Dentro de las evaluaciones de riesgo existen preguntas enfocadas a las características del suelo o si la especie modifica al aportar o limitar un nutriente, por lo tanto el tener en cuenta aspectos del suelo en el que se establecen las invasiones de *A. fistulosus* nos brinda una mayor certeza al momento de evaluar y ponderar la invasividad.

En el Estado de Queensland se ha observado que las infestaciones de *A. fistulosus* disminuyen los niveles de nitrógeno del suelo (Queensland Government and University of Queensland, 2014), sin embargo, en el sitio de estudio en Cadereyta se observa que la especie esta aportando nitrógeno durante el periodo anual y siendo mas evidente en la comparación por cuadrantes en los dos periodos de tiempo (Figura 2.2), este punto de confiere a *A. fistulosus* atributos importantes o únicos que al ponderar en las evaluaciones de riesgo como la del sistema Australiano (Pheloung *et al.*, 1999) una pregunta se asocia a la posibilidad de crecer en suelos pobres y en la guía del Sur de Australia para el manejo de invasoras (Virtue, 2008) asocian la capacidad de limitar o aportar nitrógeno en dos secciones diferentes la invasividad y los impactos ocasionados al ambiente, de acuerdo al MERI de CONABIO (2015) aborda los cambios cambio de suelo de manera general mediante los impactos al ecosistema, por lo tanto esto le confiere a la especie características indeseables que al momento de ponderar aumenta los valores y por ende asigna un puntaje final mayor.

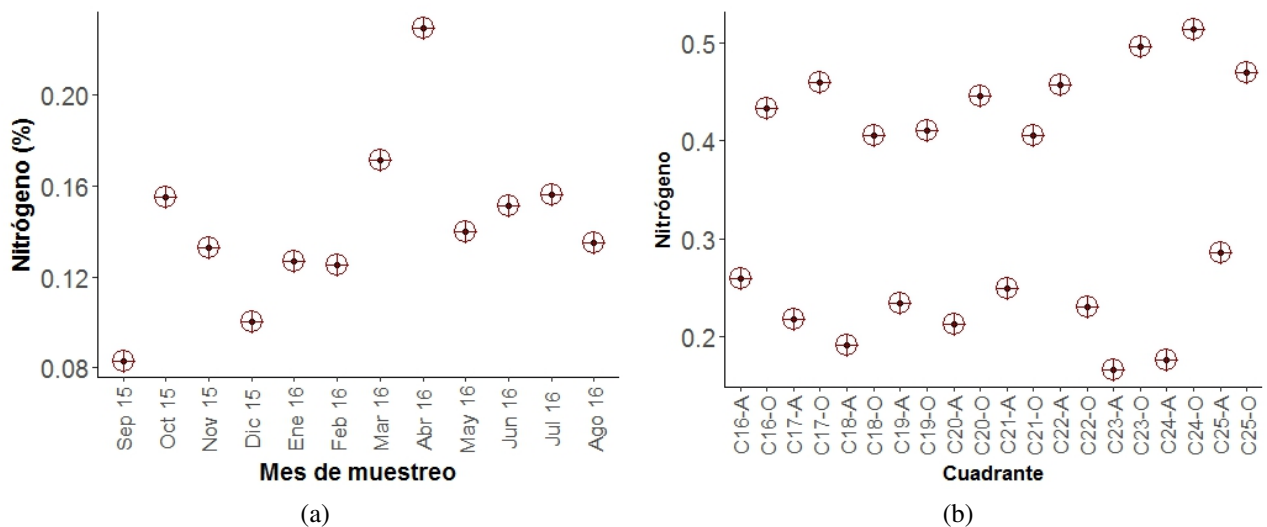


Figura 2.2: Valores de Nitrógeno (%) obtenidos para el ciclo anual (a) y las muestras de los cuadrantes (b) del sitio invadido por *A. fistulosus*

Dentro de los valores obtenidos de M.O. mensual se observaron valores medios, siendo el mes abril la excepción, como se menciona previamente el sitio se vio influenciado por un incendio forestal (Figura 2.3 a) y es en este mes en donde se observa una mayor concentración de M.O. respecto a los demás meses. Respecto a los valores obtenidos de cada cuadrante no se observa que el número de plantas tenga una incidencia sobre la M.O. ya que los valores tanto de abril (A) y octubre (O) no presentan grandes diferencias; lo que si se observa es que entre periodos es el cambio de valores altos a muy altos esto se asocia a que el sitio de estudio se encuentra en la parte baja de una ladera y al final de la temporada de lluvias hay un almacenamiento de M.O. de la parte superior a la inferior (Figura 2.3 b). Esta característica de estar presente en lugares con poca o mucha disponibilidad de M.O. es de importancia, ya que *A. fistulosus* suele presentarse en lugares con disturbio o zonas de agricultura que le brinda una amplia tolerancia a diferentes tipos de suelo, al ligarlo los datos de las pruebas de suelos de M.O. y la presencia en el país con la distribución potencial de la especie nos muestra la cobertura que pudiese abarcar *A. fistulosus* y los diferentes suelos que se presentan en esta área como lo sugiere la sección de distribución potencial en la guía del Sur de Australia para el manejo de invasoras (Virtue, 2008).

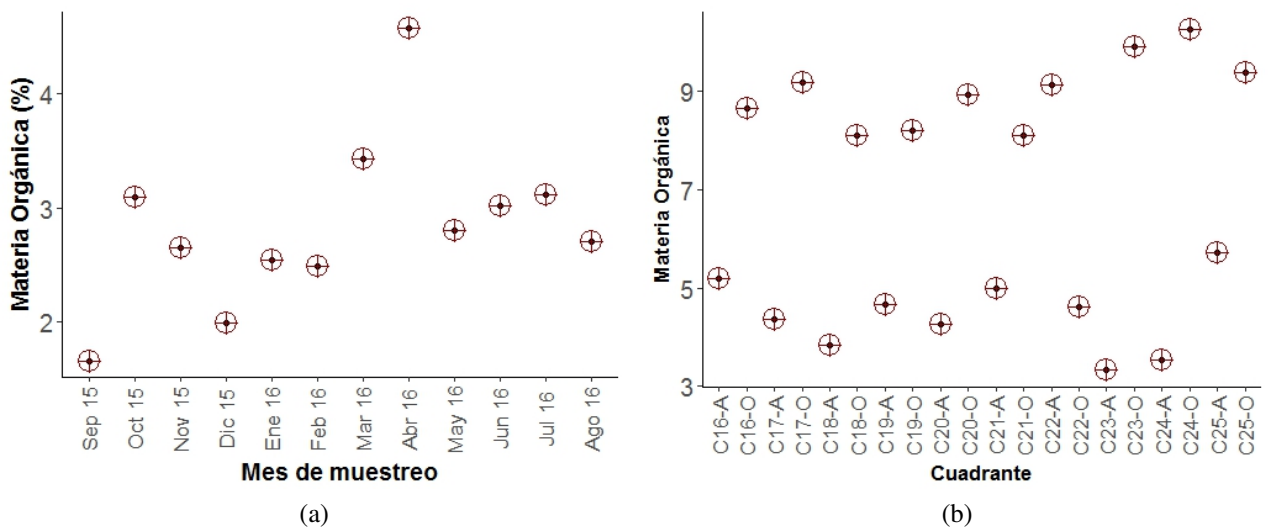


Figura 2.3: Valores de Materia Orgánica(%) obtenidos para el ciclo anual (a) y las muestras de los cuadrantes (b) del sitio invadido por *A. fistulosus*

2.8. Conclusiones

- La alta y media porosidad del sitio favorece el establecimiento de la especie ya que su estrategia de reproducción es la generación de un alto banco de semillas.
- La especie se ve favorecida por la mayor acumulación de Mg^{2+} que promueve el desarrollo de estructuras.
- Se observa un aporte de nitrógeno de *A. fistulosus* al sitio estudiado.

Distribución potencial, análisis costo-beneficio en la remoción y evaluación de riesgo para *Asphodelus fistulosus*

3.1. Resumen

Las evaluaciones de riesgo son de importancia ya que nos permite la toma de decisiones basadas en fundamentos científicos y tecnológicos, su papel en las invasiones biológicas recae en la anticipación, cuantificación de riesgo, priorización de acciones y sugerencias de manejo que se puede dar ante la presencia de una invasión. Con base en la información recabada en esta trabajo como la dinámica poblacional, germinación, visitantes florales, estudio de suelo, costo-beneficio de remoción manual y distribución se evaluó a *Asphodelus fistulosus* mediante tres evaluaciones de riesgo para ponderar el riesgo de invasividad de la especie para México. Las evaluaciones de riesgo en todos los casos sugieren que *A. fistulosus* es una especie que conlleva cierto riesgo. El sistema Australiano de malezas lo rechaza, el MERI de CONABIO le pone una calificación de riesgo medio y el tercer sistema de riesgo también la coloca dentro de una especies con riesgo medio sugiriendo un majo del sitio afectado. Estas evaluaciones nos ayudan a priorizar los riesgos y poder tomar decisiones respecto a como enfrentar estas problemáticas ecológicas.

3.2. Introducción

3.2.1. Costos de control

Actualmente la problemática de las especies invasoras concierne a nivel global debido a los procesos humanos enfocados al crecimiento económico, que incluye actividades comerciales, turismo, acuicultura, vías de comunicación que dan oportunidad a la introducción y el desplazamiento de especies de manera accidental o deliberada, siendo a nivel estatal o de país a país.

Blackburn *et al.* (2014) proponen un sistema de clasificación que describe los impactos ocasionados por una especie en diferentes niveles y distintos mecanismos, tales como, como la competencia, depredación, hibridación, transmisión de enfermedades, parasitismo entre otros, sugiriendo 5 niveles semi-cuantitativos; en estos niveles la categoría ML (mínima) es donde no existe o no hay efectos de las especies exóticas sobre las capacidades de las especies nativas, y en el rango máximo la categoría MA (masiva) en el cual hay una pérdida y extinción de especies provocados por las especies invasoras y que esto genera cambios en la composición y estructura de la comunidad.

Las pérdidas anuales relacionadas con el manejo, tratamiento y control de especies invasoras de distintos tipos como microbios, animales y vegetales son elevadas, en Australia la cifra estimada oscila en los 6 240 MDD, Brasil 42 600 MDD, Estados Unidos 78 500 MDD, Reino Unido 5 560 MDD, India 91 020 MDD, Sudáfrica 2 400 MDD: cálculos anuales estiman un gasto anual alrededor de 314 mil millones de dólares al año en problemas relacionados con especies invasoras (Pimentel *et al.*, 2001). En México no existen estimaciones generales de pérdidas económicas relacionadas con especies exóticas, por tal motivo el costo debe ser significativo a juzgar por las estimaciones de otros países (Espinosa-García, 2003). Se estima que las especies de la familia Locaridae le han costado a las pesquerías mexicanas más de 13 millones de dólares en pérdidas de la producción (Stabridis *et al.*, 2009).

Una de las mayores problemáticas en el contexto de especies invasoras es la incapacidad de los administradores de recursos, políticos y científicos de controlar de manera eficiente y efectiva estas invasiones, debido a una escasa cooperación entre estos actores (Pimentel *et al.*, 2005; Stohlgren y Schnase, 2006). Un punto importante al que hacen alusión Capdevila Arguelles *et al.* (2006) es la dificultad de asignar una valoración de pérdida monetaria derivada de un proceso de invasión.

3.2.2. Formas de control

La predicción temprana de los procesos de invasión de especies invasoras es importante, dado que la prevención es la mejor estrategia para contrarrestar las invasiones de plantas (Mack *et al.*,

2000; West, 2002), principalmente debido a que los costos de control de plantas invasoras son elevados (Pimentel *et al.*, 2001) y manera eficiente de controlar estas invasiones es cuando las poblaciones de las especies exóticas son aún pequeñas (Mack *et al.*, 2000; West, 2002).

La forma más barata y efectiva de combatir las invasiones biológicas es previniendo la introducción de cualquier organismo que pudiera convertirse en invasor Keller *et al.* (2007, 2011), ejemplos de este tipo de medidas son los análisis de riesgo, los listados de especies invasoras y las normas de sanidad vegetal y animal, entre otras. Una vez que una especie introducida se ha establecido se pueden tomar diferentes medidas dependiendo de su tasa de crecimiento y de sus efectos sobre la comunidad hospedera, si una población exótica presenta una tasa de crecimiento baja, se suele optar por buscar el modo de exterminarla Simberloff (2003), de no poder aplicarse la erradicación se procede a realizar acciones de control y contención Parkes (1993), cuando se observa una tasa de crecimiento alta, resulta muy difícil exterminar por completo a la población, por lo que se opta por un método que la controle Andow (2005).

Para restaurar una comunidad hospedera se debe tener en cuenta muchos factores en los que podría estar involucrada la especie invasora, y a veces el utilizar sólo métodos de erradicación no suele ser la solución Shafroth y Briggs (2008), otras técnicas aplicadas para exterminar o controlar una especie invasora incluyen la introducción de un depredador natural de la especie o el uso de controles químicos, aunque se necesita de un análisis a profundidad del impacto que costos tendrían sobre el ambiente para que los remedios no traigan consecuencias ambientales negativas Pimentel *et al.* (2001); Stiling (2004). El uso de herbicidas o de un control biológico es un aspecto de gran importancia, debido a que los métodos que son exitosos en el control de una especie invasora pueden no ser efectivos para otras West (2002), cada especie tiene características que le permiten su control en específico, y estos están relacionados a sus periodos reproductivos o su periodo de crecimiento.

El manejo integrado de plagas incluye diversas formas para el control de plagas y malezas entre las que hay control manual o mecánico, uso responsable de pesticidas, control biológico, monitoreo y prácticas culturales de prevención. Para el tratamiento de infestaciones grandes, en muchos casos es necesario usar una diversidad de técnicas. Los herbicidas usados de manera responsable son una solución efectiva en términos de costo-beneficio.

En el caso de *A. fistulosus* (Di Tomaso *et al.*, 2013), describen las formas de control, cuando se presentan plantas aisladas de la especie, pueden ser retiradas manualmente antes de que produzcan semillas viables, siendo difícil si se trata de una población extensa. Las plántulas se deben de extraer con raíz para evitar rebrotes; el labrar el suelo es efectivo si no lleva restos de raíces, tubérculos o bulbos y se debe de estar haciendo este procedimiento constantemente para evitar que se formen

nuevos individuos o permanezcan bancos de semillas. En las regiones húmedas de Australia puede controlarse por el agente biológico *Fusarium* que destruye las raíces; en Europa se está realizando trabajo con el hongo *Puccinia barbeyi* como agente de biocontrol y actualmente ningún agente de control biológico está disponible en Estados Unidos (Di Tomaso *et al.*, 2013).

Se menciona escasa información sobre agentes de control químico en *A. fistulosus* entre los que destacan aquellos que restringen el crecimiento como el caso del piroclam + 2,4-D como tratamiento postemergente después de la floración, generalmente a finales del verano o principios del otoño. Los inhibidores de los amino ácidos aromáticos como el glifosato o glifosato + 2,4-D se aplica a las plantas con hojas totalmente desarrolladas y en rápido crecimiento por lo general en verano. El rociado de glifosato se utiliza generalmente para tratamientos localizados pero no siempre es efectivo ya que es un herbicida no selectivo sin actividad en el suelo. Los inhibidores de las cadenas de amino ácidos como el clorsulfuron se recomienda en suelos alcalinos ya que permanece en el suelo por un periodo de tiempo (Di Tomaso *et al.*, 2013).

3.2.3. Evaluaciones de riesgo

Los análisis de riesgo (AR) son elementos fundamentales para la toma de decisiones de fenómenos que implican la probabilidad de que ocurra un evento y el impacto del evento, la implementación de estos análisis de riesgo proporcionan los fundamentos científicos necesarios (Baptiste *et al.*, 2010), complementado con apoyo técnico para la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre (Suter II, 2016). Su objetivo en las invasiones biológicas (Andersen *et al.*, 2004) es anticipar y reducir las consecuencias de una invasión biológica, por medio de la evaluación del riesgo (ER, que incluye identificar, caracterizar y cuantificar el riesgo) y el manejo del riesgo (identificar, evaluar, seleccionar e implementar acciones para reducir el riesgo).

Dado que la erradicación de especies exóticas invasoras ha sido extremadamente difícil y costoso, las evaluaciones de riesgo de especies exóticas invasoras (EEI) ofrecen beneficios ecológicos y económicos a largo plazo. El desarrollo de las evaluaciones de riesgo es relativamente reciente, y se han desarrollado varios sistemas de evaluación de EEI a nivel mundial Pheloung *et al.* (1999); Daehler *et al.* (2004). Uno de los más efectivos ha sido el sistema australiano (Pheloung *et al.*, 1999) este sistema, o sus modificaciones, se han implementado en otros países como Canadá (McClay *et al.*, 2010), E.U.A. (Gordon *et al.*, 2008), República Checa (Křivánek y Pyšek, 2006). Este sistema clasifica a la especie en categorías de riesgo teniendo como base 49 preguntas sobre su biología, ecología, historia de uso y biogeografía; como resultado final se sugieren tres propuestas (1) no introducir la especie, (2) se requieren más estudios para definir si la especie se puede introducir de manera segura o no y (3) la introducción no representa riesgo de invasión (Pheloung *et al.*, 1999).

En México el sistema de evaluación de riesgo ha sido desarrollado utilizando un modelo jeriárquico de prioridades (Golubov *et al.*, 2014) y con el apoyo de SEMARNAT que implemento para la priorización de las especies una lista de EEI de México (SEMARNAT, 2016). En la mayoría de las ER, se tiene un elemento de similitud climática (climate matching) ya que la probabilidad de que la una especie se convierta en invasora depende de la similitud de nicho ecológico con su hábitat de origen (González-Moreno *et al.*, 2015). Aunque hay varios problemas asociados a como ligar los modelos de distribución potencial con las evaluaciones de riesgo hay una tendencia a usar los modelos de distribución potencial como insumo para definir riesgo (Gallien *et al.*, 2010).

3.3. Objetivos

- Realizar el mapa de distribución potencial de *A. fistulosus* en México.
- Evaluar el costo de la remoción manual de *A. fistulosus* como medida de control poblacional.
- Evaluar a la especie utilizando tres diferentes métodos de evaluación de riesgo y categorizar el riesgo de *A. fistulosus* para el estado de Querétaro.

3.4. Área de estudio

El estudio se realizó en las periferias del poblado de San Javier perteneciente al municipio de Cadereyta de Montes, Querétaro; esta zona es conocida como el Semidesierto Queretano-Hidalguense, que a su vez es una porción disyunta del Desierto Chihuahuense. El clima predominante de la región es semiseco-templado con lluvias en verano (BS1kw) (García, 1988), con una precipitación media anual entre 400-450 mm y un rango de temperatura media anual de 16.7° C y una máxima promedio de 38° C, encontrándose a una mediana altura de 2060 m.s.n.m. (INEGI, 2000) (ver Figura 2.1). La mayor parte de la vegetación presenta diversas variantes del matorral xerófilo, como lo son el micrófilo, rosetófilo y crasicale, los cuales estan distribuidos en los lomeríos y pie de montes de (Zamudio *et al.*, 1992).

El sitio de trabajo se localiza en las coordenadas -99.714774°W y 23.737904°N, dentro de la vegetación presente se encuentran cactáceas como *Coryphantha octacantha* (DC.) Britton & Rose, *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F. M. Knuth, *Echinocereous cinerascens* (DC.) Lem, *Ferocactus histrix* (DC.) G.E. Linds, *Mammillaria magnimamma* Haw, *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex

Pfeiff), *Opuntia cantabrigensis* Lynch, *Opuntia robusta* H.L. Wendl. ex Pfeiff, *Opuntia streptacantha* Lem y *Peniocereus serpentinus* (Lag & Rodr.); así como dos especies de *Echeveria* y una de *Agave*. Aparte del grupo de cactáceas se encuentran especies exóticas invasoras como *Aloe vera* (L.) Burm. f., *Asphodelus fistulosus* L., *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Brown, *Melinis repens* (Willd.) C. E. Hubb., *Nicotiana glauca* Graham, *Reseda luteola* L. y *Schinus molle* L.

3.5. Método

3.5.1. Mapa de distribución potencial

Se obtuvieron los puntos de referencia para México de *Asphodelus fistulosus* del portal Global Biodiversity Information Facility (GBIF), se solicitaron datos al Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) y se obtuvieron puntos georreferenciados de observaciones personales; con el apoyo del programa para el modelado de la distribución geográfica de las especies con base a la máxima entropía (MaxEnt) desarrollado en la Universidad de Princeton (Phillips *et al.*, 2010) y las 19 variables ambientales acopiadas del sitio WordClim se elaboro un mapa de distribución potencial de *Asphodelus fistulosus* para México. MaxEnt permite generar mapas de los datos de especies y variables ambientales mediante la máxima entropía, generando un modelado de nicho de la especie.

Este mapa se analizo en el programa Q GIS el cual permite visualizar y analizar los datos obtenidos de MaxEnt con el propósito de editarlo (QGis, 2011).

3.5.2. Remoción manual

En el área de estudio se establecieron parcelas de un metro cuadrado utilizando tubos de pvc de 1 m con el propósito de delimitar el espacio de remoción y en las cuales se aplicó el control manual, se realizó la remoción en 20 cuadrantes divididos en dos tipos de procedimientos, en 10 se hizo remoción solo manual, y en 10 se hizo remoción manual en conjunto con palas de jardinería; en estos cuadrantes se hizo un conteo previo de las plantas de *A. fistulosus* presentes y posterior a ello empezó la remoción, esto se realizó con el propósito de tener la relación número de plantas removidas por persona(s)/ tiempo de remoción. Las plantas removidas fueron agrupadas por cuadrante y etiquetadas, posterior a ello se analizaron en el laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal de la UAM-X, los datos que se tomaron fuer la altura de la planta (cm), cobertura (cm), profundidad de la raíz (cm), numero de hojas, espigas totales, frutos, y conteo de semillas; cada cuadrante fue pesado (g de peso húmedo). Posteriormente fueron puestos a deshidratar y pesar (g

de peso seco) para obtener la biomasa de cada cuadrante en una estufa a 40°C hasta alcanzar un peso constante.

3.5.3. Evaluaciones de riesgo

Con el propósito de valorar la invasividad de *Asphodelus fistulosus* en México se utilizaron tres evaluaciones que permitieron conocer y evaluar a la especie, y catalogar el riesgo de invasividad que presenta para México.

Sistema Australiano de evaluación de riesgo de malezas.

Se implementó el análisis de riesgo por medio del Sistema Australiano de Evaluación de Riesgo de Malezas (WRA) (Pheloung *et al.*, 1999), el cual consiste en un cuestionario de 49 preguntas acerca de la historia, uso, distribución, requerimientos climáticos, biología y ecología de la especie que se estudia, que al final brindan un puntaje que va de -26 a 60 y con base en este se menciona si la especie puede ser rechazada (>6) aceptada su introducción (<0) o sujeta a evaluación (0-6).

Guía de riesgo para la evaluación de malezas del sur de Australia.

Se evaluó a *A. fistulosus* mediante la Guía de Riesgo para la Evaluación de Malezas del Sur de Australia desarrollado por el Departamento de Agua, Suelo y Conservación de la Biodiversidad del sur de Australia, la Comisión de Control de Plantas y Animales, y la Junta de Control de Plantas y Animales (Virtue, 2008).

Esta guía se divide en dos secciones que son un análisis comparativo de riesgo de maleza y viabilidad de control, y es complementada con una matriz donde, con la puntuación asignada en los dos primeros segmentos se establecen las acciones a seguir.

■ Análisis comparativo de riesgo de maleza.

Consiste en un cuestionario de 12 preguntas enfocado a tres temas, que son la invasividad, los impactos económico-sociales y la distribución potencial, estas preguntas dan un valor numérico de 0-1000 que indica el riesgo de maleza, donde a partir del valor se le asigna un riesgo; 0-13 (insignificante), 14-39 (bajo), 40-101 (medio), 102-192 (alto) y > 192 (muy alto). La fórmula para obtener el la puntuación de maleza es la siguiente:

Importancia de maleza = Invasividad x Impactos x Distribución potencial.

Donde:

Invasividad = Total de puntos de las cinco preguntas divididos entre 15 y multiplicado por 10.

Impactos = Total de puntos de las seis preguntas dividido entre 19 y multiplicado por 10.

Distribución potencial= El valor obtenido de esta pregunta.

■ **Viabilidad de control.**

La segunda parte del cuestionario consiste en 10 preguntas enfocadas a tres temas, que son los costos de control, distribución actual y la persistencia, estas preguntas dan un valor numérico de 0-1000 que indica la viabilidad de control de la especie, donde a partir del valor se le asigna un riesgo; >113 (insignificante), 112-57 (bajo), 56-32 (medio), 31-15 (alto) y 14-0 (muy alto), y La fórmula para obtener el la puntuación de maleza es la siguiente:

Viabilidad de Control = Costos de control x Distribución actual x Persistencia.

Donde:

Costos de Control = Total de puntos de las cuatro preguntas divididos entre 15 y multiplicado por 10.

Distribución Actual = Total de puntos de las dos preguntas dividido entre 12 y multiplicado por 10.

Persistencia = Total de puntos de las cuatro preguntas divididos entre 11 y multiplicado por 10.

Matriz de prioridades.

La matriz de acciones a seguir se encuentra al final del cuestionario y en esta se menciona con base en los resultados de importancia de maleza y viabilidad de control que procedimiento o prioridades a seguir de acuerdo a la especie evaluada, como puede ser erradicar, destruir poblaciones, contener la propagación, manejar sitios, manejar la maleza, monitoreo y acciones limitadas.

Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México.

Utilizando el Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) (CONABIO, 2015) se evaluó a *A. fistulosus*. Este instructivo consiste en un cuestionario de 10 preguntas enfocado en tres

aspectos de las especies invasoras, estas preguntas son, si esta reportada como especie invasora y la relación que tiene con taxones cercanos; el riesgo de entrada, establecimiento y dispersión de la especie, y los impactos sanitarios, económico-sociales y ecológicos que puede ocasionar. Esta evaluación se basa en un análisis multicriterio (Golubov *et al.*, 2014), donde a cada una de las 10 preguntas se les asigna una calificación y una puntuación de mayor a menor que es muy alto (1), alto (0.75), medio (0.5), mínimo (0.25), bajo (0.25) y se desconoce (0.5) que se complementa con la incertidumbre que es el tipo de fuente que se consultó para deliberar la calificación previa, esta incertidumbre establece los siguientes valores mínima (1), baja (0.75), media (0.5), alta (0.25) y máxima (0.5), donde, la incertidumbre mínima es aquella información especializada proveniente de artículos, capítulos o registros oficiales y una incertidumbre máxima es aquella donde no se tiene evidencias o la fuente de información es de baja calidad. El resultado de estas preguntas da un valor de entre 0 y 1, donde aquellas especies que tengan un valor de 0.5 o mayor son consideradas como invasoras y a estas se debe de hacer una suma de esfuerzos para controlarlas.

3.6. Resultados

3.6.1. Mapa de distribución potencial

Se obtuvieron 378 registros del Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y 265 Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB) teniendo un total de 642 registros por parte de las bases de datos, los cuales fueron depurados para eliminar aquellos que no estuviesen bien georreferenciados, tuviesen georreferencias duplicadas o no presentaron georreferencia. Tras la depuración, fueron obtenidos 259 datos, más 18 georreferencias de observaciones propias de campo en diferentes Estados de la República Mexicana, finalizando con 277 datos para modelar.

De igual manera se obtuvieron las 19 capas bioclimáticas del portal WorldClim.org, que son: BIO1 = Annual Mean Temperature, BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp)), BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100), BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100), BIO5 = Max Temperature of Warmest Month, BIO6 = Min Temperature of Coldest Month, BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6), BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter, BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter, BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter, BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter, BIO12 = Annual Precipitation, BIO13 = Precipitation of Wettest Month, BIO14 = Precipitation of Driest Month, BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation), BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter, BIO17 = Precipitation of Driest Quarter, BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter y BIO19 = Precipitation

of Coldest Quarter.

De las georreferencias obtenidos y de las propias, se encontró que se tiene registros de *Asphodelus fistulosus* en 15 entidades de la República Mexicana y que el estado con mayor cantidad de registros es Querétaro (39), seguido de las entidades de Nuevo León (38), Puebla (37) y San Luis Potosí (33) y los estado con menor Cantidad de registros son Oaxaca (2), Tlaxcala (2) y Jalisco (3)

En conjunto los datos de las georreferencias y las variables bioclimáticas fueron anexadas al programa MaxEnt, que genera mapas mediante la máxima entropía (Figura 3.1) donde la tonalidad azul indica un valor = 0 de características climáticas que propicien el establecimiento y un valor rojo = 1 indica una probabilidad muy alta de establecimiento de acuerdo a características climáticas, el resultado de este programa fue editado con el programa QGis (Figura 3.2) en el cual se muestran en X azul los puntos georreferenciados de la especie en México, este mapa nos muestra que de acuerdo a las características climáticas (temperatura y precipitación) la especie puede establecerse en la zona centro del país principalmente en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato, Puebla e Hidalgo.

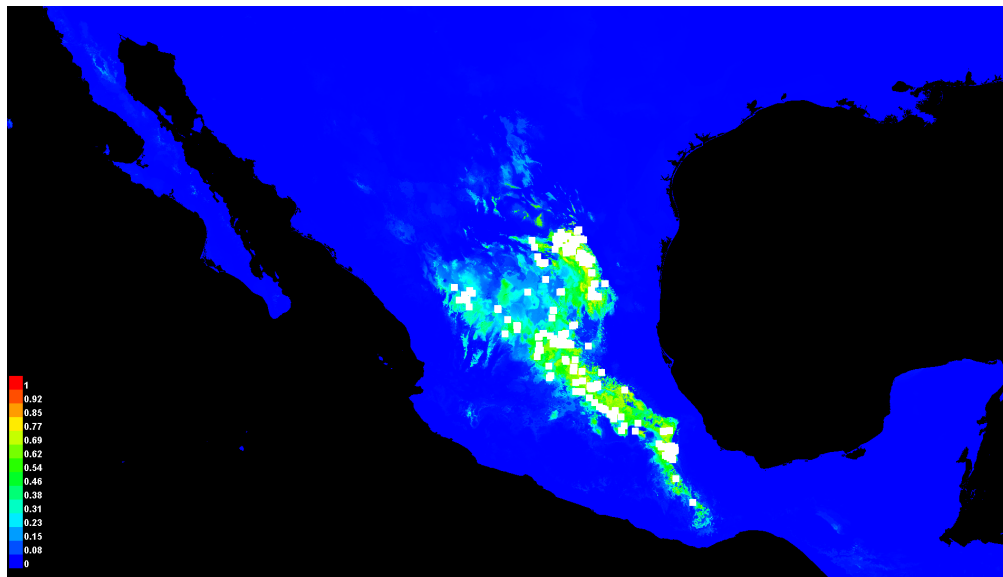


Figura 3.1: Mapa de distribución potencial de *A. fistulosus* obtenido de MaxEnt.

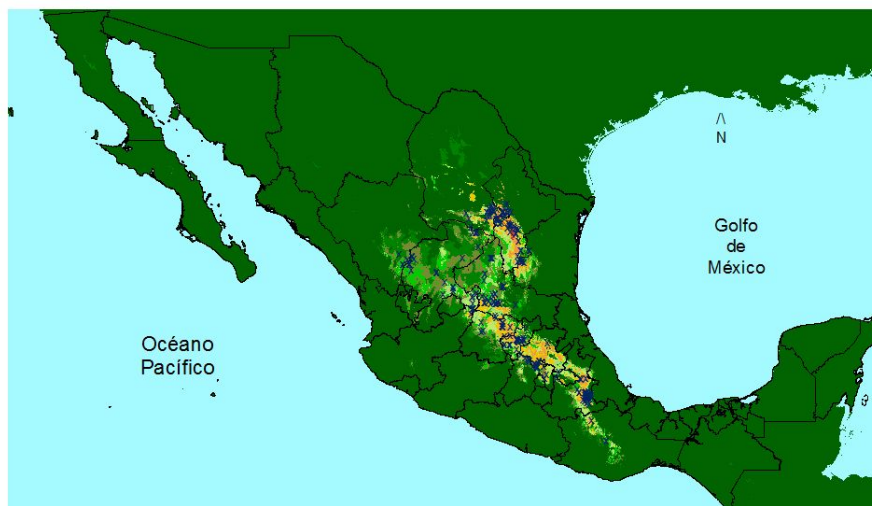


Figura 3.2: Mapa editado de la distribución potencial de *A. fistulosus* en México realizado con 277 georreferencias.

3.6.2. Remoción manual

Se realizó la remoción en 20 cuadrantes de m^2 de *Asphodelus fistulosus* en el municipio de San Javier, Qro. el día 16 de febrero, esta parte se dividió en dos tipos de remoción, la primera se hizo la extracción de 10 cuadrantes de m^2 a los cuales previamente se hizo un conteo de las plantas presentes en cada m^2 y se tomo el tiempo en que se se hizo la remoción de igual modo se anoto cuantas personas removieron cada cuadrantes, en la extracción se utilizó como insumo solo la mano, en diez cuadrantes posteriores se hizo la extracción de plantas en los que se implemento un manejo combinado de mano y pala de jardinería, y al igual que en los primeros diez cuadrantes se hizo el conteo de plantas, tiempo de remoción y personas que efectuaron el procedimiento. El sitio donde se hizo la remoción se vio afectado por un incendio forestal ocurrido el 16 de marzo, un mes posterior al los trabajos de remoción, por lo tanto a los experimentos no solo se valoro la remoción manual si no también el efecto del fuego como control natural. Por lo tanto se valoro un control combinado natural y humano.

En total de los 20 m^2 se hizo la remoción de 261 plantas de *A. fistulosus*; en el manejo manual se removieron 132 plantas en un periodo de 46 minutos y en promedio 2 personas hicieron remoción dentro de cada cuadrante el que tuvo mayor densidad fue de 28 plantas mientras que el de menor registro 4 plantas; en el manejo combinado se removieron 129 plantas en un periodo de 50 minutos en promedio 2 personas realizaron la limpieza de cuadrantes, de estos el que tuvo una mayor densidad fue de 24 plantas y el menor presento 5 plantas (tabla 3.1).

Cuadro 3.1: Datos obtenidos de la remoción de *A. fistulosus* en campo.

Control	Cuadrantes	Tiempo remoción	Plantas removidas	Reproductivos	Juveniles
Manual	10	46 min	132	69	63
Combinado	10	50 min	129	62	67

Durante el periodo de monitoreo de repoblamiento de *A. fistulosus* de los meses de marzo a agosto, se observó que en el tratamiento manual el repoblamiento fue de 28 individuos en los 10 cuadrantes, es decir, hubo un 21.37% asentamiento por parte de la especie respecto al mes de febrero; para el tratamiento combinado las plántulas nuevas en estos cuadrantes fueron 56 lo que representa el 43.41% de los individuos de febrero. Del total de individuos removidos en febrero de los dos tratamientos (260 plantas) el porcentaje de repoblamiento total para los 20 m² fue 32.30% (84 plantas), es decir casi una tercera parte se logró restablecer en seis meses de monitoreo.

Durante el repoblamiento se contabilizó el tiempo y número de personas que realizaban la actividad de monitoreo, en este periodo de seis meses la revisión de repoblamiento se desarrolló por dos personas en un periodo de una hora para los 20 m², durante este periodo de monitoreo se realizó un gasto de \$ 1,500 – \$ 1,700 mensuales, durante el monitoreo de seis meses el costo ascendió a \$9,600 – \$10,000. En este periodo se observó el repoblamiento de la especie y se encontró especies que crecieron en donde *A. fistulosus* fue removida, de los 20 cuadrantes hubo cuatro (dos manual, dos combinado) que no se pudo terminar la revisión debido a influencia humana sobre ellos, de los 16 cuadrantes sobresale *Dalea foliolosa* y *Sanvitalia angustifolia* ambas especies del continente americano presentes en la mitad de los cuadrantes, se encontraron especies invasoras como *Chloris gayana* (seis cuadrantes), *Leonotis nepetifolia* (tres cuadrantes) y *Cenchrus incertus* (tres cuadrantes), estas tres especies son nativas de África y son consideradas como especies invasoras en otras partes del mundo.

Cuadro 3.2: Plantas removida en el mes de febrero, contabilizadas hasta agosto y especies asociadas al repoblamiento de cada cuadrante (M=Control manual, C=Control combinado, NP=No hubo presencia de plantas, X=Cuadrante que no se termino de revisar).

Cuadrante	Plantas <i>A. fistulosus</i> . febrero	Plantas <i>A. fistulosus</i> agosto	Plantas repoblamiento
1-M	5	12	<i>Chloris gayana</i> , <i>Chloris virgata</i> , <i>Dyssodia papposa</i> , <i>Leonotis nepetifolia</i>
2-M	6	0	NP
3-M	8	2	<i>Chloris gayana</i> , <i>Dalea folilosa</i> , <i>Dyssodia papposa</i>
4-M	6	0	X
5-M	8	12	NP
6-M	24	1	<i>Chloris gayana</i> , <i>Dyssodia papposa</i> , <i>Sanvitalia angustifolia</i>
7-M	28	0	X
8-M	20	0	NP
9-M	20	1	<i>Chloris virgata</i> , <i>Dyssodia papposa</i> , <i>Leptochloa dubia</i> , <i>Sanvitalia angustifolia</i>
10-M	16	0	NP
1-C	13	6	NP
2-C	11	7	<i>Cenchrus incertus</i> , <i>Chloris gayana</i> , <i>Dalea folilosa</i> , <i>Dyssodia papposa</i> , <i>Leonotis nepetifolia</i> , <i>Paspalum prostratum</i> <i>Aristida divaricata</i> , <i>Cenchrus incertus</i> ,
3-C	20	9	<i>Dalea folilosa</i> , <i>Dalea leporina</i> , <i>Sanvitalia angustifolia</i>
4-C	9	5	<i>Chloris virgata</i> , <i>Dalea folilosa</i> , <i>Dalea leporina</i> , <i>Leptochloa dubia</i> , <i>Santivalia angustifolia</i>
5-C	5	12	<i>Cenchrus incertus</i> , <i>Chloris gayana</i> , <i>Dalea folilosa</i> , <i>Leonotis nepetifolia</i> , <i>Paspalum prostratum</i>
6-C	18	7	<i>Alternanthera caracasana</i> , <i>Chloris gayana</i> , <i>Chloris virgata</i> , <i>Dalea folilosa</i>
7-C	21	0	X
8-C	10	3	<i>Dalea folilosa</i> , <i>Leptochloa dubia</i> , <i>Paspalum prostratum</i> , <i>Santivalia angustifolia</i> <i>Aristida divaricata</i> , <i>Chloris virgata</i> ,
9-C	12	1	<i>Leonotis nepetifolia</i> , <i>Leptochloa dubia</i> , <i>Santivalia angustifolia</i>
10-C	10	5	NP

3.6.3. Evaluaciones de riesgo

Con la información obtenida en este trabajo y la existente sobre la especie se pondero la invasividad de la especie con tres evaluaciones de riesgo.

El Sistema Australiano de evaluación de riesgo de maleza pondero a la especie con un valor de 13, que rechaza su introducción; este puntaje dividido por grupo es de Biogeografía (8), Rasgos indeseables (3) y Biología/Ecología (2).

La Guía de riesgo para la evaluación de malezas del sur de Australia, la sección de riesgo comparado de maleza obtuvo un valor de 97 (valor <101 - Medio) y la sección de viabilidad de contención obtuvo un valor de 49 (>56-Baja), con estos dos puntajes la tercera sección que es la matriz determinación de prioridades sugiere un manejo del sitio afectado por la especie.

El Método de Evaluación Rápida de Invasividad de Especies Exóticas Invasoras en México *A. fistulosus* obtuvo un puntaje de 0.5156 (0-1) lo cual sugiere precaución hacia la especie; de las diez preguntas obtuvo dos valores muy altos, seis altos y dos medios, siendo los primeros los que corresponden a el reporte de invasora y el riesgo de dispersión.

3.7. Discusión

La distribución potencial de *A. fistulosus* abarca la parte central de México al parecer la zona del altiplano entre las dos sierras. Las predicciones de EEI usando modelos de distribución potencial sufren de un problema central. El conjunto de datos que usa el modelo como posibilidades se restringe al área geográfica impuesta por el usuario. Sin embargo, algo que caracteriza a las EEI es precisamente su capacidad de movilidad a zonas lejas de las poblaciones iniciales, y por lo tanto la cobertura que se debe de usar como área geográfica debe de contener todo el hábitat explorable por la especie. Esto implica que el componente de dispersión de un modelo de nicho es equivalente al nicho fundamental de la especie (Soberón y Town Peterson, 2005). Además, los modelos hacen una predicción de un nicho libre de interacciones bióticas que es uno de los supuestos de las invasiones biológicas (Soberón y Town Peterson, 2005). Estas dos componentes que por lo general faltan dentro de los modelos comunes de distribución espacial son una ventaja en términos del modelado de EEI. Aunado a los componentes ambientales de similitud climática, González-Moreno *et al.* (2015) encuentran que el disturbio es un elemento relevante en la invasión de especies en zonas en donde ha sido introducido. La presencia de un elemento que provoca disturbio (cambio en el pH del suelo por ejemplo) ayuda que otras especies invasoras se pueda establecer como encontramos con la remoción de *A. fistulosus* y la recolonización por otras especies exóticas invasoras.

El método de control de remoción manual es una de las estrategias utilizadas para el manejo integrado de plagas. La teoría moderna del control de malezas sugiere usar una combinación de estrategias (control manual, químico, cultural y biológico). EL manejo manual de *A. fistulosus* es relativamente barato cuando se tienen infestaciones chicas que pueden llevarse a cabo en corto tiempo y con mano de obra. El resultado que se obtuvo muestra dos cosas importantes. Por un lado la remoción manual es un control efectivo para la biomasa aérea, sin embargo se debe de considerar la capacidad germinativa y el extenso banco de semillas que seguramente ya se encuentra en la zona que provocó el crecimiento de nuevos individuos 6 meses después. En términos de manejo esto implica una remoción constante por un periodo desconocido para poder agotar las semillas que se encuentren en el suelo. Por otro lado, los datos sugieren que la remoción de *A. fistulosus* como especie dominante en esta zona conlleva a la invasión de otras especies exóticas pero a su vez también la presencia de especies nativas, lo que posiblemente puede considerarse como parte de un programa de restauración ecológica posterior a la remoción de *A. fistulosus*.

Al menos uno de los modelos (AWRA) utiliza como insumo modelos de nicho para predecir el riesgo asociado a una especie, otros incorporan el costo del control y el de CONABIO utiliza un modelo de estados de invasión biológica, un componente taxonómico y sus impactos. En todos los casos, *A. fistulosus* mostró ser una especie que al menos tiene cierto riesgo.

3.8. Conclusiones

- Se obtuvieron 277 datos de *A. fistulosus* para República Mexicana, distribuidos en 15 entidades de la República Mexicana teniendo la mayor cantidad de registros Querétaro (39), Nuevo León (38), Puebla (37) y San Luis Potosí (33).
- Potencialmente la especie tiene la afinidad climática para establecerse en la zona centro del país en los estados de San Luis Potosí, Querétaro y Guanajuato.
- La remoción manual fue de 132 individuos teniendo un repoblamiento de 28 individuos(21.37%).
- La remoción combinada fue de 129 individuos teniendo un repoblamiento de 56 individuos(43.41%).

Se observó el repoblamiento de las especies exóticas invasoras *Chloris gayana*, *Leonotis nepetifolia* y *Cenchrus incertus*.

En el periodo que se realizó la remoción y monitoreo de la zona es de el costo es de \$9,600 – \$10,000.

- El Sistema Australiano de evaluación de riesgo de maleza pondero a la especie con un valor de 13, que rechaza su introducción; la Guía de riesgo para la evaluación de malezas del sur de Australia, obtuvo valor medio de riesgo comparado de maleza, una baja viabilidad de contención sugiriendo un manejo del sitio y el Método de Evaluación Rápida de Invasividad obtuvo un puntaje de 0.5156 que sugiere precaución hacia la especie.

Transferencia de Tecnología

4.1. Resumen

La creciente amenaza de las invasiones biológicas representa una afrenta que debe de ser combatida en conjunto entre las instituciones educativas, gubernamentales y sociedad, una forma de apoyarnos en esta problemática es la educación ambiental que debe promover y facilitar el intercambio de experiencias y establezca redes de apoyo entre las partes interesadas. A nivel mundial instituciones publicas y privadas han hecho inca pie en la necesidad de incorporar a jóvenes y niños en estos programas, dentro de las oportunidades para promover esta educación el Jardín Botánico Regional de Cadereyta representa un oportunidad única de fortalecer un vínculo institucional con la sociedad. Para ello se realizaron una serie de talleres de educación ambiental a niños enfocados en los efectos de las especies invasoras sobre la flora nativa, se listo las especies invasoras presentes en el Jardín Botánico y se realizo la remoción de *A. fistulosus* como parte de su programa de control y erradicación de especies exóticas invasoras que le ser un modelo que pueda ser replicado en otros jardines botánicos.

4.2. Introducción

4.2.1. Educación ambiental y su papel en la concientización

La creciente amenaza de las especies invasoras sobre el medio ambiente requiere un esfuerzo conjunto entre los programas gubernamentales y la sociedad, siendo la educación ambiental una parte medular de este esfuerzo enfocada hacia los diferentes sectores de la población. La educación ambiental es una herramienta imprescindible para el control y gestión de este problema potencialmente para la biodiversidad en muchas áreas (Pérez-Bedmar y Pérez, 2003).

Se necesita mantener una interacción dinámica con organizaciones e instituciones nacionales e internacionales relacionadas con el problema; que promueva y facilite la cooperación entre las partes interesadas, que facilite el intercambio de información y de experiencias, mejore la comunicación entre las partes involucradas; diseñe herramientas eficientes para la alerta pública sobre el problema e involucrar al público, desarrollar y promover programas de educación ambiental a diferentes niveles y promover el mejor desarrollo de recursos humanos enfocados a resolver los conflictos de las especies invasoras dentro de las áreas prioritarias de conservación (López, 2009).

A nivel mundial el Programa Global sobre Especies Invasoras (GISP), el Comité Científico para los Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), el Programa sobre Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) han enfatizado sobre la importancia de la educación ambiental y como esta debe de ser incorporada en favor de la preservación de los recursos ambientales. El GISP tiene como objetivo principal minimizar la expansión de especies exóticas, una de las directivas es la educación; por lo tanto, promueve la elaboración de programas específicos en cada región para educar sobre las especies invasoras y las posibles estrategias para su control, manejo o erradicación (Pérez-Bedmar y Pérez, 2003; López, 2009).

El artículo 8 del Convenio sobre la Biodiversidad, en el apartado h, detalla que se impedirá la introducción de especies exóticas, y se controlará y erradicará las introducidas, que amenacen ecosistemas, hábitats y especies, y en el artículo 13 del Convenio referente a Educación y concientización Pública, no detalla ni específica sobre la problemática de la introducción de especies exóticas y medidas de prevención (Convenio sobre la Biodiversidad, 1992).

Es de vital importancia abordar desde la perspectiva educativa el creciente impacto de las especies exóticas invasoras, ya que en la mayoría de los casos su introducción y dispersión resulta de las actividades humanas, el conocimiento sobre las especies invasoras y sus efectos es aún insuficiente, por lo tanto es necesario un esfuerzo educativo que responda a las dimensiones del problema para informar, sensibilizar y concientizar a los diferentes actores involucrados directa e indirectamente. Para ello se requiere un diseño educativo específico enfocado en las condiciones particulares de cada uno de los sectores sociales a los que se dirige. Los programas de educación ambiental contribuyen a prevenir la introducción y a la detección temprana de especies exóticas, lo cual es menos costoso que la puesta en marcha de programas de control y erradicación. Estas necesidades exigen que la sociedad esté informada oportunamente y a fondo y sea conocedora de los impactos ecológicos, económicos y sociales que generan estas especies (Koleff *et al.*, 2010; Mendoza y Koleff, 2014).

A nivel mundial diversas organizaciones e instituciones como WWF, REEF, National Geograp-

hic Landcare Research-Manaaki Whenua (Nueva Zelanda), Programa de Educación Ambiental para Centros Educativos (España), Invasive Species Centre (Canada), Environmental Education in Tennessee, Environmental Education in Georgia, Environmental Education in Wisconsin, Colorado Alliance for Environmental Education, Ohio State University (E.U.A), México Ambienta, Jardín Botánico Regional de Cadereyta (México), entre otras organizaciones centran su esfuerzo en la impartición de talleres, generación de herramientas de apoyo educativo y concientización social sobre causas y efectos de las especies invasoras en el entorno natural.

4.3. Objetivos

- Los niños de Cadereyta reconocerán e identificarán diferentes especies exóticas invasoras presentes actualmente en su municipio.
- Los niños de Cadereyta distinguirán causas y efectos de las especies exóticas invasoras sobre la diversidad local.
- Realizar la remoción de *Asphodelus fistulosus* y monitorear el repoblamiento de la especie en las instalaciones del Jardín Botánico regional de Cadereyta.
- Recorrer las instalaciones del Jardín Botánico regional de Cadereyta para identificar las especies exóticas invasoras vegetales presentes.

4.4. Área de Estudio

El Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío” se ubica en la ciudad de Cadereyta de Montes, en el estado de Querétaro, la superficie total comprende 9.13 hectáreas, de estas 1.83 ha corresponden a instalaciones y 7.3 ha son de la zona silvestre (Figura 4.1). Hailen *et al.* (2004) hacen mención a la zona silvestre, donde se encuentra una vegetación perturbada y de transición, y se localizan especies como mezquite (*Prosopis laevigata*), nopal chamacuelo (*Opuntia tomentosa*), nopal camueso (*Opuntia robusta*), Sangregado (*Jatropha dioica*), biznaga de chilitos (*Mammillaria uncinata*), maguey (*Agave mapisaga*) o palma de yuca (*Yucca flifera*) entre otras especies presentes en el área silvestre.

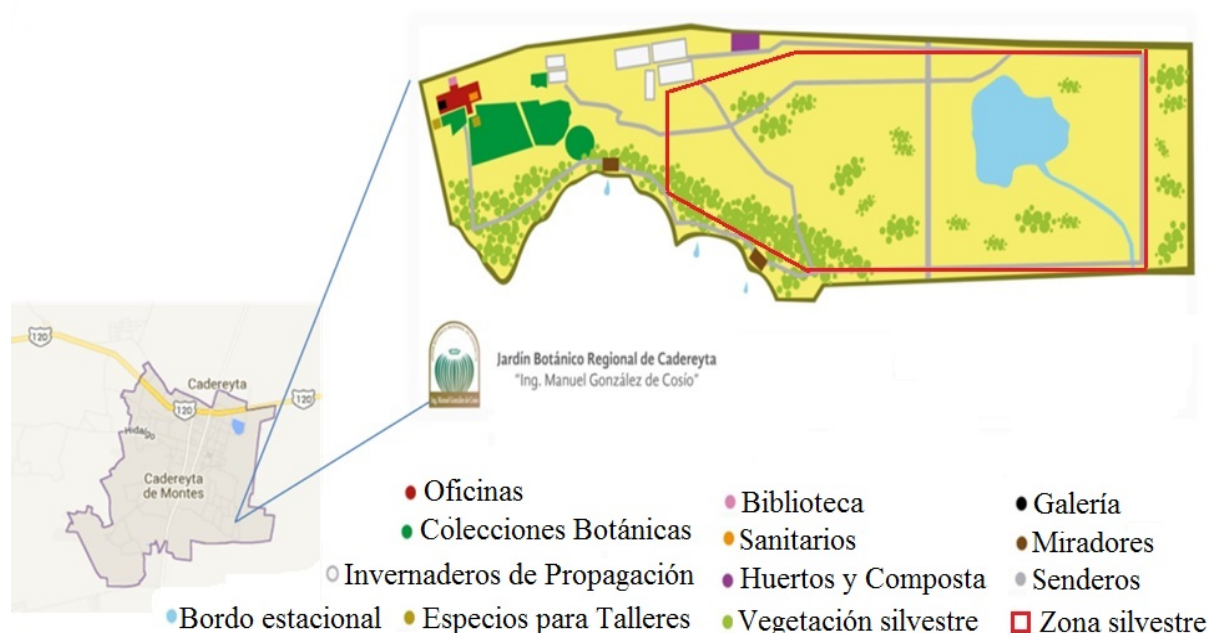


Figura 4.1: Mapa del Jardín Botánico Regional de Cadereyta “Ing. Manuel González de Cosío” (H. Altamirano mapa sin publicar, 2016).

4.5. Método

4.5.1. Taller Especies exóticas invasoras vegetales en Cadereyta.

Se realizaron una serie de talleres enfocados a tres grupos de edades de niños del municipio de Cadereyta.

Al grupo de niños número 1 con un rango de edad 4 a 7 años, se les presento una serie de imágenes como apoyo en diapositivas para entablar una plática sobre las plantas que hay en Cadereyta, mencionándoles que cactáceas son las que se encuentran en la región, posteriormente se les pregunto si las plantas que hay en Cadereyta eran de ahí o fueron llevada intencionalmente; primero se les comento que era una especie exótica invasora y si conocían alguna, posteriormente se empezó a platicar sobre las especies invasoras vegetales que se encuentran en el municipio como leonotis o bola de rey (*Leonotis nepetifolia*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*), sábila (*Aloe vera*), acelguilla (*Reseda luteola*), cebollin (*Asphodelus fistulosus*), pasto rosado (*Melinis repens*), pirú (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), higuierilla (*Ricinus communis*), kalanco o

madre de millones (*Kalanchoe delagoensis*), casuarina o pino salado (*Cassuarina equisetifolia*) y el carrizo europeo (*Arundo donax*), a cada explicación de las plantas se les menciono su nombre científico, nombre común, lugar de procedencia y que característica presenta como especies invasoras. Dentro de la actividad realizada con este grupo consistió en formar grupos de niños a los cuales se les asigno un rompecabezas con la imagen de alguna especie invasora en su región y datos explicados, como incentivo se les dio unos adhesivos e identificador en forma de etiquetas para sus mochilas. Al término de la actividad se dio un recorrido por las instalaciones del Jardín Botánico para que los niños identificaran a las especies invasoras que se encuentran presentes ahí.

Al grupo número 2 de edades de 8 y 9 años, se les presento una serie de imágenes en conjunto con explicaciones escritas, como apoyo en diapositivas para iniciar la plática de especie invasoras y sobre las plantas que hay en Cadereyta, se inició comentando sobre las plantas que habitan en Cadereyta mencionándoles cactáceas como *Echinocactus platyacanthus*, *Myrtillocactus geometrizans* entre otras cactáceas presentes en la región, continuando con la plática, se les pregunto si creían que las plantas que hay en Cadereyta eran de ahí o fueron llevadas intencionalmente o accidentalmente; al escuchar las respuestas de los niños, se dio paso para poder explicarles lo que era una especie exótica invasora, refiriendo a detalle la definición, posteriormente se les explico como el ser humano ha influenciado en la expansión y distribución de estas especies, y como parte final se les platicó sobre las especies invasoras vegetales que se encuentran en el municipio como leonotis o bola de rey (*Leonotis nepetifolia*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*), sábila (*Aloe vera*), acelguilla (*Reseda luteola*), cebollin (*Asphodelus fistulosus*), pasto rosado (*Melinis repens*), pirú (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), higuerrilla (*Ricinus communis*), kalanco o madre de millones (*Kalanchoe delagoensis*), casuarina o pino salado (*Cassuarina equisetifolia*) y el carrizo europeo (*Arundo donax*), a cada explicación de las plantas se les menciono su nombre científico, nombre común, lugar de procedencia y que característica presenta como especies invasoras. Dentro de las actividades realizadas con este grupo se formaron grupos de 3 niños a los cuales se les asigno un rompecabezas con la imagen de la especie con los datos explicados, la segunda actividad la cual complementa al rompecabezas y la presentación, se les asigno de forma individual un crucigrama donde tenían que integrar palabras estratégicas que fueron mencionadas durante la presentación, y al igual que al primer grupo se les dio de premio adhesivos e identificadores para sus mochilas.

Al tercer grupo, con edades de 10 a 13 años, se inició preguntándoles si conocían que es una especie invasora, donde se reforzó y mejoro la idea que tenía previamente, posterior se les cuestiono si en casa tenían plantas y si creían que esas plantas pertenecían a la región. Con apoyo de una presentación más compleja que en grupos anteriores se comenzó a platicar sobre lo que era una especie exótica invasora, refiriendo a detalle la definición, y sobre las plantas de Cadereyta, men-

cionándoles cactáceas como *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus histrix* entre otras cactáceas presentes en la región, continuando con la plática, se les pregunto si creían que las plantas que hay en Cadereyta eran de ahí o fueron llevadas intencionalmente o accidentalmente; al escuchar las respuestas de los niños, se dio paso para poder explicarles como el ser humano ha tenido influencia en la expansión y distribución o invasión de estas especies, se les explico las estrategias con las que cuentan para establecerse como una mayor producción de flores y frutos las cuales producen una mayor cantidad de semillas, propagación vegetativa o mayor adaptabilidad a diversos ambientes, entre otras; como parte final de la plática se les hablo sobre las especies invasoras vegetales que se encuentran en el municipio y a la par se les fue mostrando de forma física cada especie que se les fue mencionando como leonotis o bola de rey (*Leonotis nepetifolia*), tabaquillo (*Nicotiana glauca*), sábila (*Aloe vera*), acelguilla (*Reseda luteola*), cebollin (*Asphodelus fistulosus*), pasto ro-sado (*Melinis repens*), pirú (*Schinus molle*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), higuera (*Ricinus communis*), kalanco o madre de millones (*Kalanchoe delagoensis*), casuarina o pino salado (*Casuarina equisetifolia*) y el carrizo europeo (*Arundo donax*), a cada explicación de las plantas se les menciono su nombre científico, nombre común, lugar de procedencia y que característica presenta como especies invasoras, así como se les pregunto el nombre como ellos la conocían. Se realizaron tres diferentes actividades con este grupo, la primera fue a búsqueda de palabras dentro de una sopa de letras, la segunda actividad consistió en la resolución de un crucigrama; ambos ejercicios contenían información brindada previamente dentro de la presentación y la plática, ambas actividades fueron realizadas de forma individual, ya que cada una se les entrego un premio. La tercer actividad y con la cual se finalizo el taller fue la visita por las inmediaciones del Jardín Botánico de Cadereyta, en la cual se procedió a localizar a las especies e identificar por nombre científico y común a aquellas presentes en el Jardín.

Al finalizar las platicas recibió un reconocimiento por parte del director del Jardín Botánico el Dr. Emiliano Sánchez Martínez.

4.5.2. Remoción de *Asphodelus fistulosus* en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.

Se realizó un recorrido en el mes de febrero 2016 por las instalaciones del Jardín Botánico en donde se localizó el área entre los invernaderos de propagación, huertos y zona silvestre que fue asignada para la remoción y monitoreo posterior de *Asphodelus fistulosus*.

En una área de 12 m² se realizó la remoción de las plantas de cebollin presentes. Durante este procedimiento se tomaron los datos de plantas removidas, personas que removieron, tiempo de re-

moción y si son reproductivas. Se realizó una visita mensual durante los seis meses posteriores a la remoción (marzo-agosto) y una en un periodo de dos meses (octubre) a la zona de tratamiento para remover plántulas que hubiesen germinado y sujetarlas a control, del mismo modo durante este periodo se tomaron los datos de plantas removidas, personas que removieron, tiempo de remoción (minutos) y si fueron reproductivas. Las plantas removidas durante este periodo fueron analizadas en el laboratorio de Taxonomía y Sistemática Vegetal de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco donde se le tomaron los datos de altura (cm), cobertura (cm), longitud de la raíz (cm), número de hojas, número espigas, número de frutos, semillas por planta, posterior a ello se procedió a incinerar las muestras.

Posterior a la remoción se hicieron visitas mensuales de los meses de marzo a agosto (6 meses) octubre (8 meses) y febrero 2017 (año) para observar si existiese repoblamiento de la especie en el área de monitoreo. A las plantas localizadas en el monitoreo se les realizaron las mismas mediciones de los ejemplares colectados en la remoción.

4.5.3. Colecta de especies invasoras vegetales en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.

Se realizó un recorrido por la zona silvestre del Jardín Botánico durante los meses de febrero y agosto (2016) con el propósito de encontrar e identificar a las especies exóticas invasoras vegetales presentes, las cuales fueron colectadas y herborizadas para que posteriormente se regresaran al jardín estos ejemplares y sirviesen de insumo al personal que realiza los recorridos a los visitantes para informar sobre las especies invasoras y como estas pueden afectar al ambiente.

4.6. Resultados

4.6.1. Taller Especies exóticas invasoras vegetales en Cadereyta.

Se realizaron tres pláticas, el grupo uno (4 a 7 años) estuvo conformado por 18 niños, el segundo (8 y 9 años) fue de 26 niños y el tercero (10 a 13 años) constituido de 22 niños. En total se platicó con 56 niños sobre las causas y efectos de las especies invasoras sobre las plantas nativas presentes en el municipio de Cadereyta.

4.6.2. Remoción de *Asphodelus fistulosus* en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.

Se realizó la remoción de 260 plantas de *A. fistulosus* en febrero (2016), 66 plantas durante los seis meses de monitoreo, 50 en octubre y 65 en febrero removiendo un total de 371 plantas, de las cuales 41 eran reproductivas (presencia de espigas), el tiempo en promedio para la remoción y monitoreo por dos personas fue de 15 minutos durante cada mes (tabla 4.1). Durante el mes de febrero se contabilizó un total de 2018 frutos y se estimaron 12108 semillas para el cuadrante. De este total de semillas estimadas y con la remoción realizada durante este periodo se puede cuantificar que se ha removido el 3.64% del banco de semillas estimado para el mes de febrero (2016).

Al realizarse la remoción de las plántulas de *A. fistulosus*, se tuvieron inconvenientes como el tamaño de las plántulas, la confusión de estas con individuos de *Zephyranthes carinata* y de algunos pastos presentes en el sitio.

Cuadro 4.1: Numero de plantas removidas de *A. fistulosus* en el periodo febrero 2016 - febrero 2017 en el Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Mes	Hora inicio	Hora fin	Planta totales removidas	Plantas reproductivas	Plantas no reproductivas	Personas remoción
Feb-16	16:15	16:40	260	40	220	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Mar-16	14:30	14:40	0	0	0	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Abr-16	16:40	16:50	3	0	3	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
May-16	10:30	10:40	2	0	2	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Jun-16	17:30	17:45	5	0	5	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Jul-16	14:30	14:55	21	1	20	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Ago-16	16:15	16:40	35	0	35	-Sandino Guerrero -Catalino Cruz
Oct-16	15:30	15:55	50	0	50	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia
Feb-17	14:10	14:30	65	0	65	-Sandino Guerrero -Esteban Munguia

4.6.3. Colecta de especies invasoras vegetales en las instalaciones del Jardín Botánico Ing. Manuel González de Cosío.

Durante los recorridos se identificó la presencia de las especies *Aloe vera*, *Asphodelus fistulosus*, *Eucalyptus globulus*, *Kalanchoe delagoensis*, *Kalanchoe daigremontana*, *Kalanchoe daigremontana* × *Kalanchoe delagoensis*, *Leonotis nepetifolia*, *Melinis repens*, *Nicotiana glauca*, *Reseda luteola*, *Ricinus communis* y *Schinus molle*. De cada una de las especies se colectaron dos ejemplares, los cuales fueron herborizados y entregados al personal de Jardín Botánico.

4.7. Conclusiones

- Se mencionó a los niños las afectaciones de las especies exóticas invasoras sobre las plantas locales.
- Se enlistó a las especies exóticas invasoras vegetales presentes en las instalaciones del Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

Bibliografía

- Akulova-Barlow, Z. (2009). Kalanchoe. *Cactus and Succulent Journal*, 81(6):268–276.
- Anable, M., McClaran, P., y George, B. (1992). Spread of introduced lehmann lovegrass *Eragrostis lehmanniana* nees. in southern arizona, usa. *Biological conservation*, 61(3):181–188.
- Andersen, M., Heather, A., Bruce, H., y Mark, P. (2004). Risk assessment for invasive species. *Risk analysis*, 24(4):787–793.
- Andow, D. A. (2005). Characterizing ecological risks of introductions and invasions. *Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions*, 63:84.
- Australian Government (2011). Weeds in australia: *Asphodelus fistulosus*, department of the environment.
- Baker, H. (1965). *Characteristics and Modes of Origin of Weeds*. Academic Press, New York.
- Baker, H. G. (1974). The evolution of weeds. *Annual review of ecology and systematics*, 5(1):1–24.
- Baptiste, M., Castaño, N., Cárdenas López, D., Gutiérrez, F. P., Gil, D., y ., C. L. . (2010). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*, volumen 200. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Baruch, Z. (1996). Ecophysiological aspects of the invasion by african grasses and their impact on biodiversity and function of neotropical savannas. *Ecological Studies*, pp. 79–96.
- Blackburn, T., Essl, F., Evans, H., PE, H., Jeschke, J., Kühn, I., Kumschick, S., Marková, Z., Mru-gała, A., Nentwig, W., y et al (2014). A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology*, 12(5):e1001850.

- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., Wilson, J. R., y Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7):333–339.
- Brooks, M. L. (1999). Habitat invasibility and dominance by alien annual plants in the western mojave desert. *Biological invasions*, 1(4):325–337.
- Brown, K. A., Spector, S., y Wu, W. (2008). Multi-scale analysis of species introductions: combining landscape and demographic models to improve management decisions about non-native species. *Journal of Applied Ecology*, 45(6):1639–1648.
- Buhle, E. R., Margolis, M., y Ruesink, J. L. (2005). Bang for buck: cost-effective control of invasive species with different life histories. *Ecological Economics*, 52(3):355–366.
- Burgess, T. L., Bowers, J. E., y Turner, R. M. (1991). Exotic plants at the desert laboratory, tucson, arizona. *Madroño*, pp. 96–114.
- Callaway, R. M. y Aschehoug, E. T. (2000). Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 290(5491):521–523.
- Capdevila Arguelles, L., García, Á. I., Orueta, J., y Zilleti, B. (2006). Especies exóticas invasoras. *Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo*.
- Castro-Díez, P., Valladares, F., y Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Revista Ecosistemas*, 13(3).
- Caswell, H. (1989). Analysis of life table response experiments i. decomposition of effects on population growth rate. *Ecological Modelling*, 46(3-4):221–237.
- Caswell, H. (2001). *Matrix population models*. Wiley Online Library.
- Challenger, A. y Rodolfo, D. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. En *Capital Natural de México. Vol II. Estado de Conservación y tendencias de cambio*, pp. 33–73. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México—, México DF.
- Claridge, K. y Franklin, S. B. (2002). Compensation and plasticity in an invasive plant species. *Biological Invasions*, 4(4):339–347.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2000). *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México*. CONABIO.

- CONABIO (2015). *Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México*. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Cronk, Q. y Fuller, J. (1995). *Invasive plants: the threat to natural ecosystems worldwide*. Chapman & Hall, London.
- Daehler, C. C., Denslow, J. S., Ansari, S., y Kuo, H.-C. (2004). A risk-assessment system for screening out invasive pest plants from hawaii and other pacific islands. *Conservation Biology*, 18(2):360–368.
- D'Antonio, C. M. y Vitousek, P. M. (1992). Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23(1):63–87.
- Davidse, G., Sánchez, M., y Knapp, S. (1994). *Flora mesoamericana*, volumen 6. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- De Walt, S. J. (2006). Population dynamics and potential for biological control of an exotic invasive shrub in hawaiian rainforests. *Biological Invasions*, 8(5):1145–1158.
- Di Tomaso, JM and Kyser, GB and Oneto, SR and Wilson, RG and Orloff, SB and Anderson, LW and Wright, SD and Roncoroni, JA and Miller, TL and Prather TS and others (2013). *Weed control in natural areas in the Western United States*. Weed Research and Information Center.
- Díaz-Espinosa, A., Díaz-Triana, J., y Vargas, O. (2012). Catálogo de plantas invasoras de los humedales de bogotá. *Bogotá DC: Grupo de Restauración Ecológica de la Universidad Nacional de Colombia y Secretaria Distrital de Ambiente*.
- Dinerstein, E., Olson, D. M., Graham, D. J., Webster, A. L., Primm, S. A., Bookbinder, M. P., y Ledec, G. (1995). Una evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de américa latina y el caribe. *World Bank, Washington, DC*.
- Donohue, K., Rubio de Casas, R., Burghardt, L., Kovach, K., y Willis, C. G. (2010). Germination, postgermination adaptation, and species ecological ranges. *Annual review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 41:293–319.
- Droste, T., Flory, S. L., y Clay, K. (2010). Variation for phenotypic plasticity among populations of an invasive exotic grass. *Plant Ecology*, 207(2):297–306.
- Ehrenfeld, J. G. (2003). Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems*, 6(6):503–523.

- Ellstrand, N. C. y Schierenbeck, K. A. (2000). Hybridization as a stimulus for the evolution of invasiveness in plants? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(13):7043–7050.
- Evans, R., Rimer, R., Sperry, L., y Belnap, J. (2001). Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological Applications*, 11(5):1301–1310.
- Gallien, L., Münkemüller, T., Albert, C. H., Boulangéat, I., y Thuiller, W. (2010). Predicting potential distributions of invasive species: where to go from here? *Diversity and Distributions*, 16(3):331–342.
- Galván, V. y Martínez, C. (2006). Asphodelaceae, fascículo 145. *Flora del Bajío y Regiones Adyacentes*, 145:1–11.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*.
- Gioria, M. y Osborne, B. (2010). Similarities in the impact of three large invasive plant species on soil seed bank communities. *Biological Invasions*, 12(6):1671–1683.
- Gioria, M. y Pyšek, P. (2017). Early bird catches the worm: germination as a critical step in plant invasion. *Biological Invasions*, 19(4):1055–1080.
- Godfray, H. C. J. y Crawley, M. J. (1998). Introductions. *Conservation Science and Action*, pp. 39–65.
- Goergen, E. y Daehler, C. C. (2002). Factors affecting seedling recruitment in an invasive grass (pennisetum setaceum) and a native grass (heteropogon contortus) in the hawaiian islands. *Plant Ecology*, 161(2):147–156.
- Golubov, J., María, M., Sandino, G.-E., Roberto, M., Patricia, K., Ana, I. G. M., Yolanda, B., y Georgia, B.-S. (2014). Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En *Especies acuáticas invasoras en México*, pp. 123–133. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- González-Moreno, P., Diez, J. M., Richardson, D. M., y Vilà, M. (2015). Beyond climate: disturbance niche shifts in invasive species. *Global Ecology and Biogeography*, 24(3):360–370.
- Gordon, D. R., Onderdonk, D. A., Fox, A. M., y Stocker, R. K. (2008). Consistent accuracy of the australian weed risk assessment system across varied geographies. *Diversity and Distributions*, 14(2):234–242.

- Government of South Australia (2005). Plant policy onion weed (*Asphodelus fistulosus*).
- Government of Western Australia (2007). Onion weed (*Asphodelus fistulosus*) department of agriculture and food.
- Greenberg, C. H., Smith, L. M., y Levey, D. J. (2001). Fruit fate, seed germination and growth of an invasive vine—an experimental test of sit and wait strategy. *Biological Invasions*, 3(4):363–372.
- Hailen, U. d. I. C., Maruri, A. B., Carrillo, A. I. G., y E., S. M. (2004). Estrategias para la restauración con un enfoque agroforestal de áreas degradadas circunscritas por zonas urbanas en la región semiárida de Querétaro. *Nthe*, 8:3–9.
- Henderson, S., Dawson, T. P., y Whittaker, R. J. (2006). Progress in invasive plants research. *Progress in Physical Geography*, 30(1):25–46.
- Hernández-Zamora, M., Volke-Sepúlveda, T., Díaz-Pontones, D., y Gutiérrez-Rojas, M. (2009). Fitoestabilización de plomo en jales mineros por *asphodelus fistulosus*. *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*.
- Herrera, I. (2007). Diagnóstico del potencial invasor de dos plantas exóticas, *Kalanchoe daigremontiana* (crassulaceae) y *Stapelia gigantea* (apocynaceae) en una zona arida tropical. *Ph. D. Dissertation, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas*.
- Herrera, I., Chacón, N., Flores, S., Benzo, D., Martínez, J., Garía, B., y Hernández-Rosas, J. I. (2011). La planta exótica *Kalanchoe daigremontiana* incrementa el reservorio y flujo de carbono en el suelo. *Interciencia*, 36(12).
- INEGI (2000). *Cuaderno Estadístico Municipal Cadereyta de Montes, Queretaro de Arteaga*.
- IUCN (2000). Guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species. *En Prepared by the IUCN/ SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG) and approved by the 51st Meeting of the IUCN Council, Gland Switzerland*.
- Jordan, N. R., Larson, D. L., y Huerd, S. C. (2008). Soil modification by invasive plants: effects on native and invasive species of mixed-grass prairies. *Biological Invasions*, 10(2):177–190.
- Keller, R. P., Geist, J., Jeschke, J. M., y Kühn, I. (2011). Invasive species in Europe: ecology, status, and policy. *Environmental Sciences Europe*, 23(1):23.

- Keller, R. P., Lodge, D. M., y Finnoff, D. C. (2007). Risk assessment for invasive species produces net bioeconomic benefits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(1):203–207.
- Kerr, N. Z., Baxter, P. W., Salguero-Gómez, R., Wardle, G. M., y Buckley, Y. M. (2016). Prioritizing management actions for invasive populations using cost, efficacy, demography and expert opinion for 14 plant species world-wide. *Journal of Applied Ecology*, 53(2):305–316.
- Kloot, P. (1983). Early records of alien plants naturalised in south australia. *Journal of the Adelaide Botanic Garden*, pp. 93–131.
- Kolar, C. S. y Lodge, D. M. (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(4):199–204.
- Koleff, P., González, A., y Born-Schmidt, G. (2010). Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. *México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México CONABIO*, p. 94.
- Krebs, C. (1999). *Ecological methodology*. addison welsey educational publishers. Inc., Menlo Park, California.
- Křivánek, M. y Pyšek, P. (2006). Predicting invasions by woody species in a temperate zone: a test of three risk assessment schemes in the czech republic (central europe). *Diversity and Distributions*, 12(3):319–327.
- Kumschick, S., Bacher, S., Dawson, W., Heikkilä, J., Sendek, A., Pluess, T., Robinson, T., y Kühn, I. (2012). A conceptual framework for prioritization of invasive alien species for management according to their impact. *NeoBiota*, 15:69.
- Le Maitre, D., Van Wilgen, B., Chapman, R., y McKelly, D. (1996). Invasive plants and water resources in the western cape province, south africa: modelling the consequences of a lack of management. *Journal of Applied Ecology*, pp. 161–172.
- Lefkovitch, L. (1965). The study of population growth in organisms grouped by stages. *Biometrics*, pp. 1–18.
- Li, S.-L. y Ramula, S. (2015). Demographic strategies of plant invaders in temporally varying environments. *Population Ecology*, 57(2):373–380.

- Lloret, F., Médail, F., Brundu, G., Camarda, I., Moragues, E., Rita, J., Lambdon, P., y Hulme, P. E. (2005). Species attributes and invasion success by alien plants on mediterranean islands. *Journal of Ecology*, 93(3):512–520.
- Loope, L. L., Sanchez, P. G., Tarr, P. W., Loope, W. L., y Anderson, R. L. (1988). Biological invasions of arid land nature reserves. *Biological Conservation*, 44(1-2):95–118.
- López, Z. (2009). Enlazando especies exóticas invasoras y educación ambiental. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, 22(2).
- Mace, G., Masundire, H., y Baillie, J. (2005). *Biodiversity*. Island Press.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., y Bazzaz, F. (2002). Natural barriers to plant naturalizations and invasions in the sonoran desert. *Invasive Exotic Species in the Sonoran Region. The University of Arizona Press and The Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson*, pp. 63–75.
- Mack, R. N., Simberloff, D., Mark Lonsdale, W., Evans, H., Clout, M., y Bazzaz, F. A. (2000). Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10(3):689–710.
- Mandujano, M. C., Montaña, C., Franco, M., Golubov, J., y Flores-Martínez, A. (2001). Integration of demographic annual variability in a clonal desert cactus. *Ecology*, 82(2):344–359.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37:385–408.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Martínez-Cruz, J. y Téllez-Valdés, O. (2004). Listado florístico de la sierra de santa rosa, guajuato, méxico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (74):31–49.
- McClay, A., Sissons, A., Wilson, C., y Davis, S. (2010). Evaluation of the australian weed risk assessment system for the prediction of plant invasiveness in canada. *Biological Invasions*, 12(12):4085–4098.
- McNeely, J. (2001). *Global Strategy on Invasive Alien Species*. Global Invasive Species Programme. IUCN.

- McVaugh, R. (1984). *Compositae. flora novo-galiciana. a descriptive account of the vascular plants of western mexico.* *Ann Arbor: University of Michigan Press.*
- Mendoza, R. y Koleff, P. (2014). Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo: en especies acuáticas invasoras en México. En *Especies acuáticas invasoras en México.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Menges, E. S. (2000). Population viability analyses in plants: challenges and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(2):51–56.
- Meyer, J.-Y. y Florence, J. (1996). Tahiti's native flora endangered by the invasion of *Miconia calvescens* dc.(melastomataceae). *Journal of Biogeography*, 23(6):775–781.
- Meyerson, L. A. y Mooney, H. A. (2007). Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(4):199–208.
- Mittermeier, R. A. (1997). *Megadiversity: Earth's biologically wealthiest nations.* Agrupacion Sierra Madre.
- Mooney, H. y Hobbs, R. (2000). *Invasive Species in a Changing World.* Invasive Species in a Changing World. Island Press.
- Moravcová, L., Pyšek, P., Jarošík, V., y Pergl, J. (2015). Getting the right traits: reproductive and dispersal characteristics predict the invasiveness of herbaceous plant species. *PloS one*, 10(4):e0123634.
- Muñoz-Iniestra, D., Soler, A., López, G., y Hernández, M. (2013). *Edafología. Manual de métodos de análisis de suelos.* Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Muller-Landau, H. C., Levin, S. A., y Keymer, J. E. (2003). Theoretical perspectives on evolution of long-distance dispersal and the example of specialized pests. *Ecology*, 84(8):1957–1967.
- Muñoz, A and Mendoza, A and Gutiérrez, RE and Morales, MS and others (2009). Especies exóticas invasoras impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio/Sarukhán, J.(Coord. gen.) p. 277-318.*
- Musil, C. (1993). Effect of invasive Australian acacias on the regeneration, growth and nutrient chemistry of South African lowland fynbos. *Journal of Applied Ecology*, pp. 361–372.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Gustavo A B da, F., y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772):853–8. Copyright - Copyright Macmillan Journals Ltd. Feb 24, 2000; Última actualización - 2013-01-25; CODEN - NATUAS.
- Northam, E. y Meyer, W. (2009). Non-native invasive plants of arizona.
- Oduor, A. M., Leimu, R., y van Kleunen, M. (2016). Invasive plant species are locally adapted just as frequently and at least as strongly as native plant species. *Journal of Ecology*, 104(4):957–968.
- Parker, I. M. (2000). Invasion dynamics of *Cytisus scoparius*: a matrix model approach. *Ecological Applications*, 10(3):726–743.
- Parker-Allie, F., Musil, C., y Thuiller, W. (2009). Effects of climate warming on the distributions of invasive eurasian annual grasses: a south african perspective. *Climatic Change*, 94(1):87–103.
- Parkes, J. P. (1993). The ecological dynamics of pest-resource-people systems. *New Zealand Journal of Zoology*, 20(4):223–230.
- Parsons, W. T. y Cuthbertson, E. (2001). *Noxious weeds of Australia*. CSIRO publishing.
- Pérez-Bedmar, M. y Pérez, V. S. (2003). Educación ambiental y especies exóticas: desde las normativas globales hasta las acciones locales. *Revista Ecosistemas*, 12(3).
- Perkins, L. B. y Nowak, R. S. (2013). Native and non-native grasses generate common types of plant?soil feedbacks by altering soil nutrients and microbial communities. *Oikos*, 122(2):199–208.
- Pheloung, P., Williams, P., y Halloy, S. (1999). A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions. *Journal of Environmental Management*, 57(4):239 – 251.
- Phillips, S., Dudik, M., y Schapire, R. (2010). Maxent software for species habitat modeling. *AT&T Labs-Research, Princeton University, and the Center for Biodiversity and Conservation, American Museum of Natural History*. URL: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent>.
- Pimentel, D., McNair, S., Janecka, J., Wightman, J., Simmonds, C., OConnell, C., Wong, E., Russel, L., Zern, J., Aquino, T., y Tsomondo, T. (2001). Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 84(1):1 – 20.

- Pimentel, D., Zuniga, R., y Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the united states. *Ecological economics*, 52(3):273–288.
- Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L., y Brooks, T. M. (1995). The future of biodiversity. *Science*, 269(5222):347.
- Pitt, John L and Virtue, John G and Feuerherdt, Leah J and others (2006). Onion weed: pest or perception? pp. 454–457.
- Price, J., Berney, P., Ryder, D., Whalley, R., y Gross, C. (2011). Disturbance governs dominance of an invasive forb in a temporary wetland. *Oecologia*, 167(3):759–769.
- QGis (2011). Quantum gis geographic information system. *Open source geospatial Foundation project*, 45.
- Queensland Government and University of Queensland (2014). Special edition of environmental weeds of australia for biosecurity queensland.
- R Development Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- Ramírez, G. M. C. (2016). Atlas de plantas exóticas invasoras en el estado de quertaro, sierra gorda, méxico. Servicio social, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramula, S., Knight, T. M., Burns, J. H., y Buckley, Y. M. (2008). General guidelines for invasive plant management based on comparative demography of invasive and native plant populations. *Journal of Applied Ecology*, 45(4):1124–1133.
- Reichard, S. H. (1997). What traits distinguish invasive plants from non-invasive plants. En *Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council Symposium. California Exotic Pest Plant Council*, volumen 2, pp. 31–38.
- Reichard, S. H. y Hamilton, C. W. (1997). Predicting invasions of woody plants introduced into north america. *Conservation Biology*, 11(1):193–203.
- Rejmanek, M. (2000). Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology*, 25(5):497–506.
- Rejmanek, M. y Richardson, D. M. (1996). What attributes make some plant species more invasive? *Ecology*, 77(6):1655–1661.

- Rejmanek, M., Richardson, D. M., Higgins, S. I., Pitcairn, M. J., y Grotkopp, E. (2005). Ecology of invasive plants: state of the art. *SCOPE-SCIENTIFIC COMMITTEE ON PROBLEMS OF THE ENVIRONMENT INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS*, 63:104.
- Richards, C. L., Bossdorf, O., Muth, N. Z., Gurevitch, J., y Pigliucci, M. (2006). Jack of all trades, master of some? on the role of phenotypic plasticity in plant invasions. *Ecology Letters*, 9(8):981–993.
- Richardson, D. M. y Pyšek, P. (2006). Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*, 30(3):409–431.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, 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.
- Rippey, E. y Rowland, B. (2004). *Coastal plants: Perth and the south-west region*. ISBS.
- Rodgers, V. L., Wolfe, B. E., Werden, L. K., y Finzi, A. C. (2008). The invasive species *alliaria petiolata* (garlic mustard) increases soil nutrient availability in northern hardwood-conifer forests. *Oecologia*, 157(3):459–471.
- Russell, G. (2008). *Eradication Program for Onionweed in Arizona*. U.S. Department of Agriculture (USDA).
- Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2004). Manual de malezas de la región de salvatierra, guanajuato. *Flora del Bajío y regiones adyacentes (fascículos complementarios XX)*. CONABIO-INSTITUTO DE ECOLOGIA, AC, CONACYT.
- Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2005). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A. C. and Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., Pátzcuaro, Michoacán.
- Sakai, A., Allendorf, F. W., Holt, J. S., Lodge, D. M., Molofsky, J., With, K. A., Baughman, S., Cabin, R. J., Cohen, J. E., Ellstrand, N. C., McCauley, D. E., O’Neil, P., Parker, I. M., Thompson, J. N., y Weller, S. G. (2001). The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1):305–332.
- Salas-Salmerón, F., de Oca-Durante, I. M., Ramírez-Islas, M., Gutiérrez-Rojas, M., y Volke-Sepúlveda, T. (2007). Fitoextracción de plomo por *asphodelus fistulosus* en un suelo modelo. *XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*.

- Sánchez-Ken, J. G. (2010). *Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán: Asphodelaceae*, volumen Fascículo 79 de 1-8. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Schlesinger, W. H. y Pilmanis, A. M. (1998). Plant-soil interactions in deserts. *Biogeochemistry*, 42(1-2):169–187.
- Sebert-Cuvillier, E., Paccaut, F., Chabrierie, O., Endels, P., Goubet, O., y Decocq, G. (2007). Local population dynamics of an invasive tree species with a complex life-history cycle: a stochastic matrix model. *Ecological Modelling*, 201(2):127–143.
- SEMARNAT (2012). Norma oficial mexicana nom-021-semarnat-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.
- Shafroth, P. B. y Briggs, M. K. (2008). Restoration ecology and invasive riparian plants: an introduction to the special section on *Tamarix spp.* in western north america. *Restoration Ecology*, 16(1):94–96.
- Shine, C., M, K., P, G., S, G., Shyama, P., y U, S. (2008). Technical support to eu strategy on invasive species (ias)–policy options to control the negative impacts of ias on biodiversity in europe and the eu. final report for the european commission. *Institute for European Environmental Policy (IEEP)*.
- Simberloff, D. (2003). How much information on population biology is needed to manage introduced species? *Conservation Biology*, 17(1):83–92.
- Soberón, J. y Town Peterson, A. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species? distributional areas. *University of Kansas*, 2:1–10.
- Stabridis, A., Guevara, A., Mendoza, R., Ramírez, M., Escalera, G., y Koleff, P. (2009.). *Análisis socioeconómico de los efectos de la familia Loricariidae en México: el caso de la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo)*. Comisión para la Cooperación Ambiental, National Library of Canada, Quebec.
- Stiling, P. (2004). Biological control not on target. *Biological Invasions*, 6(2):151–159.
- Stohlgren, T. J. y Schnase, J. L. (2006). Risk analysis for biological hazards: what we need to know about invasive species. *Risk Analysis*, 26(1):163–173.
- Stout, J. C. y Tiedeken, E. J. (2017). Direct interactions between invasive plants and native pollinators: evidence, impacts and approaches. *Functional Ecology*, 31(1):38–46.

- Suter II, G. W. (2016). *Ecological risk assessment*. CRC press.
- Traveset, A. y Santamaría, L. (2004). Consecuencias de la introducción de especies exóticas en la disrupción de los mutualismos en islas. *Ecología Insular. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) y Excmo. Cabildo Insular de La Palma, La Palma*.
- United States Department of Agriculture (2014). *Asphodelus fistulosus* (l) onionweed.
- Valéry, L., Fritz, H., Lefeuvre, J.-C., y Simberloff, D. (2009). Invasive species can also be native? *Trends in Ecology & Evolution*, 24(11):585.
- Vibrans, H. (2009a). Malezas de México:*alternanthera caracasana*.
- Vibrans, H. (2009b). Malezas de México:*asphodelus fistulosus*.
- Vibrans, H. (2009c). Malezas de México:*cenchrus incertus*.
- Vibrans, H. (2009d). Malezas de México:*chloris gayana*.
- Vibrans, H. (2009e). Malezas de México:*chloris virgata*.
- Vibrans, H. (2009f). Malezas de México:*dalea foliolosa*.
- Vibrans, H. (2009g). Malezas de México:*dalea leporina*.
- Vibrans, H. (2009h). Malezas de México:*dyssodia papposa*.
- Vibrans, H. (2009i). Malezas de México:*leonotis nepetifolia*.
- Vibrans, H. (2009j). Malezas de México:*paspalum prostratum*.
- Vibrans, H. (2009k). Malezas de México:*sanvitalia angustifolia*.
- Vibrans, H. (2010). Malezas de México:*leptochloa dubia*.
- Vibrans, H. (2011). Malezas de México:*aristida ternipes*.
- Vilà, M., Espinar, J. L., Hejda, M., Hulme, P. E., Jarošík, V., Maron, J. L., Pergl, J., Schaffner, U., Sun, Y., y Pyšek, P. (2011). Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters*, 14(7):702–708.
- Vila, M. y Weiner, J. (2004). Are invasive plant species better competitors than native plant species?—evidence from pair-wise experiments. *Oikos*, 105(2):229–238.

- Villarreal, Q. (1983). Malezas de buenavista, coahuila,. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila.*
- Villarreal, Q. y Ángel, J. (2003). Familia compositae. *Flora del Baj?o y de regiones adyacentes.*, Fasc?culo 60.
- Villaseñor, J. y Espinosa, F. (1998). *Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario.* Fondo de Cultura Económica, México, DF.
- Villaseñor, J. L. y Espinosa-Garcia, F. (2004). The alien flowering plants of mexico. *Diversity and Distributions*, 10(2):113–123.
- Virtue, J. (2008). South australia weed risk management guide. *Department of Water, Land and Biodiversity Conservation, Adelaide, South Australia.*
- Vitousek, P. M. (1990). Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos*, pp. 7–13.
- Vitousek, P. M. y Walker, L. R. (1989). Biological invasion by myrica faya in hawai'i: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological monographs*, 59(3):247–265.
- West, P. (2002). Invasive plants: their occurrence and possible impact on the central gulf coast of sonora and the midriff islands in the sea of cortés. *Invasive exotic species in the Sonoran Desert region.*
- Williams, D. G. y Baruch, Z. (2000). African grass invasion in the americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions*, 2(2):123–140.
- Williamson, M. (1996). *Biological Invasions*, volumen 15. Springer Science & Business Media.
- Wilsey, B. J. y Polley, H. W. (2006). Aboveground productivity and root–shoot allocation differ between native and introduced grass species. *Oecologia*, 150(2):300–309.
- Wilson, M., Leigh, L., y Felger, R. (2002). Invasive exotic plants in the sonoran desert. *Invasive Exotic Species in the Sonoran Region. University of Arizona Press, Tucson*, pp. 81–90.
- Yurkonis, K. A., Meiners, S. J., y Wachholder, B. E. (2005). Invasion impacts diversity through altered community dynamics. *Journal of Ecology*, 93(6):1053–1061.

Zamudio, S., Jerzy, R., Eleazar, C., y Graciela, C. (1992). *La vegetación del estado de Querétaro. Panorama preliminar*. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío.

Capítulo 5

Anexos



JARDÍN BOTÁNICO REGIONAL DE CADEREYTA
"ING. MANUEL GONZÁLEZ DE COSÍO"

Cadereyta de Montes, Querétaro a 25 de abril de 2017.

Dr. Luis Amado Ayala Pérez.
Coordinador de la Maestría en Ecología Aplicada
Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento que el Biól. Oscar Sandino Guerrero Eloisa con matrícula 2152800703 de la maestría en Ecología Aplicada, concluyó de manera satisfactoria y adecuada las actividades planteadas a desarrollar en su proyecto de maestría en lo referente a *Transferencia de Tecnología*.

Dichas actividades consistieron en:

- Impartición de talleres sobre especies invasoras vegetales.
- Remoción y monitoreo de un cuadrante de la especie invasora *Asphodelus fistulosus* durante un año.
- Realización de herborizados de especies invasoras.
- Sesión informativa con el personal del Jardín Botánico Regional de Cadereyta.

El trabajo se realizó en el periodo febrero 2016 a febrero 2017.

Sin más por el momento quedo a su disposición para cualquier información adicional que desee solicitar.

Ing. Emiliano Sánchez Martínez
Director del Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío"
Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro

C. c Archivo.

5.1. Sistema Australiano de evaluación de riesgo de malezas.

A.	Historia/Biogeografía		Pregunta	Respuesta
1	Domesticación y Cultivo	1.01	Es la especie altamente domesticada? Si la respuesta es 'NO' ir a 2.01	Si
		1.02	¿ Se ha naturalizado la especie?	Si
		1.03	¿ Tiene la especie variedades malezas?	No
2	Clima y Distribución	2.01	La especie se ha adecuado para los climas de México (0-bajo, 1-intermedio, 2-alto)	1
		2.02	Calidad de los datos del clima (0-bajo, 1-intermedio, 2-alto)	1
		2.03	Amplia adaptabilidad climática (versatilidad medioambiental)	Si
		2.04	Nativo o naturalizado en regiones con periodos de sequía prolongados	Si
		2.05	¿Tiene la especie una historia de introducciones repetidas fuera de su distribución natural?	Si
3	Invasora en otros lugares	3.01	Maleza naturalizada fuera de su distribución nativa	Si
		3.02	Maleza en zonas de disturbio o jardín	Si
		3.03	Maleza de agricultura/horticultura o forestal	Si
		3.04	Maleza ambiental	Si
		3.05	Maleza con-genérica	No

B. Biología/Ecología				
4	Rasgos indeseable	4.01	Produce espinas	No
		4.02	Alelopática	No
		4.03	Parásita	No
		4.04	Desagradable para los animales de pastoreo	Si
		4.05	Tóxica para los animales	No
		4.06	Hospedero de plagas y patógenos reconocidos	No
		4.07	Provoca alergias o es tóxico para los seres humanos	No
		4.08	Puede provocar incendios en ecosistemas naturales	No
		4.09	Es una planta tolerante a la sombra en alguna etapa de su ciclo de vida	Si
		4.10	Crece en suelos infértiles	No
		4.11	Hábito de crecimiento de enredadera	No
		4.12	Forma matorrales densos	Si
5	Tipo de Planta	5.01	Acuática	No
		5.02	Pasto	No
		5.03	Planta leñosa fijadora de nitrógeno	No
		5.04	Geófita	No
6	Reproducción	6.01	Evidencia de falla reproductiva sustancial en el hábitat natural	No
		6.02	Produce semillas viables	Si
		6.03	Hibridiza naturalmente	No
		6.04	Autofertilización	No
		6.05	Requiere polinizadores específicos	No
		6.06	Reproducción por propagación vegetativa	No
		6.07	Tiempo mínimo generativo (años)	1
7	Mecanismos de dispersión	7.01	Propágulos pueden dispersarse involuntariamente	Si
		7.02	Propágulos dispersados intencionalmente por la gente	Si
		7.03	Propagulos pueden dispersarse como contaminante de un producto	Si
		7.04	Propágulos adaptados a la dispersión por viento	No
		7.05	Propágulos flotantes	No
		7.06	Propágulos dispersados por aves	No
		7.07	Propagulos dispersados por otros animales (externamente)	Si
		7.08	Propagulos dispersados por otros animales (internamente)	No

8	Atributos de persistencia	8.01	Producción de semillas prolífica	Si	
		8.02	La evidencia de que se forma un banco de semillas persistente (>1 año)	Si	
		8.03	Se puede controlar por herbicidas	Si	
		8.04	Tolera o se beneficia de la mutilación, cultivo o el fuego	Si	
		8.05	Enemigos naturales efectivos presentes en México	No	
				Resultado	Rechazada
				Valor	13
Resultado dividido		Biogeografía		8	
		Rasgos indeseables		3	
		Biología/Ecología		2	
Preguntas contestadas		Biogeografía		8	
		Rasgos indeseables		12	
		Biología/Ecología		24	
				Total	44
Sector afectado		Agricultura		9.5	
		Ambiental		9	

Respuestas

- 1.01 Naturalizada en el Reino Unido, Nueva Zelanda, regiones de Asia tropical, América del sur y la parte sur de Estados Unidos (Government of South Australia, 2005) . Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004). En Arizona la poblaciones se encuentran en Sedona, Tombstone, Bisbee y Sierra Vista a las orillas de las carreteras y áreas urbanas (Northam y Meyer, 2009).
- 1.02 Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004).
- 1.03 _____
- 2.01 Es de origen Mediterráneo, actualmente se está extendiendo en muchas partes de la República Mexicana (Vibrans, 2009b). Se encuentra en los Estados de Coah, Dgo, Gto, Hgo, Edo Mex, N.L., Qro, S.L.P., Tamps, Tlax, Ver (Villaseñor y Espinosa, 1998). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004). Presente en regiones semisecas, llegándose a observar en vegetación de matorral natural (Vibrans, 2009b).

- 2.02 Los datos climáticos fueron obtenidos del portal <http://www.worldclim.org/bioclim>.
- 2.03 Naturalizada en el Reino Unido, Nueva Zelanda, regiones de Asia tropical, América del sur y la parte sur de Estados Unidos (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004).
- 2.04 Se encuentra en los Estados de Coah, Dgo, Gto, Hgo, Edo Mex, N.L., Qro, S.L.P., Tamps, Tlax, Ver, (Villaseñor y Espinosa, 1998). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004).
- 2.05 Naturalizada en el Reino Unido, Nueva Zelanda, regiones de Asia tropical, América del sur y la parte sur de Estados Unidos (Government of South Australia, 2005). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004).
- 3.01 Naturalizada en el Reino Unido, Nueva Zelanda, regiones de Asia tropical, América del sur y la parte sur de Estados Unidos. En Australia se encuentra en los estados de New South Wales, Victoria, Queensland, Sur Australia, Tanzania y Australia Occidental (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004). Presente en los Estados de California, Nuevo México y Texas. Catalogada como maleza nociva de clase A en Alabama, Carolina del Norte Nuevo México y Vermont, maleza nociva en California, maleza nociva prohibida en Massachusetts y Minnesota, maleza cuarentenaria en California y Oregón, y una peste en Carolina del Sur (United States Department of Agriculture, 2014). Maleza nociva federal en Estados Unidos, en Arizona la poblaciones se encuentran en Sedona, Tombstone, Bisbee y Sierra Vista a las orillas de las carreteras y áreas urbanas (Northam y Meyer, 2009).
- 3.02 Se encuentra en regiones semisecas, llegándose a observar en vegetación de matorral natural (Vibrans, 2009b). Se encuentra en orilla de carretera cubriendo grandes parches de vegetación (observación personal)
- 3.03 Se desarrolla en forma masiva donde existe una mayor degradación de la capa arbórea (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos, logrando Competir exitosamente con cultivos de cereal, invade praderas y zonas con disturbio (Queensland Government and University of Queensland, 2014).

- 3.04 Puede invadir vegetación natural en regiones secas (Vibrans, 2009b). En México en la Sierra de Santa Rosa, Gto. *A. fistulosus* se desarrolla en forma masiva comportándose en la mayoría de los casos como invasoras (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Se encuentra en praderas, dunas costeras, orilla de carreteras, cultivos, y zonas con disturbio, en especial aquellos de vegetación dispersa. Se establece en praderas en periodos post-incendio (Di Tomaso *et al.*, 2013). Habita en matorral xerófilo y vegetación secundaria del mismo, en áreas rocosas y arenosas, en elevaciones entre 1600-2340 m.s.n.m. (Sánchez-Ken, 2010).
- 3.05 _____
- 4.01 _____
- 4.02 _____
- 4.03 _____
- 4.04 Es de sabor desagradable para el ganado y aparentemente para los de vida silvestre (Russell, 2008). *A. fistulosus* es dañina para el ganado (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 4.05 _____
- 4.06 _____
- 4.07 _____
- 4.08 _____
- 4.09 En campo se observo que la especie es capaz de germinar cuando los semilla se encuentra bajo roca, los experimento de laboratorio mostraron que el porcentaje de germinación en ausencia de luz se mantiene al menos en periodo de un año.
- 4.10 _____
- 4.11 _____
- 4.12 Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Se desarrolla en forma masiva donde existe una mayor degradación de la capa arbórea (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Las infestaciones de esta especie

crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Se observa cubriendo parte de la vía carretera sobre la autopista México-Querétaro, carretera Matehuala-Salttillo y Palmillas-Miquihuana (observación personal). La introducción de la especie en el Valle de México es relativamente reciente; las poblaciones más grandes se encuentran en el oeste a lo largo de la autopista México Querétaro, pero hay algunas poblaciones en otras partes, sobre todo en el este del Valle. También hay poblaciones grandes y en expansión a lo largo de la autopista al este de Puebla, hasta el límite con Veracruz (Vibrans, 2009b).

- 5.01 _____
- 5.02 _____
- 5.03 _____
- 5.04 _____
- 6.01 _____
- 6.02 *A. fistulosus* germina a través del año usualmente antes de las lluvias de verano, prefiere luz, suelos neutrales a alcalinos, presente en áreas donde la vegetación es escasa (Pitt *et al.*, 2006). Tiene una alta tasa de producción de semillas, típica de plantas invasoras que se desarrollan rápido para ocupar un sitio vacío (Government of South Australia, 2005). Florece y fructifica casi durante todo el año (Sánchez-Ken, 2010). En los experimentos de ausencia de luz, saturación hídrica y efecto de herbicida la especie tiene germinación constante en un periodo anual (experimentos realizados en el presente trabajo).
- 6.03 _____
- 6.04 _____
- 6.05 _____
- 6.06 _____
- 6.07 Las semillas de *A. fistulosus* colectadas en Cadereyta germinan como mínimo dentro de los tres primeros meses (experimentos personales).
- 7.01 Las semillas pueden dispersarse por el viento, agua o adheridas a animales o vehículos (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Su distribución a lo largo de las carreteras es evidente, contribuida por el agua, viento (Pitt *et al.*, 2006).

- 7.02 Por lo atractivo de sus flores y apariencia, es utilizada como planta ornamental, suele convertirse en un problema por lo prolífico de sus semillas y puede establecer grandes poblaciones (Russell, 2008).
- 7.03 Las semillas pueden dispersarse por maquinaria, productos de agricultura o vehículos, maquinaria de cultivo y los animales (Pitt *et al.*, 2006; Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 7.04 _____
- 7.05 _____
- 7.06 _____
- 7.07 Las semillas pueden dispersarse adheridas a animales (Pitt *et al.*, 2006; Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 7.08 _____
- 8.01 Tiene una alta tasa de producción de semillas, típica de plantas invasoras que se desarrollan rápido para ocupar un sitio vacío (Government of South Australia, 2005). Una planta reproductiva puede generar entre 1 y 250 espigas, cada espiga presenta entre 1 y 19 frutos y cada fruto contiene 6 semillas (observaciones personales).
- 8.02 En los experimentos de germinación realizados durante un año en este trabajo (250 semillas por tratamiento) se observó que con luz durante la especie germina > 80% y saturación hídrica entre 10% y 30%.
- 8.03 No existe un herbicida específico que funcione de manera eficiente contra *A. fistulosus* (Government of South Australia, 2005). Entre los químicos utilizados para el control de *A. fistulosus* destacan aquellos que restringen el crecimiento como el caso del piroclam + 2,4-D, los aminoácidos aromáticos como el glifosato o glifosato + 2,4-D, los inhibidores de las cadenas de aminoácidos como el clorsulfuron o el metsulfuron (Di Tomaso *et al.*, 2013).
- 8.04 En zonas de cultivo la especie suele persistir ya que solo se realiza una remoción y no un control de la planta; las plantas adultas de con gran cantidad de hojas se ven afectadas en el exterior quedando las internas que permiten su persistencia (observaciones personales), se establece en praderas en periodos post-incendio (Di Tomaso *et al.*, 2013).
- 8.05 _____

5.2. Guía de riesgo para la evaluación de malezas del sur de Australia.

1) RIESGO COMPARADO DE MALEZA

Invasividad		
1	¿Cuál es la capacidad de la maleza para establecer entre plantas existentes?	Total
Muy alto []	”Plántulas”se establecen fácilmente dentro de la vegetación densa o entre las infestaciones gruesas de otras malas hierbas.	3
Alto []	”Plántulas”se establecen fácilmente dentro de la vegetación más abierta o entre las infestaciones promedio de otras malezas.	2
Medio [X]	”Plántulas se establecen principalmente cuando ha habido alteración moderada a la vegetación existente lo que reduce la competencia. Esto podría incluir el pastoreo intensivo, la siega, el rastrillos, limpieza de arboles, inundaciones temporales o sequías.	1
Bajo []	”Plantulas”necesitan principalmente suelo desnudo para establecer incluyendo la remoción de rastrojo / basura de hojas. Esto ocurrirá después de grandes perturbaciones como el cultivo, el pastoreo excesivo, incendios, las inundaciones a largo plazo o las sequías prolongadas.	0
Se desconoce []		?
2	¿Cuál es la tolerancia de malezas a las prácticas de manejo de malezas promedio en el uso de la tierra?	Total
Muy alto []	Más del 95 % de las malas hierbas sobreviven a las prácticas habituales de manejo de malezas.	3
Alto [X]	Más del 50 % de las malas hierbas sobreviven	2
Medio []	Menos del 50 % de las malas hierbas sobreviven	1
Bajo []	Menos del 5 % de las malezas sobreviven.	0
Se desconoce []		?

3		¿Cuál es la capacidad reproductora de la maleza en el uso de la tierra?						(a+b+c)	Total
A) Tiempo hasta la siembra		B) Conjunto de semillas		C) Reproducción vegetativa		Alta		5 o 6	3
1 año	X-2	Alto	X-2	Rápida	2	Media-alta	3 o 4	2	
2 - 3 años	1	Bajo	1	Baja	1	Media-baja	1 o 2	1	
>3 años/nunca	0	Ninguna	0	Ninguna	X-0	Baja	0	0	
Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	?	?	
4		¿Qué tan probable es la dispersión a larga distancia (>100 m) por medios naturales?						a+b+c+d	Total
A) Aves		B) Otros animales		C) Agua		D) Viento		6,7 o 8	3
Común	2	Común	2	Común	2	Común	2	3, 4 o 5	2
Ocasional	1	Ocasional	X-1	Ocasional	X-1	Ocasional	1	1 o 2	1
Improbable	0	Improbable	0	Improbable	0	Improbable	0	0	0
Se desconoce	X-?	Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	X-?		?
5		¿Qué tan probable es la dispersión a larga distancia (>100 m) por medios humanos?						a+b+c+d	Total
A) Propagación deliberada por gente		B) Accidentalmente por gente y vehiculos		C) Productos contaminados		D) Animales domésticos o de granja		6,7 o 8	3
Común	X-2	Común	X-2	Común	2	Común	2	3, 4 o 5	2
Ocasional	1	Ocasional	1	Ocasional	X-1	Ocasional	1	1 o 2	1
Improbable	0	Improbable	0	Improbable	0	Improbable	0	0	0
Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	X-?		?

Impactos		
1	¿ La maleza reduce el establecimiento de las plantas nativas?	Puntaje
<input checked="" type="checkbox"/> >50% reducción	La maleza detiene el establecimiento de más del 50% de las plantas ativas (por ejemplo, regeneración de pastos, siembras, árboles lantados, regeneración de vegetación nativa), evitando la germinación y/o matando plántulas.	3
<input type="checkbox"/> 10-50% reducción	La maleza detiene el establecimiento de entre el 10% y el 50% de las plantas nativas.	2
<input type="checkbox"/> <10% reducción	La maleza detiene el establecimiento de menos del 10% de las plantas nativas.	1
<input type="checkbox"/> Ninguna	La maleza no afecta la germinación y la supervivencia de las plantas nativas.	0
<input type="checkbox"/> Se desconoce		?
2	¿ La maleza reduce el rendimiento o cantidad de vegetación nativa?	Puntaje
<input type="checkbox"/> >50% reducción	La maleza reduce el rendimiento de cultivos, pastizales o forestales, o la cantidad de vegetación nativa madura en más del 50%.	4
<input checked="" type="checkbox"/> 25-50% reducción	La maleza reduce el rendimiento o la cantidad de vegetación nativa entre un 25% y un 50%.	3
<input type="checkbox"/> 10-25% reducción	La maleza reduce el rendimiento o la cantidad de vegetación nativa entre un 10% y un 25%.	2
<input type="checkbox"/> <10% reducción	La maleza reduce el rendimiento o la cantidad de vegetación nativa en hasta un 10%.	1
<input type="checkbox"/> Ninguna	La maleza no tiene efecto sobre el crecimiento de la vegetación nativa, o puede convertirse en una vegetación deseable en ciertas épocas del año (p. ej. proporcionando alimento de verano útil), que equilibra su reducción en el crecimiento de otras plantas nativas.	0
<input type="checkbox"/> Se desconoce		?

3	¿ Reduce la maleza la calidad de los productos o servicios obtenidos del uso de la tierra?	Puntaje
[] Alta	La maleza reduce severamente la calidad del producto de tal manera que no puede ser vendida. Esto puede deberse a una grave contaminación, toxicidad, contaminación y/o anomalías (químicas y/o físicas). Para la vegetación nativa, la maleza reduce severamente la biodiversidad (plantas y animales) de tal manera que no es apta para la conservación de la naturaleza y / o el turismo basado en la naturaleza. Para las zonas urbanas, la maleza causa graves daños estructurales a la infraestructura física, como edificios, carreteras y senderos.	3
[] Media	La maleza reduce sustancialmente la calidad del producto de tal manera que se vende a un precio mucho menor para un uso de bajo grado. Para la vegetación nativa, la maleza reduce sustancialmente la biodiversidad de tal manera que se da menos prioridad a la conservación de la naturaleza y/o al turismo basado en la naturaleza. Para las áreas urbanas, la maleza causa algún daño estructural a la infraestructura física como edificios, carreteras y senderos.	2
[X] Baja	La maleza reduce ligeramente la calidad del producto, bajando su precio, pero pasando como producto de primer grado. Para la vegetación nativa, la maleza sólo tiene efectos marginales sobre la biodiversidad pero es visualmente obvia y degrada la apariencia natural del paisaje. Para las áreas urbanas, la maleza causa daños estructurales insignificantes, pero reduce la estética de un área a través de una apariencia visual desordenada y/o olor desagradable.	1
[] Ninguna [] Se desconoce	La maleza no afecta la calidad de los productos o servicios.	0 ?
4	¿La maleza restringe el movimiento físico de personas, animales, vehículos, maquinaria y/o agua?	Puntaje
[] Alta	Las infestaciones de malezas son impenetrables en todo el año, impidiendo el movimiento físico de personas, animales, vehículos, maquinaria o agua.	3
[] Media	Las infestaciones de malezas rara vez son impenetrables, pero ralentizan considerablemente el movimiento físico de personas, animales, vehículos, maquinaria y/o agua a lo largo del año.	2
[X] Baja	Las infestaciones de malezas nunca son impenetrables, pero disminuyen considerablemente el movimiento físico de personas, animales, vehículos, maquinaria y/o agua en ciertas épocas del año o proporcionan una obstrucción menor durante todo el año.	1
[] Ninguna [] Se desconoce	La maleza no tiene ningún efecto en el movimiento.	0 ?

5	¿ La maleza afecta la salud de los animales y/o las personas?				Puntaje
<input type="checkbox"/> Alta	La maleza es altamente tóxica y frecuentemente causa muerte y/o enfermedad severa en personas y/o animales nativos.				3
<input type="checkbox"/> Media	La maleza ocasionalmente causa lesiones físicas significativas (debido a espinas o púas) y/o enfermedad significativa (envenenamiento crónico, alergias fuertes) en personas, y/o animales nativos, ocasionando ocasionalmente la muerte.				2
<input checked="" type="checkbox"/> Baja	La maleza puede causar lesiones físicas leves o enfermedades leves en personas y/o animales nativos, sin efectos duraderos.				1
<input type="checkbox"/> Ninguna	La maleza no afecta la salud de los animales o las personas.				0
<input type="checkbox"/> Se desconoce					?
6	¿ Tiene la maleza efectos importantes, positivos o negativos sobre el ambiente?				
Puntuación a-f	<input type="checkbox"/> Mayor efecto positivo -1 MEP	<input type="checkbox"/> Mayor efecto negativo 1 MEN	<input type="checkbox"/> Menor o ningún efecto 0 MNE	<input type="checkbox"/> Se desconoce ? SD	
A) Alimento/refugio?	Ejemplos de efectos negativos son la mora que alberga conejos y malezas que albergan enfermedades de las raíces del trigo. Un efecto positivo del ejemplo es <i>Lycium ferocissimum</i> que proporciona el alimento común. Ignore los pastos para el ganado ya que esto fue cubierto en la pregunta 2. SD				
B) Incremento en el regimen de fuego?	Esto incluye cambios en la frecuencia normal, intensidad y / o tiempo de los incendios. Ejemplos de malezas que tienen efectos importantes incluyen hierbas exóticas que invaden vegetación arbórea nativa. SD Por ejemplo, las leguminosas pueden aumentar el nitrógeno del suelo.				
C) Aumentar los niveles de nutrientes?	Esto puede hacer la vegetación nativa más propensa a la invasión por otras malezas, pero sería beneficioso en la agricultura. Ignorar la competencia por los nutrientes (disminución de los niveles de nutrientes), ya que fue cubierto indirectamente en la pregunta 2. MNE				
D) Salinidad del suelo?	¿Las hojas de la hierba son altas en sal? La descomposición de las hojas puede aumentar la salinidad en la superficie del suelo. Las plantas de ejemplo son <i>Carpobrotus edulis</i> y <i>Tamarix sp.</i> SD				
E) Estabilidad del fuego?	¿La maleza aumenta la erosión del suelo o el sedimento del curso de agua? SD				
F) Agua del suelo?	¿La hierba sube o baja sustancialmente la tabla de agua del suelo en comparación con otras plantas presentes? ¿Es esto positivo o negativo? Ignorar la competencia por el agua ya que esto fue cubierto en la pregunta 2. SD				
Total (a+b+c+d+e+f)	>3	2 o 3	1	0 o menos	
Puntuación a-f	3	2	1	0	

Distribución potencial		
1	En el mapa ¿ Qué porcentaje del área de uso de la tierra es ocupado por la maleza?	Puntaje
<input type="checkbox"/> >80 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse a más del 80 % del territorio.	10
<input type="checkbox"/> 60-80 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 60 % y 80 % del territorio.	8
<input type="checkbox"/> 40-60 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 40 % y 60 % del territorio.	6
<input checked="" type="checkbox"/> 20-40 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 20 % y 40 % del territorio.	4
<input type="checkbox"/> 10-20 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 10 % y 20 % del territorio.	2
<input type="checkbox"/> 5-10 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 5 % y 10 % del territorio.	1
<input type="checkbox"/> 1-5 % del territorio	La especie invasora tiene un potencial para extenderse entre el 1 % y 5 % del territorio.	0.5
Se desconoce	La especie invasora no tiene un potencial para extenderse en el territorio.	0
		?

2) VIABILIDAD DE CONTENCIÓN

Costos de Control									
1	¿Qué tan detectable es la maleza?				Total (a+b+c+d)	Puntaje			
(A) Altura a la madurez	(B) Crecimiento de brotes	(C) Características distintivas	(D) Altura prereproductiva en relación a otra vegetación	7 o 8	3				
<input type="checkbox"/> <0.5 m	2	<input type="checkbox"/> <4 meses	2	<input type="checkbox"/> No distinguible	2	5 o 6	2		
<input checked="" type="checkbox"/> 0.5-2 m	1	<input type="checkbox"/> 4-8 meses	1	<input checked="" type="checkbox"/> A veces distinguible	1	<input type="checkbox"/> Altura similar	1	3 o 4	1
<input type="checkbox"/> >2 m	0	<input type="checkbox"/> >8 meses	0	<input type="checkbox"/> Siempre distinguible	0	<input type="checkbox"/> Por encima del dosel	0	0, 1 o 2	0
Se desconoce	?	<input checked="" type="checkbox"/> Se desconoce	?	Se desconoce	?	Se desconoce	?	?	?
2	¿Cuál es la accesibilidad en las infestaciones conocidas?				Puntaje				
<input type="checkbox"/> Baja	La mayoría de los sitios de infestación son de difícil acceso				2				
<input checked="" type="checkbox"/> Media	La mayoría de los sitios de infestación son fácilmente accesibles				1				
<input type="checkbox"/> Alta	Todos los sitios de infestación son fácilmente accesibles				0				
<input type="checkbox"/> No presente	No se sabe que está presente en el territorio				0				
<input type="checkbox"/> Se desconoce					?				
3	¿Qué tan caro es el control de la maleza, usando técnicas que maximizan la eficacia y minimizan el daño fuera del objetivo?				Puntaje				
(A) Costos de operación de productos químicos, combustible y equipo	(B) Costos laborales		Total a + b	Total (0-8)					
<input type="checkbox"/> Muy alto	4	<input type="checkbox"/> Muy alto	4						
<input type="checkbox"/> Alto	3	<input type="checkbox"/> Alto	3						
<input checked="" type="checkbox"/> Medio	2	<input checked="" type="checkbox"/> Medio	2						
<input type="checkbox"/> Bajo	1	<input type="checkbox"/> Bajo	1						
<input type="checkbox"/> No aplica	0	<input type="checkbox"/> No aplica	0						
<input type="checkbox"/> Se desconoce	?	<input type="checkbox"/> Se desconoce	?						

4	¿Cuál es el nivel probable de cooperación de los propietarios de tierras en el uso de la tierra en riesgo?	Puntaje
<input type="checkbox"/> Bajo	El control de malezas rara vez se lleva a cabo en el uso de la tierra. El costo del control está más allá de la capacidad financiera y técnica de los propietarios.	2
<input type="checkbox"/> Medio	El control de la maleza requerirá un cambio significativo en las prácticas existentes de manejo de malezas, pero esto estará dentro de la capacidad financiera y técnica de los propietarios	1
<input checked="" type="checkbox"/> Alto	El control de la maleza requerirá un cambio mínimo en las prácticas existentes de manejo de malezas.	0
<input type="checkbox"/> Se desconoce		?

Distribución actual		
1	¿ Qué porcentaje del área está actualmente infestada por la maleza?	Puntaje
<input type="checkbox"/> >80 % del uso del suelo	La maleza infesta más del 80 % del uso del suelo.	10
<input type="checkbox"/> 60 %-80 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 60 %-80 % del uso del suelo.	8
<input checked="" type="checkbox"/> 40 %-60 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 40 %-60 % del uso del suelo.	6
<input type="checkbox"/> 20 %-40 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 20 %-40 % del uso del suelo.	4
<input type="checkbox"/> 10 %- 20 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 10 %- 20 % del uso del suelo.	2
<input type="checkbox"/> 5 %-10 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 5 %-10 % del uso del suelo.	1
<input type="checkbox"/> 5 %-1 % del uso del suelo.	La maleza infesta entre el 5 %-1 % del uso del suelo.	0.5
<input type="checkbox"/> <del 1 % del uso del suelo.	La maleza está presente en el uso del suelo pero infesta menos del 1 %.	0.1
<input type="checkbox"/> 0 % del uso de la tierra, pero 20-40 % del territorio	No se sabe que la maleza está presente en el uso de la tierra pero infesta entre el 20 %-40 % del territorio.	2
<input type="checkbox"/> 0 % del uso de la tierra, pero 10-20 % del territorio	No se sabe que la maleza está presente en el uso de la tierra, pero infesta entre el 10 %-20 % del territorio.	1
<input type="checkbox"/> 0 % del uso de la tierra, pero 5-10 % del territorio	No se sabe que la maleza esté presente en el uso de la tierra, pero infesta entre el 5 %-10 % del territorio.	0.5
<input type="checkbox"/> 0 % del uso de la tierra, pero 1-5 % del territorio	No se sabe que la maleza está presente en el uso de la tierra, pero infesta 1-5 % del territorio.	0.1
<input type="checkbox"/> 0 % del territorio	No se sabe que la maleza está presente en el uso de la tierra, pero infesta <1 % del territorio. O la especie no está naturalizada en el territorio pero se cultiva (por ejemplo, aceitunas).	0.05
<input type="checkbox"/> Se desconoce	La especie no esta presente en el territorio	0
2	¿Cuál es el patrón de la distribución de malezas en el territorio?	Puntaje
<input type="checkbox"/> Extendido	Las malezas se producen en grandes y pequeñas infestaciones en la mayor parte del territorio.	2
<input type="checkbox"/> Uniformemente disperso	Las malezas se presentan como discretas, principalmente pequeñas infestaciones en gran parte del territorio.	1
<input checked="" type="checkbox"/> Restingido	Las malezas están localizadas en 1-2 cientos de km del territorio. O la hierba no se sabe que se naturalizó en el territorio.	0
<input type="checkbox"/> No presente	No se sabe que la maleza esté presente en el territorio	0
<input type="checkbox"/> Se desconoce	110	?

Persistencia			
1	¿ Qué tan efectivos son los tratamientos de control dirigidos aplicados a las infestaciones de la maleza?		Puntaje
<input type="checkbox"/> Bajo	Más del 25 % de la maleza sobrevive al tratamiento(s) anuales.		3
<input checked="" type="checkbox"/> Medio	Hasta un 25 % de la maleza sobrevive al (los) tratamiento(s) anual(es).		2
<input type="checkbox"/> Alto	Hasta un 5 % de la maleza sobrevive al (los) tratamiento(s) anual(es).		1
<input type="checkbox"/> Muy alto	Hasta un 1 % de la maleza sobrevive al (los) tratamiento(s) anual(es).		0
<input type="checkbox"/> Se desconoce			?
2	¿Cuál es el período mínimo de reproducción de los propágulos sexuales o vegetativos?		Puntaje
<input type="checkbox"/> <1 mes	Tiempo mínimo de generación <1 mes.		3
<input checked="" type="checkbox"/> <1 año	Tiempo mínimo de generación 1-12 meses.		2
<input type="checkbox"/> <2 año	Tiempo mínimo de generación 12-24 meses.		1
<input type="checkbox"/> >2 años	Tiempo mínimo de generación <24 meses.		0
Se desconoce			?
3	¿Cuál es la longevidad máxima de los propágulos sexuales o vegetativos?		Puntaje
<input type="checkbox"/> >5 años	Los propágulos sexuales o vegetativos pueden permanecer latentes durante al menos 5 años.		2
<input type="checkbox"/> 2-5 años	Los propágulos sexuales o vegetativos pueden permanecer latentes durante 2-5 años.		1
<input checked="" type="checkbox"/> <2 años	Los propágulos sexuales o vegetativos pueden permanecer latentes menos de 2 años.		0
<input type="checkbox"/> Se desconoce			?
4	¿Probabilidad de que nuevos propágulos continúen llegando a sitios de control o inicien infestaciones?		Puntaje
(A) Dispersión de larga distancia por medios naturales	(B) Crecimiento	Total (a+b)	
<input type="checkbox"/> Frecuente	2 <input type="checkbox"/> Comúnmente plantado	2	4
<input type="checkbox"/> Ocasional	1 <input checked="" type="checkbox"/> Ocasionalmente plantado	1	2-3
<input type="checkbox"/> Rara vez	0 <input type="checkbox"/> No se planta	0	1
<input checked="" type="checkbox"/> Se desconoce	? <input type="checkbox"/> Se desconoce	?	0
			Se desconoce
			?

3) DETERMINACIÓN DE PRIORIDADES

RIESGO DE MALEZAS	VIABILIDAD DE LA CONTENCIÓN				
	Despreciable >113	Baja >56	Medio >31	Alta >14	Muy alta >14
Despreciable >113	Acción limitada	Acción limitada	Acción limitada	Acción limitada	Monitoreo
Baja >56	Acción limitada	Acción limitada	Acción limitada	Monitoreo	Monitoreo
Medio >31	Manejo de sitios	Manejo de sitios	Manejo de sitios	Proteger sitios	Contener propagación
Alta >14	Manejo de maleza	Manejo de maleza	Proteger sitios	Contener propagación	Destruir infestaciones
Muy alta >14	Manejo de maleza	Proteger sitios y manejo de maleza	Contener propagación	Destruir infestaciones	Erradicar

A
L
E
R
T
A**Respuestas**

- 1.1.1 Se encuentra en praderas, dunas costeras, orilla de carreteras, cultivos, y zonas con disturbio, en especial aquellos de vegetación dispersa. Se establece en praderas en periodos post-incendio (Di Tomaso *et al.*, 2013).
- 1.1.2 La limpieza de carreteras y zonas afectadas por la invasión de *A. fistulosus* se realiza mediante poda, lo que permite que la planta siga en el sitio persistiendo y el banco de semillas siga presente en el área afectada (observación personal)
- 1.1.3.1 Tiene una alta tasa de producción de semillas, típica de plantas invasoras que se desarrollan rápido para ocupar un sitio vacío (Government of South Australia, 2005). En las semillas colectadas en Querétaro (2015) se observó que la viabilidad de estas no se pierde durante un año.
- 1.1.3.2 *A. fistulosus* germina a través del año usualmente antes de las lluvias de verano, prefiere luz, suelos neutrales a alcalinos, presente en áreas donde la vegetación es escasa (Pitt *et al.*, 2006). Tiene una alta tasa de producción de semillas, típica de plantas invasoras que se desarrollan rápido para ocupar un sitio vacío (Government of South Australia, 2005). Florece y fructifica casi durante todo el año (Sánchez-Ken, 2010). En los experimentos de ausencia de luz, saturación hídrica y efecto de herbicida la especie tiene germinación constante en un periodo anual (experimentos realizados en el presente trabajo).
- 1.1.3.3 La especie solo se reproduce mediante semillas

- 1.1.4.1 _____
- 1.1.4.2 Las semillas pueden dispersarse adheridas a animales (Pitt *et al.*, 2006; Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.1.4.3 Las semillas pueden dispersarse por el viento o agua, (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Su distribución a lo largo de las carreteras es evidente, contribuida por el agua y viento (Pitt *et al.*, 2006).
- 1.1.4.4 _____
- 1.1.5.1 Por lo atractivo de sus flores y apariencia, es utilizada como planta ornamental, suele convertirse en un problema por lo prolífico de sus semillas y puede establecer grandes poblaciones (Russell, 2008).
- 1.1.5.2 Las semillas pueden dispersarse por maquinaria o vehículos (Pitt *et al.*, 2006; Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.1.5.3 Las semillas pueden dispersarse por maquinaria de cultivo, productos de agricultura o vehículos (Pitt *et al.*, 2006; Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.1.5.4 _____
- 1.2.1 Se desarrolla en forma masiva donde existe una mayor degradación de la capa arbórea (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.2.2 Puede invadir vegetación natural en regiones secas (Vibrans, 2009b). En México en la Sierra de Santa Rosa, Gto. *A. fistulosus* se desarrolla en forma masiva comportándose en la mayoría de los casos como invasoras (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004). Se encuentra en praderas, dunas costeras, orilla de carreteras, cultivos, y zonas con disturbio, en especial aquellos de vegetación dispersa. Se establece en praderas en periodos post-incendio (Di Tomaso *et al.*, 2013). Habita en matorral xerófilo y vegetación secundaria del mismo, en áreas rocosas y arenosas, en elevaciones entre 1600-2340 m.s.n.m. (Sánchez-Ken, 2010). Compete exitosamente con cultivos de cereal, invade praderas y zonas con disturbio (Queensland Government and University of Queensland, 2014).

- 1.2.3 Se encuentra en regiones semisecas, llegándose a observar en vegetación de matorral natural (Vibrans, 2009b). Se encuentra en orilla de carretera cubriendo grandes parches de vegetación (observación personal) Compite exitosamente con cultivos de cereal, invade praderas y zonas con disturbio (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.2.4 Se encuentra en regiones semisecas, llegándose a observar en vegetación de matorral natural (Vibrans, 2009b). Se encuentra en orilla de carretera cubriendo grandes parches de vegetación (observación personal). Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.2.5 Es de sabor desagradable para el ganado y aparentemente para los de vida silvestre (Russell, 2008). *A. fistulosus*. es dañina para el ganado (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- 1.2.6.1 _____
- 1.2.6.2 _____
- 1.2.6.3 _____
- 1.2.6.4 _____
- 1.2.6.5 _____
- 1.2.6.6 _____
- 1.3.1 La especie se reporta para mas de la mitad de Estados de México, el mapa de distribución potencial realizado en el presente trabajo muestra que la especie cubriría ciertas zonas menor al 50% de extensión de la República.
- 2.1.1.1 Hierba perenne de hasta 65 cm de altura (Rzedowski y Rzedowski, 2005).
- 2.1.1.2 _____
- 2.1.1.3 Durante la floración se distingue fácilmente respecto a la vegetación nativa, ya que suele establecerse en parches de vegetación y su flor blanca sobresale.
- 2.1.1.4 Hierba perenne, llegándose a observar en vegetación de matorral natural (Vibrans, 2009b).

- 2.1.2 Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014). Se comporta como elemento ruderal y como invasor en zonas con vegetación secundaria derivada de pastizales (Galván y Martínez, 2006).
- 2.1.3.1 Durante el periodo de monitoreo, realizo un gasto de \$1,500 a \$1,700 mensuales, en seis meses el costo ascendió a \$9,600 a \$10,000. Este costo comprende solo transporte hacia el sitio de monitoreo.
- 2.1.3.2 Se estima que el costo de trabajo seria de \$1,894.08, este costo es para dos trabajadores por un día de trabajo al mes.
- 2.1.4 La limpieza de sitios invadidos por la especie se realiza mediante poda en la cual no hay una remoción de toda la planta, la limpieza requiere la extracción completa.
- 2.2.1 Se encuentra en los Estados de Coah, Dgo, Gto, Hgo, Edo Mex, N.L., Qro, S.L.P., Tamps, Tlax, Ver, (Villaseñor y Espinosa, 1998). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-Garcia, 2004).
- 2.2.2 se está extendiendo en muchas partes de la República, sobre todo en el Centro, principalmente a lo largo de las carreteras y en regiones semisecas, también se llega a observar en vegetación de matorral natural, y por lo tanto es de relevancia como invasiva (Vibrans, 2009b). Se comporta como elemento ruderal, presente a orillas de las carreteras y áreas urbanas (Galván y Martínez, 2006; Government of Western Australia, 2007; Northam y Meyer, 2009).
- 2.3.1 No existe un herbicida específico que funcione de manera eficiente contra *A. fistulosus* (Government of South Australia, 2005). Entre los químicos utilizados para el control destacan aquellos que restringen el crecimiento como el caso del piroclam + 2,4-D, los aminoácidos aromáticos como el glifosato o glifosato + 2,4-D, los inhibidores de las cadenas de aminoácidos como el clorsulfuron o el metsulfuron (Di Tomaso *et al.*, 2013).
- 2.3.2 La semillas colectadas en el Estado de Querétaro germinan en un periodo mínimo de tres meses.
- 2.3.3 En los experimentos realizados se observo que en un periodo de una año las semillas presentan viabilidad.
- 2.3.4.1 _____

- 2.3.4.2 Por lo atractivo de sus flores y apariencia, es utilizada como planta ornamental, suele convertirse en un problema por lo prolífico de sus semillas y puede establecer grandes poblaciones (Russell, 2008).
- 3.1.1 Manejo de sitios

5.3. Instructivo para evaluar la invasividad de especies exóticas invasoras en México.

Nombre de la especie: *Asphodelus fistulosus*

¿ Se ha realizado algún Análisis de Riesgo para México? No

¿ Existen las condiciones climáticas adecuadas para que la especie se establezca en México? Si

Estatus:

- Nativa de México []
- Exótica presente en México [X]
- Exótica con presencia indeterminada []
- Exótica no presente en México []

Criterio	Valor	Justificación	Referencias	Incertidumbre
1.- Reporte de invasora	Muy alta			Mínima
2.- Relación con taxones cercanos invasores	Media			Baja
3.- Vector de otras especies invasoras	Se desconoce			Máxima
4.- Riesgo de introducción	Alta			Mínima
5.- Riesgo de establecimiento	Alta			Mínima
6.- Riesgo de dispersión	Muy alta			Baja
7.- Impactos sanitarios	Alta			Baja
8.- Impactos económicos y sociales	Media			Baja
9.- Impactos al ecosistema	Alta			Baja
10.- Impactos a la biodiversidad ecológicos	Alta			Mínima

Respuestas

1.- Reporte de invasora

- Es de origen Mediterráneo, y actualmente se está extendiendo en muchas partes de la República, sobre todo en el Centro, principalmente a lo largo de las carreteras y en regiones semisecas. También se llega a observar en vegetación de matorral natural, y por lo tanto es de relevancia como invasiva (Vibrans, 2009b).
- Se encuentra en los Estados de Coah, Dgo, Gto, Hgo, Edo Mex, N.L., Qro, S.L.P., Tamps, Tlax, Ver (Villaseñor y Espinosa, 1998). Reportada para 15 entidades de la República Mexicana (Villaseñor y Espinosa-García, 2004).
- Planta introducida de la región mediterránea, de amplia distribución en el norte y centro de México (Coah., N.L., Tamps., Dgo., Zac., S.L.P., Ags., Gto., Qro., Hgo., Jal., Méx., Pue., Tlax., Ver.) y en el suroeste de Estados Unidos, donde califica como especie invasora indeseable; también en Australia y Nueva Zelanda (Galván y Martínez, 2006).
- Presente en los Estados de California, Nuevo México y Texas. Y catalogada como maleza nociva de clase A en Alabama, Carolina del Norte Nuevo México y Vermont. Maleza nociva en California. Maleza nociva prohibida en Massachusetts y Minnesota. Maleza cuarentenaria en California y Oregón, y una peste en Carolina del Sur (United States Department of Agriculture, 2014).
- Naturalizada en el Reino Unido, Nueva Zelanda, regiones de Asia tropical, América del sur y la parte sur de Estados Unidos. En Australia se encuentra en los estados de New South Wales, Victoria, Queensland, Sur Australia, Tanzania y Australia Occidental (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- *A.fistulosus* es una maleza nociva federal en Estados Unidos, en Arizona las poblaciones se encuentran en Sedona, Tombstone, Bisbee y Sierra Vista a las orillas de las carreteras y áreas urbanas (Northam y Meyer, 2009).
- *A.fistulosus* se ha expandido en Norte América, Nueva Zelanda y Australia, donde es una maleza en todos los estados, predominando en las orillas de caminos (Government of Western Australia, 2007).

2.- Relación con taxones cercanos invasores

- *A.fistulosus* suele confundirse con la especie *Trachyantra divaricata* (Rippey y Rowland, 2004; Government of Western Australia, 2007). A su vez, tienen el mismo nombre común onion weed como lo son *Allium triquetrum*, *Nothoscordum borbonicum* *Nothoscordum gracile* y *Romulea rosea* (Australian Government, 2011).

3.- Vector de otras especies invasoras

4.- Riesgo de introducción

- Se encuentra a orillas de las carreteras, líneas férreas, en áreas con disturbio o poca cubierta vegetal, zonas semiáridas o en ambientes costeros (Australian Government, 2011).
- *A. fistulosus* se reproduce por semillas, dispersadas principalmente por el viento, plantas muertas con semillas; también pueden dispersarse por el agua, vehículos, máquinas y productos de agricultura, adherida a animales, madera o en ropa (Parsons y Cuthbertson, 2001; Government of South Australia, 2005).
- Se comporta como elemento ruderal y como invasor en zonas con vegetación secundaria derivada de pastizales, matorrales y bosques de encino, en el norte y centro de Guanajuato, así como en el centro y sur de Querétaro (Galván y Martínez, 2006).

5.- Riesgo de establecimiento

- Se comporta como elemento ruderal y como invasor en zonas con vegetación secundaria derivada de pastizales, matorrales y bosques de encino, en el norte y centro de Guanajuato, así como en el centro y sur de Querétaro (Galván y Martínez, 2006).
- Es una maleza en suelos alcalinos y de baja fertilidad y en áreas con una media anual de lluvias de 250-500 mm (Government of Western Australia, 2007).
- Habita en matorral xerófilo y vegetación secundaria del mismo, en áreas rocosas y arenosas. En elevaciones entre 1600-2340 m. Florece y fructifica casi durante todo el año (Sánchez-Ken, 2010).

6.- Riesgo de dispersión

- La introducción de la especie en el Valle de México es relativamente reciente; las poblaciones más grandes se encuentran en el oeste a lo largo de la autopista México-Querétaro, pero hay algunas poblaciones en otras partes, sobre todo en el este del Valle. También hay poblaciones grandes y en expansión a lo largo de la autopista al este de Puebla, hasta el límite con Veracruz (Vibrans, 2009b).
- Las semillas pueden dispersarse por el viento, agua, maquinaria, productos de agricultura o adheridas a animales o vehículos (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- Su distribución a lo largo de las carreteras es evidente, contribuida por el agua, viento, gente, productos y maquinaria de cultivo y los animales (Pitt *et al.*, 2006).
- Por lo atractivo de sus flores y apariencia, es utilizada como planta ornamental, suele convertirse en un problema por lo prolífico de sus semillas y puede establecer grandes poblaciones (Russell, 2008).

7.- Impactos sanitarios

- Se ha registrado como maleza en cultivos de manzana (Vibrans, 2009b).
- *A. fistulosus* es dañina para el ganado, compite exitosamente con cultivos de cereal e invade praderas y zonas con disturbio (Queensland Government and University of Queensland, 2014).

8.- Impactos económicos y sociales

- No existe un herbicida específico que funcione de manera eficiente contra *A. fistulosus* (Government of South Australia, 2005).
- Entre los químicos utilizados para el control destacan aquellos que restringen el crecimiento como el caso del piroclam + 2,4-D, los aminoácidos aromáticos como el glifosato o glifosato + 2,4-D, Los inhibidores de las cadenas de aminoácidos como el clorsulfuron o el metsulfuron (Di Tomaso *et al.*, 2013).
- Los apicultores de ciertas áreas de Australia valoran a *A. fistulosus* como una fuente de polen (Government of South Australia, 2005).

9.- Impactos al ecosistema

- Es una planta tolerante e hiperacumuladora de Pb, por lo que es una especie con gran potencial para la fitorremediación de suelos contaminados con Pb en México (Salas-Salmerón *et al.*, 2007).
- Especie con potencial para tolerar y fitoestabilizar Pb en jales mineros. Asimismo se demostró la utilidad del rodizonato de sodio para ubicar los sitios de la deposición de plomo en los tejidos de esta especie (Hernández-Zamora *et al.*, 2009).
- Las infestaciones por poblaciones de esta especie reducen los niveles de nitrógeno del suelo previniendo el establecimiento de otras especies y la competencia directa con *A. fistulosus*. Las infestaciones de esta especie crecen densamente en comparación con la cubierta vegetal, reduciendo particularmente los pastos (Queensland Government and University of Queensland, 2014).
- Se encuentra en praderas, dunas costeras, orilla de carreteras, cultivos, y zonas con disturbio, en especial aquellos de vegetación dispersa. Se establece en praderas en periodos post-incendio (Di Tomaso *et al.*, 2013).

10.- Impactos a la biodiversidad ecológicos

- En México en la Sierra de Santa Rosa, Gto. *A. fistulosus* se desarrolla en forma masiva donde existe una mayor degradación de la capa arbórea, comportándose en la mayoría de los casos como invasoras (Martínez-Cruz y Téllez-Valdés, 2004).

- Puede invadir vegetación natural en regiones secas (Vibrans, 2009b).
- Germina a través del año usualmente antes de las lluvias de verano, prefiere luz, suelos neutrales a alcalinos, presente en áreas donde la vegetación es escasa (Pitt *et al.*, 2006).
- Tiene una alta tasa de producción de semillas, típica de plantas invasoras que se desarrollan rápido para ocupar un sitio vacío (Government of South Australia, 2005).
- Es de sabor desagradable para el ganado y aparentemente para los de vida silvestre (Russell, 2008).

5.4. Especies encontradas en el repoblamiento

■ *Alternanthera caracasana* Kunth

Nombre común: Verdolaga de puerco, tianguis, tiangue (Rzedowski y Rzedowski, 2004, 2005). Planta nativa distribuida del sur de Estados Unidos a Argentina (Rzedowski y Rzedowski, 2004, 2005). Se considera introducida en parte de E.U.A. Se ha registrado en México en los estados de Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998), pero es más ampliamente distribuido. Es una planta ruderal a la orilla de veredas, en las calles de las poblaciones y entre algunos cultivos (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Es muy común en las grietas de las calles en la Ciudad de México y las otras ciudades de la región centro. Solo se reporta como maleza en frutales (Villaseñor y Espinosa, 1998), pero también se presenta en maíz y otros cultivos. Solo se menciona que se utiliza en la medicina tradicional (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Planta rastrera y perenne (Rzedowski y Rzedowski, 2005), que en el centro de México se le ha visto florecer de septiembre a enero (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Los tallos de hasta 50 cm de largo son muy ramificado, a veces con las ramas cortas muy juntas entre sí, cubiertas de pelillos. Las hojas opuestas, de forma variable, de hasta 3 cm de largo y hasta 1.5 cm de ancho (generalmente una de las hojas de cada par más chica que la otra). Los pecíolos de hasta 1 cm de largo. Numerosas flores densamente dispuestas en espigas muy cortas (de hasta 1.5 cm de largo), ovoides o cilíndricas, sésiles, blancas, ubicadas en las axilas de las hojas. Una bráctea y 2 bractéolas acompañan a cada flor. Fruto seco, membranoso, de una sola semilla, ésta ovado-orbicular, de hasta 1.5 mm de largo, lisa, brillante, oscura (Vibrans, 2009a).

■ *Aristida divaricata* Kunth

Es una especie de gramínea perteneciente a la familia de las poáceas. Es originaria de las Américas desde el centro de los Estados Unidos hasta Guatemala. Es una hierba perennifolia que forma

matas de tallos ramificados de hasta 70 centímetros de altura. Las hojas son en su mayoría basales y enrolladas a lo largo de los bordes. La escasa inflorescencia es un amplio conjunto plano de espiquillas que se rompen con facilidad. El grano tiene una punta retorcida y tres aristas de hasta 2 centímetros de largo (Vibrans, 2011).

■ ***Cenchrus incertus* M. A. Curtis**

Nombre común: Cadillo. Planta nativa de América presente desde el sur-oeste de Estados Unidos, Sudamérica y las Antillas. Planta anual, presente en cultivos, áreas perturbadas, se comporta como ruderal. Se ha registrado en agave, algodón, cacahuate, frijol, maíz, nogal, sorgo, soya, uva (Villaseñor y Espinosa, 1998). Es muy molesto para animales, les puede causar heridas y disminuir el valor de lana. En algunas regiones con suelos arenosos es problemática y puede causar heridas ligeras a humanos. Se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán, Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Planta anual de 20 a 90 cm de longitud. Su tallo es ascendente o rara vez suberecto desde una base decumbente, libremente ramificados, a veces formando grandes macollos, comprimidos, bastante fuertes, escabrosos. Las hojas son vainas pubescentes a lo largo de los márgenes, a glabras, a veces con un mechón de pelos en el cuello. Su inflorescencia es una panícula. Presenta de 2 a 4 espiquillas y su fruto es túrgido (hinchado) y acuminado (Vibrans, 2009c).

■ ***Chloris gayana* Kunth**

Nombre común: Zacate Rhodes, zacate gordura. Planta nativa de África, ampliamente distribuida en América tropical. Se ha colectado en diferentes partes del país, pero parece ser de introducción reciente. Presente en Sonora, Chihuahua, Nayarit, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Aguascalientes, San Luís Potosí, Jalisco, Estado de México, Distrito Federal, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Chiapas, Colima, Sinaloa y Veracruz (Villaseñor y Espinosa, 1998). Este pasto es un componente de orillas de caminos y parcelas de cultivo. Se encuentra en zonas áridas, pastizales, matorrales xerófilos y selva baja caducifolia. Se ha registrado como maleza en maíz y es un pasto con excelente valor forrajero

Es una hierba perenne estolonífera y amacollada, de hasta de 1 (1.7) m de alto. Su tallo es glabro, algunas veces ramificado, con los nudos comprimidos. Sus hojas en forma de vainas foliares de 4.5 a 14.5 cm de largo, vilosas o escabrosas en el ápice, las superiores más cortas que los entrenudos.

Presenta una inflorescencia de 12 a 30 cm de largo, las espigas 7 a 22, de 7.5 a 10.5 cm de largo, ascendentes, con la edad divergentes, a veces levemente falcadas (en forma de hoz), distribuidas en un (a veces 2) verticilo con una a varias espigas adicionales por arriba o por abajo (Vibrans, 2009d).

■ ***Chloris virgata* Sw.**

Nombre común: Barbas de indio, cebadilla, zacate mota (Martínez, 1979), barba de chivo, paraguilitas, zacate cola de zorra, pasto blanco, escobilla, pastito de la motita. Es un pasto nativo de América tropical. Se conoce de Estados Unidos, México, Centroamérica, las Antillas y Argentina. En México se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998). Se encuentra como ruderal, arvense y en lugares perturbados. Abundante en baldíos y vías de comunicación, también entre cultivos de maíz y sorgo. Distribuyéndose desde el nivel del mar hasta los 2500 m (McVaugh, 1984). Se reporta como maleza en alfalfa, algodón, caña, frijol, hortalizas, maíz, mango, manzana y sorgo (Villaseñor y Espinosa, 1998). Y es reconocida como planta forrajera y útil en la medicina humana y en la veterinaria (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Es una hierba de vida corta, florece a lo largo de todo el año, erecta, amacollada, de 10 a 70 cm de alto. Su tallo Generalmente comprimido, a veces doblado en los nudos, a veces ramificado, erecto, algunos recostados sobre el suelo con las puntas ascendentes y enraizando en los nudos inferiores. Las hojas: Alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que envuelve parcialmente al tallo y generalmente es más corta que el entrenudo, sin pelos (las vainas de las hojas superiores infladas), y la parte superior de la hoja, llamada lámina, que es larga, angosta y plana, a veces doblada, áspera al tacto; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una prolongación membranosa que presenta pelos llamada lígula. La inflorescencia consiste de entre 5 y 15 espigas, de hasta 7 cm de largo, ubicadas todas juntas formando un verticilo en la punta del tallo (raramente con una espiga adicional por arriba de las demás). Las espigas pueden ser de color verde-amarillento, plateado o púrpura, son ásperas al tacto y están compuestas de numerosas espiguillas (Vibrans, 2009e).

■ ***Dalea foliolosa* (Ait.) Barneby**

Nombre común: hierba de la hormiga, mezquitillo, motita, sonajilla. Planta nativa distribuida de México a Honduras. La distribución en México Villaseñor y Espinosa (1998) la reportan en Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero,

Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luís Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. Planta anual, que se encuentra frecuente en parcelas de cultivos de temporal, a orillas de caminos o en terrenos baldíos, en terrenos con tepetate o caliche. Se encuentra en floración de septiembre a enero puede a veces formar poblaciones grandes que dan un olor muy agradable a limón a paisajes enteros. Planta herbácea de vida corta de 3 a 60 cm de altura. Su Tallo simple y erecto o bien ramificado y rastrero con las puntas ascendentes. Hojas alternas, de hasta 8 cm de largo, compuestas de 10 a 34 hojitas (foliolos) elípticas, generalmente de menos de 5 mm de largo. Sobre el tallo, en el punto donde nace cada hoja, se presenta un par de estructuras como hojitas secas llamadas estípulas. De numerosas flores dispuestas en espigas densas, cilíndricas a casi esféricas, de hasta 3 cm de largo, ubicadas en las puntas de las ramas. Cada flor acompañada de una bráctea (Vibrans, 2009f).

■ ***Dalea leporina* (Ait.) Bullock**

Planta nativa de Mesoamérica; distribuida de Nuevo México y Arizona a Guatemala y Costa Rica, tal vez introducida en Chile y Argentina. Su distribución en México se registra de Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998). Planta anual, arvense y ruderal. Se ha reportado como maleza en frijol, maíz y sorgo (Villaseñor y Espinosa, 1998). Esta *Dalea* es común, pero raramente dominante, en las orillas de parcelas y en milpas de las partes altas de México. Planta herbácea, erecta. De 1 m de altura o menos. Su tallo algo ramificado, sin pelos. Las hojas de 3 a 6 cm de largo, folíolos 21 a 35, oblongos, de 5 a 10 mm de largo por 1 a 2 mm de ancho, ápice redondeado o redondeado con una depresión en medio (emarginado), margen entero, base cuneada; estípulas en forma de aguja, de 2 a 3 mm de largo. Flores dispuestas en espigas terminales, con pedúnculos de 5 a 15 cm de largo, las espigas densas, de 2 a 6 cm de largo, brácteas ovadas o lanceoladas, largamente acuminadas, con los bordes membranosos, blanquecinos, deciduas, con pelos en el envés. Corola morado-azulosa; cáliz con el tubo seríceo-piloso, de 2 a 2.5 mm de largo, los lóbulos subulado (como agujas)-setáceos (con pelos densos), con la base ancha, casi del tamaño del tubo (Vibrans, 2009g).

■ ***Dyssodia papposa* (Vent.) A.S. Hitchc.**

Nombre común: Flor de muerto, flamenquilla, caléndula fétida. Planta nativa que se conoce en el sur de Canadá a Guatemala. Conocido de Bolivia y Argentina y posiblemente introducido. En México, llega a ser abundante principalmente en los estados del norte. Está reportada en casi

todos los estados, menos de los de la península de Baja California y de Yucatán: Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998). Planta arvense y ruderal, también en matorrales secos, pastizales, bosques de *Juniperus* (sabino) y *Quercus* (encino), superficies tepetatosas. Florece y fructifica de agosto a noviembre (Villarreal, 1983) o de junio a noviembre (McVaugh, 1984). En el Bajío florece de agosto a diciembre (Villarreal y Ángel, 2003). En E.U.A. sólo florece de junio a agosto (Muenscher, 1955). Es una especie nativa y parte natural de la vegetación abierta en las zonas de bosque tropical caducifolio y de bosque de pino-encino (en éste último más frecuente en lugares más secos, como superficies tepetatosas). Se ha registrado en cebada, fríjol, maíz (Villaseñor y Espinosa, 1998). Las vacas lo evitan. Se utiliza una infusión para problemas estomacales (Villarreal, 1983). Esta pequeña planta anual es una pariente del conocido cempasúchitl (*Tagetes erecta*) y tiene un aroma parecido. Es una arvense y ruderal común sobre todo en la región de la selva baja caducifolia. Planta erecta o algo extendida, normalmente de 10-40 cm, a veces hasta 70 cm. A menudo ramificado desde la base, a veces solitario, glabro o algo pubescente. Sus hojas en su mayoría opuestas, 1.5 a 5 cm de largo, pinnatipartidas en 5 a 15 segmentos lineares a linear-oblancoados, éstos en ocasiones una vez más divididos, glabros a algo pubescentes. Cabezuelas subsésiles o cortamente pedunculadas, terminales o axilares, a menudo rodeados de hojas; cálculo (brácteas fuera del involucro) de 4 a 9 brácteas lineares, involucro cilíndrico a campanulado, de 6 a 10 mm de alto, formado de 6 a 12 brácteas libres o a veces unidas en la base, elíptico-oblancoadas, agudas o redondeadas en el ápice, a menudo de color rojizo oscuro, provisto de una o varias glándulas oleíferas, receptáculo ligeramente convexo. Flores liguladas 8 o menos, sus láminas inconspicuas, oblicuas, de 1.5 a 2 mm de largo, amarillo anaranjadas. Flores del disco de 12 a 50, sus corolas amarillentas, de ± 3 mm de largo (Vibrans, 2009h).

■ ***Leptochloa dubia* Kunth**

Nombre común: Martínez (1979) menciona que es llamada zacate gigante en el estado de Chihuahua. Se distribuye desde el sur de los Estados Unidos y México hasta Honduras, Ecuador a Chile y Argentina, Guadalupe (Davidse *et al.*, 1994). En México se distribuye en Aguascalientes, Baja California Norte, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz (Villaseñor y Espinosa, 1998). Este pasto es relativamente común en sitios abiertos, ruderales o tepetatosas, principalmente en regiones más templadas, aunque también se reporta del trópico. Se desarrolla en áreas costeras, planicies y sabanas (Davidse *et*

al., 1994), muy común en sitios perturbados. Es forrajera regular a buena, pero generalmente no forma poblaciones muy grandes (Snow, 2007).

Hierba perenne de 60 a 125 cm de alto, de tallo erecto, generalmente simple, sin pelos, cilíndrico o comprimido basalmente, con hijuelos desde los nudos basales, pero no ramificando más arriba, entrenudos sólidos (o sea, no son huecos como la mayoría de los pastos). Vainas redondeadas, lígula (pequeño apéndice por arriba de la vaina) 0.5 a 1.3 mm de largo, densamente ciliada; lámina de 10 a 40 cm de largo por 2 a 8 mm de ancho, con o sin pelos. Su inflorescencia crece en panícula (inflorescencia de racimo de racimos) de 8 a 20 cm de largo, abierta, con apariencia digitada; ramas primarias de 4 a 20, extendidos, los racimos inferiores de 5 a 10 cm de largo. Algunas inflorescencias pequeñas, axilares y cleistógamas (autopolinización sin que se abre la flor) en la mayoría de los nudos, generalmente escondidas en las vainas (Vibrans, 2010).

■ ***Leonotis nepetifolia* (L.) R. Brown**

Planta originaria de África tropical, naturalizada en muchas partes de América tropical. Se ha registrado en México en Chiapas, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998). Planta perenne, ubicada en las orillas de caminos y alrededores de habitaciones humanas. Usada como ornamental, medicinal y melífera. Planta herbácea perenne de hasta de 2 m de alto. Sus tallos son simples o ramificados desde la base, erectos, con pelos doblados hacia atrás. Las hojas ubicadas sobre peciolos de 1 a 10 cm de largo, limbo ovado a ovado-deltoideo, en ocasiones lanceolado, de 2 a 12 cm de largo, por 1 a 6 cm de ancho, ápice obtuso o agudo, borde crenado a lobulado, base atenuada a subcordada, con pelos. La inflorescencia tiene forma de verticilos globosos, de 4 a 6 cm de diámetro, interrumpidos a lo largo del eje principal y en los secundarios, pedicelos de 1 a 2 mm de largo, brácteas ovadas o lanceoladas, con pelos, bracteolas de 8 a 12 mm de largo, pubescentes, atenuadas en una punta rígida (Vibrans, 2009i).

■ ***Paspalum prostratum* Scribn. & Merr.**

Nombre común: Zacate huilero (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Pasto distribuido de México a Sudamérica (McVaugh, 1984). Se ha registrado en Chiapas, Distrito Federal, Durango, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla y Veracruz (McVaugh, 1984; Villaseñor y Espinosa, 1998). Villaseñor y Espinosa (1998); Rzedowski y Rzedowski (2004) lo reportan como maleza en maíz en terrenos de suelo húmedo, en laderas con bosque de pino, encino, oyamel, en lugares perturbados (Rzedowski y Rzedowski, 2004, 2005). Hierba de vida corta, delgada, suave,

floja. Tallos de hasta 75 cm de largo, ramificados, generalmente recostados sobre el suelo, con raíces en los nudos inferiores. Su hojas son alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en 2 porciones, la inferior llamada vaina que envuelve al tallo, presenta pelillos, y la parte superior de la hoja llamada lámina que es larga, angosta, plana, con pelillos; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una pequeña prolongación membranácea, translúcida, llamada lígula. La inflorescencia es una panícula, con 3 a 15 racimos cortos, que tienen el eje tan ancho y plano que parece una pequeña hoja con los márgenes enrollados, en una de cuyas superficies se encuentran las espiguillas ubicadas en 2 hileras. El racimo inferior queda muy separado del resto (Vibrans, 2009j).

■ ***Sanvitalia angustifolia* Engelm.ex A. Gray**

Nombre común: Santa Martha y cartamillo (Rzedowski y Rzedowski, 2004). Distribuida en el norte de México (McVaugh, 1984) y registrada en Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, San Luís Potosí, Tamaulipas (McVaugh, 1984; Villaseñor y Espinosa, 1998). Esta planta se encuentra en pastizales, orilla de caminos, en lugares perturbados, como arvense. Se reporta como maleza en papaya (Villaseñor y Espinosa, 1998). Herbacea de vida corta, extendida o recostada, con altura de hasta 30 cm de alto. Su tallo comúnmente ramificado desde la base, con pelillos de diferentes tamaños, algunos recostados y otros erguidos. Las Hojas opuestas, angostamente ovadas, de hasta 5.5 cm de largo y 1.5 cm de ancho, algo ásperas al tacto en ambas caras, con pelos, la base angostándose hacia el pecíolo, éste corto y dilatado en la base. Su inflorescencia forma cabezuelas solitarias, ubicadas en la punta de los tallos, sobre pedúnculos muy cortos o sésiles y rodeadas de algunas hojas pequeñas (Vibrans, 2009k).