

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

CONOCIMIENTO LOCAL DE PLANTAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, HIDALGO, MÉXICO

JOSUÉ LEAL SANJUAN

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS


MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO


2021


La presente tesis titulada: **Conocimiento local de plantas invasoras en el municipio de Alfajayucan, Hidalgo, México**, realizada por el alumno: Josué Leal Sanjuan, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA 
DRA. HEIKE VIBRANS LINDEMANN

ASESORA 
DRA. MIREYA BURGOS HERNÁNDEZ

ASESOR 
DR. JORDAN KYRIL GOLUBOV FIGUEROA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2021

CONOCIMIENTO LOCAL DE PLANTAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, HIDALGO, MÉXICO

Josué Leal Sanjuan, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021

RESUMEN

Las especies exóticas invasoras son un problema serio en muchas partes del mundo. Existen investigaciones que clasifican y ponderan los impactos de las especies invasoras en el ambiente y la sociedad, pero a menudo se basan en estimaciones o mediciones muy generales y para regiones o países enteros. Pocos estudios toman en cuenta las opiniones, conocimientos y percepciones de los habitantes locales. Están registradas alrededor de 700 especies de plantas exóticas o introducidas en México, y aproximadamente 150 de ellas se consideran invasoras. Aunque es un número relativamente bajo, algunas especies sí provocan problemas, pero varias también son útiles. No existen antecedentes en el país sobre la relación de la población local con las plantas exóticas. Se obtuvo la información etnobotánica de 20 especies de plantas superiores introducidas con 50 entrevistas a habitantes de comunidades rurales de Alfajayucan, Hidalgo, respecto a su historia, ecología, usos, manejo y percepción. Se cuantificaron las poblaciones de las especies en 51 sitios de muestreo, y se relacionaron con factores ambientales, incluyendo suelos. En los muestreos se encontraron 17 de las 20 especies seleccionadas. Predominaron los pastos, principalmente en el periodo de verano en cultivos de alfalfa, matorrales y orillas de caminos. La mayoría de las especies no mostraron preferencia por alguna condición específica de suelo. Los informantes reconocieron en promedio el 75% de las especies. Las especies más conocidas fueron las que tenían algún uso o causaban problemas. También se encontró relación positiva entre el tiempo de presencia en la región y el número de usos. Finalmente, se generó un índice de invasividad, basado en usos, daños, dificultad de control, abundancia, superficie cubierta y la percepción general de las personas. Trece de las 20 especies se pueden considerar como invasoras, siendo *Setaria adhaerens* la más problemática.

Palabras clave: Etnobotánica, pastos, percepción, *Setaria adhaerens*.

LOCAL KNOWLEDGE OF INVASIVE PLANTS IN THE MUNICIPALITY OF ALFAJAYUCAN, HIDALGO, MEXICO

Josué Leal Sanjuan, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021

ABSTRACT

Invasive alien species are a serious problem in many parts of the world. Some research classifies and assesses the impacts of invasive species on the environment and society, but it is often based on very general estimations or measurements for entire regions or countries. Few studies consider the opinions, knowledge, and perceptions of local people. About 700 species of exotic or introduced plants are known in Mexico, and about 150 of them are considered invasive. Although this is a relatively low number, some species do cause problems, but several are also useful. In Mexico, there are no previous studies on the relationship of local populations with to alien plants. Ethnobotanical information was obtained on 20 introduced species of higher plants with 50 interviews of inhabitants of rural communities in Alfajayucan, Hidalgo, regarding their history, ecology, uses, management, and perception. The populations of the species were quantified in 51 survey sites, and related to environmental factors, including soils. Of the 20 selected species, 17 were found in the survey sites. Grasses predominated, mainly in summer, in alfalfa, shrublands and roadsides. Most species had no preference for any specific soil condition. Informants recognized an average of 75% of the species. The best-known species were those that had some use or caused problems. A positive relationship was also found between the time of presence in the region and the number of uses. Finally, an invasiveness index was developed, based on uses, harm caused, difficulty of control, abundance, surface covered and general perception of the population. Thirteen of the 20 species can be considered invasive, with *Setaria adhaerens* being the most problematic.

Keywords: ethnobotany, grasses, perception, *Setaria adhaerens*.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados, en especial al Posgrado en Botánica, por aceptarme como estudiante de la institución y darme las herramientas y conocimientos útiles para mi formación académica y para el desarrollo de la investigación.

A mi consejera, la Dra. Heike Vibrans por su invaluable orientación, paciencia, aliento y apoyo en esta etapa de mi vida académica. Le agradezco también por darme la oportunidad de aprender un poco de todo lo que sabe.

A mis asesores, la Dra. Mireya Burgos y el Dr. Jordan Golubov por sus observaciones, consejos y aportes a la presente investigación.

Al Lic. Oscar Ricardo Grimaldo, director de Ecología del municipio de Alfajayucan, Hidalgo (periodo 2016-2020), por su apoyo para contactar a los delegados de varias comunidades y sus recomendaciones para el trabajo en campo.

A las 50 personas que se hicieron disponibles y me regalaron parte de su tiempo para entrevistarlas. Sin ellas, este trabajo no habría sido posible. También a quienes conocí sobre el camino y me brindaron su apoyo durante la fase de campo de mi trabajo.

A Verónica López, por su apoyo con la parte administrativa y la gestión de recursos para el trabajo de campo.

A mis compañeros de diferentes posgrados con los que compartí tiempo en las aulas y fuera de ellas: Alma Ruíz, Eliud Serrano, Azucena Rendón, Karina Ortega, Violeta Ruíz, Leopoldo Hurtado, Víctor Hernández y Martha Juárez.

Al Iván Salas, compañero y amigo, por brindarme su apoyo para iniciar el posgrado y orientarme al comienzo de esta etapa.

Finalmente agradezco a mi Dios, Jehová, por permitirme alcanzar esta meta. Porque nada es imposible, si te tengo a ti de mi lado.

DEDICATORIA

A mi mamá, Benita Sanjuan, por tu apoyo incondicional, paciencia, cariño, guía y amor, por tu gran ejemplo de perseverancia y fe. Porque sin ti, yo no sería quien soy. Porque en cada sueño y meta que he tenido, a veces sin estar totalmente de acuerdo, siempre me respaldas. Este trabajo es especialmente dedicado a ti.

TE AMO MAMÁ.

A mis hermanos, Juana, Rey, Fernando y Refugio, por su apoyo en todo sentido. A su manera, siempre me alentaron a continuar con mis estudios. Siéntanse parte de esto, pues este logro de su hermano menor, también es gracias a ustedes.

LOS QUIERO A TODOS.

A mis grandes amigos, más que amigos, parte de mi familia, Eduard Pat, Marcelo Juárez, Bryan Sánchez, Fernando Pineda, Betzany Lucas, Gabriela Peña, Yaredi García. Porque con cada uno de ustedes, un buen día, sin pensarlo ni esperarlo, nos encontramos en este camino llamado vida. Desde entonces hemos compartido momentos inolvidables, y en diferentes etapas me han alentado a seguir mis sueños.

GRACIAS POR ESTAR CONMIGO.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Justificación.....	2
Objetivos y preguntas de investigación	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
1. Definiciones de plantas nativas, exóticas, naturalizadas e invasoras	3
2. Proceso de invasión de plantas exóticas	5
3. Medios de introducción de plantas exóticas	6
4. Daños que causan las plantas invasoras	6
5. Percepción de plantas invasoras en poblaciones humanas rurales y urbanas ...	7
6. Situación de las plantas invasoras en México	9
7. Clasificación de las especies por su grado de invasividad	10
8. Descripción del área de estudio	11
9. Literatura citada.....	14
CAPÍTULO I. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES INTRODUCIDAS EN ALFAJAYUCAN HIDALGO	20
1.1 Resumen.....	20
1.2 Abstract	21
1.3 Introducción.....	22
1.4 Materiales y métodos	24
1.5 Resultados	30
1.6 Discusión.....	43
1.7 Conclusiones.....	52
1.8 Literatura citada.....	53
CAPÍTULO II. LIVING WITH INVASIVE PLANTS: WHAT DO PEOPLE KNOW AND THINK?	61
2.1 Resumen.....	62
2.2 Abstract	61
2.3 Introduction	63
2.4. Material and methods	65
2.5 Results	71
2.6 Discussion	83
2.7 Conclusions.....	88
2.8 Acknowledgements	88
2.9 Referencias	88

DISCUSIÓN GENERAL	97
CONCLUSIONES GENERALES.....	99
LITERATURA CITADA.....	100
ANEXOS	102

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Especies introducidas seleccionadas.	24
Cuadro 1.2. Ambientes encontrados y número de sitios (frecuencia) en los que observaron en cada etapa de muestreo.	27
Cuadro 1.3. Superficie ocupada por ambiente, superficie ocupada por las especies y proporción ocupada por las especies con respecto a la superficie de cada ambiente.	36
Cuadro 1.4. Resumen de resultados de muestreos de análisis de suelo.	37
Cuadro 1.5. Correlación de los factores de suelo y la superficie cubierta de cada especie.....	38
Table 2.1. Species selected for this study, with their complete name (with author), region of origin, life form, and estimated distribution type in Alfajayucan, Hidalgo.....	67
Table 2.2. Composition of the interviewed population by age and gender.....	68
Table 2.3. Number of species and uses by use category.	76
Table 2.4. Main harms of each species, control methods, and relative difficulty of control.	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del municipio de Alfajayucan, Hidalgo.	12
Figura 1.1. Ubicación de sitios de muestreo dentro del área de estudio, municipio de Alfajayucan, Hidalgo.	26
Figura 1.2. Curvas de acumulación de especies.	31
Figura 1.3. Número total de sitios donde se observaron las especies en cada etapa de muestreo.	32
Figura 1.4. Frecuencia relativa por familia en cada etapa de muestreo.	32
Figura 1.5. Superficie cubierta promedio por especie.	33
Figura 1.6. Proporción de superficie cubierta ocupada de especies seleccionadas con respecto a la superficie muestreada.	34
Figura 1.7. Relación entre frecuencia y superficie cubierta en cada muestreo y de manera general.	35
Figura 1.8. Número de ambientes en los que se encontró cada especie.	37
Figura 1.9. Relación entre los valores promedio de las variables de suelo analizadas y su desviación estándar.	40
Figura 1.10. Distribución de las especies por intervalo de pH.	41
Figura 1.11. Análisis factorial de datos mixtos.	42
Figure 2.1. Panoramic view of Alfajayucan, Hidalgo, in the Valley of the Mezquital, Mexico.	66
Figure 2.2. Example of the photoherbarium used for interviews with local people.	69
Figure 2.3. Number of persons who recognized each species, by gender.	72
Figure 2.5. Average time of arrival of the species to the region as estimated by the respondents.	74
Figure 2.7. Correlation between known and useful species.	76
Figure 2.8. Relative frequency of plant uses cited by age group and gender.	77
Figure 2.9. Correlation between number of uses and time of residence of the species.	77
Figure 2.10. Harmfulness and usefulness: proportion of informants that considered each species harmful, controlled them, and used them.	78
Table 2.4. Main harms of each species, control methods, and relative difficulty of control.	78
Figure 2.11. Perception of each species by the informants.	81
Figure 2.12. Invasion index values of the studied species.	82
Figure 2.13. Relationship between alien species residence time and invasion index value.	82

INTRODUCCIÓN GENERAL

Las plantas exóticas, también llamadas introducidas, son especies de originarias de otros países, regiones o continentes que llegaron a México, o a cualquier otra parte del mundo donde no son nativas, con la intervención directa o indirecta del ser humano (Pyšek y Richardson 2006). Muchas de ellas se trajeron al México por algún uso específico (por ejemplo ornamental, alimenticio, forraje, entre otros), mientras que otras llegaron de manera accidental (Villaseñor y Espinosa-García, 2004). Una parte de estas especies lograron establecer poblaciones viables; entonces se denominan especies naturalizadas (Richardson et al. 2000). Cuando algunas de éstas se dispersan sin control y su presencia causa pérdidas económicas, y/o daños a la salud humana y animal, o a los ecosistemas, entonces, se denominan plantas invasoras (DOF 2018).

Si bien había movimiento de especies en tiempos precolombinos, en la práctica, se puede considerar como plantas exóticas para el país, aquellas introducidas a partir de la llegada de los españoles, es decir, las que llegaron desde hace 500 años (Espinosa-García et al. 2004). Aunque hay plantas que ya tienen siglos de existencia en territorio mexicano, en décadas recientes algunas se han dispersado a regiones donde antes no existían y también se han introducido especies nuevas de manera acelerada (Meyerson y Mooney 2007).

Usualmente se asocia a la palabra “invasora” como una característica negativa, y esta apreciación es parte de su definición. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que la mayoría de las especies consideradas así, se introdujeron por su utilidad. Además, esta clasificación se hace a gran escala, con datos generales, y los métodos para incluir a las especies son poco claros (Ochoa-Ochoa et al. 2019). En las comunidades rurales, algunas de estas han sido adoptadas por los habitantes locales y son toleradas y utilizadas con diversos fines (Martínez y Manzano-García 2019; Shrestha et al. 2019). Hasta ahora, en México no se han documentado los costos y beneficios de estas plantas desde la perspectiva de la población rural, o su relación con éstas.

Esta investigación se centró en conocer la distribución y la etnobotánica de algunas plantas introducidas de interés, por su comportamiento invasor en la región, en el país o

en otras partes del mundo que están presentes en el municipio de Alfajayucan, Hidalgo. Por medio de muestreos sistemáticos de las plantas seleccionadas en una zona del municipio, se obtuvo información acerca de su abundancia, cobertura, tipo de ambiente donde crecen y su relación con el tipo de suelo presente. Además, se entrevistó a varios habitantes acerca de los usos que les dan, los problemas que causan, sus beneficios y otras observaciones útiles. Al combinar los resultados de los muestreos con la de entrevistas a través de un índice desarrollado para este proyecto, se pudo conocer cuáles especies pueden considerarse como invasoras a nivel local, y requieren atención.

Justificación

Las plantas exóticas invasoras son un problema a nivel mundial por los impactos que producen, entre los que destacan: la pérdida de biodiversidad, perjuicios a la economía, a la salud pública, a la producción agrícola, así como a la ganadera (Aguirre-Muñoz et al. 2009). México no es la excepción, por lo que se generó una estrategia nacional sobre especies invasoras con el propósito de prevenirlas, controlarlas y erradicarlas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

Sin embargo, muchas plantas invasoras fueron introducidas originalmente como plantas útiles (Vibrans et al. 2014) por lo que se requieren estudios de caso, para documentar el impacto sobre la población humana, tanto positivo como negativo. Es importante contar con esta información para entender y predecir su establecimiento y expansión. En algunas regiones, varias especies exóticas que se consideran invasoras, han sido ampliamente aceptadas por los habitantes y son toleradas o incluso se fomenta su existencia debido a sus múltiples usos (Ali et al. 2018; Shackleton y Shackleton 2018). Además, es posible que la población local cuente con información y observaciones útiles acerca de estas especies, y se puedan emplear para generar estrategias de control, de manejo y/o de aprovechamiento a una escala mayor.

Objetivos y preguntas de investigación

Objetivo general

- Documentar y evaluar el conocimiento que la población local tiene sobre algunas plantas exóticas invasoras selectas en el municipio del Alfajayucan, Hidalgo.

Preguntas de investigación.

1. ¿Cómo se distribuyen las plantas introducidas en la zona de estudio?
2. ¿Qué saben los habitantes de las comunidades locales sobre las plantas introducidas?
3. ¿Qué impactos causa la presencia de plantas introducidas a los habitantes?

Objetivos específicos

1. Conocer el patrón de distribución de plantas introducidas representativas en el municipio de Alfajayucan, Hidalgo.
2. Investigar el conocimiento que tienen los habitantes sobre las plantas exóticas en relación a: su historia, vías de introducción, usos, manejo y ecología.
3. Conocer el impacto que las especies de plantas introducidas tienen para los habitantes de las comunidades locales y determinar cuáles se pueden considerar invasoras

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Definiciones de plantas nativas, exóticas, naturalizadas e invasoras

Existen diferentes términos para clasificar a las plantas según su tiempo de estancia en una región. Estas definiciones consideran la forma en la que llegaron, su comportamiento e interacción con otras especies y el daño que pueden o no provocar a los ecosistemas y al ser humano. Se pueden distinguir principalmente a especies nativas, por un lado, y exóticas o introducidas por el otro. Las especies exóticas, a su vez, se clasifican en

casuales y en naturalizadas; éstas últimas pueden llegar a comportarse como invasoras (Richardson et al. 2000).

Una especie nativa es aquella que se encuentra de manera natural en un lugar sin que el ser humano influya en su crecimiento y dispersión. Además, tiene un tiempo de residencia amplio en el lugar, permitiéndole así adaptarse a las condiciones ambientales e interactuar con otras especies del lugar (Dalle Fratte et al. 2019). A nivel mundial se puede considerar una especie como nativa si se encuentra en una determinada zona desde la última glaciación (Usher 2000).

Otros autores consideran a una especie como nativa para México, si se encontraba en la región hasta antes de la llegada de los españoles en 1492 (Espinosa-García et al. 2004), es decir, el equivalente a nativas más arqueófitas de acuerdo con la literatura europea (Pyšek et al. 2004); en aquel continente se emplea el concepto de arqueófitas para aquellas plantas que migraron asociadas a la agricultura, antes de 1492. Las especies que lo hicieron después se denominan neófitas, y solo éstas se consideran invasoras si cumplen con los criterios descritos a continuación (Szymura et al. 2018).

Una especie exótica o introducida es aquella que se establece fuera de su área de distribución original o del área que podría ocupar por sí sola (Pyšek y Richardson 2006). En este movimiento debe intervenir el ser humano, ya sea de manera accidental o intencional (Richardson et al. 2000).

Se ha mostrado que muy pocas especies que se introducen en ambientes diferentes a su hábitat natural, logran adaptarse, reproducirse y formar poblaciones estables (Koleff 2017). Muchas de ellas solo se reproducen de forma ocasional y entonces se les conoce como casuales (Pyšek et al. 2004). Cuando logran reproducirse y mantener poblaciones estables sin depender del ser humano, se les llama especies naturalizadas (Richardson et al. 2000).

Solo una parte de las especies exóticas naturalizadas llegan a ser invasoras. Existen diferentes definiciones y hay discusión sobre lo que es una especie invasora naturalizada (Richardson et al. 2000). Ocasionalmente se emplea solo en el sentido de una planta con poblaciones grandes indeseables en un lugar, ya sea nativas o exóticas (Pyšek et al.

2004). Para este trabajo, adoptamos la definición que se encuentra en la Ley General de Vida Silvestre (DOF 2018):

“aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública”.

Sin embargo, es importante tomar en cuenta que muchas de estas especies son útiles y, por lo tanto, no se les puede catalogar como especies totalmente negativas (Martínez y Manzano-García 2019).

2. Proceso de invasión de plantas exóticas

La invasión de las especies exóticas (tanto de plantas como de animales) es un proceso en el que se reconocen tres fases principales: introducción, establecimiento y expansión (Aguirre-Muñoz et al. 2009). A su vez, estas fases van de la mano con acciones para prevenir, detectar, erradicar, contener y mitigar la invasión (Espinosa-García y Villaseñor 2017).

En la fase de introducción las especies exóticas llegan a zonas donde no podrían hacerlo por medios propios. Las actividades humanas, ya sea de manera directa o indirecta, son el medio del traslado de las especies (Pyšek y Richardson 2006). En esta etapa la prioridad es la prevención.

Cuando las especies escapan y encuentran condiciones favorables para cumplir con su ciclo de vida y reproducirse sin intervención humana, se encuentran en la fase de establecimiento. El tiempo que pueden pasar en esta fase es muy variable, y la gran mayoría de las especies difícilmente la superarán. Para su control, la prioridad es la detección temprana y erradicación (Richardson et al. 2000). Finalmente, algunas especies ya establecidas o naturalizadas pueden expandir sus poblaciones a lugares donde originalmente no se encontraban, muchas veces de forma descontrolada, entonces se encuentran en fase de expansión. Como su erradicación es imposible, las medidas se centran en contener y mitigar los daños por la invasión (Espinosa-García y Villaseñor, 2017).

3. Medios de introducción de plantas exóticas

Como se mencionó anteriormente, debido a la intervención del ser humano, y a la globalización de los últimos 60 años (Meyerson y Mooney 2007), las especies exóticas han llegado en forma acelerada a lugares donde antes no se distribuían (Aguilar et al. 2007). Muchas de ellas son transportadas por algún uso específico como: insumos para cultivo o para su uso como forraje (Vibrans et al. 2014; Shackleton y Shackleton 2018; Wagh y Jain 2018; Morales-Romero et al. 2019), ornamental (Wagh y Jain 2018; Potgieter et al. 2019), para restaurar los servicios ecosistémicos (Potgieter et al. 2019), por sus propiedades medicinales (Byrne et al. 2017; Maema et al. 2019) o con fines alimenticios (Shackleton y Shackleton, 2018). Otras llegan de manera accidental, por ejemplo, revueltas con semillas de otras especies útiles (Vibrans et al. 2014; Prabakaran et al. 2019).

Después de una introducción mediada por humanos, los medios de dispersión de estas especies pueden ser variados. Sus semillas pueden adherirse a objetos y se transportan con ellos. Algunas especies tienen adaptaciones especiales naturales que favorecen su movilidad y dispersión, por ejemplo, apéndices que facilitan el arrastre por el viento (Espinosa-García et al. 2004). Además, la población humana también puede ayudar intencionalmente a estas especies superar las barreras naturales y facilitar su introducción en zonas donde antes no se les encontraba (Pyšek y Richardson 2006).

4. Daños que causan las plantas invasoras

La introducción de especies exóticas invasoras es una de las principales amenazas a la biodiversidad, pues pueden llegar a colonizar amplias áreas y desplazar a las especies nativas (Aguirre-Muñoz et al. 2009). Esto sucede porque en el nuevo medio donde se establecen, encuentran condiciones ambientales similares a los de su hábitat natural, pero sin los mecanismos de control que normalmente existen en su área de distribución nativa (depredadores o competidores) y mantienen en equilibrio sus poblaciones (Sakai et al. 2001).

Además de los daños a la biodiversidad, también pueden causar problemas económicos por su impacto en la agricultura, ganadería, forestería o vías de comunicación

(Shackleton y Shackleton, 2018), problemas sanitarios por ser reservorios de parásitos o patógenos (Aguirre-Muñoz et al. 2009) y daños a la salud humana y animal (Maema et al. 2019; Shrestha et al. 2019). Por ejemplo, los pastos alteran la dinámica del fuego, y las plantas acuáticas modifican el flujo del agua y las tasas de evaporación (Brooks et al. 2004; Vibrans et al. 2014).

5. Percepción de plantas invasoras en poblaciones humanas rurales y urbanas

En algunas regiones del planeta se han hecho investigaciones etnobotánicas de plantas exóticas y de exóticas invasoras, tanto en zonas urbanas (Shackleton y Shackleton 2016; McLean et al. 2018; Potgieter et al. 2019) como en localidades rurales de países como Argentina (Martínez y Manzano-García 2019), India (Wagh y Jain 2018), Nepal (Shrestha et al. 2019), Pakistán (Ali et al. 2018), y Sudáfrica (Shackleton y Shackleton, 2018; Maema et al. 2019).

De manera general, se considera que las zonas urbanas son lugares donde puede llegar una cantidad importante de especies exóticas con potencial invasor, debido a su uso ornamental. Ejemplo de lo anterior es la predominancia de este tipo de especies en jardines, parques públicos, áreas industriales y zonas agrícolas adyacentes al área urbana (McLean et al. 2018).

Existen solo un par de trabajos que indagaron sobre la percepción de plantas invasoras en un ambiente urbano. Con el paso del tiempo, la percepción sobre las plantas exóticas invasoras puede cambiar. Un ejemplo de ello es el caso de Sudáfrica, en donde entre finales del siglo XIX y la primera parte del siglo XX las plantas introducidas eran vistas como benéficas, sin embargo, desde aproximadamente 1980, el gobierno, la comunidad científica y cada vez una mayor proporción de población las consideran problemáticas. Pero esto es a nivel general, pues de manera individual, hay quienes las consideran útiles (Bennett y van Sittert 2019).

Otro trabajo hecho Potgieter et al. (2019) en Ciudad del Cabo, Sudáfrica reportó que las personas reconocieron algunos beneficios de las especies exóticas, entre ellos la mejora de la estética de la ciudad, pero también aspectos negativos como el desplazamiento de especies nativas. Lo anterior probablemente debe a la publicidad que se ha dado a estas

plantas en aquel país (Bennett y van Sittert 2019). En otra investigación, resultado de entrevistas a pobladores de Grahamstown en el mismo país, dio a conocer que alrededor del 70% de los pobladores de esa ciudad desconocen que los árboles de sus jardines son catalogados por el gobierno como especies invasoras (Shackleton y Shackleton 2018).

De manera contrastante, se ha observado en zonas rurales una mayor relación entre los pobladores con algunas de las plantas invasoras que se encuentran en su región. Los habitantes toleran algunas de ellas y les dan uso; también las clasifican e incluso tienen preferencia para conservar algunas a la vez que erradican otras (Martínez y Manzano-García 2019). Además, algunas personas tienen una idea aproximada del tiempo de llegada y forma de introducción de algunas plantas (Shackleton y Shackleton 2018; Shrestha et al. 2019), y saben dónde se les puede encontrar (Maema et al. 2019).

Al igual que en las investigaciones hechas en zonas urbanas, las personas de localidades rurales tienen percepciones positivas y negativas sobre las plantas invasoras (Shackleton y Shackleton 2018). Dicha percepción puede ser variable y contradictoria, porque para algunas personas una planta puede ser útil, pero esa misma planta puede provocar problemas a otros pobladores (Bennett y van Sittert 2019; Martínez y Manzano-García 2019).

Se ha documentado que los pobladores ven de manera positiva aquellas plantas que utilizan con diferentes fines, por ejemplo, como forraje (Shackleton y Shackleton 2018), en la construcción (Martínez y Manzano-García, 2019), medicinal (Ali et al. 2018; Shackleton y Shackleton 2018; Wagh y Jain 2018; Maema et al. 2019; Martínez y Manzano-García 2019; Shrestha et al. 2019) o alimentaria (Shackleton y Shackleton 2018; Martínez y Manzano-García 2019; Shrestha et al. 2019). Por otro lado, entre las percepciones negativas, se encuentra la rápida dispersión y la persistencia de algunas especies (Shackleton y Shackleton 2018), problemas a la salud (Maema et al. 2019; Shrestha et al. 2019) y afectaciones a la economía de los pobladores debido a que causan daños a la infraestructura, se esparcen rápido y es costoso evitarlas o combatirlas (Shackleton y Shackleton 2018).

Otro de los aspectos a considerar respecto a las plantas exóticas es la relación beneficio-costos. Shackleton y Shackleton (2018) clasificaron a las especies en destructivas, conflictivas, benéficas y sin importancia. En la primera categoría se agrupa a las plantas que no benefician y son muy problemáticas. Las especies conflictivas proporcionan varios beneficios, pero también una cantidad considerable de problemas que generan costos. Las especies benéficas generan beneficios y provocan menos problemas, lo que implica bajos costos. Por último, las especies con poca o nula importancia, pues no generan problemas, pero tampoco benefician en algo.

6. Situación de las plantas invasoras en México

En algunos países como Sudáfrica, la investigación etnobotánica sobre plantas invasoras es amplia debido a la gran cantidad de especies catalogadas así en aquel el país y a la problemática que enfrentan con ellas (Bennett y van Sittert 2019). En México existen problemas serios, sin embargo, durante décadas, no se le ha dado la importancia necesaria para evitar su llegada, establecimiento ni expansión. Solo en los últimos años han despertado más interés de las instancias regulatorias y de la ciencia (Aguilar et al. 2007; Aguirre-Muñoz et al. 2009).

Aunque se tiene un aproximado sobre el número de plantas introducidas, todavía no se conoce el número exacto de las que se han establecido en México y falta una actualización de esta información pues es un dato que cambia a lo largo del tiempo. La estimación más reciente indica que existen 700 especies de plantas superiores exóticas naturalizadas en el país (Espinosa-García y Villaseñor 2017) que llegaron principalmente del Viejo Mundo: Europa, África y Asia (Vibrans 1998; Villaseñor y Espinosa-García 2004). De este número, alrededor de 150 especies se consideran plantas invasoras (DOF 2016; Espinosa-García y Villaseñor 2017; CONABIO 2020).

En México existen tres niveles de control para plantas exóticas. El primero es la prevención y la reducción del riesgo de introducción, y se aplica en las fronteras con otros países al material vegetal que se introduce. El segundo se centra en la detección rápida y erradicación de aquellas especies conocidas como invasoras en otras partes del mundo, que superaron las fronteras y pudieron establecerse. El tercero consiste en el

manejo a nivel local de las plantas exóticas que ya se encuentran en el país y resultaría imposible o muy costoso erradicarlas (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras 2010). En este nivel es necesario conocer la relación de las poblaciones humanas locales con estas especies pues el aporte de conocimientos y participación activa por parte de los habitantes en la aplicación de medidas de control pueden mejorar el éxito de las estrategias.

7. Clasificación de las especies por su grado de invasividad

En años recientes se han hecho propuestas para evaluar, comparar y predecir los impactos de las especies invasoras. Una de ellas fue hecha por Kumschick et al. (2012) en la que consideraron tanto aspectos negativos como los positivos de la presencia de estas especies. En su propuesta tomaron en cuenta que muchas de estas especies fueron introducidas por algún uso específico, con sus respectivos beneficios económicos, sociales y ambientales. Ellos dieron importancia las opiniones y conocimientos no solo de la comunidad científica, sino también de los habitantes que tienen contacto con las especies invasoras.

Blackburn et al. (2014) propusieron el Sistema de Clasificación de Impacto para Taxones Invasores (EICAT, por sus siglas en ingles). Este sistema clasifica a las especies invasoras de acuerdo a la magnitud del impacto ambiental que provocan. EICAT es un esquema análogo al enfoque de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; Bacher et al. 2018). En esencia, el sistema considera la competencia, depredación, hibridación, transmisión de enfermedades a especies nativas, parasitismo, toxicidad, incrustación biológica, pastoreo, impactos físicos, químicos o estructurales en el ecosistema, así como la interacción con otras especies invasoras. En él, se agrupa a las especies en cinco categorías de impacto organizadas en una escala de 0 a 5, donde 0 significa que no hay impacto perceptible y se incrementa hasta el valor de 5, en el que hay cambios y extinciones irreversibles en la comunidad. Las categorías de impacto son: mínimo-ML, menor-MR, moderado-MO, mayor-MR y masivo-MA.

Una propuesta más es la presentada por Bacher et al. (2018) en donde se plantea clasificar a los taxones invasores de acuerdo a la magnitud de sus impactos en el bienestar humano. Esta propuesta utiliza las cinco categorías de impacto de EICAT y toma en cuenta diferentes componentes del bienestar humano que pueden verse afectados por la manera en cómo las especies invasoras podrían influir en las capacidades y actividades de las personas, tales como la seguridad, los bienes materiales e inmateriales, la salud y las relaciones sociales, espirituales y culturales. En general, constituye un sistema diseñado para alinearse con la clasificación propuesta por Blackburn et al. (2014).

En México hay una contribución sobre la ponderación de riesgo de las especies invasoras. En ella se propone el análisis de riesgo a partir diez preguntas relacionadas con el estatus de la especie (si ha sido reportada como invasora, tiene relación con taxones invasores y si es vector de otras especies invasoras), los riesgos de invasión (de introducción, establecimiento y dispersión), los impactos (sanitarios, socioeconómicos, ambientales y ecológicos) y con ello generar un modelo jerárquico que es relativamente fácil de aplicar (Golubov et al. 2014).

8. Descripción del área de estudio

8.1 Características físicas

El Valle del Mezquital es una región semiárida que ocupa la mayor parte del suroeste de estado de Hidalgo y se extiende hacia el norte del Estado de México y el este de Querétaro (López-Aguilar 2006). La asociación vegetal predominante en la región es el matorral espinoso-crasicaule, en donde domina *Acacia schaffneri* (S. Watson) F. J. Herm, *Mimosa biuncifera* Benth, y *Opuntia* spp. También cuenta con pequeñas áreas de bosque de encino, dominado por *Quercus deserticola* Trel. y *Quercus rugosa* Née, además de zonas de cultivos como maíz y alfalfa (Reséndiz-Cruz et al. 2017).

Dentro de la región se encuentra el municipio de Alfajayucan, cuyo nombre se ha modificado a través del tiempo. Los otomíes lo llamaban “Audaxitzó” y los mexicas lo nombraban “Ahuexuyucan” que significa “lugar donde crecen los sauces en el agua”. Actualmente se utiliza Alfajayucan. El municipio tiene una superficie de 433.5 km² y limita

al noreste con Ixmiquilpan, al norte con Tasquillo, al noroeste con Tecozautla, al Oeste con Huichapan, al sur con Chapantongo y al sureste con Chilcuautla (Figura 1).

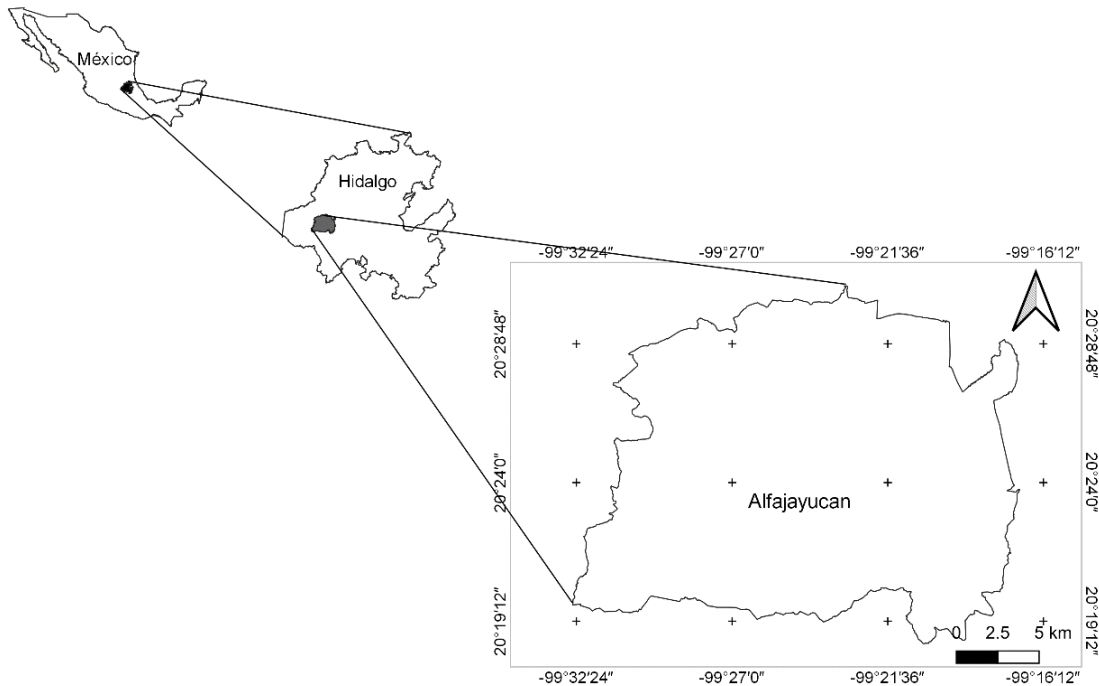


Figura 1. Localización del municipio de Alfajayucan, Hidalgo.

Geográficamente, Alfajayucan se ubica entre las coordenadas 20°18' y 20°31' latitud Norte y 99°17' y 99°33' longitud Oeste, en la provincia fisiográfica conocida como Eje Neovolcánico, subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo (INEGI 1997). El 62% de la superficie del municipio se localiza en lomeríos, y el 38% en zona de sierra. Los suelos dominantes son phaeozem con 52% de la superficie, vertisol con 33%, planosol con 4.5%, regosol con 3.5% y calcisol con 3% (INEGI 2009). Se encuentra en altitudes entre los 1700 y 2800 m. El cerro "El Soldado" es punto de mayor altitud del municipio (INEGI 1997).

El clima predominante es BS (semiseco templado) y en menor porcentaje clima C(w0) (templado subhúmedo con lluvias en verano). La temperatura media anual es de 17.6 °C, la temperatura mínima normal del mes más frío es de 5.1 °C que corresponde a enero y la temperatura máxima normal es de 29.2 °C en el mes de mayo. Las temperaturas extremas absolutas mínima y máxima fueron de -9.5 °C el 14 de enero de 1964 y 42 °C

el 20 de marzo de 1983. La precipitación promedio anual es de 458.7 mm; el mes más seco es febrero con 8 mm de precipitación y el más húmedo es junio con 77.9 mm (SMN 2020). En el municipio usualmente se presentan heladas entre los meses de noviembre y marzo (INEGI 2009).

8.2 Características sociales y culturales

8.2.1 Antecedentes históricos

La región en donde se encuentra el estado de Hidalgo fue paso obligado de muchas migraciones antiguas en zonas de lo que ahora es el Valle de México. El registro arqueológico más antiguo en el estado data de 11,000 años y se encontró en el municipio de Tulancingo. En Alfajayucan se han encontrado pinturas rupestres en las que se observan siluetas humanas, estructuras piramidales, e indicios de cacería en la localidad de San Antonio Tezoquipan en rocas cercanas al río Tzindejé (Vergara-Hernández 2013).

La llegada exacta de los otomíes a la región está poco documentada. Esta cultura tuvo su origen entre los años 4000 y 1000 a. C. en la zona de Tula, pero fue probablemente entre los años 1050 y 1250 d. C. cuando se dispersaron hasta ocupar amplias zonas de la cuenca de México.

La región del Valle del Mezquital fue conquistada por los españoles en 1520; los franciscanos llegaron a la región de Tepeapulco y Tula en 1527 y pocos años después se extendieron hacia lo que ahora son los municipios de Mixquiahuala, Tecozautla, Huichapan y Alfajayucan (Moreno Alcántara et al. 2006). En el año de 1558 se fundó el pueblo de Alfajayucan y para el año de 1847 se constituyó como municipio.

Aspectos socioeconómicos

La población del municipio de Alfajayucan está compuesta por alrededor de 19,000 habitantes de los que aproximadamente 3,000 hablan otomí. La población con edad superior a los 15 años asciende a 13,560 habitantes, de ellos, 1,810 son analfabetas, 2,532 cuentan con estudios de primaria completa y 3,573 con secundaria. El promedio años de escolaridad de los habitantes del municipio es de 6.7 (INEGI 2016).

En el año 2010, se registró una población económicamente activa (PEA) de 6,558 habitantes. De ellos, 39.7% se dedican a actividades del sector primario, 24.1% al sector secundario y 35.4% al sector terciario (INEGI 2016). En el mismo año, el municipio contaba con 35 escuelas preescolares, 37 primarias, 13 secundarias y 1 bachillerato, además de 8 unidades médicas (INEGI 2016).

Las actividades productivas de mayor importancia son la agricultura y la ganadería. Para el año 2019, la superficie cosechada en el municipio fue de 10,126 hectáreas. Las principales especies cultivadas fueron el maíz con 4,407 hectáreas, alfalfa con 4,541 hectáreas y chile con 615 hectáreas (SIAP 2020).

9. Literatura citada

- Aguilar V, Aguirre A, Alarcón J, Boomer A, Contreras S, Del Val E, Elizalde A, Enkerlin E, Espinosa-García FJ, Golubov J, Hermann H, Koleff P, Low Pfeng A, March J, I, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Mena J, Mendoza R, Moreno E, Pérez-Sandi M, Randall J, Rickards J, Torres G, Vibrans H, Zertuche-González J, Ziller S, Zimmerman H (2007) Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, 72 pp.
- Aguirre-Muñoz A, Mendoza-Alfaro R, Arredondo-Ponce-Bernal H, Arriaga-Cabrera L, Campos-González E, Contreras-Balderas S, Elías-Gutiérrez M, Espinosa-García FJ, Fernández-Salas I, Galaviz-Silva L, García de León FJ, Lazcano-Villarreal D, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Medellín RA, Naranjo-García E, Olivera-Carrasco M-T, Pérez-Sandi M, Rodríguez-Almaraz G, Salgado-Maldonado G, Samaniego-Herrera A, Suárez-Morales E, Vibrans H, Zertuche-González JA (2009) Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 277–318.
- Ali S, Shabbir A, Muhammad S (2018) Ethnobotanical uses of some native and alien plants of the Jhok Reserve Forest, Punjab, Pakistan. *Journal of Weed Science Research* 24: 89–103. [https://doi.org/10.28941/24-2\(2018\)-4](https://doi.org/10.28941/24-2(2018)-4)
- Bacher S, Blackburn TM, Essl F, Genovesi P, Heikkilä J, Jeschke JM, Jones G, Keller R, Kenis M, Kueffer C, Martinou AF, Nentwig W, Pergl J, Pyšek P, Rabitsch W, Richardson DM, Roy HE, Saul W-C, Scalera R, Vilà M, Wilson JR, Kumschick S (2018) Socio-economic impact classification of alien taxa (SEICAT). *Methods in Ecology and Evolution* 9: 159–168. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12844>

- Bennett BM, van Sittert L (2019) Historicising perceptions and the national management framework for invasive alien plants in South Africa. *Journal of Environmental Management* 229: 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.029>
- Blackburn TM, Essl F, Evans T, Hulme PE, Jeschke JM, Kühn I, Kumschick S, Marková Z, Mrugała A, Nentwig W, Pergl J, Pyšek P, Rabitsch W, Ricciardi A, Richardson DM, Sendek A, Vilà M, Wilson JRU, Winter M, Genovesi P, Bacher S (2014) A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. *PLoS Biology* 12: 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
- Brooks ML, D'Antonio CM, Richardson DM, Grace JB, Keeley JE, DiTomaso JM, Hobbs RJ, Pellant M, Pyke D (2004) Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience* 54: 677–688. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0677:EOIAP0\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0677:EOIAP0]2.0.CO;2)
- Byrne MJ, Williams VL, Wojtasik EM (2017) The viability of propagules of alien plant species sold for traditional medicine in South Africa. *South African Journal of Botany* 109: 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.01.206>
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras (2010) Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 91 pp.
- CONABIO (2020) Especies exóticas invasoras. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: <https://enciclovida.mx/exoticas-invasoras> (13 de agosto de 2020).
- Dalle Fratte M, Bolpagni R, Brusa G, Caccianiga M, Pierce S, Zanzottera M, Cerabolini BEL (2019) Alien plant species invade by occupying similar functional spaces to native species. *Flora* 257: 151419. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151419>
- DOF (2016) Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016 (20 de enero de 2020).
- DOF (2018) Ley General de Vida Silvestre. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510956&fecha=19/01/2018 (19 de enero de 2019).
- Espinosa-García FJ, Villaseñor JL (2017) Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 76–96. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.010>

- Espinosa-García FJ, Villaseñor JL, Vibrans H (2004) Geographical patterns in native and exotic weeds of Mexico. *Weed Technology* 18: 1552–1558. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2004\)018\[1552:GPINAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2004)018[1552:GPINAE]2.0.CO;2)
- Golubov J, Mandujano MC, Guerrero-Eloísa S, Mendoza Alfaro R, Koleff P, González-Martínez AI, Barrios Y, Born-Schmidt G (2014) Análisis multicriterio para ponderar el riesgo de las especies invasoras. En: Mendoza R, Koleff P (Eds), *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 123–133.
- INEGI (1997) *Alfajayucan, estado de Hidalgo: cuaderno estadístico municipal*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, 128 pp.
- INEGI (2009) *Prontuario de información geográfica municipal: Alfajayucan, Hidalgo*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, D.F., 9 pp.
- INEGI (2016) *Censo de Población y Vivienda 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/> (13 de agosto 2020).
- Koleff P (2017) Conceptos básicos sobre las invasiones biológicas y sus impactos a la biodiversidad. En: Born-Schmidt G, de Alba F, Parpal J, Koleff P (Eds), *Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras*. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública Cámara de Diputados / LXIII Legislatura, México, D.F., 13–34.
- Kumschick S, Bacher S, Dawson W, Heikkilä J, Sendek A, Pluess T, Robinson T, Kühn I (2012) A conceptual framework for prioritization of invasive alien species for management according to their impact. *NeoBiota* 15: 69–100. <https://doi.org/10.3897/neobiota.15.3323>
- López-Aguilar F (2006) Símbolos del tiempo. Inestabilidad y bifurcaciones en los pueblos de indios del Valle del Mezquital. *Dimensión Antropológica* 31: 209–2013.
- Maema LP, Potgieter MJ, Samie A (2019) Ethnobotanical survey of invasive alien plant species used in the treatment of sexually transmitted infections in Waterberg District, South Africa. *South African Journal of Botany* 122: 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.012>
- Martínez GJ, Manzano-García J (2019) Perception and use of non-native and invasive flora from Sierras de Córdoba in central Argentina. *Acta Botanica Brasilica* 33: 241–253. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0316>
- McLean P, Wilson JR, Gaertner M, Kritzinger-Klopper S, Richardson DM (2018) The distribution and status of alien plants in a small South African town. *South African Journal of Botany* 117: 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.02.392>

- Meyerson LA, Mooney HA (2007) Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2)
- Morales-Romero D, Lopez-García H, Martínez-Rodríguez J, Molina-Freaner F (2019) Documenting a plant invasion: the influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments* 164: 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.012>
- Moreno-Alcántara B, Garret-Ríos MG, Fierro-Alonso U (2006) Otomíes del Valle del Mezquital. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, México, D.F, 51 pp.
- Ochoa-Ochoa LM, Ríos-Muñoz CA, Johnson SB, Flores-Villela OA, Arroyo-Cabrales J, Martínez-Gordillo M (2019) Invasive species: legislation and species list considerations from Mexico. *Environmental Science & Policy* 96: 59–63. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.03.002>
- Potgieter LJ, Gaertner M, O'Farrell PJ, Richardson DM (2019) Perceptions of impact: invasive alien plants in the urban environment. *Journal of Environmental Management* 229: 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.080>
- Prabakaran K, Li J, Anandkumar A, Leng Z, Zou CB, Du D (2019) Managing environmental contamination through phytoremediation by invasive plants: a review. *Ecological Engineering* 138: 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.002>
- Pyšek P, Richardson DM (2006) The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* 33: 2040–2050. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01578.x>
- Pyšek P, Richardson DM, Rejmánek M, Webster GL, Williamson M, Kirschner J (2004) Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *TAXON* 53: 131–143. <https://doi.org/10.2307/4135498>
- Reséndiz-Cruz I, Pérez-Montes LE, Navarro-Sigüenza AG (2017) La comunidad de aves del sureste del Valle del Mezquital, México: estructura y composición. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología* 18: 157–175. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2017.18.1.274>
- Richardson DM, Pyšek P, Rejmanek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, Lodge DM, Molofsky J, With KA, Baughman S, Cabin RJ, Cohen JE, Ellstrand NC, McCauley DE, O'Neil P, Parker IM, Thompson JN, Weller SG (2001) The population biology of invasive species. *Annual Review of*

- Shackleton CM, Shackleton RT (2016) Knowledge, perceptions and willingness to control designated invasive tree species in urban household gardens in South Africa. *Biological Invasions* 18: 1599–1609. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1104-7>
- Shackleton SE, Shackleton RT (2018) Local knowledge regarding ecosystem services and disservices from invasive alien plants in the arid Kalahari, South Africa. *Journal of Arid Environments* 159: 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.07.001>
- Shrestha BB, Shrestha UB, Sharma KP, Thapa-Parajuli RB, Devkota A, Siwakoti M (2019) Community perception and prioritization of invasive alien plants in Chitwan-Annapurna Landscape, Nepal. *Journal of Environmental Management* 229: 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.034>
- SIAP (2020) Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (13 de agosto 2020).
- SMN (2020) Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=hgo> (13 de agosto de 2020).
- Szymura TH, Szymura M, Zając M, Zając A (2018) Effect of anthropogenic factors, landscape structure, land relief, soil and climate on risk of alien plant invasion at regional scale. *Science of The Total Environment* 626: 1373–1381. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.131>
- Usher MB (2000) The nativeness and non-nativeness of species. *Watsonia* 23: 323–326.
- Vergara-Hernández A (2013) El arte rupestre en el estado de Hidalgo, patrimonio cultural que estamos perdiendo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/ida/n2/e1.html> (12 de agosto de 2020).
- Vibrans H (1998) Native maize field weed communities in south-central Mexico. *Weed Research* 38: 153–166.
- Vibrans H, García-Moya E, Clayton D, Sánchez-Ken JG (2014) *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): new for the Americas, successful in Mexico. *Invasive Plant Science and Management* 7: 222–228. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00107.1>
- Villaseñor JL, Espinosa-García FJ (2004) The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113–123. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x>

Wagh VV, Jain AK (2018) Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. South African Journal of Botany 114: 171–180.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.11.008>

CAPÍTULO I. DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES INTRODUCIDAS EN ALFAJAYUCAN HIDALGO

1.1 RESUMEN

El ser humano ha trasladado plantas y animales de hace miles de años de sus regiones de origen a otras partes del mundo. Algunas de estas plantas, al encontrarse en un nuevo lugar con condiciones favorables para su desarrollo, pueden expandir su intervalo de distribución y convertirse en invasoras, causando diversos impactos negativos. Se conoce el estatus invasor de muchas especies a gran escala, sin embargo, se sabe poco sobre el tamaño de sus poblaciones y su distribución a nivel local, y el papel en las decisiones y vida diaria de las personas. La distribución, tamaño de población y superficie cubierta de 20 especies exóticas selectas se estimaron en sitios de muestreo ubicados sistemáticamente en la región agrícola de Alfajayucan, Hidalgo. Se muestrearon 51 sitios en un área de 78 km² a lo largo de temporadas del año con la finalidad de analizar la relación entre estas especies y las variables ambientales donde se desarrollan. Se analizó el pH, contenido de materia orgánica, de carbonatos y textura del suelo para cada sitio de muestreo. Los datos obtenidos se examinaron con estadística descriptiva, correlaciones y análisis factorial de datos mixtos. Se encontraron 17 de las 20 especies previamente seleccionadas en los sitios de muestreo. Las especies cubrieron la mayor superficie en verano y los pastos tuvieron la mayor cobertura. Los principales ambientes donde se encontraron fueron orillas de cultivos, de canales y dentro de áreas de cultivo. Dado que había pocas diferencias en altitud y condiciones de clima y la mayoría de los suelos eran alcalinos, la mayoría de las especies presentaron una amplia distribución en la región de estudio. Sin embargo, *Salsola tragus* mostró preferencia a suelos con un pH fuertemente alcalino y *Sorghum halepense* a suelos más bien neutros o ligeramente alcalinos, ricos en materia orgánica. Ambas especies podrían considerarse indicadoras de esas condiciones.

Palabras clave: abundancia, cobertura, especies indicadoras, pastos, plantas invasoras

1.2 ABSTRACT

Humans have been moving plants and animals from their regions of origin to other parts of the world for thousands of years. Some of these plants, when arriving in a new place with favorable conditions for their development, can expand their range of distribution and become invasive, causing various negative impacts. The invasive status of many species is known on a large scale; however, little is known about the size of their populations and their distribution at the local level, and their role in people's decisions and daily lives. The distribution, population size and occupied area of 20 selected exotic species were estimated on systematically placed survey plots in the agricultural region of Alfajayucan, Hidalgo. Fifty-one sites were sampled in an area of 78 km² throughout three seasons of the year, in order to analyze the relationship of these species and the environmental variables where they develop, pH, organic matter content, carbonates and soil texture were analyzed for each sampling site. The data obtained were examined with descriptive statistics, correlations and mixed data factor analysis. Seventeen of the 20 previously selected species were found in the survey plots. The species covered the largest surface area during summer, and grasses had the greatest coverage. The main environments where they were found were field margins, channels and within crop areas. As there were few differences in altitude and climate, and most soils were alkaline, most species had a wide distribution within the area. However, *Salsola tragus* preferred strongly alkaline soils and *Sorghum halepense* neutral or slightly alkaline soils rich in organic matter. Both species could be considered indicators of these conditions.

Key words: abundance, cover, indicator species, grasses, invasive plants

1.3 INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años, el ser humano se ha desplazado por diferentes zonas del planeta. En todos estos movimientos transportaba especies de plantas y animales que le eran útiles para diversos fines, como alimento, vestido y techo, por mencionar algunos. Consciente o inconscientemente ha introducido especies en sitios donde, por la presencia de barreras naturales, les sería imposible llegar por medios propios (Pyšek y Richardson 2006).

La introducción de estas especies se ha dado por diferentes medios a lo largo de la historia. El desarrollo de maquinarias, medios de comunicación y rutas comerciales, facilitó en el pasado, el traslado de muchas especies y el transporte accidental de otras (Turbelin et al. 2017). Actualmente el movimiento de personas, artículos y productos, que se desplazan muy fácilmente alrededor del mundo, contribuye a la introducción acelerada de especies exóticas en varias regiones (Meyerson y Mooney 2007).

Algunas especies pueden colonizar amplias áreas y tener impactos negativos en poblaciones de plantas o animales nativas, causar problemas a la salud o a la economía humana (Aguirre-Muñoz et al. 2009). Cuando esto sucede, las especies llegan a conocerse como invasoras (DOF 2018).

Se han hecho investigaciones sobre los patrones de distribución de las plantas exóticas en regiones donde tienen comportamiento invasor. Estas coinciden en que su presencia y dispersión son resultado de diferentes factores naturales y antropogénicos (Richardson y Pyšek, 2012; Dainese et al. 2014). Entre ellos se encuentran la fenología de las especies y su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas y su variación a través del tiempo por el impacto de las actividades humanas (Pyšek et al. 2011; Inderjit et al. 2018), a la existencia de zonas perturbadas, la alta densidad de poblaciones humanas (Liu et al. 2005), y también las condiciones de humedad y nutrientes del suelo (Arianoutsou et al. 2010).

En México, el número de plantas catalogadas como invasoras es relativamente bajo si se le compara con el total de especies de plantas vasculares presentes en el país, pero varias de ellas están causando diversos problemas de tipo ecológico, económico y

sanitario (Espinosa-García y Villaseñor 2017). Muchas especies tienen siglos de haberse introducido, mientras otras han llegado recientemente, lo que implica que varias se han naturalizado y dispersado rápidamente. A pesar de esto, es hasta los últimos 20 años, que se le ha dado importancia al problema (Aguilar et al. 2007).

Teóricamente existen varias medidas para la erradicación, control, mitigación de impactos y manejo de las plantas exóticas; esto depende de la etapa de invasión en la que se encuentren (Blackburn et al. 2011). Para poder aplicar de mejor manera las medidas y predecir su expansión en otros lugares es útil saber si existen patrones de distribución, preferencia de condiciones climáticas, de suelo, tipo de vegetación o hábitat en el que se desarrollan, entre otros factores ecológicos de algunas especies de importancia.

Hay varios trabajos en México que a nivel general tratan de hacer aproximaciones a la distribución de especies exóticas. Destacan, por ejemplo, los modelos de distribución potencial generados para algunas especies en Baja California, que permiten predecir las zonas donde las condiciones climáticas posibilitan su establecimiento (Palma-Ordaz and Delgadillo-Rodríguez 2014). También existen documentos donde se indican los estados con presencia de especies exóticas de familias como Asteraceae (Villaseñor et al. 2011) y Poaceae (Dávila et al. 2018), y varias especies invasoras (CONABIO 2015).

Otros trabajos a un nivel más específico, son resultado de exploraciones botánicas en algunas regiones del centro de México. Contienen observaciones sobre las condiciones del lugar donde se han observado, y en algunos casos, la tendencia de invasión futura en regiones cercanas. Varios de estos trabajos son de especies de las familias Asteraceae (Rzedowski et al. 2003), Brassicaceae (Vibrans 2003), Polygonaceae (Vibrans y Hanan-Alipi 2007) y Poaceae (Vibrans et al. 2014).

El conocimiento de la distribución de plantas exóticas a nivel local es limitado. En la gran mayoría de los casos se desconocen las condiciones de suelo, clima y vegetación donde se están desarrollando. Este trabajo indaga si existen patrones de distribución de algunas especies exóticas de interés en una zona agrícola relativamente pequeña, por medio de muestreos sistemáticos, distinguiendo diferentes tipos de vegetación secundaria,

condiciones de suelo. Para distinguir preferencias de las especies a las diferentes condiciones climáticas durante el año, se eligieron tres temporadas. Además, en la zona de estudio hay evidencia de la existencia de plantas invasoras que probablemente llegaron por el sistema de riego, y bajo las condiciones edáficas y climáticas existentes, es interesante explorar.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Visita preliminar a la zona de estudio

Durante el mes de diciembre de 2018, se hicieron visitas al municipio de Alfajayucan, Hidalgo, con el propósito de observar las diferentes especies de plantas introducidas que existen en la zona. Las especies encontradas se agruparon en tres categorías de acuerdo al estado de invasión en la zona, que se estimó con base a las observaciones en campo y al conocimiento previo de ellas por parte de uno de los autores (H Vibrans) y de la revisión de literatura (Aguilar et al. 2007; Villaseñor et al. 2011; Espinosa-García y Villaseñor 2017; Sánchez-Ken 2018), en: 1) ampliamente distribuidas, 2) en expansión, y 3) establecidas, pero poco frecuentes. Con base en esta primera clasificación, se seleccionaron 20 especies representativas de las tres categorías, pertenecientes a diferentes familias botánicas, así como lugares de origen y formas de vida distintas (Cuadro 1.1).

Cuadro 1.1. Especies introducidas seleccionadas. ¹FV: Forma de vida; ²EI: Estado de invasión en la zona de estudio (AD: Amplia distribución; E: En expansión; E/PF: Establecida pero poco frecuente. El estado de invasión se estimó con base en las observaciones en campo y en el conocimiento previo de las especies.

Familia botánica	Nombre científico	Origen	FV ¹	EI ²
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Mediterráneo occidental	Hierba anual o bianual	AD
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	África	Hierba o arbusto, anual o perenne	AD
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	África	Hierba perenne	AD
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Eurasia tropical	Pasto perenne	AD
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	África	Pasto perenne	AD
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	África	Pasto perenne	AD
Poaceae	<i>Setaria adhaerens</i> (Forssk.) Chiov.	Noreste de África	Pasto anual	AD
Amaranthaceae	<i>Atriplex semibaccata</i> R.Br.	Australia	Hierba perenne	E

Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.	Mediterráneo	Hierba perenne	E
Asteraceae	<i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub.	Mediterráneo	Hierba anual	E
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i> DC.	Sudáfrica	Hierba anual o perenne	E
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	Mediterráneo	Hierba anual o bianual	E
Crassulaceae	<i>Kalanchoe daigremontiana</i> (Raym.-Hamet y H. Perrier) A. Berger	Madagascar	Hierba perenne	E
Amaranthaceae	<i>Salsola tragus</i> L.	Sur de Rusia	Hierba anual o perenne	E/PF
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Europa	Hierba perenne rastrera o trepadora	E/PF
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Europa, norte de África y Asia	Hierba perenne	E/PF
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	Europa	Hierba anual	E/PF
Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	Asia	Pasto perenne	E/PF
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Mediterráneo	Pasto perenne	E/PF
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Sudamérica	Árbol o arbusto	E/PF

1.4.2 Selección del área de estudio

Una vez hechas las visitas previas en el municipio, se delimitó el área de muestreo a una circunferencia de 5 km de radio con un área aproximada de 78 km², cuyo punto central fue la cabecera municipal. Se decidió partir de ese punto porque se le dio prioridad a la región agrícola de riego, y esta se ubica en el área periférica a la cabecera municipal. También se estableció contacto con las autoridades municipales para dar a conocer el proyecto, las áreas donde se trabajaría y obtener el visto bueno para la ejecución del trabajo en campo.

1.4.3 Ubicación de los puntos de muestreo

La elección de los puntos de muestreo se hizo de manera sistemática. Con ayuda del software QGIS (versión 3.4; QGIS 2020) se creó una malla de puntos con una distancia entre ellos de 1 km. Esta malla se superpuso sobre el área de muestreo previamente seleccionada y se generaron 78 puntos (Figura 1.1). Los puntos fueron georreferenciados y se les asignó un número de identificación; con ayuda de imágenes satelitales se verificó su ubicación y aquellos que se localizaron en zonas de difícil acceso

(dentro de cuerpos de agua, o en áreas con topografía accidentada) fueron descartados del muestreo.

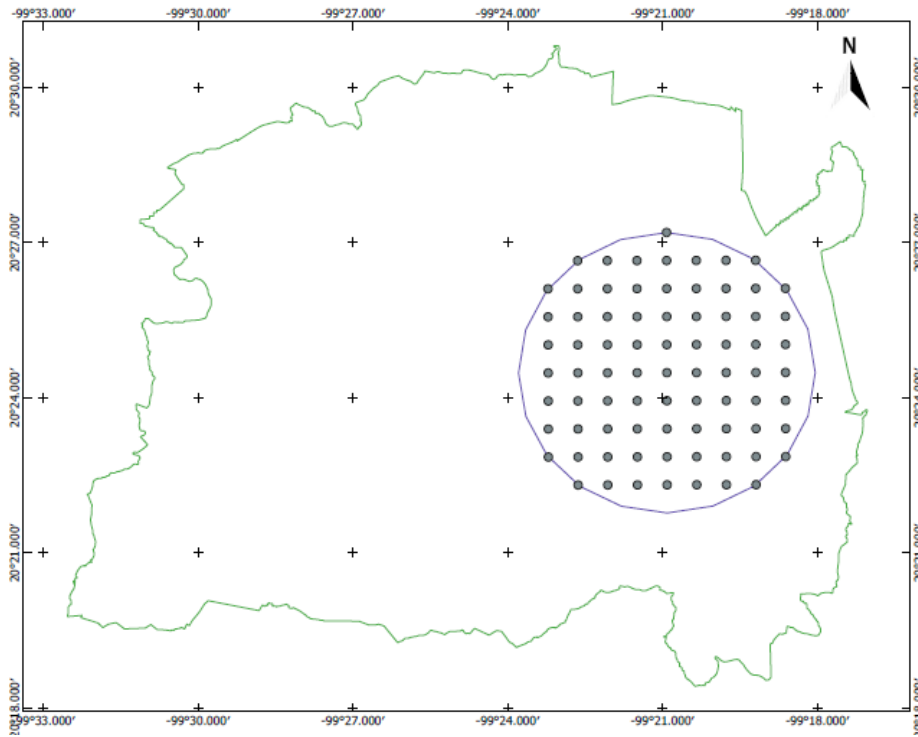


Figura 1.1. Ubicación de sitios de muestreo dentro del área de estudio, municipio de Alfajayucan, Hidalgo.

Finalmente fueron seleccionados 51 sitios de muestreo, los cuales se visitaron en tres épocas del año con ayuda de un receptor GPS Garmin eTrex Vista HCx. La fecha de las visitas se planeó considerando el periodo de lluvias en la región: una al inicio, la segunda durante la temporada de lluvias y la última una vez concluido dicho periodo; para identificarlas se les asignó la estación del año correspondiente a las fechas de visita. La primera visita se hizo en los meses de mayo y junio de 2019 y correspondió a la primavera. Los sitios se visitaron a principios del mes de septiembre y a finales de diciembre de 2019 para una segunda y tercera estimación y se les identificó con las estaciones de verano e invierno respectivamente.

1.4.4 Estimación de abundancia y cobertura de especies

En cada sitio de muestreo, se delimitó un cuadro de 10 m x 10 m (área de 100 m²) utilizando las coordenadas obtenidas en cada punto como vértice noreste del área a

muestrear. Debido a problemas de accesibilidad, en algunas ocasiones fue necesario mover el punto hasta una distancia máxima de 100 m con respecto a las coordenadas de la malla. En el formato de campo (Anexo A) se registró la información de altitud y error de precisión que indicaba el receptor GPS, y en el caso de los sitios que se movieron, también sus coordenadas, además de localidad, tipo de ambiente o hábitat predominante (Cuadro 1.2), grado de perturbación del sitio y algunas observaciones adicionales sobre otras especies predominantes.

Cuadro 1.2. Ambientes encontrados y número de sitios (frecuencia) en los que observaron en cada etapa de muestreo.

Ambiente	Frecuencia		
	Primavera	Verano	Invierno
Alfalfa	11	11	11
Orilla de camino	9	9	9
Matorral	8	8	8
Terreno sin uso actual	8	6	6
Maíz	6	8	3
Orilla de cultivo	3	3	3
Chile	2	2	1
Orilla de canal	2	2	2
Orilla de cuerpo de agua	1	1	1
Potrero	1	1	1
Terreno cosechado	0	0	6

En cada cuadro de 100 m², se buscaron las especies exóticas de interés para la investigación. Para cada especie encontrada, se estimó su abundancia (número de individuos) dentro del área con el uso de una escala logarítmica (1-10, 11-100, 101-1,000, 1,001-10,000) y se evaluó el porcentaje de cobertura de manera directa (1-100%). También se registró el estado fenológico de las plantas en tres etapas: 1) vegetativa, 2) reproductiva con predominancia de flores, y 3) reproductiva con predominancia de frutos (Anexo A).

1.4.5 Colectas botánicas

Durante los recorridos se tomaron fotografías y se recolectaron ejemplares de las plantas de interés con el propósito de tenerlas como respaldo y referencia. Para cada ejemplar se registró información de número de colecta, fecha, coordenadas, altitud, localidad, lugar donde se colectó, forma de vida y altura aproximada. Los especímenes fueron herborizados y se depositaron en el herbario CHAPA.

1.4.6 Muestreo de suelos

En cada sitio de muestreo se tomaron cuatro submuestras de suelo de una profundidad de 20 cm (la profundidad aproximada de la capa arable), a 1.5 m de cada vértice con dirección al centro del sitio. Las submuestras se mezclaron, y se aplicó la técnica de cuarteo para reducir la cantidad de muestra, obteniendo una muestra de aproximadamente 500 g de suelo para cada sitio (DOF 2002). Las muestras se identificaron con el número de sitio, se secaron a temperatura ambiente sin luz de sol directa y se enviaron al laboratorio de análisis agrícolas Fertilab en Celaya, Guanajuato.

De cada muestra se analizó la textura, el pH, el porcentaje de carbonatos y de materia orgánica. Los procedimientos utilizados por el laboratorio están autorizados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 publicada el 31 de diciembre de 2002 en el Diario Oficial de la Federación (DOF 2002) y se describen en el mismo documento. Para la determinación de la clase textural se utilizó el procedimiento de Bouyoucos (Bouyoucos 1962). El pH fue medido en suspensión de mezcla suelo-agua a razón 1:2. El porcentaje de materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black (Walkley y Black 1934), y el porcentaje de carbonatos por el método ácido de neutralización (Allison y Moodle 1965).

1.4.7 Análisis de datos

Para determinar si el esfuerzo de muestreo fue suficiente se obtuvo el estimador de riqueza Chao 2, que se basa en datos de presencia-ausencia y es muy confiable (Colwell y Coddington 1994), utilizando el paquete estadístico EstimateS versión 9.1.0 (Colwell 2019). Con la información de superficie cubierta, el número de especies observadas y las estimadas se hicieron curvas de acumulación de especies para cada etapa de muestreo.

Se utilizó estadística descriptiva para identificar a las especies y familias botánicas más frecuentes en los sitios, las que abarcaban mayor cobertura, así como la cobertura promedio por especie para cada etapa de muestreo. Se generaron gráficos circulares para comparar el cambio en la superficie cubierta en las tres etapas de muestreo. Para cada muestreo se hicieron análisis de correlación de Pearson con el programa

estadístico R versión 4.0.2 (R Core Team 2013), entre la superficie cubierta por especie y el número de sitios en los que se encontró cada una.

Por otro lado, se identificaron estadística descriptiva los tipos de ambiente en donde se estableció cada especie. Se obtuvo la superficie muestreada de cada ambiente y la superficie ocupada por las especies de interés. También se calculó la proporción de la superficie ocupada por las especies en cada ambiente. Además, se hizo un análisis de correlación de Pearson con el programa R versión 4.0.2, considerando la altitud de cada sitio de muestreo y la superficie cubierta por especie.

Con apoyo del software QGIS (versión 3.4; QGIS 2020) se generaron mapas de superficie cubierta por las especies de interés encontradas en cada etapa de muestreo. Del mismo modo, se hicieron mapas de distribución de las especies presentes en más del 10% de los sitios, considerando su superficie cubierta máxima. Esta información se ligó con capas de suelo (tipo de suelo y degradación; INEGI 2020b), los resultados del muestreo de suelos (pH, porcentaje de materia orgánica, porcentaje de carbonatos y textura), y variables climáticas (temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media) obtenidas de INEGI (2020a), para identificar de manera visual las condiciones que prefiere cada especie.

Se obtuvieron las correlaciones de Pearson de las especies con las variables de suelo (pH, materia orgánica, carbonatos y textura) en el software R versión 4.0.2. Para ello se consideró el valor máximo de superficie cubierta de cada especie en cualquiera de los tres muestreos, por sitio de muestreo. Para calcular las correlaciones con el factor textura, a cada clase textural se le asignó un valor numérico entre 1 y 12, de acuerdo al tamaño y la proporción de las partículas que lo componen (de más finas a más gruesas), tomando como base el triángulo de clases texturales (FAO 2009). En este análisis y en los siguientes se consideraron solo 12 de las 17 especies encontradas, pues las demás se encontraron en menos del 10% de los sitios. Para determinar si las especies pueden considerarse indicadoras de algún factor de suelo específico, para cada variable se obtuvo la relación entre su valor promedio por especie y su desviación estándar (Vibrans 2014).

Se hizo un análisis factorial de datos mixtos (Factor Analysis of Mixed Data, FAMD, por sus siglas en inglés) con la aplicación FactoMineR del paquete Rcmdr versión 2.7-0, contenidos en el programa estadístico R versión 4.0.2 (R Core Team 2013). Este tipo de análisis permite utilizar variables cualitativas y cuantitativas (Pagès 2004). Se exploró la relación de la presencia o ausencia de especies en cada sitio de muestreo con las variables de pH, materia orgánica, carbonatos, textura del suelo, tipo de suelo (carta de Edafología de INEGI 2020b), tipo de ambiente y observaciones sobre el uso de herbicidas, evidencia de labores de limpieza y de riego. Las variables climáticas no se incluyeron porque eran homogéneas en toda la región.

1.5 Resultados

1.5.1 Esfuerzo de muestreo

Se muestrearon en total 5,100 m² (51 cuadros de 10 m x10 m). Las curvas de acumulación de especies (Figura 1.2) indican que para el primer muestreo (primavera) se encontró el 84% de las especies estimadas por el estimador Chao 2. En los muestreos restantes, la curva de acumulación se vuelve asintótica pues se acumularon el 97% y el 100% de las especies estimadas.

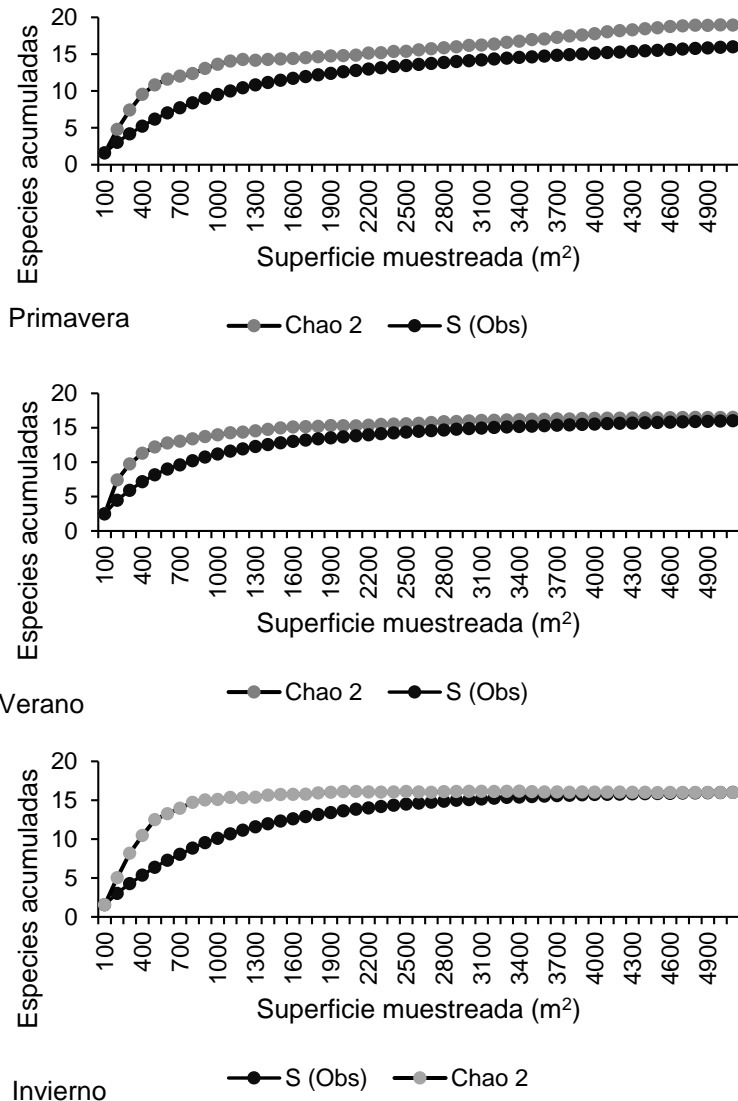


Figura 1.2. Curvas de acumulación de especies.

1.5.2 Composición florística, frecuencia y superficie ocupada por las especies introducidas selectas

Se registraron 17 de las 20 especies seleccionadas en los muestreos (Figura 1.3). *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Ricinus communis* L., *Cenchrus ciliaris* L., y *Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov. se encontraron con mayor frecuencia. *Convolvulus arvensis* L., *Kalanchoe daigremontiana* (Raym.-Hamet y H. Perrier) A. Berger y *Asphodelus fistulosus* L. no se encontraron en ninguno de los sitios de muestreo, aunque sí se observaron en la zona. La mayoría de las especies fueron más frecuentes en verano, con solo había algunas *Salsola tragus* L. y *Sorghum halepense* (L.) Pers. presentando

su mayor frecuencia en primavera y otras en invierno (*Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br., *Nicotiana glauca* Graham, *Atriplex semibaccata* R.Br., *Senecio inaequidens* DC. y *Helminthoteca echioides* (L.) Holub.). La familia Poaceae destacó en el número de especies, frecuencia y frecuencia relativa. Le siguieron las familias Euphorbiaceae, Amaranthaceae y Lamiaceae (Figura 1.4).

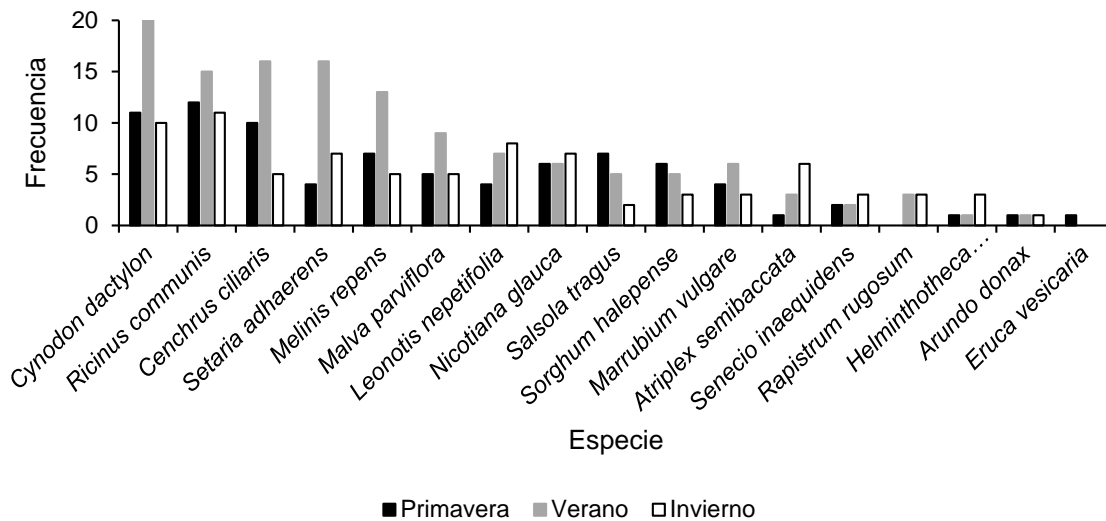


Figura 1.3. Número total de sitios donde se observaron las especies en cada etapa de muestreo.

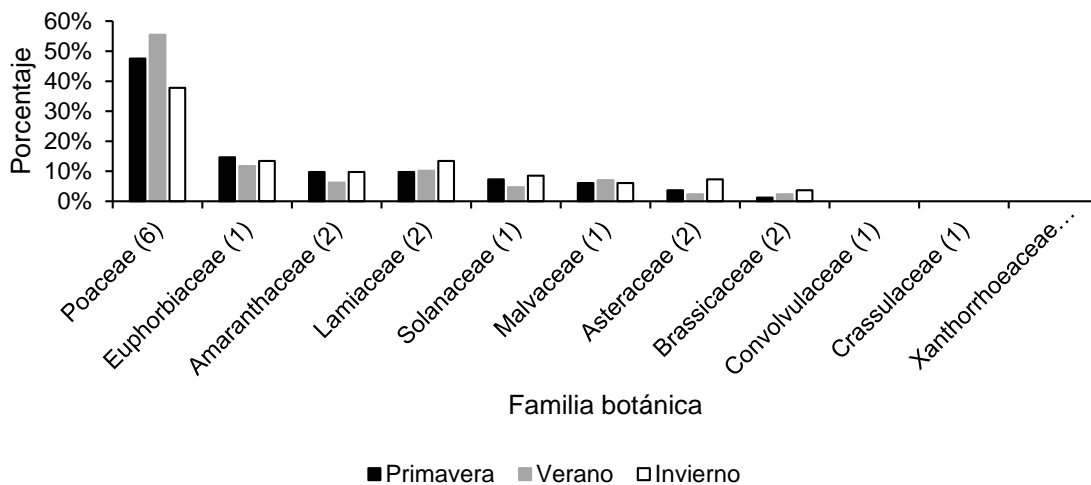


Figura 1.4. Frecuencia relativa por familia en cada etapa de muestreo. En paréntesis se indica el número de especies de cada familia.

La mayor superficie cubierta promedio por especie también correspondió a cinco de las seis especies de la familia Poaceae en las tres etapas de muestreo. *Cynodon dactylon* tuvo promedios mayores al 30% por sitio (Figura 1.5). Los promedios más altos de *Melinis repens* (Willd.) Zizka y *Cenchrus ciliaris* fueron en primavera. La superficie ocupada por *Salsola tragus* disminuyó en el invierno.

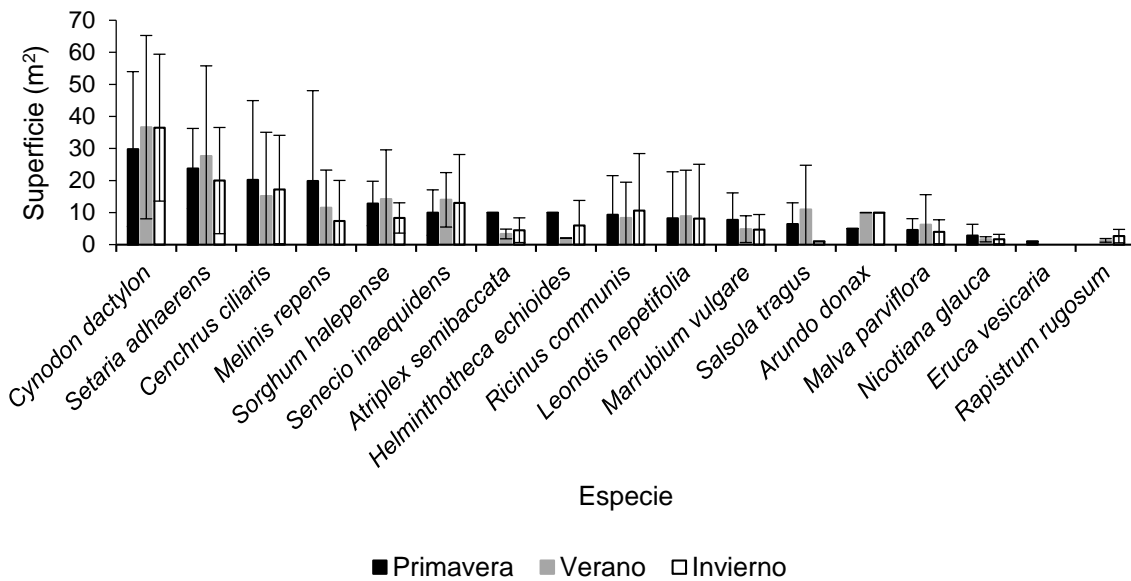
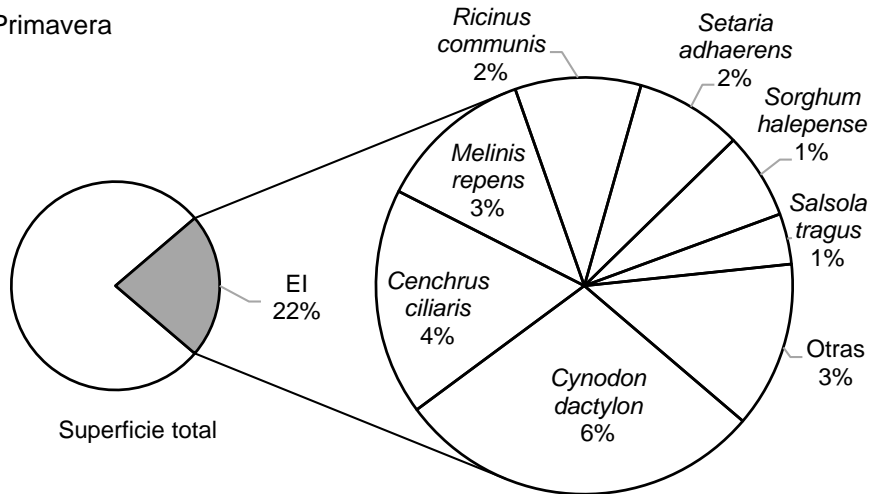


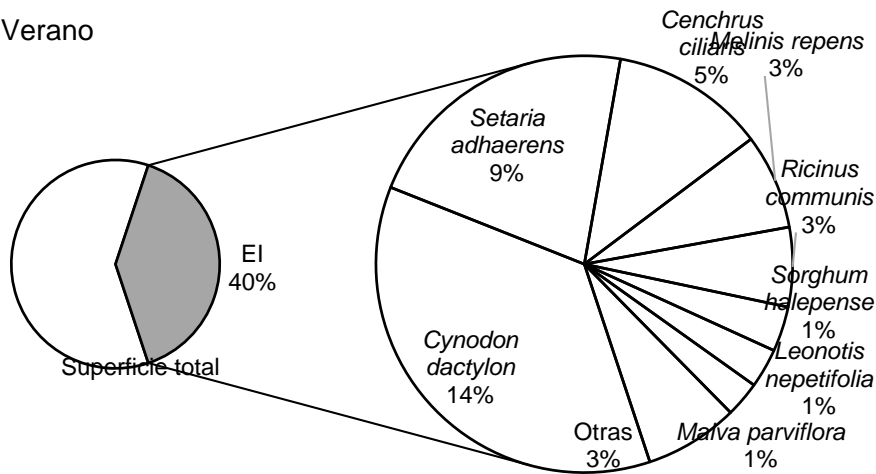
Figura 1.5. Superficie cubierta promedio por especie.

La mayor superficie ocupada por las plantas introducidas fue en la temporada de verano (39.7%; Figura 1.6 a). Fue considerablemente mayor a la de los otros periodos evaluados (Figura 1.6 a y c). Las especies que ocuparon mayor superficie en las tres épocas del año pertenecieron a la familia Poaceae. De ellas, *Cynodon dactylon* cubrió la mayor superficie en los tres muestreos, seguida de *Cenchrus ciliaris* en primavera, y *Setaria adhaerens* en verano e invierno (Anexo F).

a. Primavera



b. Verano



c. Invierno

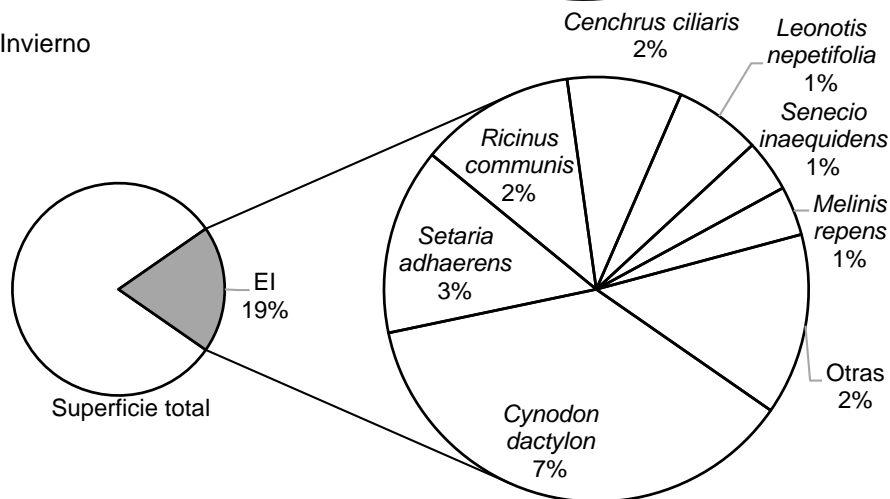


Figura 1.6. Proporción de superficie cubierta ocupada de especies seleccionadas con respecto a la superficie muestreada. El círculo a la izquierda indica la proporción de la superficie total que ocuparon en conjunto las especies. En el de la derecha se muestran las proporciones de las especies que ocuparon la mayor superficie en cada etapa.

1.5.3 Relación frecuencia-superficie cubierta

Se encontró en todos los casos una correlación positiva y relativamente alta entre el número de muestreos en los que se encontraba cada especie (frecuencia) y su cobertura total, tanto de manera general, sin considerar la fecha ($r=0.80$; Figura 1.7 d), en la fecha de máximo desarrollo (verano) como en las fechas más marginales (primavera e invierno). En el muestreo 1 tuvo un valor de $r=0.78$, para el muestreo 2 de $r=0.83$, y para el muestreo 3 de $r=0.68$.

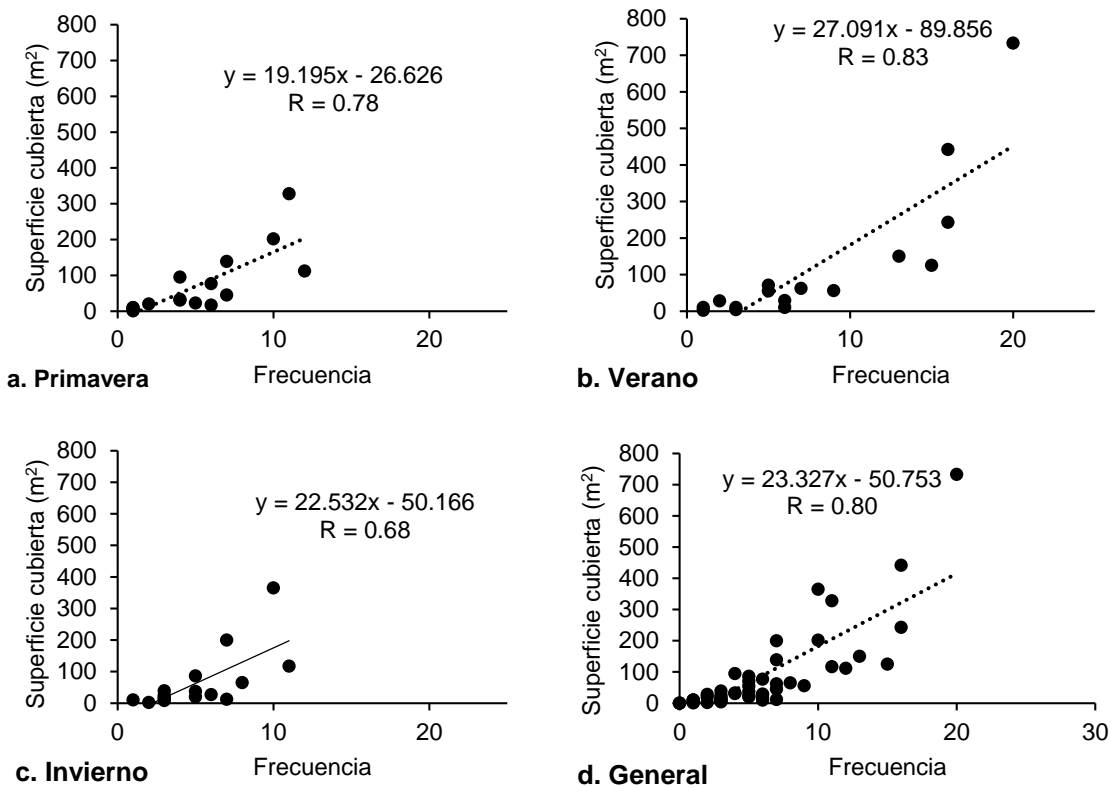


Figura 1.7. Relación entre frecuencia y superficie cubierta en cada muestreo y de manera general.

1.5.4 Distribución de especies introducidas por ambiente

Los 51 sitios de muestreo se ubicaron en 11 ambientes diferentes. El cultivo de alfalfa, las orillas de camino, el matorral y los terrenos sin uso fueron los más comunes, y por tanto, los que mayor superficie tuvieron en las tres etapas del muestreo (Cuadro 1.3). En el periodo de verano se observó por lo menos una de las especies seleccionadas en el 92% de los sitios, y en los periodos de primavera e invierno, solo hubo presencia en el 74% y 65% respectivamente.

Los ambientes con mayor superficie muestreada fueron el cultivo de alfalfa, los matorrales y las orillas de camino. En estos, la superficie cubierta por las especies evaluadas fue la mayor. Sin embargo, cuando se consideró de manera individual la superficie ocupada por cada ambiente, se encontró que, de esta superficie, las especies ocuparon una mayor proporción en las orillas de canales y de cultivos en todos los muestreos, y las orillas de caminos y de cuerpo de agua en el verano (Cuadro 1.3; Anexo C).

Cuadro 1.3. Superficie ocupada por ambiente, superficie ocupada por las especies y proporción ocupada por las especies con respecto a la superficie de cada ambiente. ¹ST = Superficie total ocupada por cada ambiente (m²). ²SCT = Superficie cubierta por las especies en cada ambiente (m²). ³%CA = Proporción de la superficie que fue cubierta por las especies en cada ambiente.

Ambiente	Primavera			Verano			Invierno		
	ST ¹	SCT ²	%CA ³	ST	CST	%CA	ST	CST	%CA
Alfalfa	1,100	325	30	1,100	353	32	1,100	270	25
Orilla de camino	900	186	21	900	455	51	900	184	20
Matorral	800	235	29	800	361	45	800	35	4
Terreno sin uso actual	800	89	11	600	176	29	700	75	11
Maíz	600	68	11	800	233	29	300	69	23
Orilla de cultivo	300	110	37	300	144	48	200	120	60
Chile	200	36	18	200	98	49	100	25	25
Orilla de canal	200	93	47	200	121	61	200	158	79
Orilla de cuerpo de agua	100	0	0	100	70	70	100	0	0
Potrero	100	6	6	100	19	19	100	9	9
Terreno cosechado	0	0	0	0	0	0	600	40	7

Cynodon dactylon estuvo presente en más ambientes durante el verano, encontrándose en nueve de ellos. Otras especies de pastos, además de *Ricinus* y *Leonotis*, se encontraron también en siete ambientes diferentes en alguna etapa del muestreo (Figura 1.8).

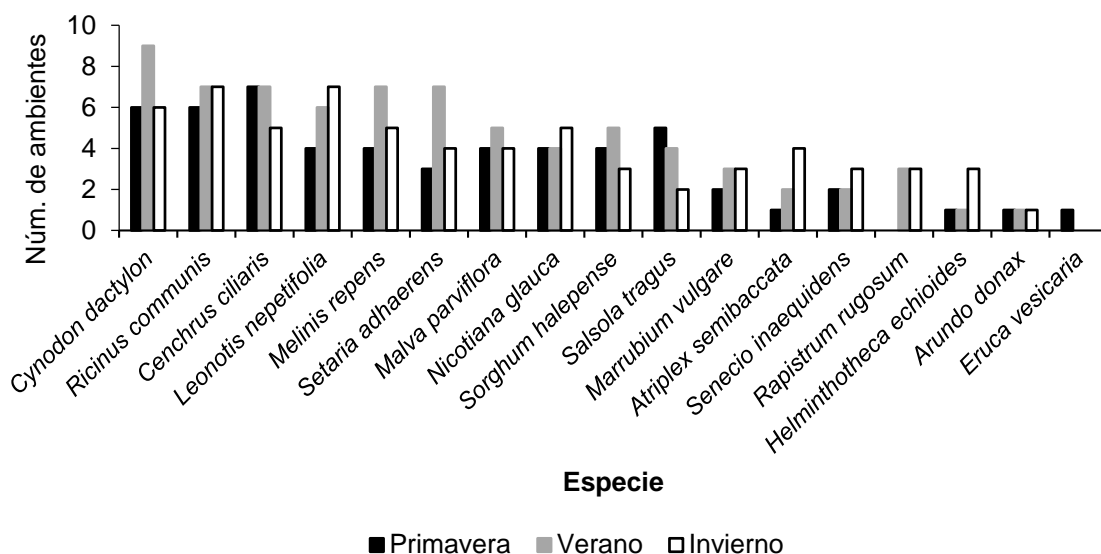


Figura 1.8. Número de ambientes en los que se encontró cada especie.

1.5.5 Relación de las especies con factores de clima, elevación y suelos.

Las condiciones climáticas fueron relativamente homogéneas en toda la zona de estudio y por lo tanto no influyeron en la distribución de las 12 especies registradas con una frecuencia mínima de 10% de los muestreos. La altitud tampoco tuvo relación con la presencia y superficie cubierta por las especies ($r= 0.004$).

Los análisis de suelos mostraron que la mayoría de los sitios tenían un pH alcalino y eran calcáreos, pero también tenían buen contenido de materia orgánica (Cuadro 1.4; Anexo B y E).

Cuadro 1.4. Resumen de resultados de muestreos de análisis de suelo. Para la división de intervalos de pH y porcentaje de M.O. se tomó como base la clasificación publicada en la NOM-021 (DOF 2002). Para el porcentaje de carbonatos se consideró la clasificación de FAO (FAO 2009).

Intervalo de pH	Clasificación NOM-021	n
6.60-7.39	Neutro	2
7.4-7.9	Moderadamente alcalino	22
8.0-8.5	Moderadamente alcalino	18
>8.5	Fuertemente alcalino	9
Porcentaje de carbonatos	Clasificación FAO	n
0-2	Ligeramente calcáreo	2
2-6	Moderadamente calcáreo	22
6-10	Moderadamente calcáreo	14
10-25	Fuertemente calcáreo	10
>25	Extremadamente calcáreo	3
Porcentaje de M.O.	Clasificación NOM-021	n
<0.5	Muy bajo	2
0.5-1.5	Bajo	7

1.6-3.5	Medio	15
3.6-6.0	Alto	18
>6.0	Muy alto	9
Textura		N
Arcilla		7
Franco Arcillo Arenoso		18
Franco		13
Franco Arenoso		13

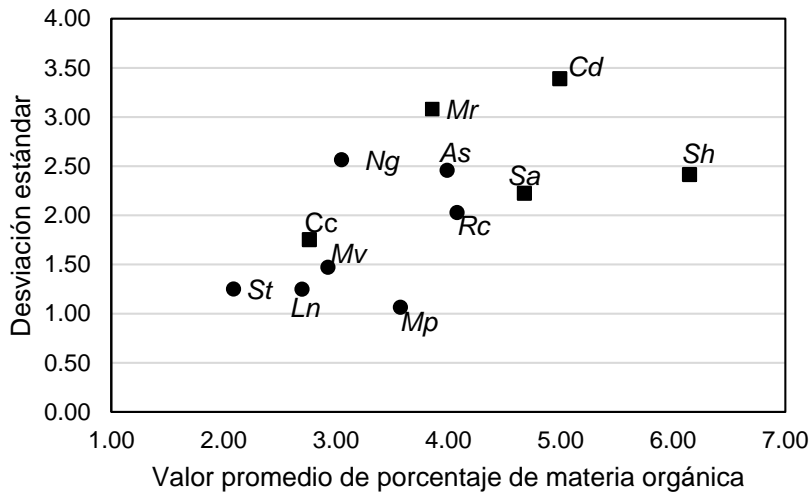
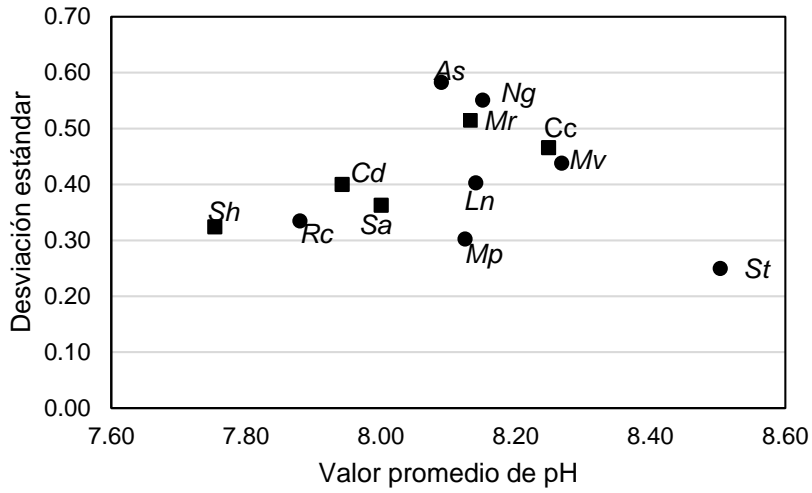
La superficie ocupada por especie y los factores de suelo analizados mostraron en su mayoría correlaciones débiles. Destacaron *Sorghum halepense* y *Leonotis nepetifolia*, con el alto contenido de carbonatos ($r=0.95$ y $r = 0.88$, respectivamente), *Nicotiana glauca* con pH neutros a ligeramente alcalinos ($r=-0.75$) y *Marrubium vulgare* L. con suelos de texturas medias ($r=-0.87$; Cuadro 1.5).

Cuadro 1.5. Correlación de los factores de suelo y la superficie cubierta de cada especie.

Especie	Textura	pH	M.O.	Carbonatos
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0.14	0.30	-0.43	-0.21
<i>Cynodon dactylon</i>	-0.02	0.20	-0.14	0.33
<i>Melinis repens</i>	-0.44	0.14	-0.07	-0.12
<i>Setaria adhaerens</i>	-0.06	0.03	0.05	-0.17
<i>Sorghum halepense</i>	0.15	-0.25	-0.18	0.95
<i>Ricinus communis</i>	0.44	0.41	-0.41	0.39
<i>Leonotis nepetifolia</i>	-0.11	-0.07	-0.10	0.88
<i>Marrubium vulgare</i>	-0.87	-0.46	0.20	0.07
<i>Nicotiana glauca</i>	-0.67	-0.75	0.39	-0.29
<i>Atriplex semibaccata</i>	0.71	0.50	-0.58	0.11
<i>Salsola tragus</i>	0.32	0.29	-0.24	-0.58
<i>Malva parviflora</i>	0.44	-0.08	-0.26	-0.17

La relación entre los valores promedio de estos factores de suelo con su desviación estándar mostró la variación y el intervalo de preferencia de las especies para cada uno de ellos (Figura 1.9 y Anexo D). *Sorghum halepense* tuvo preferencia a suelos con pH neutros a moderadamente alcalinos, con alto contenido de materia orgánica, moderado contenido de carbonatos y suelos con textura arcillosa a franco arcillo arenosa. *Salsola tragus* prefirió sitios con suelos fuertemente alcalinos y con bajo contenido de materia orgánica (Figura 1.10). *Leonotis nepetifolia* prefirió sitios con suelos moderadamente

alcalinos, mientras *Malva parviflora* L. y *Marrubium vulgare* mostraron amplia tolerancia esta variable.



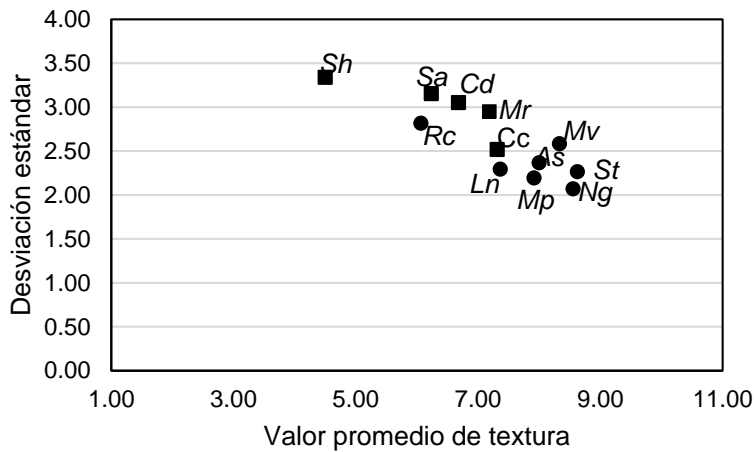
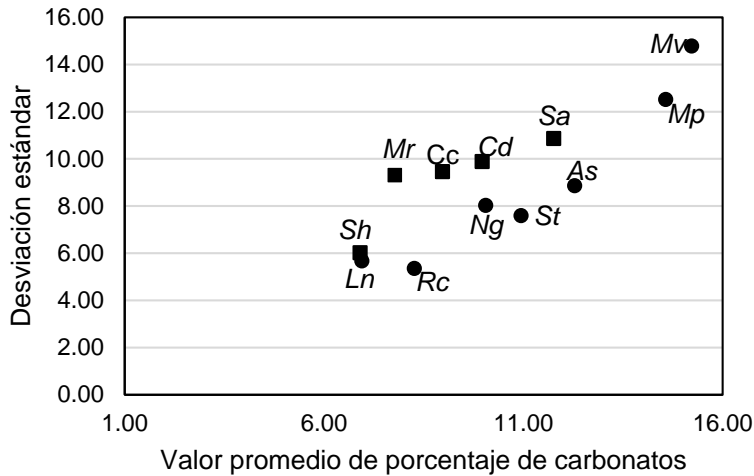


Figura 1.9. Relación entre los valores promedio de las variables de suelo analizadas y su desviación estándar. Las especies ubicadas en los extremos y con menor desviación estándar, pueden considerarse como indicadoras de la variable. Las especies ubicadas en el centro y con mayor desviación estándar se adaptan en intervalos amplios de la variable en cuestión. Las especies de la familia Poaceae se identifican con ■ y las demás con ●. As= *Atriplex semibaccata*; Cc= *Cenchrus ciliaris*; Cd= *Cynodon dactylon*; Ln= *Leonotis nepetifolia*; Mp= *Malva parviflora*; Mr= *Melinis repens*; Mv= *Marrubium vulgare*; Ng= *Nicotiana glauca*; Rc= *Ricinus communis*; Sa= *Setaria adhaerens*; St= *Salsola tragus*; Sh= *Sorghum halepense*.

Las especies con desarrollo en suelos con más materia orgánica y carbonatos tenían una varianza más alta, es decir, mayor tolerancia a diversos niveles de estos factores. En el caso de la textura, las especies sobre los suelos más pobres (arenosos) fueron las de mayor varianza (Figura 1.9).

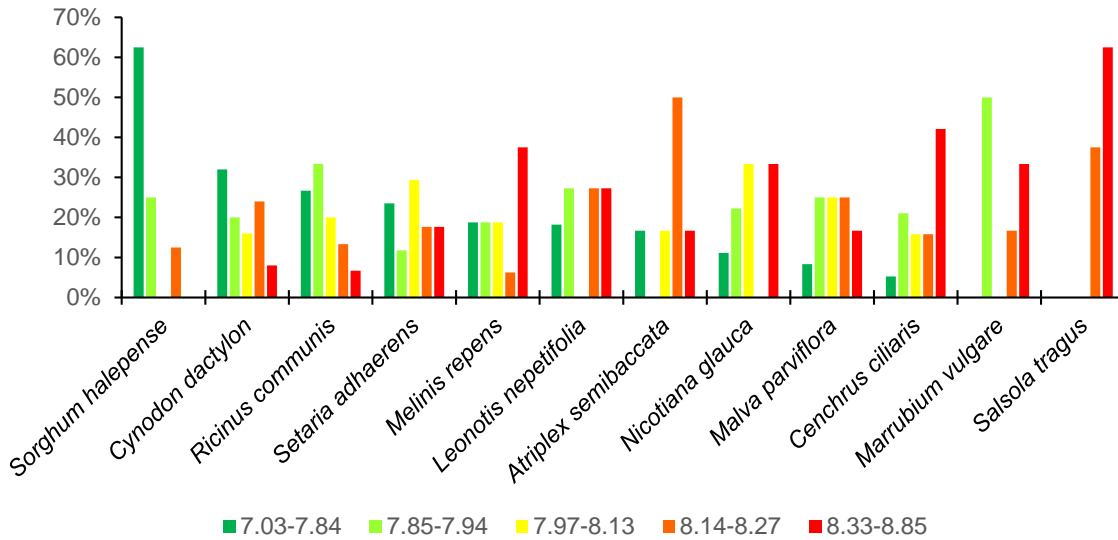


Figura 1.10. Distribución de las especies por intervalo de pH. Cada intervalo agrupa al mismo número de sitios (10), a excepción del último, compuesto por 11 sitios.

El análisis multivariado (factorial de datos mixtos) mostró la relación con las variables de suelo, ambientes y manejo. Sin embargo, la varianza acumulada de los primeros dos factores fue baja (20.20%). Las variables que tuvieron mayor peso en la construcción de los primeros dos factores fueron el ambiente ($\eta^2= 0.74$ y $\eta^2= 0.49$, para el primer y segundo factor respectivamente), el pH ($r= 0.66$ y $r= 0.5$), la textura de suelo ($\eta^2= 0.63$ y $\eta^2= 0.35$), y el riego ($\eta^2= 0.57$ y $\eta^2= 0.1$); esto confirmó el análisis de las relaciones simples mencionados anteriormente.

Este análisis demostró la distribución diferencial de algunas especies según las condiciones evaluadas (Figura 1.11). No se encontraron diferencias para todas las especies, pero esto era de esperarse, dada la poca diferencia entre altitudes y los suelos similares, todas alcalinas, aunque en diferente grado. A continuación, se describen algunas de estas asociaciones de especies con condiciones.

Cynodon dactylon y *Sorghum halepense* tuvieron mayor afinidad a sitios con más materia orgánica y suelos arcillosos o franco arcillo arenosos. Los sitios con pH ligeramente alcalinos y presencia de carbonatos se asociaron las especies *Malva parviflora*, *Leonotis nepetifolia* y *Nicotiana glauca*. Por su parte, *Marrubium vulgare* y *Salsola tragus* se asociaron con el mismo tipo de características, pero en suelos franco arenosos. *Salsola tragus* toleraba mayores valores de pH.

Los cultivos de alfalfa, maíz y chile se asociaron a sitios con alto contenido de materia orgánica, suelos francos o franco arcillo arenosos. Los matorrales y los terrenos sin uso se relacionaron con pH altos, y bajos contenidos de materia orgánica y en este tipo de condiciones se asoció a *Melinis repens* y *Cenchrus ciliaris*. Las orillas de canales se asociaron con suelos con condiciones calcáreas.

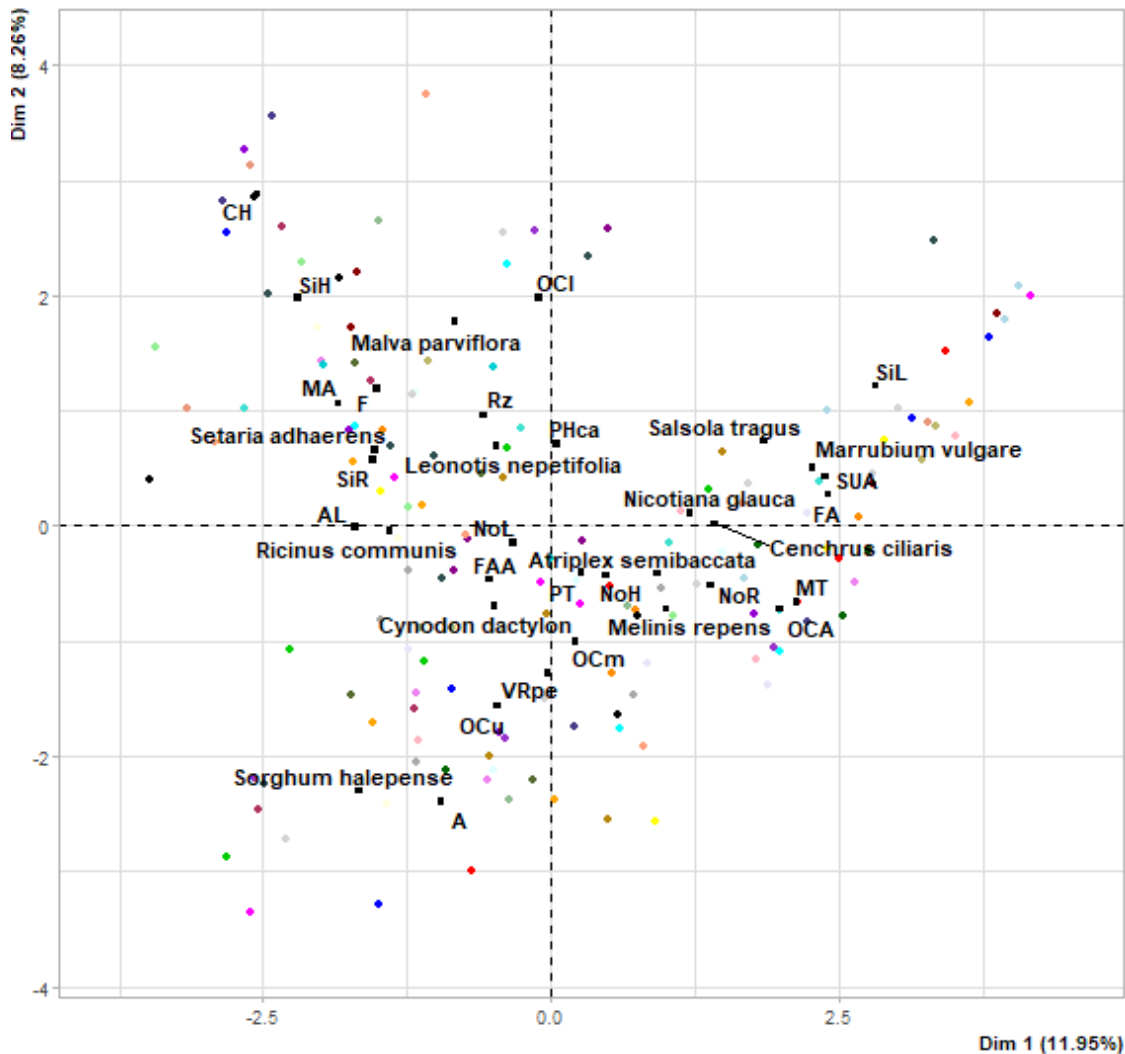


Figura 1.11. Análisis factorial de datos mixtos. Distribución de las especies de acuerdo a los factores de suelo (pH, materia orgánica, carbonatos, textura, tipo de suelo, ambiente) y de manejo (riego, uso de herbicidas y labores de limpieza). Ambiente: AL = alfalfa; CH = chile; MA = maíz; MT = matorral; OCA = orilla de cuerpo de agua; OCI = orilla de canal; OCm = orilla de camino; OCu = orilla de cultivo; PT = potrero; TCs = terreno cosechado; SUA = sin uso actual. Tipo de suelo reportado por INEGI. PHca = feozem calcárico; Rz = rendzina; VRpe = vertisol pélico. Textura del suelo: A = arcilla; F = franco; FA = franco arcilloso; FAA = Franco arcillo arenoso. Manejo: SiH = uso de herbicidas; NoH = sin uso de herbicidas; SiL = labores de limpieza manual o mecanizada; NoL = sin labores de limpieza manual o mecanizada; SiR = Aplicación de riego; NoR = sin riego.

1.6 DISCUSIÓN

1.6.1 Especies seleccionadas y su clasificación según su nivel de invasión y distribución en la zona de estudio

Para la mayoría de las especies seleccionadas se confirmó su nivel de distribución e invasión estimada al inicio (siete especies ampliamente distribuidas, seis en expansión, y siete establecidas, pero poco frecuentes). Sin embargo, algunas mostraron un comportamiento diferente. *Setaria adhaerens* es de reciente introducción, pero también de amplia distribución, pues ha encontrado las condiciones óptimas para naturalizarse y dispersarse en la región en los últimos años. Por el contrario, *Eruca vesicaria* (L.) Cav., que es una especie con mucho tiempo en la región y pensábamos tendría amplia distribución, se encontró establecida, pero poco frecuente. Aparentemente ha sido desplazada por nuevas especies exóticas; también es posible que su disminución se deba al extensivo uso de herbicidas en la región (Sánchez-Sánchez 2012). *Salsola tragus* también es una especie de amplia distribución. Los suelos alcalinos y calcáreos del área de estudio permitieron su expansión (Carnes et al. 2003).

1.6.2 Composición florística, frecuencia y superficie ocupada por las especies introducidas selectas

La familia Poaceae fue la más rica en la zona de estudio y sus especies fueron las de mayor frecuencia, abundancia y superficie cubierta en los sitios de muestreo. A nivel nacional, esta familia ocupa el primer lugar en especies introducidas con 224 (Sánchez-Ken 2018). De acuerdo con Vibrans et al. (2014) los pastos y las acuáticas son los grupos de plantas con mayor cantidad de especies invasoras y también las que causan mayores impactos negativos. Debido a lo anterior, no extraña el dominio de gramíneas en el área de estudio, confirmando así su relevancia en la flora introducida.

Otra de las razones que puede explicar la abundancia y cobertura de especies de Poaceae es el uso de herbicidas. Por un lado, el uso de herbicidas selectivos ha propiciado la disminución de especies de hoja ancha (mayormente dicotiledóneas) y a la vez promueve la dominancia de las de hoja angosta (principalmente monocotiledóneas; Vibrans 2016). Además, varias especies de pastos han desarrollado resistencia a los

herbicidas por presión selectiva, lo que merma su efectividad (Valverde 2007). En *Sorghum halepense* (Esqueda-Esquivel et al. 2015), *Setaria adhaerens* (Dekker 2003; Darmency y Dekker 2011) y *Cynodon dactylon* (Bell et al. 2000) se ha visto resistencia a herbicidas.

En la región del Valle del Mezquital, existen pocos estudios previos sobre la flora arvense presente en comunidades vegetales y campos de cultivo. Sánchez-Sánchez (2012) reportó 158 especies herbáceas y 61 arbustivas en terrenos de cultivo de olivo (*Olea europaea* L.) en una comunidad de Ixmiquilpan, Hidalgo. En estas parcelas el manejo es tradicional y asocian al olivo con cultivos de maíz y frijol, entre otros. También, la población de esta región, tolera y fomenta especies útiles con diferentes fines, sin embargo, las especies de la familia Poaceae son las que ocuparon la mayor superficie cubierta.

Investigaciones en otras regiones agrícolas dejan ver que hace poco más de 20 años, las especies arvenses dominantes eran principalmente dicotiledóneas nativas. Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer (2013) reportaron que en 1996 el 75% de especies arvenses encontradas en campos de maíz en Michoacán eran dicotiledóneas. Por su parte, Vibrans (1998) demostró la baja proporción de especies introducidas en campos de cultivo en el centro de México. Podemos suponer que antes había una proporción similar de dicotiledóneas y especies nativas en la región agrícola de estudio, pero el uso de herbicidas, en parte, ha modificado esto, como sucede en la región agrícola de Salamanca, Guanajuato (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004).

La aplicación de herbicidas tiene impacto en la presencia de plantas con flores y a su vez en la existencia de insectos polinizadores. Las poblaciones de estos insectos pueden disminuir, sobre todo si no son generalistas (Biesmeijer 2006). Si bien hay especies de plantas que se auto polinizan, esto puede reducir la diversidad genética y eleva la tasa de extinción (Eckert et al. 2010). Además, algunas especies arvenses, sobre todo de dicotiledóneas, dependen de los polinizadores (Hernández-Villa et al. 2020). Por otro lado, los pastos son polinizados por el viento y no requieren de polinizadores, siendo menos afectados por la reducción de sus poblaciones.

Cuatro de las especies de la familia Poaceae (*Cenchrus ciliaris*, *Melinis repens*, *Setaria adhaerens* y *Sorghum halepense*) pertenecen a la subfamilia Panicoideae que predomina en zonas cálido húmedas y una más (*Cynodon dactylon*) a la subfamilia Chloridoideae, cuyas especies se desarrollan mejor en condiciones de clima cálido seco (Dávila et al. 2006). INEGI (2009) reporta el clima BS (semiseco templado) como predominante en la región. Bajo estas condiciones climáticas parecería inesperado la existencia y dominancia de las especies de la subfamilia Panicoideae, sin embargo, es probable que el riego contribuya a que encuentren condiciones adecuadas, como en su área de origen en los continentes de África y Asia.

Especies como *Cenchrus ciliaris*, *Cynodon dactylon* y *Sorghum halepense* fueron introducidas en México como especies forrajeras que después escaparon y se dispersaron (Aguirre-Muñoz et al. 2009). Como son especies que rebrotan fácilmente después de incendios, ocupan espacios que originalmente estaban cubiertos por vegetación nativa y también se adaptan a zonas perturbadas (Rzedowski y Calderón de Rzedowski 1990; Morales-Romero et al. 2019).

Si consideramos a las especies de manera individual, *Cynodon dactylon* ocupó alrededor de un tercio de la superficie total cubierta por las 20 especies evaluadas. También se le encontró en la mayoría de ambientes evaluados. Esto puede deberse a las condiciones favorables de suelo, agua, el escaso manejo que se le da los sitios donde predominó (cultivos de alfalfa, orillas de cultivo y de caminos, principalmente), pero también a su utilidad como forraje. Dicha especie es un pasto de origen tropical que se establece fácilmente bajo diferentes condiciones (Palma-Ordaz y Delgadillo-Rodríguez 2014). Por ejemplo, tolera los suelos salinos y alcalinos (Fulbright et al. 2013) presentes en el área de estudio. Mondragón-Pichardo y Vibrans (2009) mencionan que la especie se reproduce tanto de manera sexual como vegetativa, lo que facilita su supervivencia en cualquier ambiente, se suma su resistencia al fuego y a los cortes, lo que dificulta su erradicación.

En el caso de *Melinis repens* y *Cenchrus ciliaris*, algunas características que explican la invasión efectiva son la alta producción de semillas, su dispersión por el viento y capacidad de germinación, el crecimiento acelerado de las plantas y la tolerancia a las

condiciones de sequía (Stokes et al. 2011; Díaz-Romo et al. 2012; Fulbright et al. 2013). *Cenchrus ciliaris* es ampliamente cultivada en regiones áridas y su rápida adaptación deriva de genotipos seleccionados. (Goel et al. 2011).

Setaria adhaerens es una especie originaria de zonas tropicales y subtropicales de Europa y África (Maslo 2019). Es un pasto anual, de vida corta, y en la región se le encuentra en los periodos de abril a noviembre (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004). El éxito en su invasión parece estar influenciado por la heterogeneidad en el tiempo de vida y latencia de sus semillas pues no todas germinan al mismo tiempo (Dekker 2003). Su alta capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelo, pH y de condiciones climáticas le permite establecerse en zonas perturbadas o en suelos pobres en nutrientes (Invasive Species Specialist Group 2020). Además, las estructuras en sus semillas les ayudan en su dispersión al adherirse a los animales o a la ropa de las personas (Dekker 2003).

Entre las especies seleccionadas, la familia Asteraceae fue representada solo por dos de las 61 especies exóticas registradas por Villaseñor et al. (2011). En México la proporción de especies exóticas de esta familia es menor en relación al valor mundial, y en la región de estudio, el número de especies, su frecuencia en los sitios de muestreo y la superficie que ocupan ponen en evidencia su menor importancia. Villaseñor y Espinosa-García (2004) atribuyen este comportamiento a la existencia de un gran número de especies nativas de Asteraceae en el país, junto con la presencia de enemigos naturales, que minimizan el establecimiento y la naturalización de especies cercanamente relacionadas a las que ya existen en la zona.

Senecio inaequidens es una especie africana que ha invadido diferentes partes del mundo. En Europa se tiene registro de esta especie desde finales del siglo XIX (Heger y Böhmer 2005), sin embargo, a partir de la década de 1970 comenzó a dispersarse rápidamente en Alemania y de allí a otros países de Europa Central como Suiza, Austria, República Checa, Polonia, Eslovaquia y Croacia donde la vía principal de introducción parecen ser las autopistas (Kocián 2016). En todos estos países se reconoce su alto grado de invasividad por la velocidad de su dispersión y su capacidad para formar de grandes poblaciones (Lachmuth et al. 2010; Milović and Pandža 2014). En México,

Senecio inaequidens es de reciente introducción (primer registro de herbario en 1992) y se encuentra en expansión, pues se está naturalizando rápidamente y tiene alto potencial invasor (Rzedowski et al. 2003; Villaseñor et al. 2011).

En los sitios de muestreo se le encontró dentro de potreros y orillas de canales en donde forma poblaciones en manchones. Durante los recorridos entre sitios también se observaron algunos individuos de *Senecio inaequidens* en la orilla de caminos e incluso entre las banquetas y dentro de los canales de riego. En el país también se ha observado en vías férreas, lotes baldíos, orillas de camino y potreros (Rzedowski et al. 2003), confirmando que es una especie muy versátil de sitios altamente perturbados.

En otras partes del estado de Hidalgo, también se ha visto a esta especie creciendo en orillas de carreteras y dentro de pastizales en los municipios de Huasca de Ocampo, San Miguel Regla y Zacualtipán (obs. pers. del autor); zonas que de acuerdo a Villaseñor et al. (2011) tienen un potencial de distribución alto o medio.

La rápida propagación de *Senecio inaequidens* se debe, en parte, a la gran producción de semillas y su fácil dispersión a través del viento (Heger y Böhmer, 2005). Es una especie perenne que puede vivir entre cinco y diez años. Produce flores y una gran cantidad de semillas desde pocos meses de haber germinado y por lo tanto también puede adoptar el hábito anual (Lachmuth et al. 2010; Milović y Pandža 2014).

Existen registros desde hace más de un siglo en México de *Helminthotheca echioides* en bosques, chaparrales, matorral xerófilo y también como arvense y ruderal (Villaseñor et al. 2011). Pero, se encuentra igualmente en expansión rápida desde hace aproximadamente 20 años (com. pers. H. Vibrans).

La familia Euphorbiaceae, aunque representada con una sola especie, fue muy frecuente en los sitios de muestreo y fuera de ellos. *Ricinus communis* es una planta que produce gran cantidad de semillas en cualquier época del año. Tiene porcentajes de germinación altos. Además, puede crecer en condiciones de sequía y tolera suelos ácidos y alcalinos. Estas características le permiten desarrollarse en las condiciones presentes en la región (CABI 2019c).

Aunque *Asphodelus fistulosus*, *Convolvulus arvensis* y *Kalanchoe daigremontiana* no se encontraron en los sitios de muestreo, están presentes en la zona. Probablemente algunas se encuentran invadiendo matorrales o las condiciones de clima, suelo y la actividad humana, no les han permitido establecerse.

Asphodelus fistulosus se observó cerca de canales de riego y es usada como ornamento en algunas viviendas. Hace más de 30 años se reportó en el centro del país y desde entonces sigue expandiéndose (Galván-Villanueva 1984). Es una especie que se encuentra comúnmente en las orillas de caminos y carreteras. Además de la región de Querétaro y la parte noroeste del Estado de México, se ha visto en la carretera federal 85 entre los municipios de Pachuca y Actopan, Hidalgo (com. pers. del autor). Villaseñor y Espinosa-García (2004) reportaron su presencia en 15 estados de la república. En la región de estudio se le observa poco, aparentemente es una especie casual, pero se adapta bien a climas semiáridos, por lo que podría establecerse y dispersarse en los próximos años.

Kalanchoe daigremontiana se observó en zonas perturbadas y matorrales, a veces formando poblaciones extensas, pero también es usada como ornamento en patios de viviendas. Además de esta especie, también se encontró *Kalanchoe delagoensis*. En otras regiones del país con condiciones de clima semiárido, ambas especies se están expandiendo de manera acelerada. Esto se debe a la gran cantidad de hijuelos que producen en sus hojas y al transporte del ser humano, pues su reproducción es principalmente asexual (Guerra-García et al. 2015). Esta especie puede ser tóxica para animales (Herrera et al. 2012) y es alelopática (Nair et al. 1988), por lo que se le debe dar mayor atención.

Convolvulus arvensis fue la especie menos frecuente fuera de los sitios de muestreo. Se creía que tendría un comportamiento parecido al de otras regiones del país donde es problema en campos de cultivo, principalmente de cereales (Rosales-Robles et al. 2006), pero su presencia fue escasa, probablemente porque no tolera la salinidad (FloraWeb 2020) y tal vez por el uso de herbicidas.

Existía variación en la presencia de las especies estudiadas entre temporadas. Por lo general, las especies perennes eran más frecuentes en las temporadas desfavorables (primavera e invierno), mientras las anuales dominan al final de la temporada de lluvias. Esto era de esperarse basado en la biología.

1.6.3 Relación entre frecuencia de especies por sitio y superficie cubierta por especie

Se encontró una correlación positiva entre el número de sitios en los que se registró cada especie y la superficie total ocupada por ella. Este resultado es interesante porque muestra que la frecuencia puede ser un indicador útil para estimar la superficie cubierta de una especie en una región, y es información más fácil de documentar que la superficie ocupada.

1.6.4 Ambientes en los que se encontraron las especies

Los lugares donde se concentró la mayor proporción relativa de especies introducidas fueron aquellos altamente perturbados por el ser humano: orillas de cultivos, canales y caminos. Este resultado coincidió con lo que ya se sabe respecto al hábitat donde se desarrollan muchas de esas especies, pues están adaptadas a zonas con perturbación (Espinosa-García y van Devender 2009).

No resultó raro que las especies de pastos se encontraran en una mayor cantidad de ambientes y con la mayor superficie cubierta. Fulbright et al. (2013) y Morales-Romero et al. (2019) mencionan que los pastos suelen ocupar grandes extensiones de terreno donde se establecen, ocupando también sitios perturbados y con vegetación natural. Con frecuencia, este tipo de especies compiten y desplazan a las hierbas nativas, sobre todo después de algún evento de incendio pues son tolerantes al fuego y tienen un rápido crecimiento después de un suceso como este (Fulbright et al. 2013).

Cenchrus ciliaris y *Melinis repens* son pastos que crecen en zonas perturbadas, pero también han invadido la vegetación de matorral xerófilo. Ambos pastos están adaptados a zonas áridas y semiáridas y se ha reportado su existencia en orillas de caminos, suelos poco fértiles, rocosos y arenosos, e invadiendo a vegetación natural (Goel et al. 2011; Díaz-Romo et al. 2012; Morales-Romero et al. 2019).

Cynodon dactylon y *Setaria adhaerens*, además de presentarse en zonas con perturbación también se observaron en cultivos. Probablemente esto se debió a la resistencia a herbicidas (Bell et al. 2000; Dekker 2003) y a su utilidad como forraje (Espinosa-García y Villaseñor 2017). Además, *Cynodon dactylon* es un pasto perenne y tiene reproducción tanto sexual como vegetativa, esto implica un elevado costo en su control, de modo que muchas ocasiones se tolera y se le da uso (Wu 2011).

Otras especies que también se observaron en varios ambientes, pero con baja cobertura, fueron *Ricinus communis* y *Leonotis nepetifolia*. Ambas especies se encontraron en orillas de caminos, canales, carreteras y terrenos sin uso. En Salvatierra, Guanajuato también se les ve en este tipo de lugares (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2004).

1.6.5 Condiciones de clima y altitud

En la naturaleza, la mayoría de las especies se encuentran en intervalos de altitud específicos. Sin embargo, en nuestra investigación, la altitud no fue un factor determinante en la distribución. Esto se debió a la poca variación en la elevación entre los sitios (1950-2050 m s. n. m.), y las especies evaluadas pueden encontrarse en un intervalo mucho más amplio. Por ejemplo, *Senecio inaequidens* se puede encontrar de 0 a 2,850 m s.n.m. (Lachmuth et al. 2010), aunque en México se encuentra en un intervalo menor (de 1,500 a 2,500 m s.n.m.), y *Nicotiana glauca* de 0 a 2,400 m s.n.m. en México (Hernández 1981).

1.6.6 Características de suelo y su relación con la presencia de especies

La mayoría de las especies evaluadas fueron generalistas para el tipo de suelos del área de estudio (alcalinas con textura franca a arcillosa). El caso de los pastos, con excepción de *Sorghum halepense*, ejemplificó bien esto. Las bajas correlaciones con las cuatro variables y la alta desviación estándar de sus datos, demuestran su adaptación a diferentes condiciones de suelo. También fue el caso de *Malva parviflora* y *Marrubium vulgare*, pues resaltan como especies con alta tolerancia a suelos calcáreos. Anteriormente se ha reportado la preferencia del manrubio a este tipo de suelos (CABI 2019a).

Algunas especies solo estaban presentes en una parte del abanico de condiciones de suelo, expresado por la relación entre los valores promedio de las variables analizadas y su desviación estándar. Las especies que se encontraban en los extremos y con menor desviación estándar, pueden considerarse indicadoras de una condición específica de alguna variable (Vibrans 2014).

Sorghum halepense tuvo preferencia a suelos con pH neutros a ligeramente alcalinos y con alto contenido de materia orgánica. Bajo las condiciones de suelo presentes en la región, puede considerarse como indicadora de zonas con alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, también se desarrolla en suelos con pH ácido (CABI 2019d), así que solo sería indicadora de suelos con un pH menor a 8.

Por otro lado, la superficie ocupada por *Nicotiana glauca* disminuyó a medida que aumentaba el pH del suelo. Sin embargo, esta especie no se puede considerar como indicadora de suelos neutros o moderadamente alcalinos, porque la desviación estándar de sus datos es grande ($SD=0.55$). La literatura indica que tiene preferencia por suelos alcalinos (CABI 2019b), pero según nuestros datos será hasta un límite alrededor de 9.

En cambio, *Salsola tragus* prospera en suelos altamente alcalinos y tuvo el mayor promedio de pH con la menor desviación estándar. Aunque el valor de su correlación fue bajo, se puede considerar como indicadora de pH fuertemente alcalinos, e indicadora de suelos con bajo contenido de materia orgánica. Estos resultados confirman la tolerancia de este tipo de especie a condiciones de suelo poco favorables para otras -salinos, sódicos e infértiles- (Carnes et al. 2003).

La importancia del pH en nuestro caso, con suelos en parte muy alcalinos, se puede deber al efecto de filtro de un pH mayor a 8, que son aproximadamente la mitad de los sitios muestreados. Suelos tan alcalinos requieren adaptaciones especiales de las plantas y excluye muchas especies relativamente generalistas (González et al. 2002).

El análisis multivariado mostró que el tipo de ambiente, la textura del suelo y el pH eran los factores más influyentes, lo que ya se había demostrado en otros trabajos donde el tipo de vegetación o el cultivo fueron el factor primordial (p.ej. Cimalová y Lososová 2009; Fried et al. 2008). Este análisis permitió obtener una aproximación de la distribución de

las especies con las características presentes, que confirmó lo discutido anteriormente, sin embargo, solo explicó una parte de la variación. Esto indicaría que no se tomaron en cuenta los factores importantes, lo que no parece tan probable, pues integramos variables de la vegetación, suelos y algunas observaciones de manejo, además el clima fue relativamente similar en toda la región. A este nivel, es más probable que la distribución de las especies individuales era altamente estocástica, también como resultado del manejo de las parcelas y su historia.

1.7 CONCLUSIONES

Este trabajo permitió conocer el estado de las poblaciones de las especies evaluadas en la zona de trabajo. Las especies más abundantes y con mayor superficie cubierta en todas las etapas de muestreo fueron gramíneas. Se requiere de estimaciones directas en campo que confirmen la existencia de las especies a nivel local y regional y dimensionen el tamaño de sus poblaciones, para utilizar esta información como instrumento en la toma de decisiones.

El método propuesto puede utilizarse para conocer de forma rápida, eficiente y comparable, la abundancia y cobertura de plantas introducidas en otros lugares. Se encontró que la frecuencia, o número de lugares donde se encuentra una especie, puede ser un buen estimador de la abundancia y cobertura general de ésta y puede utilizarse para tener una aproximación rápida del tamaño de sus poblaciones y la superficie que ocupan.

Debido a las condiciones climáticas relativamente homogéneas, no fue posible indagar su relación con la distribución de la mayoría de las especies. Aparentemente se distribuyeron al azar. Sin embargo, con los análisis de suelos se observó que *Salsola tragus* tiene afinidad por sitios con pH alcalinos, y *Sorghum halepense* por suelos con pH neutros o ligeramente alcalinos y con alto contenido de materia orgánica. Bajo las condiciones presentes, estas dos especies podrían considerarse como indicadores de estas condiciones.

1.8 LITERATURA CITADA

- Aguilar V, Aguirre A, Alarcón J, Boomer A, Contreras S, Del Val E, Elizalde A, Enkerlin E, Espinosa-García FJ, Golubov J, Hermann H, Koleff P, Low Pfeng A, March J. I, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Mena J, Mendoza R, Moreno E, Pérez-Sandi M, Randall J, Rickards J, Torres G, Vibrans H, Zertuche-González J, Ziller S, Zimmerman H (2007) Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, 72 pp.
- Aguirre-Muñoz A, Mendoza-Alfaro R, Arredondo-Ponce-Bernal H, Arriaga-Cabrera L, Campos-González E, Contreras-Balderas S, Elías-Gutiérrez M, Espinosa-García FJ, Fernández-Salas I, Galaviz-Silva L, García de León FJ, Lazcano-Villarreal D, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Medellín RA, Naranjo-García E, Olivera-Carrasco M-T, Pérez-Sandi M, Rodríguez-Almaraz G, Salgado-Maldonado G, Samaniego-Herrera A, Suárez-Morales E, Vibrans H, Zertuche-González JA (2009) Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En: Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 277–318.
- Allison LE, Moodle CD (1965) Carbonate. En: Norman AG (Ed.) Methods of soil analysis: part 2 Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Wisconsin, 1379–1396. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.c40>
- Arianoutsou M, Bazos I, Delipetrou P, Kokkoris Y (2010) The alien flora of Greece: taxonomy, life traits and habitat preferences. *Biological Invasions* 12: 3525–3549. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9749-0>
- Bell GE, Martin DL, Kuzmic RM, Stone ML, Solie JB (2000) Herbicide tolerance of two cold-resistant bermudagrass (*Cynodon* spp.) cultivars determined by visual assessment and vehicle-mounted optical sensing. *Weed Technology* 14: 635–641. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0635:HTOTCR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0635:HTOTCR]2.0.CO;2)
- Biesmeijer JC (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351–354. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>
- Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarošík V, Wilson JRU, Richardson DM (2011) A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 26: 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Bouyoucos JG (1962) Hydrometer method for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54:464-465. <https://doi.org/10.2134/agronj1962.00021962005400050028x>

- CABI (2019a) *Marrubium vulgare* (horehound). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/119607> (19 de noviembre de 2020).
- CABI (2019b) *Nicotiana glauca* (tree tobacco). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/36324> (19 de noviembre 2020).
- CABI (2019c) *Ricinus communis* (castor bean). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/47618#C364F706-8E8F-48AA-9C81-6AB589AF6C72> (19 de noviembre de 2020).
- CABI (2019d) *Sorghum halepense* (Johnson grass). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50624> (19 de noviembre de 2020).
- Calderón de Rzedowski G, Rzedowski J (2004) Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, 315 pp.
- Carnes J, Fernández-Caldas E, Marina A, Alonso C, Lahoz C, Colas C, Lezaun A (2003) Immunochemical characterization of russian thistle (*Salsola kali*) pollen extracts. Purification of the allergen Sal k 1. Allergy 58: 1152–1156. <https://doi.org/10.1034/j.1398-9995.2003.00269.x>
- Cimalová Š, Lososová Z (2009) Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. Plant Ecology 203: 45–57. <https://doi.org/10.1007/s11258-008-9503-1>
- Colwell RK y Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B 345: 101–118. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- Colwell RK (2019) EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/> (20 de noviembre de 2020).
- CONABIO (2015) Método de evaluación rápida de invasividad (MERI) para especies exóticas en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: https://biodiversidad.gob.mx/media/1/especies/Invasoras/files/Instrutivo_MERI_2020.pdf (18 de noviembre de 2020).
- Dainese M, Kühn I, Bragazza L (2014) Alien plant species distribution in the European Alps: influence of species' climatic requirements. Biological Invasions 16: 815–831. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0540-x>

- Darmency H, Dekker J (2011) *Setaria*. En: Kole C (Ed.), Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Springer, Berlin, 275–296. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_15
- Dávila P, Mejía-Saulés MT, Soriano-Martínez AM, Herrera-Arrieta Y (2018) Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462–514. <https://doi.org/10.17129/botsci.1894>
- Dávila P, Mejía-Saulés MT, Gómez-Sánchez M, Valdés-Reyna J, Ortiz JJ, Morin C, Castrejón J, Ocampo A (2006) Catálogo de las gramíneas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 671 pp.
- Dekker J (2003) The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Science* 51: 641–656. <https://doi.org/10.1614/P2002-IR>
- Díaz-Romo A, Flores-Ancira E, de Luna-Jiménez A, Luna-Ruiz J de J, Frías-Hernández JT, Olalde-Portugal V (2012) Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3: 33–47.
- DOF (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos: estudios, muestreo y análisis. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/mex50674.pdf> (18 de noviembre de 2020).
- DOF (2018) Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. Available from: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510956&fecha=19/01/2018 (January 19, 2019).
- Eckert CG, Kalisz S, Geber MA, Sargent R, Elle E, Cheptou P-O, Goodwillie C, Johnston MO, Kelly JK, Moeller DA, Porcher E, Ree RH, Vallejo-Marín M, Winn AA (2010) Plant mating systems in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution* 25: 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.013>
- Espinosa-García FJ, Van Devender TR (2009) Cooperation among North American countries on invasive weeds: advances and challenges. En: Van Devender TR, Espinosa-García FJ, Harper-Lore BL, Hubbard T (Eds), *Invasive plants on the move: controlling them in North America*. Based on presentations from Weed Across Borders 2006 Conference. Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, 21–27.
- Espinosa-García FJ, Villaseñor JL (2017) Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 76–96. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.010>

- Esqueda-Esquivel VA, Uresti-Durán D, Hernández-Aragon L (2015) Alterativas al fenoxaprop-etil para el control del zacate Johnson (*Sorghum halepense*) en arroz de riego. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2: 317–325.
- FAO (2009) Guía para la descripción de suelos. 4ta ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 99 pp.
- FloraWeb (2020) Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. FloraWeb. Disponible en: <https://www.floraweb.de/pflanzenarten/oekologie.xsql?suchnr=1632&> (20 de noviembre de 2020).
- Fried G, Norton LR, Reboud X (2008) Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 128: 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.05.003>
- Fulbright TE, Hickman KR, Hewitt DG (2013) Exotic grass invasion and wildlife abundance and diversity, South-Central United States. *Wildlife Society Bulletin* 37: 503–509. <https://doi.org/10.1002/wsb.312>
- Galván-Villanueva R (1984) Nuevos registros de Juncaceae y Liliaceae en el Valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 46: 25–27. <https://doi.org/10.17129/botsci.1314>
- Goel S, Singh HD, Raina SN (2011) *Cenchrus*. En: Kole C (Ed.), *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Springer, Berlin, 31–52. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_3
- González LM, González MC, Ramírez R (2002) Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas. *Cultivos Tropicales* 23: 27–37.
- Guerra-García A, Golubov J, C. Mandujano M (2015) Invasion of *Kalanchoe* by clonal spread. *Biological Invasions* 17: 1615–1622. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0820-0>
- Heger T, Böhmer HJ (2005) The invasion of Central Europe by *Senecio inaequidens* DC. — a complex biogeographical problem. *Erdkunde* 59: 34–49. <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2005.01.03>
- Hernández HM (1981) Sobre la ecología reproductiva de *Nicotiana glauca* Grah: una maleza de distribución cosmopolita. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41: 47–73. <https://doi.org/10.17129/botsci.1248>
- Hernández-Villa V, Vibrans H, Uscanga-Mortera E, Aguirre-Jaimes A (2020) Floral visitors and pollinator dependence are related to floral display size and plant height in native weeds of central Mexico. *Flora* 262: 151505. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151505>

- Herrera I, Hernandez M-J, Lampo M, Nassar JM (2012) Plantlet recruitment is the key demographic transition in invasion by *Kalanchoe daigremontiana*. *Population Ecology* 54: 225–237. <https://doi.org/10.1007/s10144-011-0282-5>
- Inderjit, Pergl J, van Kleunen M, Hejda M, Babu CR, Majumdar S, Singh P, Singh SP, Salamma S, Rao BRP, Pyšek P (2018) Naturalized alien flora of the Indian states: biogeographic patterns, taxonomic structure and drivers of species richness. *Biological Invasions* 20: 1625–1638. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1622-y>
- INEGI (2009) Prontuario de información geográfica municipal: Alfajayucan, Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, D.F, 9 pp.
- INEGI (2020a) Mapas climatológicos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/> (20 de noviembre de 2020).
- INEGI (2020b) Mapas edafológicos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Mapa> (18 de noviembre de 2020).
- Invasive Species Specialist Group (2020) *Setaria verticillata*. Global Invasive Species Database. Disponible en: <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Setaria+verticillata> (11 de agosto 2020).
- Kocián P (2016) The first records of *Senecio inaequidens* along motorways in Poland and Slovakia. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales* 65: 129–133. <https://doi.org/10.1515/cszma-2016-0016>
- Lachmuth S, Durka W, Schurr FM (2010) The making of a rapid plant invader: genetic diversity and differentiation in the native and invaded range of *Senecio inaequidens*. *Molecular Ecology* 19: 3952–3967. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04797.x>
- Liu J, Liang S-C, Liu F-H, Wang R-Q, Dong M (2005) Invasive alien plant species in China: regional distribution patterns. *Diversity and Distributions* 11: 341–347. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00162.x>
- Maslo S (2019) *Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov. (Poaceae), a new alien species in the Croatian flora. *Acta Botanica Croatica* 78: 99–101. <https://doi.org/10.2478/botcro-2019-0006>
- Meyerson LA, Mooney HA (2007) Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2)

- Milović M, Pandža M (2014) New localities of *Senecio inaequidens* DC. in Croatia. *Natura Croatica* 23: 219–227.
- Mondragón-Pichardo J, Vibrans H (2009) Malezas de México. Ficha *Cynodon dactylon*. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodon-dactylon/fichas/ficha.htm> (11 de agosto de 2020).
- Morales-Romero D, Lopez-García H, Martínez-Rodríguez J, Molina-Freaner F (2019) Documenting a plant invasion: the influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments* 164: 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.012>
- Nair MG, Epp MD, Burke BA (1988) Ferulate esters of higher fatty alcohols and allelopathy in *Kalanchoe daigremontiana*. *Journal of Chemical Ecology* 14: 589–603. <https://doi.org/10.1007/BF01013909>
- Pagès J (2004) Analyse factorielle de données mixtes. *Revue de Statistique Appliquée* 52: 93–111.
- Palma-Ordaz S, Delgadillo-Rodríguez J (2014) Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. *Botanical Sciences* 92: 587–597. <https://doi.org/10.17129/botsci.135>
- Pyšek P, Richardson DM (2006) The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* 33: 2040–2050. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01578.x>
- Pyšek P, Jarosik V, Pergl J, Wild J (2011) Colonization of high altitudes by alien plants over the last two centuries. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 439–440. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017682108>
- QGIS (2020) QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/> (20 de noviembre de 2020).
- R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <https://www.r-project.org/> (20 de noviembre de 2020).
- Richardson DM, Pyšek P (2012) Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *New Phytologist* 196: 383–396. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04292.x>
- Rosales-Robles E, Sánchez de la Cruz R, Salinas-García JR, Pecina-Quintero V, Loera-Garrardo J, Esqueda-Esquivel VA (2006) Periodo crítico de competencia de la correhuella perenne (*Convolvulus arvensis* L.) en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 47–53.

- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G (1990) Nota sobre el elemento africano en la flora adventicia de México. *Acta Botanica Mexicana* 12: 21–24.
- Rzedowski J, Vibrans H, Calderón de Rzedowski G (2003) *Senecio inaequidens* DC. (Compositae, Senecioeae), una maleza perjudicial introducida en México. *Acta Botanica Mexicana* 63: 83–96.
- Sánchez-Blanco J, Guevara-Féfer F (2013) Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 105: 107–129.
<https://doi.org/10.21829/abm105.2013.227>
- Sánchez-Ken JG (2018) Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1379.
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>
- Sánchez-Sánchez CD (2012) Diversidad florística y etnobotánica de los cultivos de *Olea europea* L. en El Olivo, Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 133 pp.
- Stokes CA, MacDonald GE, Adams CR, Langeland KA, Miller DL (2011) Seed biology and ecology of natalgrass (*Melinis repens*). *Weed Science* 59: 527–532.
<https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00028.1>
- Turbelin AJ, Malamud BD, Francis RA (2017) Mapping the global state of invasive alien species: patterns of invasion and policy responses. *Global Ecology and Biogeography* 26: 78–92. <https://doi.org/10.1111/geb.12517>
- Valverde BE (2007) Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. *Weed Technology* 21: 310–323. <https://doi.org/10.1614/WT-06-097.1>
- Vibrans H (1998) Native maize field weed communities in south-central Mexico. *Weed Research* 38: 153–166.
- Vibrans H (2003) Notas sobre neófitas 3. Distribución de algunas Brassicaceae de reciente introducción en el centro de México. *Acta Botanica Mexicana* 65: 31–44.
- Vibrans H (2014) Las malezas como indicadores ambientales. En: González-Zuarth CA, Vallarino A, Pérez-Jiménez JC, Low Pfeng A (Eds), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, D.F., 625–652.
- Vibrans H, Hanan-Alipi AM (2007) Notas sobre neófitas 4. *Polygonum nepalense* (Polygonaceae), una planta invasora nueva para México. *Acta Botanica Mexicana* 82: 1–6.

- Vibrans H, García-Moya E, Clayton D, Sánchez-Ken JG (2014) *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): new for the Americas, successful in Mexico. *Invasive Plant Science and Management* 7: 222–228. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00107.1>
- Vibrans H (2016) Ethnobotany of Mexican weeds. En: Lira R, Casas A, Blancas J (Eds), *Ethnobotany of Mexico*. *Ethnobiology*. Springer, New York, 287–317. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_12
- Villaseñor JL, Espinosa-García FJ (2004) The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113–123. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x>
- Villaseñor JL, Ortiz E, Hinojosa-Espinosa O, Segura-Hernández G (2011) *Especies de la familia Asteraceae exóticas a la flora de México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria; Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario; Universidad Nacional Autónoma de México; Asociación Mexicana de Ciencia de la Maleza, México, D.F., 159 pp.
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Wu Y (2011) *Cynodon*. En: Kole C (Ed.) *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Springer, Berlin, 53–71. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_4

CHAPTER II. LIVING WITH INVASIVE PLANTS: WHAT DO PEOPLE KNOW AND THINK?

2.1 ABSTRACT

The effective control of invasive species requires collaboration of local people who live with these plants. Many exotic species were introduced originally for their uses as food, fodder, medicinal or ornamental, and they continue to be useful. So, the perspective and cost-benefit calculations of local stakeholders may determine the success of control or containment efforts. However, there are relatively few in-depth studies of the perceptions of local people, particularly in traditional societies and from tropical America. Local people can contribute useful information on the biology and impact invasive species. We collected information on a selection of 20 introduced species in a rural area of the state of Hidalgo, Mexico. Fifty semi structured interviews with farmers yielded data on uses, history, ecology, harmfulness and general perception of the species; vegetation surveys of 51 systematically placed plots quantified frequency and abundance. People mostly knew the species and associated common names and uses; there were some differences in knowledge between genders. Estimations of arrival times and means were plausible, considering the literature on the species. We identified the most important invasive species (with *Setaria adhaerens* in first place), and also those not considered threats, with an invasiveness index that integrated vegetation with interview data on positive and negative impacts. Long-term alien residents had more uses and positive evaluations than recent arrivals. These results imply that people will collaborate more easily with efforts to control recent introductions.

Keywords: Introduced species, invasiveness index, *Setaria adhaerens*, traditional uses

2.2 RESUMEN

La efectividad en el control de las especies de invasoras requiere de la colaboración de la población local que vive con estas plantas. Muchas especies exóticas se introdujeron originalmente por sus usos —alimentario, forrajero, medicinal, ornamental, entre otros— y continúan siendo útiles. Por lo tanto, la percepción y la relación beneficio-costos de los habitantes locales pueden determinar el éxito de los esfuerzos de control o contención. Sin embargo, hay relativamente pocos estudios a profundidad sobre la percepción de la población local hacia estas plantas, particularmente en sociedades tradicionales y de la región tropical de América. Además, la población local puede aportar información útil sobre la biología y el impacto de las especies invasoras. Se recopiló información sobre una selección de 20 especies introducidas en una zona rural del estado de Hidalgo, México. Por medio de 50 entrevistas semiestructuradas con pobladores rurales, se documentaron usos, historia, ecología, daños y percepción; se cuantificó la frecuencia y abundancia de las especies en 51 sitios colocadas sistemáticamente. La mayoría de las personas conocían las especies, las asociaron con nombres comunes y usos; hubo algunas diferencias entre géneros. Las estimaciones de los tiempos y modos de llegada fueron plausibles, considerando la literatura sobre las especies. Se identificó a las especies invasoras más importantes (con *Setaria adhaerens* en primer lugar), y también aquellas no consideradas amenazas un índice de invasión que integró la información de vegetación con datos de entrevistas sobre impactos positivos y negativos. Las especies exóticas con más tiempo en la región tuvieron más usos y evaluaciones positivas que las recién llegadas. Estos resultados implican que la gente colaborará más con los esfuerzos de control de las especies de reciente introducción.

Palabras clave: Especies introducidas, índice de invasión, *Setaria adhaerens*, usos tradicionales.

2.3 INTRODUCTION

Invasive plants are a worldwide problem (Vilá et al. 2011). They are species introduced intentionally or accidentally to new regions by humans, which have naturalized and cause economic or environmental problems (Richardson et al. 2000; Pyšek et al. 2004; DOF 2018). For example, grasses alter fire dynamics, aquatic plants modify water flow and evaporation rates, and many species are agricultural weeds (Brooks et al. 2004; Aguilar et al. 2007; Vilá et al., 2011).

Most of these species were introduced originally for specific uses such as food or fodder crops (Shackleton and Shackleton 2018; Wagh and Jain 2018; Morales-Romero et al. 2019), ornamentals (Wagh and Jain 2018), to restore ecosystem services (Potgieter et al. 2019), or for their medicinal properties (Byrne et al. 2017; Maema et al. 2019). Others arrived accidentally with seeds of other useful species (Vibrans et al. 2002). Globalization over the last 50 years has accelerated the spread of exotic species (Meyerson and Mooney 2007).

Local human populations may welcome some alien species and tolerate or even encourage them because of their usefulness (dos Santos et al. 2014; Martínez and Manzano-García 2019). Thus, a cost-benefit analysis is necessary for adequate management (Shackleton and Shackleton 2018; Vimercati et al. 2020). These analyses need to consider the observations, values, and interests of local stakeholders to avoid failed attempts of control or mitigation (Estévez et al. 2015; Lewis et al. 2019). Also, local people may have useful information and observations on the plants. This knowledge can be used to generate control, management and/or use strategies (e.g. Jevon and Shackleton 2015), and to distinguish merely naturalized from invasive species.

Social and ethnobotanical research on invasive alien plants, particularly in the developing world, is relatively scarce (Shackleton et al. 2007; Estévez et al. 2015). Several authors emphasize the need for local studies on the patterns of perception of introduced species (e.g. Shackleton & Shackleton 2018). Studies have concentrated on few areas of the world (see map in Shackleton et al. 2019), both in urban (Shackleton and Shackleton 2016; McLean et al. 2018; Potgieter et al. 2019) and rural environments, in countries such

as Argentina (Martínez and Manzano-García 2019), India (Wagh and Jain 2018), Nepal (Shrestha et al. 2019), Pakistan (Ali et al. 2018), and South Africa (Shackleton and Shackleton 2018; Maema et al. 2019). These studies asked whether the local population recognized the plants and their immigration status (Shackleton and Shackleton 2016), how they were introduced and spread, their uses, the problems they cause to the ecosystem (Shackleton and Shackleton 2018; Martínez and Manzano-García 2019), the proportion of species known to locals and their relationship with them (Shackleton and Shackleton 2016), relative importance, number of uses, perceived importance, and the need for eradication or conservation (Shackleton et al. 2007; Shackleton and Shackleton 2018; Martínez and Manzano-García 2019).

Perceptions of invasive plants are variable. Useful plants are mostly viewed positively, for example as forage (Shackleton and Shackleton 2018), material for construction (Martínez and Manzano-García 2019), medicinal remedies (Cherane et al. 2015; Ali et al. 2018; Shackleton and Shackleton 2018; Wagh and Jain 2018; Maema et al. 2019; Martínez and Manzano-García 2019; Shrestha et al. 2019) or food (Shackleton and Shackleton 2018; Martínez and Manzano-García 2019; Shrestha et al. 2019). However, negative views can be caused by rapid dispersal, expansion and persistence of some species (Shackleton and Shackleton 2018), negative impacts on health (Maema et al. 2019; Shrestha et al. 2019), and economical effects because of competition with crops, damage to infrastructure, and cost of control (Shackleton and Shackleton 2018). Opinions may also be contradictory. A plant can be useful for some people, but problematic for others (Bennett and van Sittert 2019; Martínez and Manzano-García 2019).

Urban areas are generally focal points of new introductions, particularly of ornamentals (McLean et al. 2018). However, in rural areas, people live more closely with some of the invasive plants (Shackleton and Shackleton 2018). Here, some people may have an approximate idea of the arrival time of invasive plants and appropriate them by giving them common names (Shackleton and Shackleton 2018; Shrestha et al. 2019). In addition, they know the places where they grow (Maema et al. 2019).

Mexico has about 700 species of introduced higher plants (Espinosa-García and Villaseñor 2017). They arrived mainly from the Old World: Europe, Africa and Asia

(Vibrans 1998; Villaseñor and Espinosa-Garcia 2004). Of these, about 150 are considered invasive (DOF 2016; Espinosa-García and Villaseñor 2017; CONABIO 2020). There is no previous work on the ethnobotany of these species. In an agricultural region with a mainly indigenous population in central Mexico, we investigated the knowledge of local farmers on a selection of weedy exotic plants: their history, mode of introduction, use, management, and ecology. We also determined the positive and negative impacts of these introduced plant species on the inhabitants, and identified those that can be considered invasive from the local perspective.

2.4. MATERIAL AND METHODS

2.4.1. Study area

The municipality of Alfajayucan (20°18' to 20°31' N, 99°17' to 99°33' W, 1700-2800 m, area of 433 km²) is located in the Valley of the Mezquital, an important agricultural area north of the Valley of Mexico (Figure 2.1). It supplies plant and animal products to the nearby urban centers and has widespread irrigation, but agriculture is constrained by calcareous and sometimes saline soils. The climate is typical for the marginal tropics, with a cold, dry winter, often with subzero temperatures, and a summer rainy season. The average annual temperature is 17.6 °C, and the climate is arid with less than 500 mm of precipitation per year on average (SMN 2020).

About 19,000 people live in the municipality, of which about 3,000 speak Otomí or Hñähñu, an indigenous language of the Otomangue language family. Approximately 40% of the population work on smallholder farms. Agriculture occupies about 25% of the area, with maize, alfalfa and chili as the main crops. The rest is dry shrubland, or pine and oak forests.



Figure 2.1. Panoramic view of Alfajayucan, Hidalgo, in the Valley of the Mezquital, Mexico.

2.4.2 Species selection

The exotic species used as indicator species of local knowledge for this study were selected during a preliminary visit in December 2018. The number was limited to 20 based on previous experience with ethnobotanical interviews; twenty is a reasonable number to discuss in a 1-2 hour interview without tiring the interviewees. The species were selected for three categories: 1) established, widely distributed and common, 2) established, but uncommon, and 3) recently introduced and in expansion, based on observations in the field and previous personal knowledge by one of the authors (HV) and literature (Aguilar et al. 2007; Villaseñor et al. 2011; Espinosa-García and Villaseñor 2017; Sánchez-Ken 2018; Table 2.1). In addition, we tried to include different botanical families, places of origin, and life forms.

Table 2.1. Species selected for this study, with their complete name (with author), region of origin, life form, and estimated distribution type in Alfajayucan, Hidalgo. EDT: Estimated distribution type in the study area; WDC = widely distributed and common; ENC = established but not common; E = in expansion.

Family	Scientific name	Origin	Life form	EDT
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Western Mediterranean	Annual or biennial herb	WDC
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Africa	Annual or perennial herb or shrub	WDC
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	Africa	Perennial herb	WDC
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.	Tropical Eurasia	Perennial grass	WDC
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Africa	Perennial grass	WDC
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Africa	Perennial grass	WDC
Poaceae	<i>Setaria adhaerens</i> (Forssk.) Chiov.	Northeastern Africa	Annual grass	WDC
Amaranthaceae	<i>Salsola tragus</i> L.	Southern Russia	Annual or perennial herb	ENC
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Europe	Perennial creeping herb	ENC
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Europe, northern Africa and Asia	Perennial herb	ENC
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.	Europe	Annual herb	ENC
Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.	Asia	Perennial grass	ENC
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Mediterranean	Perennial grass	ENC
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham	Southern South America	Shrub or tree	ENC
Amaranthaceae	<i>Atriplex semibaccata</i> R. Br.	Australia	Perennial herb	E
Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.	Mediterranean	Perennial herb	E
Asteraceae	<i>Helminthotheca (Picris) echioides</i> L.	Mediterranean	Annual herb	E
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i> DC.	South Africa	Annual or perennial herb	E
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.	Mediterranean	Annual or biennial herb	E
Crassulaceae	<i>Kalanchoe daigremontiana</i> Raym.-Hamet & H. Perrier) A. Berger	Madagascar	Perennial herb	E

2.4.3 Species frequency and abundance

Frequency, abundance, and cover of the species were determined in systematically placed survey plots within a 5 km radius of the municipal center. We generated a grid of coordinates with 1 km distances between points with QGIS software (version 3.4). At each accessible coordinate (51 points), the selected species were searched for on a 10×10 m (100 m²) plot that was also subdivided into habitat types (e.g. arable field, field margin, road, etc.). The number of individuals (abundance) within the plot and habitat type was estimated on a logarithmic scale (1-10, 11-100, 101-1,000, 1,001-10,000), and the cover was estimated directly by observation (scale 1-100%).

2.4.4 Interviews

The ethnobotanical data were obtained from 50 semi-structured interviews between September and December 2019. The selection of interviewees was purposeful, considering farmers of both genders (see Table 2), and was based on recommendations from local officials, the Director of Ecology of the municipality, or representatives of the villages. We explained the project to the officials in writing, and to the recommended persons orally: the nature of their participation and the use of the information. They were asked explicitly if they were willing to collaborate and if they authorize use of the information. Eighteen out of 68 requests resulted in refusal to participate for various reasons (lack of time, mistrust, disinterest, etc.).

The demographic composition of the interviewed population was relatively well balanced (Table 2.2); 12% had completed high school, 38% secondary school, 16% primary school, 24% started but did not complete primary school, and 10% had no formal education. Only 4% could not read or write in Spanish and 46% spoke Hñahñu; 22% could read and write in this language.

Table 2.2. Composition of the interviewed population by age and gender.

Age range	Female	Male	Sum
30-39 yr	5	5	10
40-49 yr	8	5	13
50-59 yr	2	5	7
60-69 yr	7	7	14
70 or more yr	4	2	6
Sum	26	24	50

All respondents farmed, as a primary or secondary activity, as this was a selection criterion. They mainly cultivated maize (*Zea mays* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), and chili (*Capsicum annuum* L.), and raised animals (sheep, goats, pigs, and chickens). About half (44%) also had other economic activities: commerce (28%), construction (12%), and traditional medicine (4%).

The interviews were conducted in the homes of the respondents, generally after making an appointment during the first contact, and alone, even when interviewing two people of a household. Most interviews were audiorecorded with consent; some included breaks to avoid boredom. The interviews were based on a photoherbarium of the selected species, which included physical specimens (Figure 2.2). We asked about common names, seasonality, places where they had seen them, approximate time they had been seen in the area, uses (reason and mode of use, parts used, recent use), damages caused, control methods, and the perception they had of each plant (Anexo G). They were told that if they did not know a plant or were unable to answer a question they could say so freely. Questions included general information on the interviewee (age, schooling, knowledge of Hñähñú and economic activities). The species in the photoherbarium were reshuffled several times to avoid bias because of declining attention towards the end of the interview.



Figure 2.2. Example of the photoherbarium used for interviews with local people.

2.4.5 Information analysis

The number and proportion of known species, by gender, educational level and age group, the most used or harmful species, were obtained with descriptive statistics. The

uses were classified according to categories of use proposed by Burgos-Hernández et al. (2014). The perceived impacts (positive/negative) and general perceptions were based on the mean of the interview responses of those respondents who knew the plant. The estimated time and means of arrival was calculated as the mean of the responses to the relevant question, omitting non-answers.

Some relationships, such as number of plants known or used by gender, were tested for significance with a chi-square test. Other relationships, such as the number of known species by age, a comparison of number of known species and number of known uses of species, and between time of arrival and the number of uses, were evaluated with Pearson correlations using R 4.0.2 (R Core Team 2013).

2.4.5.1 Invasiveness index

We propose an index to determine the level of invasiveness of each species at a local level. It includes several types of data: frequency of occurrence, average cover and abundance, but also usefulness, recent use, number of uses, perceived negative impacts, difficulty of control, and general perception, based on vegetation survey and averages of interview data. Beneficial characteristics had positive values, and harmful ones were negative.

The components and their scales are described below. For data based on interviews, the calculations only included those responses that answered the question.

Frequency (number of sites where the species was found): 0 = species not found at any site; -1 = species found in 1-5 sites; -2 = species found in 6-10 sites; -3 = species found in 11-15 sites; -4 = species found in more than 16 sites. Each division except 0 contained about the same number of species.

Cover (average proportion of area covered in those survey plots where it occurred): 0 = 0%; -1 = 1-25%; -2 = 26-50%; -3 = 51-75%; -4 = 76-100%.

Abundance (the number of individuals present in a square of 100 m²): 0 = species not present; -1 = 1-10 individual plants; -2 = 11-100; -3 = 101-1,000; -4 = more than 1,000 plants.

Useful species and recent use (respondents that knew uses/ had recently used it; separately): 0 = No use/no recent use; 1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; 4 = 76-100%.

Number of use types: 0 = No uses; 1 = 1-5 uses; 2 = 6 -10 uses; 3 = 11-15 uses; 4 = \geq 16.

We used three different utility measures because they represent different aspects of usefulness and are associated with relative social importance (Saynes-Vasquez et al. 2016).

Negative impact or harmfulness (proportion of informants who considered that the species caused some damage or harm): 0 = No harm; -1 = 1-25%; -2 = 26-50%; -3 = 51-75%; -4 = 76-100%.

Difficulty of control (mean response of informants who answered the question): 0 = No control necessary; -1 = easy control; -2 = control of intermediate difficulty; -3 = difficult control; -4 = very difficult or impossible control.

General perception (mean response of informants who answered the question): +5 = the informants considered the species generally beneficial; 0 = the species was considered both beneficial and detrimental, or was not considered in any way; -5 = the species was considered detrimental or harmful. We decided to give this factor more weight because this may integrate aspects we did not ask about, and also reflects people's overall attitude towards the species.

All positive and negative values were added to obtain the value of this index for each species. We also correlated the invasiveness index with the average the time of residence reported by the informants, using a Pearson correlation.

2.5 RESULTS

2.5.1 Species recognition

The informants recognized most plants shown to them (75%). Two people recognized all 20 species and three less than half (45%). Men identified a mean of 80% of them and women 70%. This difference between genders in numbers of species recognized was significant ($\chi^2=17.285$; 1gl; $P=0.05$). Men recognized *Sorghum halepense*, *Atriplex*

semibaccata, and *Senecio inaequidens* more frequently, whereas *Kalanchoe daigremontiana*, an ornamental plant, was identified more by women (Figure 2.3).

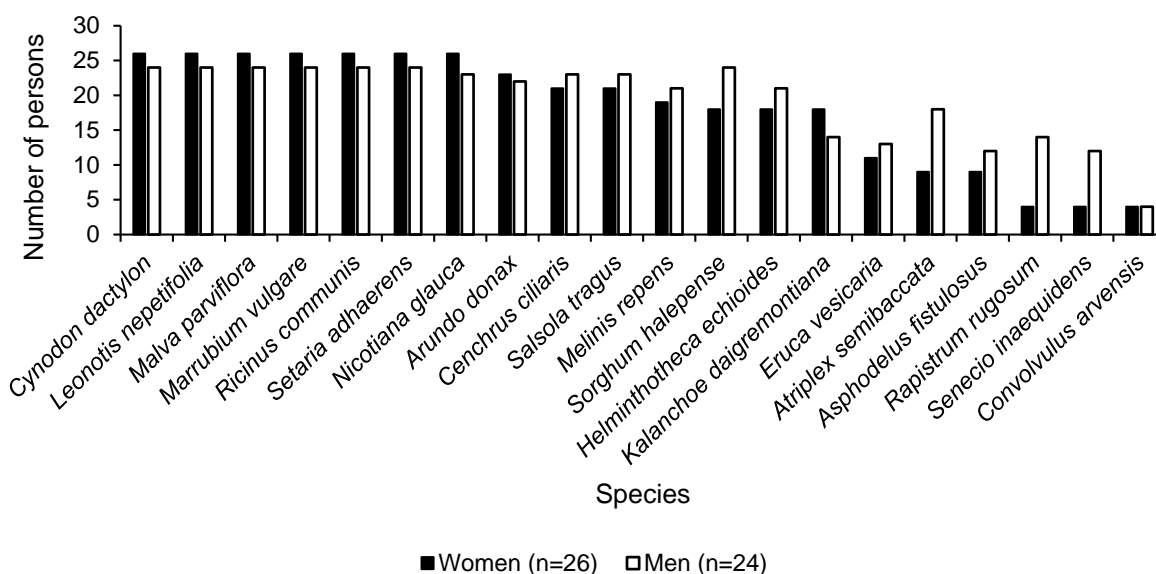


Figure 2.3. Number of persons who recognized each species, by gender.

Schooling had a heterogeneous effect. Two groups, with complete primary and secondary schooling, identified 80% of the species shown. Another two groups, high school and incomplete primary, recognized 75%, and those without schooling, recognized 65%.

Older middle-aged people (between 50 and 59 years old) knew 90% of the plants, followed by those between 30 and 39 years (80%), between 60 and 69 years (75%), between 40 and 49 years old (70%), and finally those over 70 years old (65%). However, there was no correlation between age and the number of known plants ($r = -0.09$).

People recognized several species easily. All informants identified *Malva parviflora*, *Marrubium vulgare*, *Ricinus communis*, *Cynodon dactylon*, *Setaria adhaerens*, and *Leonotis nepetifolia*. The least known plants were *Rapistrum rugosum*, *Convolvulus arvensis* and *Senecio inaequidens*. Ninety percent of the plants were associated with a common name (Anexo H).

In some cases, informants did not know the name of the plant, but they described some of its more obvious morphological characteristics and growth habits. *Salsola tragus* L. was widely recognized, but only 10% gave it a common name. People recognized it

because "it is about one meter tall", "it grows at the edge of roads", "it is very spiny", and "when it dries up it becomes a ball and rolls on the roads". *Helminthotheca echioides* was also easily recognized because "it has spines in its leaves, there is a similar plant that is the cow's tongue (*lengua de vaca*), but that one does not have spines", "it has a yellow flower similar to the dandelion" and "it grows near the channels or on the banks of running water", but only few people knew a name for it.

Some informants also mistook plants. *Convolvulus arvensis* was the most notable case. Twelve people called it *manta* or *campanita* and associated it with a related climbing plant with purple flowers (probably *Ipomoea purpurea*). *Senecio inaequidens* was called *manzanilla de campo* (field chamomile) by five informants. However, when describing it, discussing its medicinal uses and residence time in the area, it was clear that they were referring to a *Matricaria recutita*, a different Asteraceae species, which they did know and use as a medicinal plant.

2.5.2 Time of residence and mode of introduction

Five species were reported as having "always" resided in the area by 95% of the people who recognized the plant; they said they had always seen it since they were children (Figure 2.4). *Malva parviflora* and *Arundo donax* even have a common name in Hñähñu: *Ši-kũ-ni* and *Ši-thi* respectively. *Eruca vesicaria*, a longtime resident, was thought to have declining populations. *Marrubium vulgare* had been adopted as a medicinal plant, and informants who were healers considered it to have a "hot" quality plant in the hot-cold system of Mesoamerican traditional medicine, as most Lamiaceae.

For a group of 12 species, the answers were contradictory: some thought they arrived at some point in the last 40 years, and others that they had always been present in the region. Finally, there was a group of three species (*Setaria adhaerens*, *Convolvulus arvensis*, and *Senecio inaequidens*) for which more than 70% of the informants who knew the plant agreed that they had arrived more recently.

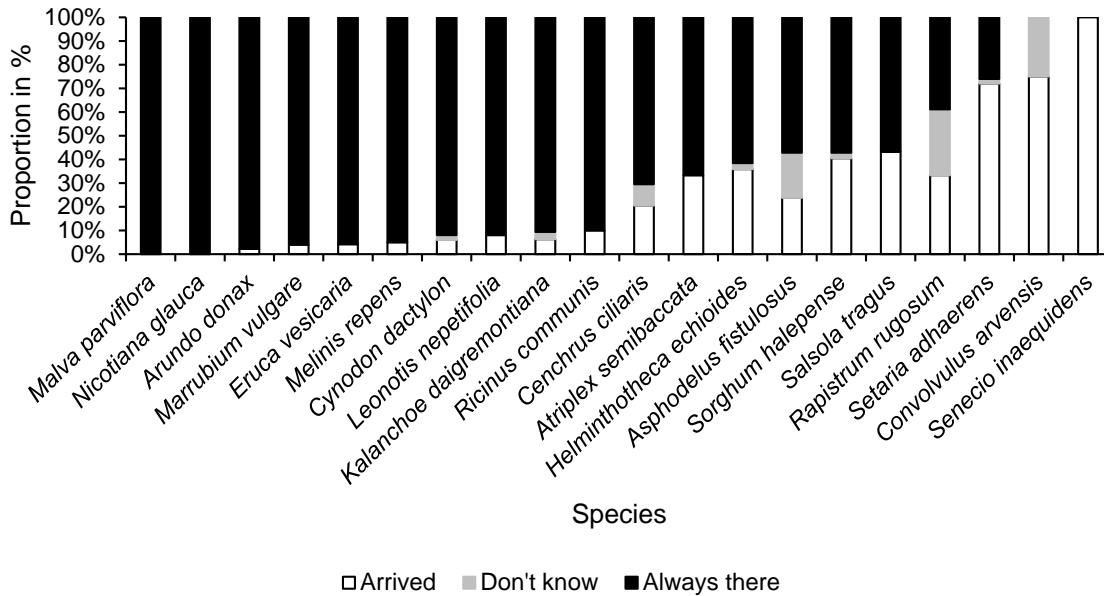


Figure 2.4. Time of residence of each species according the informants. Always there: informants thought the plant has been present since their childhood; Don't know: informants did not know the plant; arrived: informants thought they had arrived during their lifetime.

The approximate time of arrival of the species is shown in Figure 2.5. Of these, *Setaria adhaerens*, *Senecio inaequidens*, and *Convolvulus arvensis* were considered recently introduced species, whereas *Kalanchoe daigremontiana*, *Ricinus communis* and *Leonotis nepetifolia*, were introduced a longer time ago, but in their lifetime.

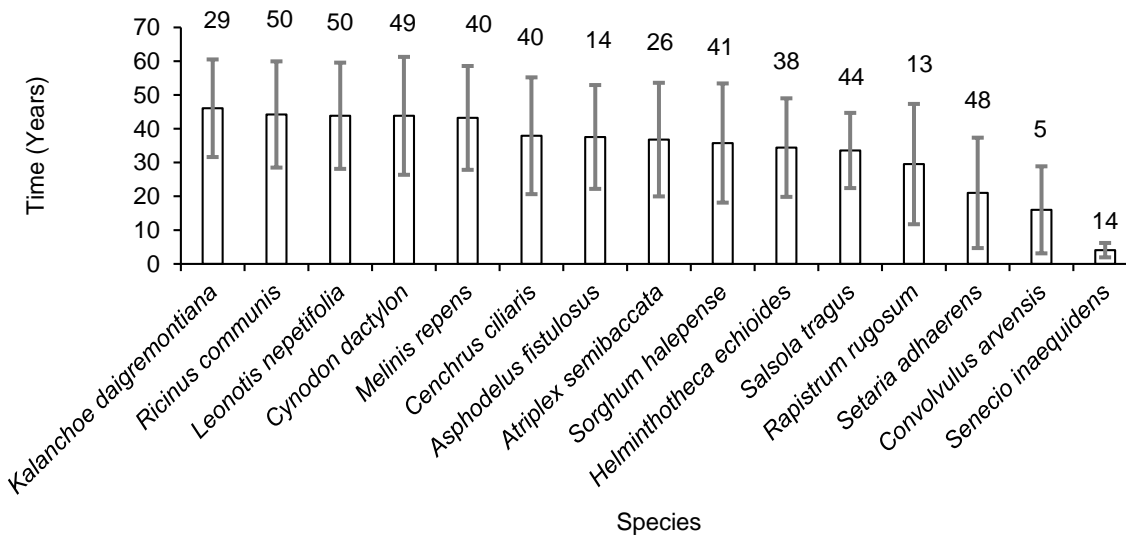


Figure 2.5. Average time of arrival of the species to the region as estimated by the respondents. The error bar shows the standard deviation of the data. The number above the bar indicates the n.

Apparently, the introduction of irrigation played a role in the arrival of the medium-term resident species. Several informants reported that species such as *Salsola tragus*, *Leonotis nepetifolia* and *Ricinus communis* arrived shortly after the irrigation system began operating in the late 1970s. To a lesser extent, they also attributed the arrival of new species to contamination of alfalfa seeds (3%).

2.5.3 Uses

Informants reported at least one use for 90% of the species. *Malva parviflora*, *Cynodon dactylon* and *Arundo donax* had multiple uses, and *Senecio inaequidens* and *Salsola tragus* had none (Figure 2.6). Knowledge and use of the species was correlated ($r=0.65$), though a few species, such as *Ricinus communis* and *Leonotis nepetifolia* were well known but little-used (Figure 2.7).

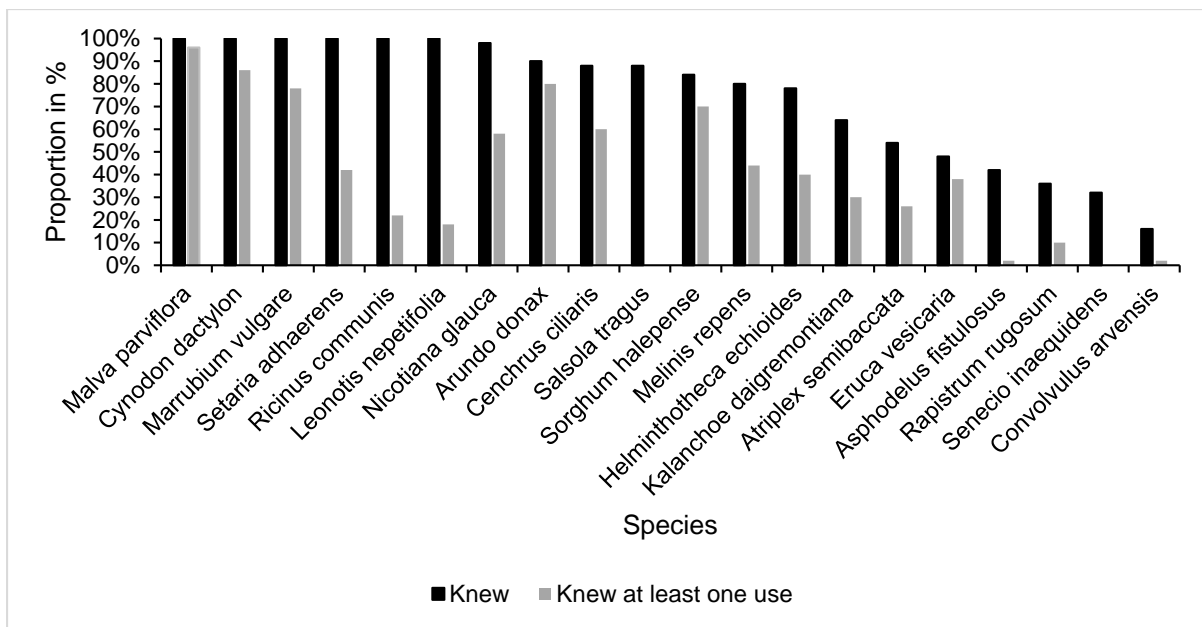


Figure 2.6. Proportion of informants who knew the species and at least one use.

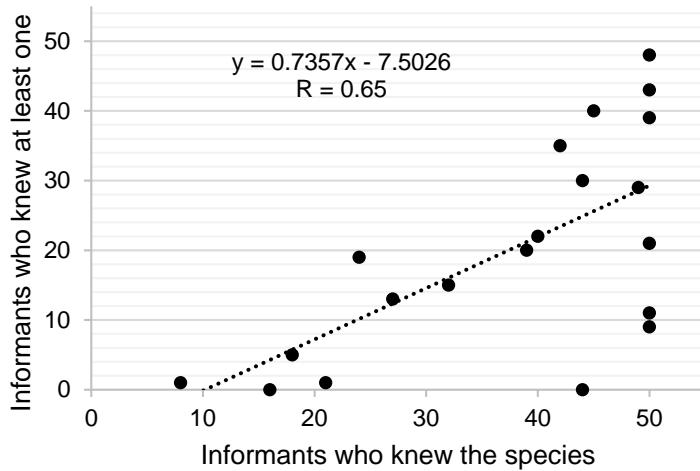


Figure 2.7. Correlation between known and useful species.

Most species were used as forage (60%; Table 2.3); however, medicinal plants had the highest number of categories. The species with most use types were *Marrubium vulgare* and *Nicotiana glauca* (16 and 17 uses; Apéndice H).

Table 2.3. Number of species and uses by use category.

Use category	Number of species	Number of uses in the category
Forage	13	1
Medicinal	6	32
Ornamental	5	3
Construction	2	5
Food	2	1
Fuel	2	1
Cultural	2	1
Other	2	4
Handicrafts	1	1

The relative frequencies of known uses by gender and age group indicated some similarities and differences (Figure 2.8). Men cited use as fodder, the most important use, more often than women. However, women of all age groups knew more medicinal uses of more plants than men. Species with a longer residence time had more uses ($r=0.79$, Figure 2.9). The low number of uses of recent arrivals was particularly noticeable.

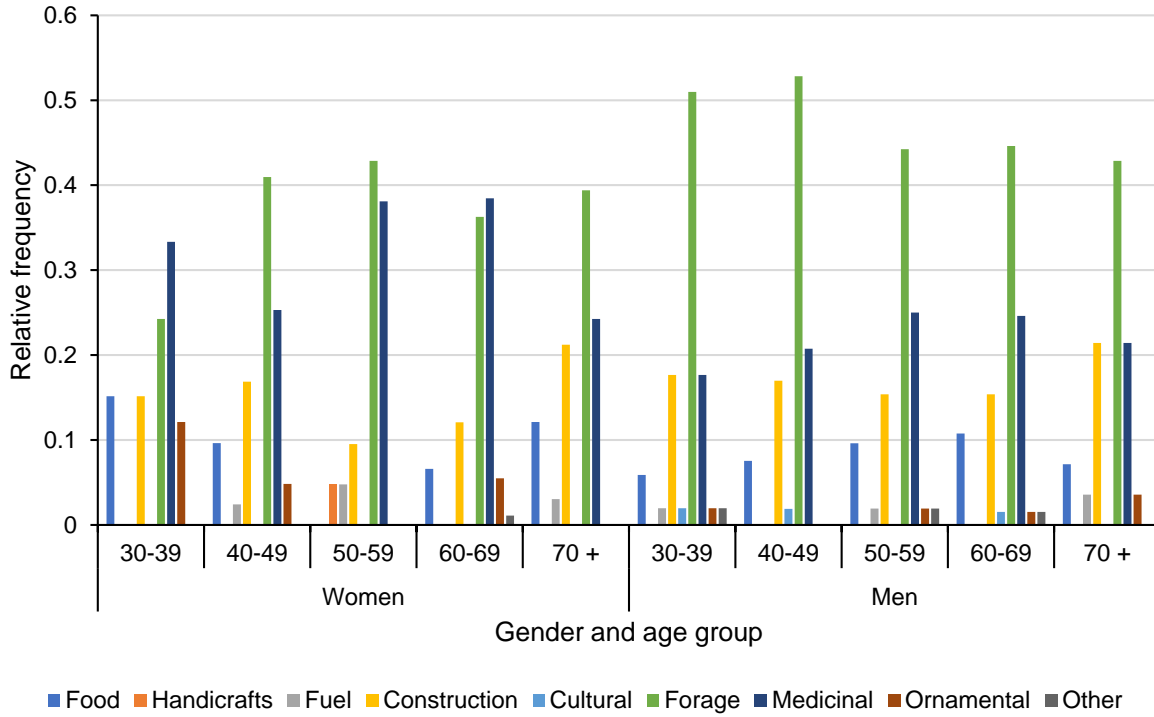


Figure 2.8. Relative frequency of plant uses cited by age group and gender.

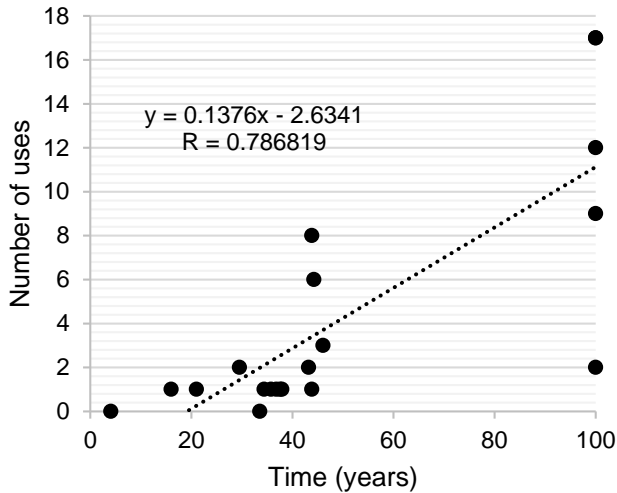


Figure 2.9. Correlation between number of uses and time of residence of the species.

2.5.4 Negative impacts

Of the 20 species, at least half of the informants considered nine harmful. *Setaria adhaerens* stood out, with 98% of negative evaluations. *Kalanchoe daigremontiana* was the only species people saw as non-problematic. Several species were ambivalent: harmful under some circumstances, useful under others (Figure 2.10).

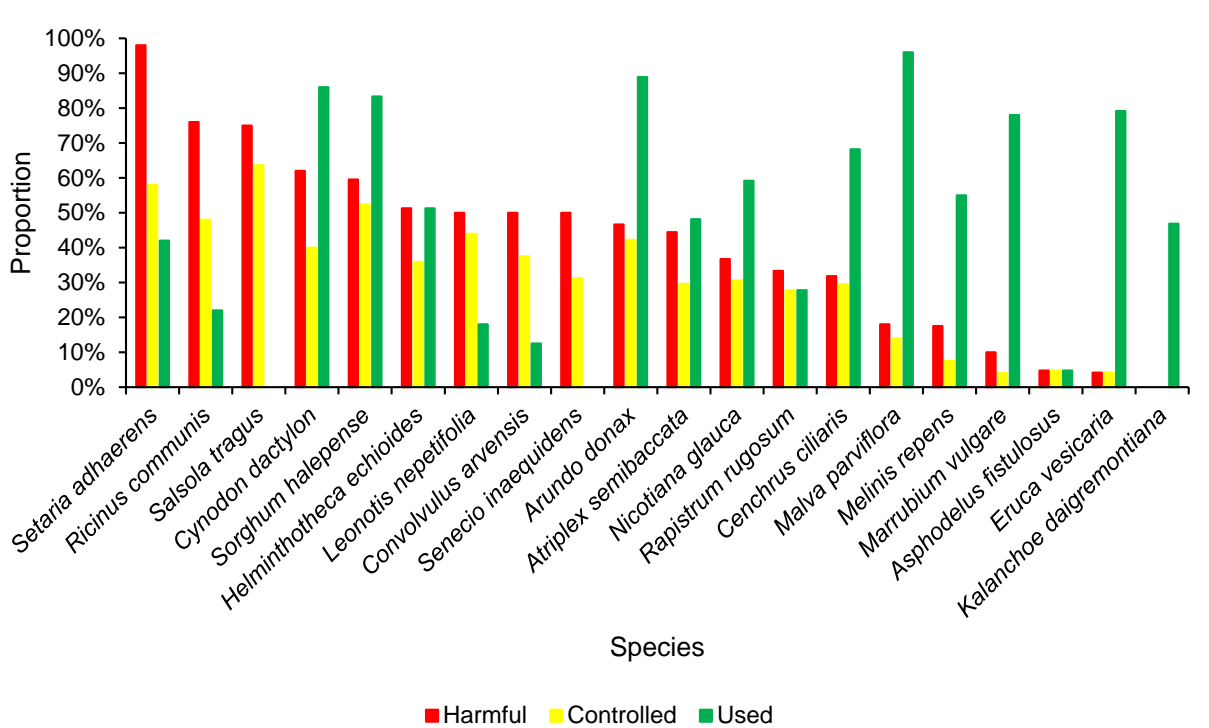


Figure 2.10. Harmfulness and usefulness: proportion of informants that considered each species harmful, controlled them, and used them.

The most common problems caused by the selected species were competition with crops and clogging of irrigation channels. The Table 2.4 shows the control methods used and the difficulty of control perceived by the farmers. All grasses were considered difficult or very difficult to control.

Table 2.4. Main harms of each species, control methods, and relative difficulty of control.

Species	Damage type	Control methods	Difficulty of control
<i>Arundo donax</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spreads rapidly in fields and channels ▪ Protects snakes and other poisonous animals ▪ Cracks walls ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (cutting or pulling) 	Difficult
<i>Asphodelus fistulosus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spreads rapidly when introduced 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Easy
<i>Atriplex semibaccata</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Is bothersome in field margins ▪ Spreads rapidly ▪ Invades crops and can displace them ▪ Hinders water flow 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Intermediate
<i>Cenchrus ciliaris</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades crops and competes with them ▪ Lowers yields 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Chemical (herbicides) 	Difficult

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compacts the soils with its roots ▪ Is bothersome in irrigation channels ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ With the harvest 	
<i>Convolvulus arvensis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades crops ▪ Spreads rapidly 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Easy
<i>Cynodon dactylon</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with alfalfa and chili crops ▪ Lowers yields of crops ▪ Displaces alfalfa ▪ Slows down harvest of alfalfa ▪ Can cause damage to machinery ▪ Invades irrigation channels and hinders water flow ▪ Compacts the soil ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Chemical (herbicides) ▪ The plant is pulled with the hoe while plowing, and then burned or given to sheep as forage 	Very difficult
<i>Eruca vesicaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades crops 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Easy
<i>Leonotis nepetifolia</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Is very abundant and invades waysides and crops ▪ Is very bothersome ▪ Is undesirable because of its spines ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Cut and burn 	Intermediate
<i>Malva parviflora</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with crops in early stages ▪ Causes diarrhea and inflammation if animals eat large amounts 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Chemical (herbicides) 	Easy
<i>Marrubium vulgare</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with crops in early stages ▪ Hinders water flow in ditches 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Easy
<i>Melinis repens</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades crops and vacant lots ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Difficult
<i>Nicotiana glauca</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Affects irrigation channels, ditches and delimitation walls ▪ Is bothersome where it grows ▪ Can be poisonous for animals 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Intermediate
<i>Picris echioides</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with crops ▪ Hinders water flow ▪ Extends rapidly ▪ Causes allergies in some people 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Chemical (herbicides) 	Intermediate
<i>Rapistrum rugosum</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with crops and can displace them ▪ Prevents alfalfa from drying well and leads to spoilage. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Chemical (herbicides) 	Intermediate
<i>Ricinus communis</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Is bothersome on the side of roads, canals and in fields ▪ Invades crops and prevents the light from reaching smaller plants ▪ Is poisonous for animals and people 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling young plants with root) ▪ Chemical (herbicides) 	Easy

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hinders water flow ▪ May cause damage to machinery ▪ Can damage infrastructure (irrigation channels and their sides) ▪ Is very persistent 		
<i>Salsola tragus</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades and competes with crops ▪ Is undesirable because of its spines ▪ Is bothersome where it grows ▪ Hinders water flow ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling young plants with root) ▪ Burning ▪ Chemical (herbicides) 	Difficult
<i>Senecio inaequidens</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Displaces grass ▪ Is poisonous for animal ▪ Competes with alfalfa ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) 	Easy
<i>Setaria adhaerens</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Is very abundant, invades crops and competes with them ▪ Reduces alfalfa quality ▪ Displaces alfalfa ▪ Causes allergies ▪ Hurts animals ▪ Sticks to clothes and ruins them ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Burning ▪ Chemical (herbicides) 	Very difficult
<i>Sorghum halepense</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Invades crops ▪ Competes with crops ▪ Spreads easily ▪ Hinders water flow ▪ Is very persistent 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manual (pulling) ▪ Burning ▪ Chemical (herbicides) 	Difficult

2.5.5 People's perception of individual species

The main criteria for people's perception of individual species were their uses, versus problems caused and difficulty of control (Fig. 2.11). *Malva parviflora* and *Marrubium vulgare* stood out as mainly beneficial. *Setaria adhaerens* was considered harmful by all informants. Other species such as *Senecio inaequidens* and *Asphodelus fistulosus* were considered harmful by some, and insignificant by others.

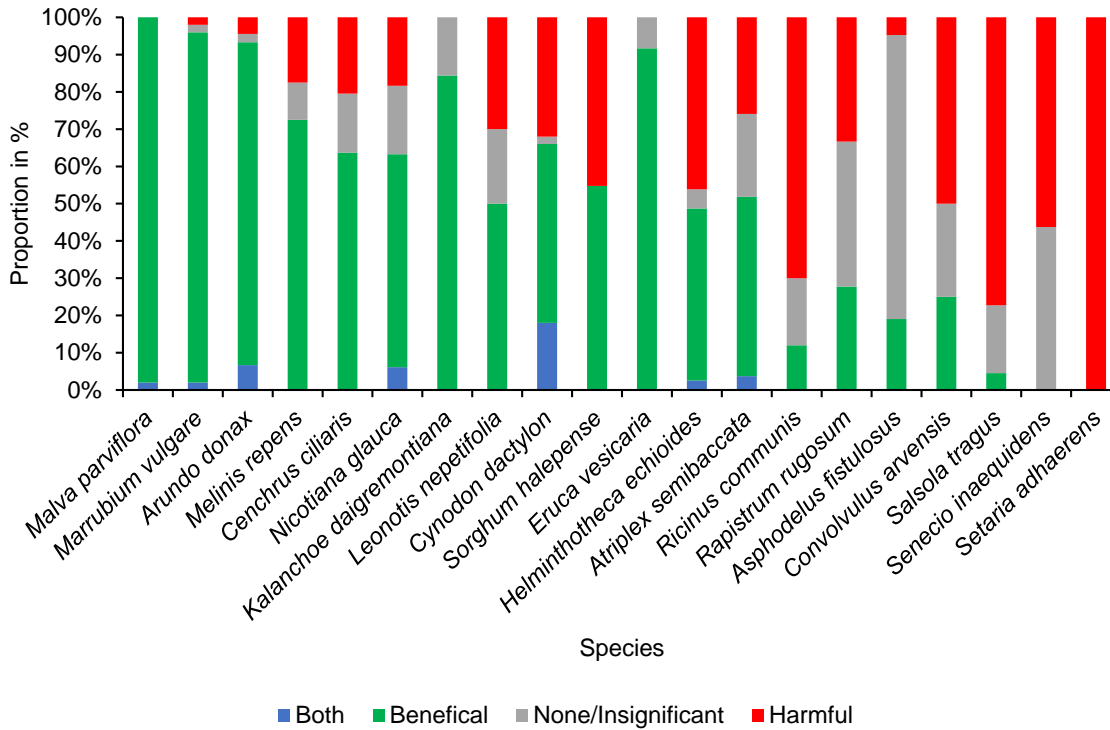


Figure 2.11. Perception of each species by the informants.

2.5.6 Invasion index values for the species

The index used for the overall evaluation of the species integrates utility, negative impacts, frequency, area covered, and abundance, and the general perception of the informants. Figure 2.12 shows the values for the 20 species. Thirteen had negative values, and for seven species beneficial characteristics dominated. *Setaria adhaerens* had the most negative values and was therefore the most invasive species, whereas *Marrubium vulgare* and *Kalanchoe daigremontiana* had the most positive values. The invasiveness index value was related to residence time in the region. The long-time residents were viewed mostly positively, and the more recent arrivals had evaluations that were more negative ($r=0.67$, Figure 2.13).

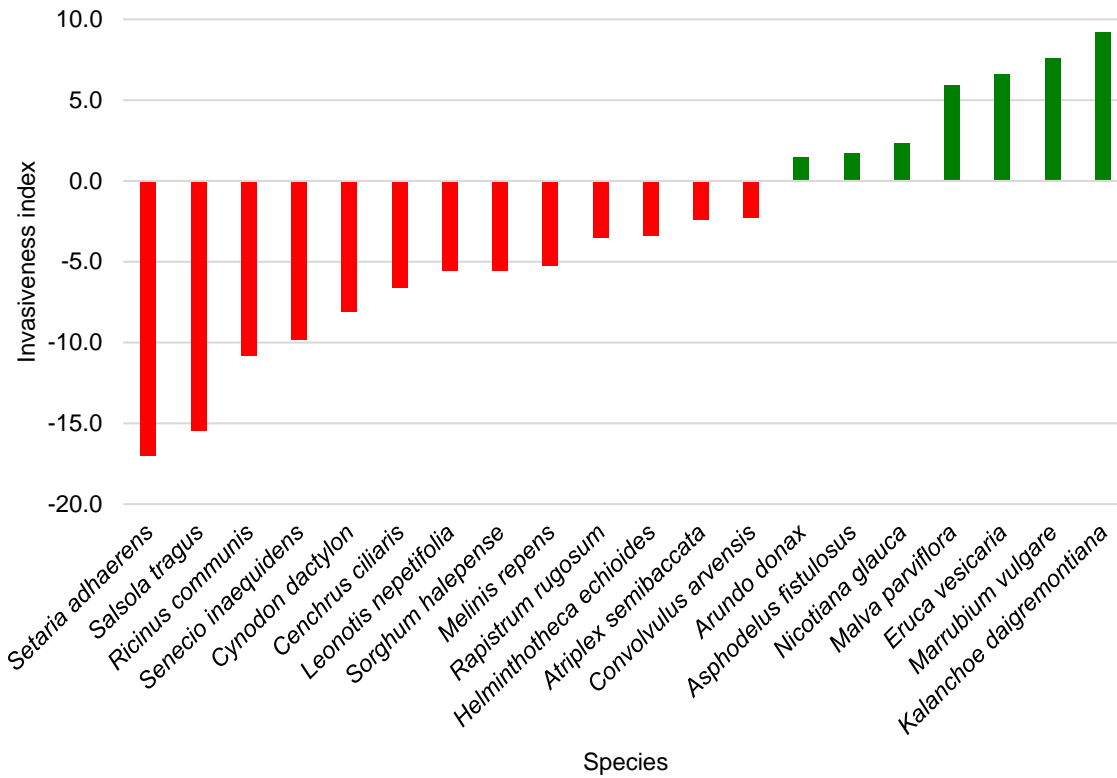


Figure 2.12. Invasion index values of the studied species

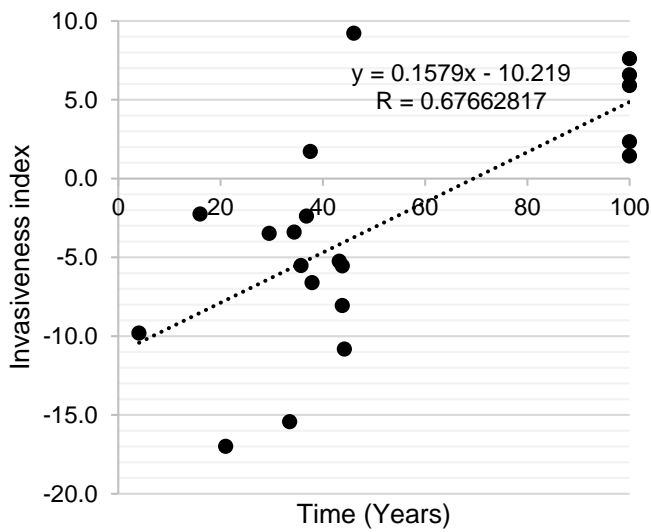


Figure 2.13. Relationship between alien species residence time and invasion index value

2.6 DISCUSSION

2.6.1 Knowledge of species

The high proportion of plants recognized by interviewees was not surprising. People in rural communities identify plant species around them, often for their use as medicine, fodder, and food, and introduced plants are no exception (Khan et al. 2011; Maroyi 2017; Shackleton and Shackleton 2018; Martínez and Manzano-García 2019). For the local population, the salient reasons for recognition were uses, negative effects, and their importance in roadside or field vegetation, the latter supported by our survey data. The little-known species were either uncommon or new arrivals or both. Most introduced species had common names and have been appropriated, as in other regions (Khan et al. 2011 in Bangladesh; dos Santos et al. 2014, in Brazil; Wagh and Jain, 2018, in India).

Malva parviflora and *Arundo donax* had common names not only in Spanish, but also in Hñahñu, which may reflect residence time of the plants in the area (Shackleton and Shackleton 2018). Both species were probably introduced to Mexico shortly after the arrival of the Spaniards and are widely distributed in the country (Villaseñor and Espinosa-García 2004; Goolsby and Moran 2009; Tarin et al. 2013). This also applies to *Marrubium vulgare*. We did not register an indigenous name, but it has been integrated into the Mesoamerican humoral system (Vázquez-Medina et al. 2011). The "hot" property assigned to this species is known in other regions as well (Vázquez-Medina et al. 2011; García-Hernández et al. 2015).

The differences in domain knowledge by men and women were expected, have been shown repeatedly for different groups of plants, and are due to gender roles (Vázquez-Medina et al. 2011). Men tend to pay more attention to plants invading crops and those used as fodder, and women almost always know more about medicinal plants.

Other sociodemographic factors showed less clear or unexpected relationships. In our group, middle-aged people knew more plants than older or younger people. This is unusual, as people over 60 usually know more (Canales-Martínez et al. 2006; Blanckaert et al. 2007). Though statistically significant, these differences may be artifacts due to small group sizes. Years of schooling typically has an inverse relationship with knowledge

of plants (Canales-Martínez et al. 2006; Mondragón and Villa-Guzmán 2008), but not in our case. We suggest that knowledge of plants, in the study area, was more or less evenly distributed among people with substantial agricultural activities, and differences were due to individual idiosyncrasy and interests, although we cannot discard an insufficient sample size. Factors such as age and schooling are proxies: they tend to be associated with the true underlying factors that encourage plant knowledge, time spent on agricultural activities and attention given to plants (Saynes-Vásquez et al. 2016).

2.6.2 Time of arrival and means of introduction

The respondents' observations on the residence time of the species were supported by the literature and other sources of information, as in a study in South Africa (Shackleton and Shackleton 2018). People thought that *Malva parviflora*, *Arundo donax*, *Marrubium vulgare*, *Eruca vesicaria* and *Nicotiana glauca* were long-time residents. *Marrubium* was brought to America by the Spanish centuries ago due to its medicinal properties (Juárez-Vázquez et al. 2013). *Eruca vesicaria* also has a long history in Mexico; botanical collections contain 140-year-old specimens from several states. It was mainly used as an oilseed. *Nicotiana glauca* was probably introduced to Mexico during the 19th century (Hernández 1981).

The irrigation system of the region began operating in the late 1970s and is fed by wastewater from the Valley of Mexico (García-Salazar 2019). Estimated time of arrival of *Leonotis nepetifolia*, *Ricinus communis*, *Cynodon dactylon*, among others, are consistent with the time of operation of that system. Irrigation is a well-known dispersal vehicle for invasive species (Richardson and Pyšek 2012) and it is likely that some observations on the link between species and irrigation are correct, even though several of these species have been present in Mexico for a longer time. For example, *Ricinus communis* was probably introduced to the north of the country in the 17th century, but it was not until the 1940s that it began to spread rapidly and widely (Van Devender et al. 2009).

It is also likely that contaminated seeds contributed to the arrival of some species such as *Sorghum halepense* and *Rapistrum rugosum* (del Monte and Zaragoza 2004), as stated by some informants. This could also apply to *Atriplex semibaccata*, although

informants did not comment this; reports from other parts of the world, e.g. Spain, makes it likely (Fernández-Alonso 2013), although purposeful introduction as forage is also possible.

The most recent arrivals, according to informants, were *Setaria adhaerens*, *Convolvulus arvensis* and *Senecio inaequidens*. *Setaria adhaerens* was identified as the most problematic of our twenty introduced species. It is difficult to establish its residence time for Mexico, partially due to misidentifications and nomenclatural changes in the past (Amigo et al. 1991; Layton and Kellogg 2014; Morrone et al. 2014). However, several species, including *Setaria verticillata* (treated by some authors as a synonym of *Setaria adhaerens*), appear to have arrived in the Americas accidentally over the last 100 years by various commercial routes (Dekker 2003). Recently, this grass has arrived in countries such as Croatia (Maslo 2019). Sánchez-Ken (2018) reported it from 15 Mexican states, but Hidalgo was not included. Not only its adhesive inflorescences, but also the herbicide resistance of some populations helped its spread (Dekker 2003; Escorial et al. 2017).

Convolvulus arvensis is considered a major weed of large-scale agriculture in northern Mexico (Rosales-Robles et al. 2006). However, in our study area it was rare and little known, probably due to the alkaline soils which the species avoids (FloraWeb 2020).

Senecio inaequidens is a documented recent arrival to Mexico (Rzedowski et al. 2003; Villaseñor et al. 2011), reported from Mexico City, State of Mexico, Michoacán and Queretaro. It is also spreading rapidly in Puebla (Flores-Huitzil et al. 2020), other parts of Hidalgo and Veracruz (pers. obs. HV).

2.6.3 Uses

Almost all species (90%) had some use for the local population. This is a high proportion, but coincides with research results from other countries. Dos Santos et al. (2014) found that in Brazil, invasive species were more useful than non-invasive exotics and natives. In rural communities in India, Pakistan, and South Africa, their medicinal and food uses stand out (Ali et al. 2018; Wagh and Jain 2018; Maema et al. 2019). This finding is consistent with the fact that most exotic species were introduced intentionally for some specific use (Espinosa-García 2017).

Informants reported no uses for *Senecio inaequidens* and *Salsola tragus*. The first species was a newcomer, little known in the study area, and had no reported use elsewhere. In contrast, *Salsola tragus* was introduced to Mexico as a fodder plant for areas with saline soils (Mondragón-Pichardo and Vibrans 2009), but is not used in the study area for this or any other purpose.

Fodder plants accounted for 60% of the introduced species, similar to findings in Brazil (dos Santos et al. 2014), but contrasting with information from other countries where the most important use of introduced species was medicinal (Wagh and Jain 2018; Martínez and Manzano-García 2019). The relatively high number of grasses in our sample may have contributed to this predominant use.

We found that longer-time residents had more uses. While intuitive, this relationship has not been documented previously and it is highly relevant for management.

2.6.4 Negative effects

The interviewees recognized some species as harmful or problematic. *Setaria adhaerens* was considered the most troublesome plant, growing in maize, chili and alfalfa fields. The main problems in the study region were competition with crops, difficult eradication, and the discomfort caused by the awns to both people and animals, with the economic losses that this entailed. Informants said that this grass arrived no more than 20 years ago, but reported a previous agricultural pest, locally known as “cadillo” (probably a species of *Cenchrus*).

Setaria adhaerens is spreading rapidly in Mexico (HV pers. obs.), found mainly in the center and north of Mexico (Dávila et al. 2018) and has been recorded in maize (Vibrans 1998; Sánchez-Blanco and Guevara-Féfer 2013) as in other parts of the world (Escorial et al. 2017; Maslo 2019). Some populations are resistant to various herbicides (Dekker 2003).

Two other species were considered to have mostly negative effects: *Ricinus communis* and *Senecio inaequidens*. *Ricinus communis* is a useful species, but it had undesirable populations in various habitats and is toxic (Maema et al. 2019). The Hidalgo State Plant Health Committee included *Senecio inaequidens* in a campaign against designated

noxious weeds, aiming to reduce its spread (CESAVEH 2016). This campaign was the source of information for a few people on its toxicity; it contains alkaloids pyrrolizidine-type alkaloids (Rzedowski et al. 2003; Dimande et al. 2007).

2.6.5 Invasiveness index

The proposed invasiveness index clearly identified the most problematic species and therefore, the priorities for the local population: *Setaria adhaerens*, *Salsola tragus*, *Ricinus communis*, and *Senecio inaequidens*. Control efforts would probably be welcome and people would collaborate. In contrast, *Kalanchoe* or *Marrubium* eradication would likely be rather unpopular, despite their being considered invasive in other parts of Mexico and the world. *Kalanchoe* is of particular interest because it tends to invade natural vegetation of arid regions and is in expansion in Mexico (Guerra-García et al. 2015); this is the only species in our study for which we see the danger of a positive feedback loop (Sinclair et al. 2020). It does not interfere with human activities in the study area, is attractive, and has some minor medicinal uses, so local people do not see it as harmful. On the contrary, there is probably some amount of intentional dispersal. If control were to be attempted, it would require a substantial education effort.

Salsola and *Senecio* are known invasive plants in Mexico (DOF 2016; Espinosa-García and Villaseñor 2017; CONABIO, 2020); *Ricinus* is also cited sometimes. However, *Setaria adhaerens* is not included in recent catalogues of invasive species of Mexico and requires urgent attention.

The more positive view and greater usefulness of long-time resident species confirms theoretical considerations, and has policy implications. Species often become less invasive over time as they acquire more local pests, diseases, and predators (Hawkes 2007; Dostál et al. 2013). People experiment and exchange information, and thus find more uses, and become accustomed to possible negative effects. The results suggest that new invaders can be tackled more easily with the help of local communities than longer-time residents that have been integrated into their lives.

2.7 CONCLUSIONS

Local people had good knowledge of their introduced plants - their names, biology and uses. Their estimations of arrival time and mode were consistent with the literature. They had sophisticated and differential attitudes toward them and were well aware of various advantages and disadvantages of these plants. The proposed index clearly identified the most harmful species (e.g. *Setaria adhaerens*). About one third of the species - most of them long-time residents and none grasses - had an overall positive value. Control efforts should focus on grasses and newly arrived species; local human populations would be interested in these efforts.

2.8 ACKNOWLEDGEMENTS

The Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) of Mexico supported the study with a scholarship for the masters' studies of the first author (grant number 935745). We are grateful to the local officials for their help, and particularly to the interviewees, who kindly shared their knowledge and time with us.

2.9 REFERENCIAS

- Aguilar V, Aguirre A, Alarcón J, Boomer A, Contreras S, Del Val E, Elizalde A, Enkerlin E, Espinosa-García FJ, Golubov J, Hermann H, Koleff P, Low Pfeng A, March J. I, Martínez-Jiménez M, Meave del Castillo ME, Mena J, Mendoza R, Moreno E, Pérez-Sandi M, Randall J, Rickards J, Torres G, Vibrans H, Zertuche-González J, Ziller S, Zimmerman H (2007) Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, Mexico 72 pp.
- Ali S, Shabbir A, Muhammad S (2018) Ethnobotanical uses of some native and alien plants of the Jhok Reserve Forest, Punjab, Pakistan. *Journal of Weed Science Research* 24: 89–103. [https://doi.org/10.28941/24-2\(2018\)-4](https://doi.org/10.28941/24-2(2018)-4)
- Amigo J, Bujan M, Romero MI (1991) Révision taxonomique du genre *Setaria* (Gramineae) dans la Péninsule Ibérique. *Bulletin de la Société Botanique de France, Lettres Botaniques* 138: 155–165. <https://doi.org/10.1080/01811797.1991.10824917>
- Bennett BM, van Sittert L (2019) Historicising perceptions and the national management framework for invasive alien plants in South Africa. *Journal of Environmental Management* 229: 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.029>

- Blanckaert I, Vancraeynest K, Swennen RL, Espinosa-García FJ, Piñero D, Lira-Saade R (2007) Non-crop resources and the role of indigenous knowledge in semi-arid production of Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119: 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.015>
- Brooks ML, D'Antonio CM, Richardson DM, Grace JB, Keeley JE, DiTomaso JM, Hobbs RJ, Pellant M, Pyke D (2004) Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience* 54: 677–688. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0677:EOIAP0\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0677:EOIAP0]2.0.CO;2)
- Burgos-Hernández M, Castillo-Campos G, Tenorio V (2014) Potentially useful flora from the tropical rainforest in central Veracruz, México: considerations for their conservation. *Acta Botanica Mexicana* 24: 55-77.
- Byrne MJ, Williams VL, Wojtasik EM (2017) The viability of propagules of alien plant species sold for traditional medicine in South Africa. *South African Journal of Botany* 109: 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.01.206>
- Canales-Martínez M, Hernández-Delgado T, Caballero-Nieto J, Romo de Vivar A, Durán-Díaz Á, Lira-Saade R (2006) Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional de las plantas medicinales en San Rafael, Coxcatlán, Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, México. *Acta Botanica Mexicana* 75: 21–43. <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1207>
- CESAVEH (2016) Programa de trabajo de la campaña contra malezas reglamentadas, a operar con recursos del incentivo de sanidad vegetal del componente de sanidad federalizado del programa de sanidad e inocuidad alimentaria 2016, en el estado de Hidalgo. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, Mexico, 13pp.
- Cherane MW, Mahlo SM, Potgieter MJ (2015) Ethnobotanical survey of invasive plant species used by traditional healers for the treatment of various diseases in the Capricorn district, Limpopo Province. *South African Journal of Botany* 98: 173. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.03.025>
- CONABIO (2020) Especies exóticas invasoras. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Available from: <https://enciclovida.mx/exoticas-invasoras> (August 13, 2020).
- Dávila P, Mejía-Saulés MT, Soriano-Martínez AM, Herrera-Arrieta Y (2018) Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462–514. <https://doi.org/10.17129/botsci.1894>
- Dekker J (2003) The foxtail (*Setaria*) species-group. *Weed Science* 51: 641–656. <https://doi.org/10.1614/P2002-IR>

- Dimande AFP, Botha CJ, Prozesky L, Bekker L, Rösemann GM, Labuschagne L, Retief E (2007) The toxicity of *Senecio inaequidens* DC. *Journal of the South African Veterinary Association* 78: 121–129. <https://doi.org/10.4102/jsava.v78i3.302>
- DOF (2016) Acuerdo por el que se determina la Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. *Diario Oficial de la Federación*. Available from: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5464456&fecha=07/12/2016 (January 20, 2020).
- DOF (2018) Ley General de Vida Silvestre. *Diario Oficial de la Federación*. Available from: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510956&fecha=19/01/2018 (January 19, 2019).
- dos Santos LL, do Nascimento ALB, Vieira FJ, da Silva VA, Voeks R, Albuquerque UP (2014) The cultural value of invasive species: a case study from semi-arid northeastern Brazil. *Economic Botany* 68: 283–300. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9281-8>
- Dostál P, Müllerová J, Pyšek P, Pergl J, Klinerová T (2013) The impact of an invasive plant changes over time. *Ecology Letters* 16: 1277–1284. <https://doi.org/10.1111/ele.12166>
- Escorial MC, Chueca MC, Loureiro I (2017) Caracterización de la resistencia al herbicida nicosulfuron en una población de *Setaria adhaerens* en el cultivo de maíz. In: XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, Pamplona-Iruña, Spain, 361–365.
- Espinosa-García FJ (2017) Oportunidades de mejoras legislativas y normativas para la prevención y manejo de invasiones de plantas en México. In: Born-Schmidt G, de Alba F, Parpal J, Koleff P (Eds), Principales retos que enfrenta México ante las especies exóticas invasoras. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública Cámara de Diputados LXIII Legislatura, México, D.F, 91–112.
- Espinosa-García FJ, Villaseñor JL (2017) Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 76–96. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.010>
- Estévez RA, Anderson CB, Pizarro JC, Burgman MA (2015) Clarifying values, risk perceptions, and attitudes to resolve or avoid social conflicts in invasive species management: confronting invasive species conflicts. *Conservation Biology* 29: 19–30. <https://doi.org/10.1111/cobi.12359>
- Fernández-Alonso JLF (2013) Plantas introducidas. Flora alóctona de la península ibérica. In: Morales R (Ed.), *Las plantas silvestres en España*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 201–218.

- FloraWeb (2020) Daten und Informationen zu Wildpflanzen und zur Vegetation Deutschlands. FloraWeb. Available from: <https://www.floraweb.de/pflanzenarten/oekologie.xsql?suchnr=1632&> (November 5, 2020).
- Flores-Huitzil EC, Coombes AJ, Villaseñor Rios JL (2020) Las angiospermas ruderales del municipio Coronango, Puebla, México. *Acta Botanica Mexicana*: e1601. <https://doi.org/10.21829/abm127.2020.1601>
- García-Hernández KY, Vibrans H, Rivas-Guevara M, Aguilar-Contreras A (2015) This plant treats that illness? The hot–cold system and therapeutic procedures mediate medicinal plant use in San Miguel Tulancingo, Oaxaca, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology* 163: 12–30. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.01.001>
- García-Salazar EM (2019) El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional* 29: 1–34. <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.741>
- Goolsby JA, Moran P (2009) Host range of *Tetramesa romana* Walker (Hymenoptera: Eurytomidae), a potential biological control of giant reed, *Arundo donax* L. in North America. *Biological Control* 49: 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.019>
- Guerra-García A, Golubov J, Mandujano MC (2015) Invasion of *Kalanchoe* by clonal spread. *Biological Invasions* 17: 1615–1622. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0820-0>
- Hawkes CV (2007) Are invaders moving targets? The generality and persistence of advantages in size, reproduction, and enemy release in invasive plant species with time since introduction. *The American Naturalist* 170: 832–843. <https://doi.org/10.1086/522842>
- Hernández HM (1981) Sobre la ecología reproductiva de *Nicotiana glauca* Grah.: una maleza de distribución cosmopolita. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*: 47–73. <https://doi.org/10.17129/botsci.1248>
- Jevon T, Shackleton CM (2015) Integrating local knowledge and forest surveys to assess *Lantana camara* impacts on indigenous species recruitment in Mazeppa Bay, South Africa. *Human Ecology* 43: 247–254. <https://doi.org/10.1007/s10745-015-9748-y>
- Juárez-Vázquez M del C, Carranza-Álvarez C, Alonso-Castro AJ, González-Alcaraz VF, Bravo-Acevedo E, Chamarro-Tinajero FJ, Solano E (2013) Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México. *Journal of Ethnopharmacology* 148: 521–527. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.048>

- Khan MASA, Sultana F, Rahman MH, Roy B, Anik SI (2011) Status and ethno-medicinal usage of invasive plants in traditional health care practices: a case study from northeastern Bangladesh. *Journal of Forestry Research* 22: 649–658. <https://doi.org/10.1007/s11676-011-0174-8>
- Layton DJ, Kellogg EA (2014) Morphological, phylogenetic, and ecological diversity of the new model species *Setaria viridis* (Poaceae: Paniceae) and its close relatives. *American Journal of Botany* 101: 539–557. <https://doi.org/10.3732/ajb.1300428>
- Lewis CL, Granek EF, Nielsen-Pincus M (2019) Assessing local attitudes and perceptions of non-native species to inform management of novel ecosystems. *Biological Invasions* 21: 961–982. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1875-0>
- Maema LP, Potgieter MJ, Samie A (2019) Ethnobotanical survey of invasive alien plant species used in the treatment of sexually transmitted infections in Waterberg District, South Africa. *South African Journal of Botany* 122: 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.012>
- Maroyi A (2017) Exotic plants in indigenous pharmacopoeia of South-Central Zimbabwe: traditional knowledge of herbal medicines. *Research Journal of Botany* 12: 46–52. <https://doi.org/10.3923/rjb.2017.46.52>
- Martínez GJ, Manzano-García J (2019) Perception and use of non-native and invasive flora from Sierras de Córdoba in central Argentina. *Acta Botanica Brasilica* 33: 241–253. <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0316>
- Maslo S (2019) *Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov. (Poaceae), a new alien species in the Croatian flora. *Acta Botanica Croatica* 78: 99–101. <https://doi.org/10.2478/botcro-2019-0006>
- McLean P, Wilson JRJ, Gaertner M, Kritzinger-Klopper S, Richardson DM (2018) The distribution and status of alien plants in a small South African town. *South African Journal of Botany* 117: 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.02.392>
- Meyerson LA, Mooney HA (2007) Invasive alien species in an era of globalization. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 199–208. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[199:IASIAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[199:IASIAE]2.0.CO;2)
- Mondragón D, Villa-Guzmán DM (2008) Estudio etnobotánico de las bromelias epífitas en la comunidad de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, México. *Polibotánica* 26: 175–191.
- Mondragón-Pichardo J, Vibrans H (2009) Malezas de México. Ficha *Cynodon dactylon*. Available from: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/cynodon-dactylon/fichas/ficha.htm> (August 11, 2020).

- del Monte JP, Zaragoza C (2004) La introducción de especies vegetales y la valoración del riesgo de que se conviertan en malas hierbas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 30: 65–76.
- Morales-Romero D, Lopez-Garcia H, Martinez-Rodriguez J, Molina-Freaner F (2019) Documenting a plant invasion: the influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments* 164: 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.01.012>
- Morrone O, Aliscioni SS, Veldkamp JF, Pensiero JF, Zuloaga FO, Kellogg EA (2014) Revision of the Old World species of *Setaria* (Poaceae: Panicoideae: Paniceae). *Systematic Botany Monographs* 96: 1–161.
- Potgieter LJ, Gaertner M, O'Farrell PJ, Richardson DM (2019) Perceptions of impact: invasive alien plants in the urban environment. *Journal of Environmental Management* 229: 76–87. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.080>
- Pyšek P, Richardson DM, Rejmánek M, Webster GL, Williamson M, Kirschner J (2004) Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53: 131–143. <https://doi.org/10.2307/4135498>
- R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponible en: <https://www.r-project.org/> (20 de noviembre de 2020).
- Richardson DM, Pyšek P (2012) Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *New Phytologist* 196: 383–396. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04292.x>
- Richardson DM, Pyšek P, Rejmanek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Rosales-Robles E, Sánchez de la Cruz R, Salinas-García JR, Pecina-Quintero V, Loera-Garrardo J, Esqueda-Esquivel VA (2006) Periodo crítico de competencia de la correhuela perenne (*Convolvulus arvensis* L.) en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 47–53.
- Rzedowski J, Vibrans H, Calderón de Rzedowski G (2003) *Senecio inaequidens* DC. (Compositae, Senecioeae), una maleza perjudicial introducida en México. *Acta Botanica Mexicana* 63: 83–96.
- Sánchez-Blanco J, Guevara-Féfer F (2013) Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botanica Mexicana* 105: 107–129. <https://doi.org/10.21829/abm105.2013.227>

- Sánchez-Ken JG (2018) Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana*: e1379. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>
- dos Santos LL, do Nascimento ALB, Vieira FJ, da Silva VA, Voeks R, Albuquerque UP (2014) The cultural value of invasive species: a case study from semi-arid Northeastern Brazil. *Economic Botany* 68: 283–302. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9281-8>
- Saynes-Vásquez A, Vibrans H, Vergara-Silva F, Caballero J (2016) Intracultural differences in local botanical knowledge and knowledge loss among the Mexican Isthmus Zapotecs. *PLOS ONE* 11: e0151693. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151693>
- Shackleton CM, McGarry D, Fourie S, Gambiza J, Shackleton SE, Fabricius C (2007) Assessing the effects of invasive alien species on rural livelihoods: case examples and a framework from South Africa. *Human Ecology* 35: 113–127. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9095-0>
- Shackleton CM, Shackleton RT (2016) Knowledge, perceptions and willingness to control designated invasive tree species in urban household gardens in South Africa. *Biological Invasions* 18: 1599–1609. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1104-7>
- Shackleton RT, Shackleton CM, Kull CA (2019) The role of invasive alien species in shaping local livelihoods and human well-being: A review. *Journal of Environmental Management* 229: 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.007>
- Shackleton SE, Shackleton RT (2018) Local knowledge regarding ecosystem services and disservices from invasive alien plants in the arid Kalahari, South Africa. *Journal of Arid Environments* 159: 22–33. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.07.001>
- Shrestha BB, Shrestha UB, Sharma KP, Thapa-Parajuli RB, Devkota A, Siwakoti M (2019) Community perception and prioritization of invasive alien plants in Chitwan-Annapurna Landscape, Nepal. *Journal of Environmental Management* 229: 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.06.034>
- Sinclair JS, Brown JA, Lockwood JL (2020) Reciprocal human-natural system feedback loops within the invasion process. *NeoBiota* 62: 489–508. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.52664>
- SMN (2020) Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. Available from: <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=hgo> (August 13, 2020).
- Tarin D, Pepper AE, Goolsby JA, Moran PJ, Contreras-Arquieta A, Kirk AE, Manhart JR (2013) Microsatellites uncover multiple introductions of clonal Giant Reed (*Arundo*

- donax). *Invasive Plant Science and Management* 6: 328–338. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-12-00085.1>
- Van Devender TR, Felger R, Reina-Guerrero AL, Sánchez-Escalante JJ (2009) Sonora: non-native and invasive plants. In: Van Devender TR, Espinosa-García FJ, Harper-Lore BL, Hubbard T (Eds), *Invasive plants on the move: controlling them in North America*. Based on presentations at Weeds Across Borders 2006 Conference Hermosillo, Sonora, Mexico May 25 – 29, 2006, Tucson, 85–124.
- Vázquez-Medina B, Martínez-Corona B, Aliphath-Fernández MM, Aguilar-Contreras A (2011) Uso y conocimiento de plantas medicinales por hombres y mujeres en dos localidades indígenas en Coyomeapan, Puebla, México. *Interciencia* 36: 493–499.
- Vibrans H (1998) Native maize field weed communities in south-central Mexico. *Weed Research* 38: 153–166.
- Vibrans H (2002) Origins of weeds: benefits of clean seeds. In: Pimentel D (Ed), *Encyclopaedia of pest management*. Marcel Dekker, New York, 558 – 561.
- Vibrans H (2014) Las malezas como indicadoras ambientales. In: González-Zuarth CA, Vallarino A, Pérez-Jiménez JC, Low Pfeng A (Eds), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, DF, 625–652.
- Vibrans H, García-Moya E, Clayton D, Sánchez-Ken JG (2014) *Hyparrhenia variabilis* and *Hyparrhenia cymbaria* (Poaceae): new for the Americas, successful in Mexico. *Invasive Plant Science and Management* 7: 222–228. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-13-00107.1>
- Vilà M, Espinar JL, Hejda M, Hulme PE, Jarošík V, Maron JL, Pergl J, Schaffner U, Sun Y, Pyšek P (2011) Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* 14: 702–708. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01628.x>
- Villaseñor JL, Espinosa-García FJ (2004) The alien flowering plants of Mexico. *Diversity and Distributions* 10: 113–123. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00059.x>
- Villaseñor JL, Ortiz E, Hinojosa-Espinosa O, Segura-Hernández G (2011) *Especies de la familia Asteraceae exóticas a la flora de México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria; Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario; Universidad Nacional Autónoma de México; Asociación Mexicana de Ciencia de la Maleza, México, D.F., 159 pp.
- Vimercati G, Kumschick S, Probert AF, Volery L, Bacher S (2020) The importance of assessing positive and beneficial impacts of alien species. *NeoBiota* 62: 525–545. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.52793>

Wagh VV, Jain AK (2018) Status of ethnobotanical invasive plants in western Madhya Pradesh, India. South African Journal of Botany 114: 171–180.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.11.008>

DISCUSIÓN GENERAL

En esta sección se enumeran y discuten de forma breve las principales aportaciones de este trabajo que son:

- la dominancia de pastos introducidos en la cobertura de los sitios perturbados
- la existencia de algunas especies que pueden considerarse indicadoras de factores de suelo específicos a nivel local y regional
- la relación entre conocimiento y uso de las especies de plantas introducidas con el tiempo de llegada
- el grado de invasividad de estas plantas a nivel local basado en la perspectiva de la población rural.

El comportamiento ecológico de las plantas introducidas siguió algunos patrones ya observados previamente. Por ejemplo, destacó la dominancia de los pastos tanto en número de sitios, superficie cubierta y diversidad de ambientes en la composición florística de los sitios de muestreo. Poaceae fue la familia más representada desde la selección inicial de especies, y es la de mayor número de especies introducidas en México (Sánchez-Ken 2018).

La abundancia y cobertura de pastos en la región se debe a una mezcla de factores ecológicos y sociales. Es posible que influya la resistencia de las especies al fuego (Aguilar et al. 2007), la rápida velocidad de germinación en comparación con otras especies presentes en zonas semidesérticas (Goel et al. 2011) y su tolerancia a condiciones de suelos desfavorables (Fulbright et al. 2013). Además, son especies favorecidas por el uso de herbicidas y, como en otros lugares, han desarrollado resistencia a estos (Esqueda-Esquivel et al. 2015; Bell et al. 2000). Otro factor que contribuye son los usos que los agricultores les dan. Si bien, su opinión hacia los pastos introducidos no siempre es positiva, aprovechan los que existen.

Algunas especies pueden considerarse indicadoras de condiciones de suelo específicas a nivel local o regional (Vibrans 2014). *Salsola tragus* puede indicar suelos con pH fuertemente alcalinos, y *Sorghum halepense* de suelos con alto contenido de materia orgánica y pH neutros a ligeramente alcalinos. *Salsola tragus*

es conocida por su tolerancia a la salinidad (Hanif et al. 2018), y en este trabajo se confirmó. *Sorghum halepense* mostró ser poco tolerante a esas condiciones. Investigaciones previas señalaron que prefiere suelos fértiles y con pH ácidos a ligeramente alcalinos (Sinha et al. 1986; Korres et al. 2017).

Las contribuciones novedosas de este trabajo se concentran en la relación entre pobladores y las plantas introducidas. Se encontraron relaciones interesantes, poco estudiadas y documentadas. Por ejemplo, parece existir una correlación positiva entre el número de usos de las plantas introducidas, con el tiempo aproximado de llegada a la zona de estudio. Esta relación no se había documentado previamente y es importante porque indica que el grado de apropiación de las plantas introducidas por los habitantes está directamente relacionado con el tiempo que han convivido con las plantas.

Otra observación fue que la edad y el grado de escolaridad de las personas no estaban asociados con el nivel de conocimiento de las plantas introducidas. Este resultado coincide con los de otro trabajo etnobotánico donde se investigó cómo influían factores sociodemográficos en el grado de conocimiento de las plantas, resultando la actividad económica como el factor más importante (Saynes-Vásquez et al. 2016). Lo contrario a lo que comúnmente se esperaría y se ha documentado más comúnmente (a mayor edad, las personas conocen más de las plantas (Blanckaert et al. 2007). Proponemos que este conocimiento depende más del grado de convivencia con las plantas introducidas. Independientemente del grado de estudio y la edad de las personas, el contacto constante con las plantas, su utilidad y la problemática que tienen por la presencia de estas contribuye, al menos a nivel local, al mayor conocimiento sobre estas.

Todas las especies introducidas objeto de esta investigación han sido consideradas invasoras ya sea en México, en América o en otras regiones del mundo y se encuentran en listas oficiales y/o son consideradas así por autoridades en el área (DOF 2016; Saul et al. 2017). Sin embargo, algunas de las más perjudiciales en otros lados, como *Arundo donax*, no fueron percibidos localmente como problemas, sino como un enriquecimiento con una planta útil. Lo anterior nos lleva a decir que,

aunque una especie sea considerada como invasora a gran escala, esta categorización no necesariamente es cierta a nivel regional o local. Por lo tanto, en el presente trabajo se propone un índice al conjuntar la información de los muestreos y entrevistas, que permite inferir si las especies son o no invasoras a nivel local, el cual puede ser extrapolado a otras localidades del país.

Finalmente, para proponer y establecer métodos de erradicación, control o manejo de plantas invasoras, se necesita conocer la etnobotánica de estas. El éxito o fracaso de estos esfuerzos en gran medida dependerá de la aceptación por parte de los habitantes locales. Si los habitantes ven algo útil en una planta, difícilmente van a cooperar para erradicarla, sin embargo, esto es diferente cuando les causa problemas. Es posible optar por difundir y adoptar los conocimientos útiles sobre estas plantas, y a la vez promover el control de aquellas que perjudican.

CONCLUSIONES GENERALES

- Las especies introducidas estudiadas en la presente tesis cubren la mayor superficie durante el verano, siendo los pastos el grupo dominante
- Debido a la homogeneidad de condiciones climáticas en la región, las especies se distribuyen aparentemente al azar. Sin embargo, *Salsola tragus* y *Sorghum halepense* mostraron preferencia por condiciones de suelo específicas.
- La mayoría de las especies son bien conocidas por los habitantes, debido a sus usos o a los problemas que causan. La información de usos y control puede servir en la implementación estrategias para su aprovechamiento.
- Varias de las especies estudiadas llegaron hace 40 años o menos y la vía de introducción principal fue el sistema de riego. La información que proporcionaron fue congruente con lo reportado en la literatura.
- La percepción de personas acerca de las plantas introducidas está influenciada principalmente por el grado de utilidad que tienen para ellos y los problemas que pueden causarles.

- El índice generado mostró a las especies que a nivel local son invasoras. *Setaria adhaerens* es actualmente la especie más invasora en la región.
- Los esfuerzos en el manejo de las especies invasoras deben respaldarse con la estimación de sus poblaciones a nivel local o regional y de los conocimientos de habitantes locales.

LITERATURA CITADA

- Bell GE, Martin DL, Kuzmic RM, Stone ML, Solie JB (2000) Herbicide tolerance of two cold-resistant bermudagrass (*Cynodon* spp.) cultivars determined by visual assessment and vehicle-mounted optical sensing. *Weed Technology* 14: 635–641. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0635:HTOTCR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0635:HTOTCR]2.0.CO;2)
- Blanckaert I, Vancraeynest K, Swennen RL, Espinosa-García FJ, Piñero D, Lira-Saade R (2007) Non-crop resources and the role of indigenous knowledge in semi-arid production of Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119: 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.015>
- DOF (2018) Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510956&fecha=19/01/2018 (19 de enero de 2019).
- Esqueda-Esquivel VA, Uresti-Durán D, Hernández-Aragón L (2015) Alternativas al fenoxaprop-etil para el control del zacate Johnson (*Sorghum halepense*) en arroz de riego. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2: 317–325.
- Fulbright TE, Hickman KR, Hewitt DG (2013) Exotic grass invasion and wildlife abundance and diversity, South-Central United States. *Wildlife Society Bulletin* 37: 503–509. <https://doi.org/10.1002/wsb.312>
- Goel S, Singh HD, Raina SN (2011) *Cenchrus*. En: Kole C (Ed.), *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Springer, Berlin, 31–52. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14255-0_3
- Hanif Z, Ali HH, Rasool G, Tanveer A, Chauhan BS (2018) Genus *Salsola*: its benefits, uses, environmental perspectives and future aspects - a review. *Journal of Rangeland Science* 8: 315–328.
- Korres NE, Norsworthy JK, Brye KR, Skinner V, Mauromoustakos A (2017) Relationships between soil properties and the occurrence of the most agronomically important weed species in the field margins of eastern

Arkansas - implications for weed management in field margins. *Weed Research* 57: 159–171. <https://doi.org/10.1111/wre.12249>

Sánchez-Ken JG (2018) Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1379. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1379>

Saul W-C, Roy HE, Booy O, Carnevali L, Chen H-J, Genovesi P, Harrower CA, Hulme PE, Pagad S, Pergl J, Jeschke JM (2017) Assessing patterns in introduction pathways of alien species by linking major invasion data bases. *Journal of Applied Ecology* 54: 657–669. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12819>

Saynes-Vásquez A, Vibrans H, Vergara-Silva F, Caballero J (2016) Intracultural differences in local botanical knowledge and knowledge loss among the mexican Isthmus Zapotecs. *PLOS ONE* 11: e0151693. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151693>

Sinha A, Gupta SR, Rana RS (1986) Effect of soil salinity and soil water availability on growth and chemical composition of *Sorghum halepense* L. *Plant and Soil* 95: 411–418. <https://doi.org/10.1007/BF02374621>

Vibrans H (2014) Las malezas como indicadores ambientales. En: González-Zuarth CA, Vallarino A, Pérez-Jiménez JC, Low Pfeng A (Eds), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México, D.F, 625–652.

ANEXOS

Anexo A. Formato para registro de especies exóticas en los sitios de muestreo

CONOCIMIENTO LOCAL DE PLANTAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, HIDALGO

Núm. Id.: _____ Fecha: _____

Localización Geográfica:

Coordenadas UTM

Zona _____ X _____ Y _____ Altitud: _____

Lugar: _____

I. Condiciones del área de muestreo

Hábitats encontrados:

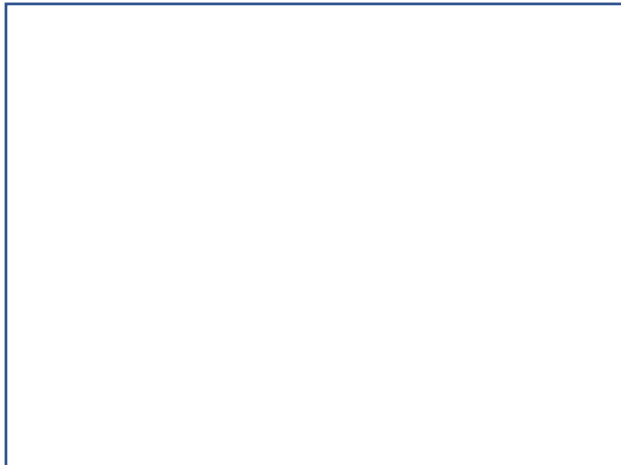
- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Carretera (orilla) | <input type="checkbox"/> Cuerpo de agua (orilla) | <input type="checkbox"/> Casa habitación (alrededor) |
| <input type="checkbox"/> Camino (orilla) | <input type="checkbox"/> Bordo (orilla) | <input type="checkbox"/> Otro _____ |
| <input type="checkbox"/> Canal (orilla) | <input type="checkbox"/> Solar (dentro) | |
| <input type="checkbox"/> Cultivo _____ | | |

Nivel de disturbio del ambiente:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Muy Alterado (MA) | <input type="checkbox"/> Alteración Baja (B) |
| <input type="checkbox"/> Alterado (A) | <input type="checkbox"/> Alteración muy baja o nula (MB) |
| <input type="checkbox"/> Alteración media (M) | |

Descripción del lugar:

Representación de los hábitats encontrados



Núm. Id. _____

II. Información sobre abundancia y cobertura de plantas introducidas

Familia Botánica	Nombre Científico	Etapa de Ciclo de Vida	Abundancia				% Cobertura < 1m ²
			1-10	10-100	100-1000	1000-10000	
Amaranthaceae	<i>Atriplex semibaccata</i> R.Br.						
Amaranthaceae	<i>Salsola tragus</i> L.						
Asphodelaceae	<i>Asphodelus fistulosus</i> L.						
Asteraceae	<i>Picris echinoides</i> L.						
Asteraceae	<i>Senecio inaequidens</i> DC.						
Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i> Mill.						
Brassicaceae	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.						
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.						
Crassulaceae	<i>Kalanchoe daigremontiana</i> Raym.-Hamet & H. Perrier) A. Berger						
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.						
Lamiaceae	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.						
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i> L.						
Malvaceae	<i>Malva parviflora</i> L.						
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i> L.						
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers						
Poaceae	<i>Arundo donax</i> L.						
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka						
Poaceae	<i>Setaria adhaerens</i> (Forsk.) Chiov.						
Poaceae	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.						
Solanaceae	<i>Nicotiana glauca</i> Graham						

Información adicional sobre impactos observados:

Anexo B. Información general de los sitios de muestreo.

¹Elev.: Elevación sobre el nivel medio del mar (m); ²TS: Tipo de suelo reportado por INEGI. PHca = feozem calcárico; Rz = rendzina; VRpe = vertisol pélico. ³Text: Textura del suelo. A = arcilla; F = franco; FA = franco arcilloso; FAA= franco arcillo arenoso; ⁴%M.O.: Porcentaje de materia orgánica del suelo; ⁵%Carb.: Contenido de carbonatos totales; ⁶U. H.: Uso de herbicidas; ⁷Lim.: Evidencia de limpieza manual; ⁸⁻¹⁰AP: Ambiente encontrado en primavera; AV: Ambiente encontrado en verano; AI: Ambiente encontrado en invierno. AL = alfalfa; CH = chile; MA = maíz; MT = matorral; OCA = orilla de cuerpo de agua; OCl = orilla de canal; OCm = orilla de camino; OCu =orilla de cultivo; PT = potrero; TCs = terreno cosechado; SUA =sin uso actual.

Sitio	Latitud	Longitud	ELEV. ¹	TS ²	Text ³	%M.O. ⁴	pH	%Carb ⁵	U.H. ⁶	Lim. ⁷	Rie	AP ⁸	AV ⁹	AI ¹⁰
1	20.4351523	-99.3867982	1864	Rz	F	7.84	7.65	1.88	Sí	No	Sí	MA	MA	TCs
2	20.4260343	-99.3870438	1897	VRpe	FAA	6.51	7.84	2.63	No	No	No	OCm	OCm	OCm
3	20.4186612	-99.3868912	1929	VRpe	FAA	3.00	8.17	13.80	No	No	No	OCu	OCu	OCu
4	20.4103019	-99.3831994	1925	VRpe	F	3.83	7.48	2.63	Sí	No	Sí	SUA	MA	MA
5	20.3990255	-99.3869667	1908	VRpe	FAA	8.85	7.12	7.15	No	No	Sí	AL	AL	AL
6	20.3903233	-99.3871654	1921	VRpe	FAA	10.00	7.65	8.03	No	No	Sí	AL	AL	AL
7	20.3808894	-99.3872377	1960	VRpe	FAA	6.44	7.94	4.64	No	No	Sí	AL	AL	AL
8	20.4347842	-99.3774507	1858	Rz	FA	0.94	8.85	3.01	No	Sí	No	MT	MT	MT
9	20.4171189	-99.377331	1899	VRpe	FA	3.73	8.03	10.00	No	No	No	MT	MT	MT
10	20.3987846	-99.3773438	1889	VRpe	A	4.28	7.85	3.39	No	No	Sí	OCu	OCu	OCu
11	20.3899564	-99.3773032	1912	VRpe	A	4.15	7.90	3.89	No	No	Sí	AL	AL	AL
12	20.3808028	-99.3773001	1948	VRpe	A	3.94	8.02	4.27	No	No	No	MT	MT	MT
13	20.4434161	-99.3678755	1853	VRpe	FAA	4.50	8.18	8.78	Sí	Sí	Sí	AL	AL	AL
14	20.4262111	-99.3679975	1853	VRpe	FA	1.12	8.25	21.30	No	No	Sí	OCA	OCA	OCA
15	20.417213	-99.3671135	1885	VRpe	FA	3.37	8.26	8.78	No	No	No	SUA	SUA	SUA
16	20.408137	-99.3689035	1908	VRpe	FA	1.84	8.57	10.00	No	No	No	MT	MT	MT
17	20.399013	-99.3677221	1908	PHca	FAA	5.37	7.86	40.10	No	No	No	SUA	SUA	SUA
18	20.3896603	-99.3678628	1909	VRpe	A	4.33	8.33	11.40	No	No	No	SUA	SUA	SUA
19	20.3804189	-99.3666047	1914	VRpe	A	4.90	7.97	4.27	Sí	Sí	Sí	MA	MA	TCs
20	20.4444505	-99.3571407	1895	PHca	FA	1.34	8.64	2.76	No	No	No	OCm	OCm	OCm
21	20.4350687	-99.358279	1864	PHca	FA	1.50	8.79	2.13	No	No	No	SUA	SUA	SUA
22	20.4079786	-99.3581971	1895	PHca	FAA	0.61	8.33	4.01	No	No	No	MT	MT	MT
23	20.3906649	-99.3583967	1904	VRpe	F	2.41	8.14	4.89	No	No	Sí	OCI	OCI	OCI
24	20.3810421	-99.3580487	1918	VRpe	A	9.72	7.65	6.52	No	No	Sí	AL	AL	AL
25	20.3718974	-99.3581138	1951	VRpe	A	3.52	8.27	3.39	No	No	No	SUA	SUA	SUA
26	20.4438802	-99.3487414	1900	PHca	FAA	5.16	8.53	46.40	Sí	No	Sí	AL	AL	AL
27	20.4351967	-99.348626	1900	PHca	F	3.56	7.98	15.10	Sí	No	Sí	CH	CH	CH
28	20.4263591	-99.3487882	1908	PHca	FAA	4.81	7.86	7.15	No	Sí	No	OCm	OCm	OCm
29	20.4172243	-99.348413	1878	PHca	FA	1.34	8.82	26.30	No	Sí	No	SUA	SUA	SUA

30	20.3990526	-99.3484488	1886	PHca	FA	0.33	8.84	1.51	No	Sí	No	OCm	OCm	OCm
31	20.3900162	-99.3485722	1907	PHca	F	15.00	7.67	8.28	No	No	No	MA	MA	MA
32	20.3818707	-99.3505184	1919	VRpe	FAA	4.15	7.73	20.10	No	No	Sí	OCm	OCm	OCm
33	20.3720704	-99.3485415	1958	VRpe	F	2.07	8.27	4.01	No	No	No	PT	PT	PT
34	20.4438465	-99.3383397	1865	PHca	FA	3.23	7.94	5.90	No	No	Sí	SUA	M	M
35	20.4172698	-99.3390867	1893	PHca	FAA	3.24	7.85	4.64	No	No	Sí	AL	AL	AL
36	20.3969786	-99.3323144	1902	PHca	FAA	5.60	8.13	7.53	No	No	No	MT	MT	MT
37	20.3800952	-99.3389958	1930	PHca	F	5.27	7.99	8.66	Sí	No	Sí	CH	CH	CH
38	20.4449656	-99.3296277	1867	PHca	FAA	2.87	8.01	3.89	No	No	Sí	MA	MA	TCs
39	20.4354418	-99.3294828	1874	PHca	F	4.52	7.98	21.30	Sí	No	Sí	AL	AL	AL
40	20.4256289	-99.3293277	1910	PHca	FAA	4.02	8.26	10.00	Sí	No	Sí	AL	AL	AL
41	20.4170804	-99.3295108	1903	PHca	F	3.17	8.25	21.30	Sí	Sí	Sí	MA	MA	TCs
42	20.4077462	-99.329443	1906	PHca	FAA	2.77	7.94	8.15	No	No	No	OCm	OCm	OCm
43	20.3885699	-99.330236	1919	PHca	FA	12.20	7.41	4.39	No	No	No	OCm	OCm	OCm
44	20.3810414	-99.3309578	1946	VRpe	FA	1.66	8.13	5.90	No	No	No	MT	MT	MT
45	20.3719797	-99.3300953	1953	VRpe	F	4.32	7.92	10.20	No	No	Sí	OCu	OCu	OCu
46	20.4352509	-99.3204233	1900	PHca	F	3.50	7.93	4.89	No	No	Sí	AL	AL	AL
47	20.426225	-99.3197912	1920	PHca	F	0.30	8.52	13.80	No	No	Sí	OCI	OCI	OCI
48	20.4179836	-99.3200138	1932	PHca	F	7.97	8.12	17.60	No	No	No	OCm	OCm	OCm
49	20.40827	-99.3198979	1919	PHca	FAA	2.96	8.14	3.39	Sí	No	Sí	MA	MA	TCs
50	20.3989626	-99.3390754	1935	PHca	FAA	5.85	7.03	2.38	No	No	No	OCm	OCm	OCm
51	20.4080886	-99.3102362	1949	PHca	FA	0.95	8.61	8.28	No	No	No	MT	MT	MT

Anexo C. Abundancia y cobertura de las especies seleccionadas por sitio en cada periodo de muestreo.

¹EF: Etapa fenológica; VEG = vegetativa; RFL = reproductiva con predominancia de flores, RFR = reproductivo con predominancia de frutos; ²AB: Abundancia (número de individuos estimados en el área de muestreo). ³SC: superficie cubierta por especie en m².

Sitio	Primavera				Verano				Invierno			
	Especie	EF ¹	AB ²	SC ³	Especie	EF	AB	SC	Especie	EF	AB	SC
1	<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	10	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	20	<i>S. halepense</i>	RFL	100-1000	10
	<i>S. halepense</i>	RFL	10-100	2	<i>S. adhaerens</i>	RFL	10-100	2				
2	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	70	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	70	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	50
	<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	10	<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	10				
					<i>S. halepense</i>	RFL	10-100	1				
3	<i>S. tragus</i>	RFL	10-100	3	<i>S. tragus</i>	RFL	10-100	3	<i>A. semibaccata</i>	RFR	1-10	1
	<i>R. communis</i>	RFL	10-100	5	<i>R. communis</i>	RFL	10-100	5	<i>S. tragus</i>	RFR	1-10	1
	<i>C. dactylon</i>	VEG	1000-10000	20	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	2	<i>R. communis</i>	RFR	10-100	5
					<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	25	<i>M. repens</i>	RFL	1-10	1
					<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	5				
4	Sin ES	-	-	-	<i>R. communis</i>	VEG	1-10	1	<i>R. communis</i>	RFR	1-10	3
					<i>L. nepetifolia</i>	VEG	1-10	1	<i>L. nepetifolia</i>	RFR	10-100	3
5	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	60	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	70	Sin ES	-	-	-
	<i>S. halepense</i>	VEG	100-1000	20								
6	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-
7	<i>M. repens</i>	RFL	1000-10000	30	<i>M. repens</i>	RFL	1000-10000	30	<i>M. repens</i>	RFL	1000-10000	30
8	<i>C. ciliaris</i>	RFL	1000-10000	80	<i>C. ciliaris</i>	RFL	1000-10000	60	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	30
	<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	10	<i>M. repens</i>	RFL	1000-10000	40	<i>M. repens</i>	RFL	10-100	2
9	<i>M. repens</i>	RFL	10-100	2	<i>C. ciliaris</i>	RFL	10-100	2	<i>N. glauca</i>	RFR	1-10	2
	<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	2	<i>N. glauca</i>	RFL	1-10	2				
10	<i>R. communis</i>	RFL	1-10	1	<i>R. communis</i>	RFL	1-10	2	<i>R. communis</i>	RFR	1-10	2
	<i>S. halepense</i>	VEG	1-10	10	<i>S. halepense</i>	RFL	100-1000	5				
11	<i>S. adhaerens</i>	VEG	1000-10000	40	<i>S. adhaerens</i>	RFL	1000-10000	70	<i>S. adhaerens</i>	RFL	1000-10000	50
12	<i>M. repens</i>	RFL	1000-10000	80	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	80	Sin ES	-	-	-
13	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-
14	Sin ES	-	-	-	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	70	Sin ES	-	-	-
15	<i>S. tragus</i>	VEG	10-100	5	<i>M. vulgare</i>	VEG	10-100	3	<i>A. semibaccata</i>	RFR	10-100	5
					<i>M. parviflora</i>	VEG	10-100	5	<i>M. parviflora</i>	VEG	1-10	1
					<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	6				
					<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	5				
16	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	20	<i>S. tragus</i>	RFL	10-100	5	Sin ES	-	-	-
					<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	20				

17	<i>M. vulgare</i>	VEG	10-100	5	<i>M. vulgare</i> <i>C. ciliaris</i> <i>M. repens</i>	VEG RFL RFL	10-100 100-1000 100-1000	10 10 10	Sin ES	-	-	-
18	Sin ES	-	-	-	<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	10	<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	5
19	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-	Sin ES	-	-	-
20	<i>S. tragus</i> <i>C. ciliaris</i>	RFL RFL	100-1000 10-100	20 2	<i>S. tragus</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>C. ciliaris</i>	RFL VEG RFL	100-1000 10-100 10-100	35 4 2	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	1
21	<i>S. tragus</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>M. vulgare</i>	VEG RFL RFL	10-100 1-10 10-100	10 1 5	<i>S. tragus</i> <i>M. vulgare</i> <i>C. ciliaris</i> <i>M. repens</i>	RFL RFL RFL RFL	10-100 1-10 100-1000 10-100	10 1 10 2	Sin ES	-	-	-
22	<i>C. ciliaris</i>	RFL	1000-10000	40	<i>C. ciliaris</i> <i>M. repens</i>	RFL RFL	1000-10000 100-1000	60 10	Sin ES	-	-	-
23	<i>A. semibaccata</i> <i>S. inaequidens</i> <i>C. ciliaris</i>	RFL RFL RFL	10-100 100-1000 10-100	10 15 5	<i>A. semibaccata</i> <i>S. inaequidens</i>	RFL RFL	10-100 100-1000	5 20	<i>A. semibaccata</i> <i>S. inaequidens</i> <i>C. ciliaris</i>	RFR RFL RFL	10-100 100-1000 1000-10000	10 30 40
24	<i>R. communis</i> <i>C. dactylon</i> <i>S. halepense</i>	RFL RFL RFL	1-10 1000-10000 100-1000	1 45 15	<i>R. communis</i> <i>S. adhaerens</i> <i>S. halepense</i>	RFL VEG RFL	1-10 100-1000 100-1000	2 10 15	<i>R. communis</i> <i>S. halepense</i>	RFR RFL	1-10 100-1000	2 12
25	<i>C. dactylon</i> <i>S. halepense</i>	RFL VEG	100-1000 10-100	10 10	Sin ES	-	-	-	<i>H. echioides</i> <i>S. inaequidens</i> <i>S. halepense</i>	VEG RFL RFL	1-10 1-10 10-100	1 1 10
26	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	60	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	60	<i>M. parviflora</i> <i>C. dactylon</i> <i>S. adhaerens</i>	VEG RFL VEG	10-100 1000-10000 100-1000	5 60 10
27	<i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>C. dactylon</i>	VEG VEG RFL	1-10 10-100 100-1000	2 2 10	<i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>S. adhaerens</i>	VEG RFL RFL	1-10 10-100 1000-10000	2 2 20	Sin ES	-	-	-
28	<i>E. vesicaria</i> <i>R. communis</i> <i>C. ciliaris</i> <i>C. dactylon</i>	RFL VEG RFL RFL	1-10 1-10 10-100 100-1000	1 1 2 8	<i>R. communis</i> <i>C. dactylon</i>	VEG RFL	1-10 100-1000	2 20	<i>R. communis</i> <i>C. dactylon</i>	VEG RFL	1-10 100-1000	1 18
29	<i>S. tragus</i> <i>C. ciliaris</i> <i>C. dactylon</i>	VEG RFL RFL	1-10 100-1000 100-1000	2 15 25	<i>S. tragus</i> <i>M. vulgare</i> <i>M. parviflora</i> <i>C. ciliaris</i> <i>C. dactylon</i> <i>N. glauca</i>	VEG VEG RFL RFL RFL VEG	1-10 10-100 1-10 100-1000 1000-10000 1-10	2 4 1 15 70 2	<i>A. semibaccata</i> <i>M. vulgare</i> <i>C. ciliaris</i> <i>C. dactylon</i> <i>N. glauca</i>	RFR RFL RFL RFL VEG	10-100 1-10 100-1000 1000-10000 1-10	8 1 10 30 1
30	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	5	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	15	Sin ES	-	-	-

					<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	10				
					<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	1				
31	Sin ES	-	-	-	<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	10	Sin ES	-	-	-
32	Sin ES	-	-	-	<i>R. rugosum</i>	RFL	1-10	2	<i>H. echioides</i>	VEG	1-10	2
					<i>R. communis</i>	VEG	100-1000	13	<i>R. rugosum</i>	RFL	10-100	5
					<i>L. nepetifolia</i>	VEG	100-1000	13	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1000-10000	50
					<i>M. parviflora</i>	VEG	10-100	2	<i>S. halepense</i>	RFL	10-100	3
					<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	30				
					<i>S. adhaerens</i>	RFL	1000-10000	25				
					<i>S. halepense</i>	RFL	100-1000	40				
33	<i>S. inaequidens</i>	RFL	10-100	5	<i>S. inaequidens</i>	RFL	10-100	8	<i>S. inaequidens</i>	RFL	10-100	8
	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	1	<i>L. nepetifolia</i>	RFR	1-10	1	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	1
					<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	10				
34	<i>M. vulgare</i>	RFL	1-10	1	<i>M. vulgare</i>	RFL	1-10	1	<i>M. vulgare</i>	RFL	10-100	3
					<i>M. parviflora</i>	RFR	100-1000	30	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	60
					<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	5				
35	Sin ES	-	-	-	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	2	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	2
					<i>C. ciliaris</i>	RFL	10-100	1	<i>C. ciliaris</i>	RFL	10-100	1
					<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	2	<i>M. repens</i>	RFL	10-100	1
36	Sin ES	-	-	-	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	10	Sin ES	-	-	-
37	<i>R. communis</i>	VEG	100-1000	15	<i>R. communis</i>	VEG	10-100	10	<i>R. communis</i>	RFR	1-10	2
	<i>M. parviflora</i>	VEG	10-100	5	<i>M. parviflora</i>	RFL	10-100	3	<i>M. parviflora</i>	RFR	10-100	3
	<i>M. repens</i>	RFL	10-100	2	<i>M. repens</i>	RFL	10-100	1	<i>S. adhaerens</i>	VEG	1000-10000	20
					<i>S. adhaerens</i>	RFL	1000-10000	60				
38	<i>M. parviflora</i>	VEG	10-100	5	<i>R. communis</i>	VEG	1-10	1	<i>M. parviflora</i>	VEG	1-10	1
	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	30	<i>C. ciliaris</i>	RFL	1000-10000	40	<i>C. dactylon</i>	VEG	10-100	2
					<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	20				
39	Sin ES	-	-	-	<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	5	Sin ES	-	-	-
40	<i>S. tragus</i>	VEG	10-100	3	<i>C. ciliaris</i>	RFL	10-100	3	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	40
	<i>L. nepetifolia</i>	RFL	1-10	1	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	40	<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	10
	<i>C. ciliaris</i>	RFL	1-10	3	<i>S. adhaerens</i>	RFL	100-1000	10				
	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	10								
41	Sin ES	-	-	-	<i>M. parviflora</i>	RFL	100-1000	10	Sin ES	-	-	-
42	<i>R. communis</i>	RFL	10-100	10	<i>R. communis</i>	RFL	10-100	15	<i>R. communis</i>	RFR	10-100	10
	<i>M. vulgare</i>	RFL	100-1000	20	<i>L. nepetifolia</i>	VEG	1-10	1	<i>M. vulgare</i>	RFR	100-1000	10
	<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	2	<i>M. vulgare</i>	RFL	100-1000	10	<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	5
					<i>C. ciliaris</i>	RFL	100-1000	3				
					<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	1				
43	<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	5	<i>C. dactylon</i>	RFL	100-1000	10	<i>C. dactylon</i>	RFL	1000-10000	15
					<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	5	<i>M. repens</i>	RFL	100-1000	3

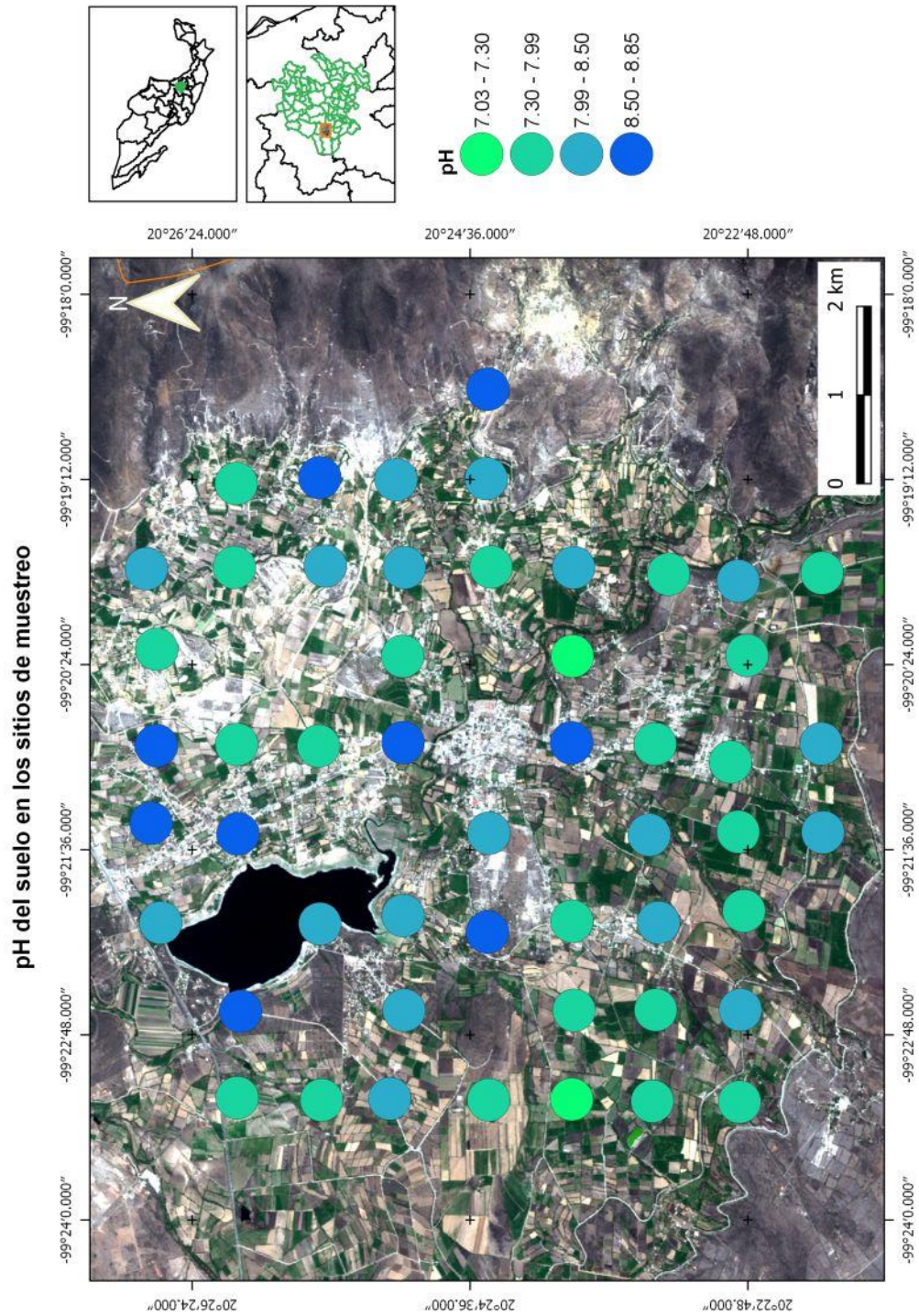
44	<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	1	<i>R. rugosum</i> <i>C. dactylon</i> <i>N. glauca</i>	VEG RFL VEG	1-10 1000-10000 1-10	1 60 1	<i>N. glauca</i>	VEG	1-10	1
45	<i>H. echioides</i> <i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>S. halepense</i>	RFL RFL VEG RFL	10-100 100-1000 1-10 100-1000	10 40 1 20	<i>H. echioides</i> <i>R. communis</i> <i>C. dactylon</i>	RFL RFL RFL	1-10 100-1000 1000-10000	2 25 70	<i>H. echioides</i> <i>R. rugosum</i> <i>R. communis</i> <i>C. dactylon</i>	VEG RFL RFL RFL	100-1000 1-10 100-1000 1000-10000	15 2 25 70
46	<i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>S. adhaerens</i> <i>N. glauca</i>	VEG VEG RFL VEG	1-10 100-1000 1000-10000 1-10	1 10 25 1	<i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>S. adhaerens</i>	VEG RFL RFL	1-10 10-100 1000-10000	1 2 30	<i>R. communis</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>M. parviflora</i> <i>C. dactylon</i> <i>S. adhaerens</i> <i>N. glauca</i>	VEG VEG VEG RFL RFL VEG	100-1000 1-10 100-1000 100-1000 100-1000 1-10	5 1 10 20 10 1
47	<i>S. tragus</i> <i>R. communis</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>A. donax</i> <i>N. glauca</i>	RFL RFL RFL VEG VEG	1-10 100-1000 1000-10000 10-100 1-10	2 25 30 5 1	<i>R. rugosum</i> <i>R. communis</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>A. donax</i> <i>S. adhaerens</i>	RFL RFR RFL VEG RFL	1-10 100-1000 1000-10000 100-1000 100-1000	1 40 40 10 5	<i>S. tragus</i> <i>R. rugosum</i> <i>R. communis</i> <i>L. nepetifolia</i> <i>A. donax</i> <i>N. glauca</i>	RFL RFL RFR RFL VEG VEG	1-10 1-10 100-1000 10-100 100-1000 1-10	1 1 60 5 10 1
48	<i>S. adhaerens</i>	VEG	100-1000	10	<i>A. semibaccata</i> <i>S. adhaerens</i>	RFL RFL	100-1000 1000-10000	3 80	<i>A. semibaccata</i> <i>N. glauca</i>	VEG VEG	1-10 1-10	1 1
49	<i>R. communis</i> <i>S. adhaerens</i>	VEG VEG	1-10 1000-10000	1 20	<i>R. communis</i> <i>M. parviflora</i> <i>S. adhaerens</i>	VEG VEG RFL	1-10 1-10 1000-10000	1 1 80	<i>L. nepetifolia</i> <i>S. adhaerens</i>	RFL VEG	1-10 1000-10000	2 35
50	<i>R. communis</i> <i>N. glauca</i>	RFL RFL	10-100 10-100	10 10	<i>A. semibaccata</i> <i>R. communis</i> <i>C. ciliaris</i> <i>C. dactylon</i> <i>M. repens</i> <i>S. adhaerens</i> <i>N. glauca</i>	RFR RFL RFL RFL RFL RFL RFL	1-10 10-100 100-1000 1000-10000 100-1000 10-100 10-100	2 5 5 5 2 10 3	<i>A. semibaccata</i> <i>R. communis</i> <i>N. glauca</i>	RFR RFR RFR	1-10 1-10 1-10	2 2 5
51	Sin ES	-	-	-	<i>C. ciliaris</i> <i>M. repens</i>	RFL RFL	100-1000 100-1000	5 5	Sin ES	-	-	-

Anexo D. Valores promedio, desviación estándar, máximos, mínimos y número de observaciones para cada especie por variable de suelo analizada.

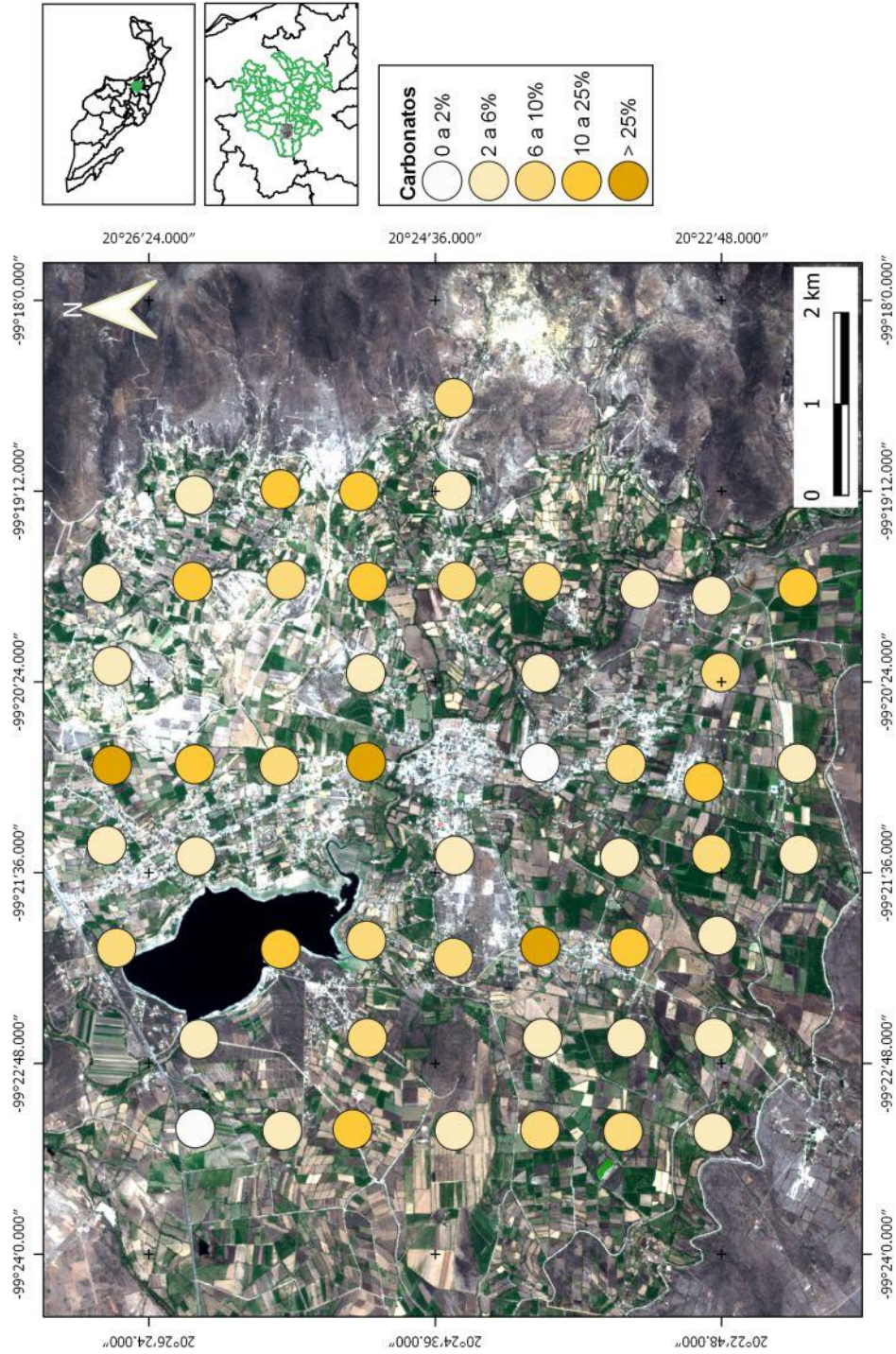
Variable/ Especie	Promedio/ Desviación.estándar	Max	Min	N
pH				
<i>Sorghum halepense</i>	7.75 ± 0.32	8.27	7.12	8
<i>Ricinus communis</i>	7.88 ± 0.33	8.52	7.03	15
<i>Cynodon dactylon</i>	7.94 ± 0.40	8.82	7.03	25
<i>Setaria adhaerens</i>	8.00 ± 0.36	8.53	7.03	17
<i>Atriplex semibaccata</i>	8.09 ± 0.58	8.82	7.03	6
<i>Malva parviflora</i>	8.13 ± 0.30	8.82	7.73	12
<i>Melinis repens</i>	8.13 ± 0.51	8.85	7.03	15
<i>Leonotis nepetifolia</i>	8.14 ± 0.40	8.79	7.48	11
<i>Nicotiana glauca</i>	8.15 ± 0.55	8.84	7.03	9
<i>Cenchrus ciliaris</i>	8.25 ± 0.47	8.85	7.03	19
<i>Marrubium vulgare</i>	8.27 ± 0.44	8.82	7.86	6
<i>Salsola tragus</i>	8.50 ± 0.25	8.82	8.17	8
Materia orgánica (%)				
<i>Salsola tragus</i>	2.09 ± 1.25	4.02	0.3	8
<i>Leonotis nepetifolia</i>	2.70 ± 1.25	4.15	0.3	12
<i>Cenchrus ciliaris</i>	2.76 ± 1.75	5.85	0.33	19
<i>Marrubium vulgare</i>	2.93 ± 1.47	5.37	1.34	6
<i>Nicotiana glauca</i>	3.05 ± 2.56	7.97	0.3	9
<i>Malva parviflora</i>	3.58 ± 1.06	5.27	1.34	12
<i>Melinis repens</i>	3.86 ± 3.08	12.2	0.33	16
<i>Atriplex semibaccata</i>	3.99 ± 2.46	7.97	1.34	6
<i>Ricinus communis</i>	4.08 ± 2.03	9.72	0.3	16
<i>Setaria adhaerens</i>	4.68 ± 2.22	9.72	0.3	17
<i>Cynodon dactylon</i>	4.99 ± 3.39	15	1.12	25
<i>Sorghum halepense</i>	6.15 ± 2.41	9.72	3.52	8

Variable/ Especie	Promedio/ Desviación.estándar	Max	Min	N
Carbonatos (%)				
<i>Sorghum halepense</i>	6.91 ± 6.02	20.1	1.88	8
<i>Leonotis nepetifolia</i>	6.95 ± 5.67	20.1	2.13	12
<i>Melinis repens</i>	7.78 ± 9.31	40.1	1.51	16
<i>Ricinus communis</i>	8.27 ± 5.35	20.1	2.38	16
<i>Cenchrus ciliaris</i>	8.98 ± 9.45	40.1	1.51	19
<i>Cynodon dactylon</i>	9.97 ± 9.88	46.4	1.88	25
<i>Nicotiana glauca</i>	10.06 ± 8.02	26.3	1.51	9
<i>Salsola tragus</i>	10.95 ± 7.59	26.3	2.13	8
<i>Setaria adhaerens</i>	11.76 ± 10.86	46.4	1.88	17
<i>Atriplex semibaccata</i>	12.29 ± 8.85	26.3	2.38	6
<i>Malva parviflora</i>	14.58 ± 12.51	46.4	3.39	12
<i>Marrubium vulgare</i>	15.23 ± 14.77	40.1	2.13	6
Textura				
<i>Sorghum halepense</i>	4.50 ± 3.34	9	1	8
<i>Ricinus communis</i>	6.07 ± 2.81	9	1	16
<i>Setaria adhaerens</i>	6.24 ± 3.15	10	1	17
<i>Cynodon dactylon</i>	6.68 ± 3.05	10	1	25
<i>Melinis repens</i>	7.19 ± 2.95	10	1	16
<i>Cenchrus ciliaris</i>	7.32 ± 2.52	10	5	19
<i>Leonotis nepetifolia</i>	7.36 ± 2.29	10	5	12
<i>Malva parviflora</i>	7.92 ± 2.19	10	5	12
<i>Atriplex semibaccata</i>	8.00 ± 2.37	10	5	6
<i>Marrubium vulgare</i>	8.33 ± 2.58	10	5	6
<i>Nicotiana glauca</i>	8.56 ± 2.07	10	5	9
<i>Salsola tragus</i>	8.63 ± 2.26	10	5	8

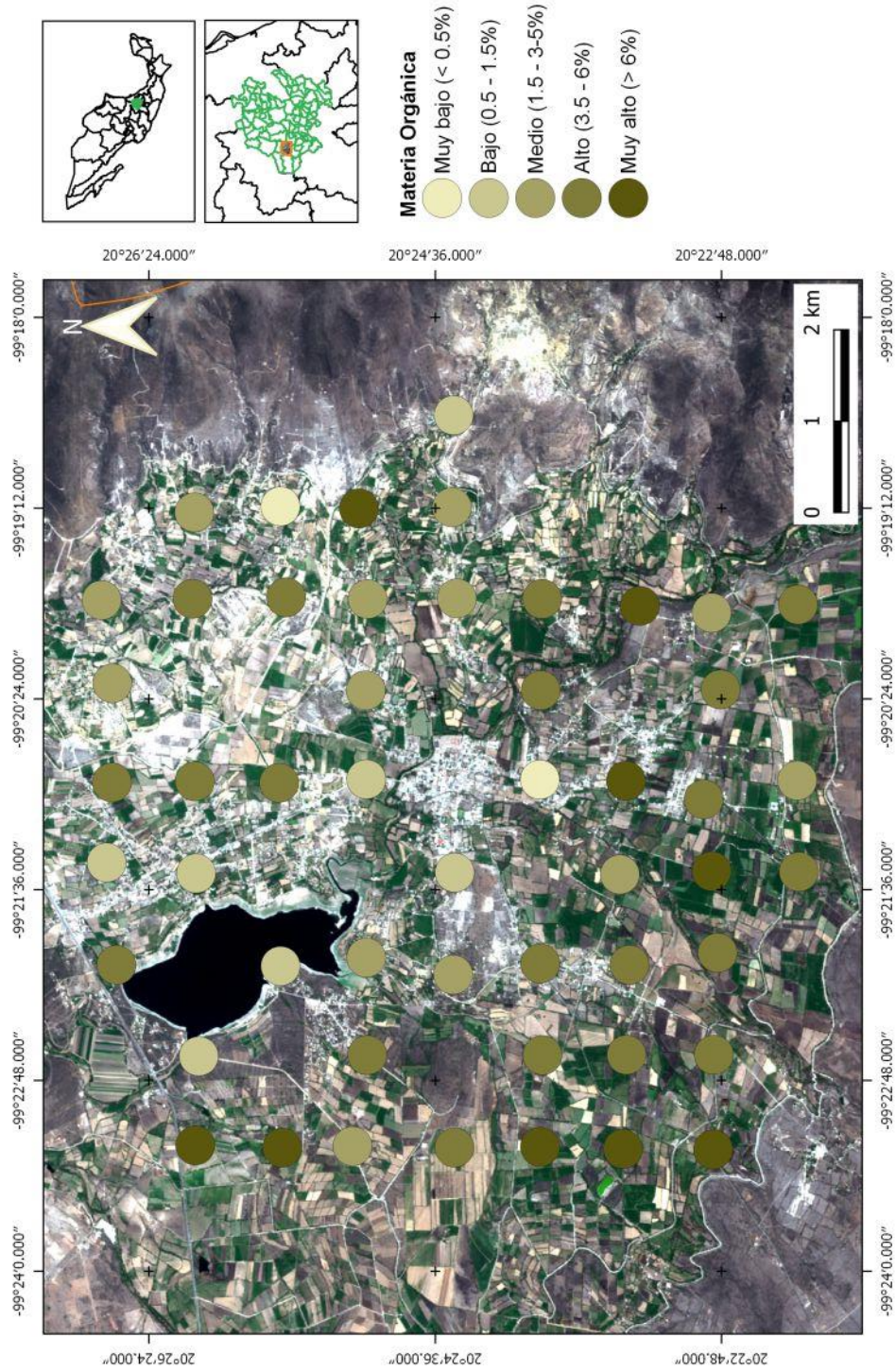
Anexo E. Mapas de las condiciones de suelo (pH, materia orgánica, carbonatos y textura) en los sitios de muestreo.



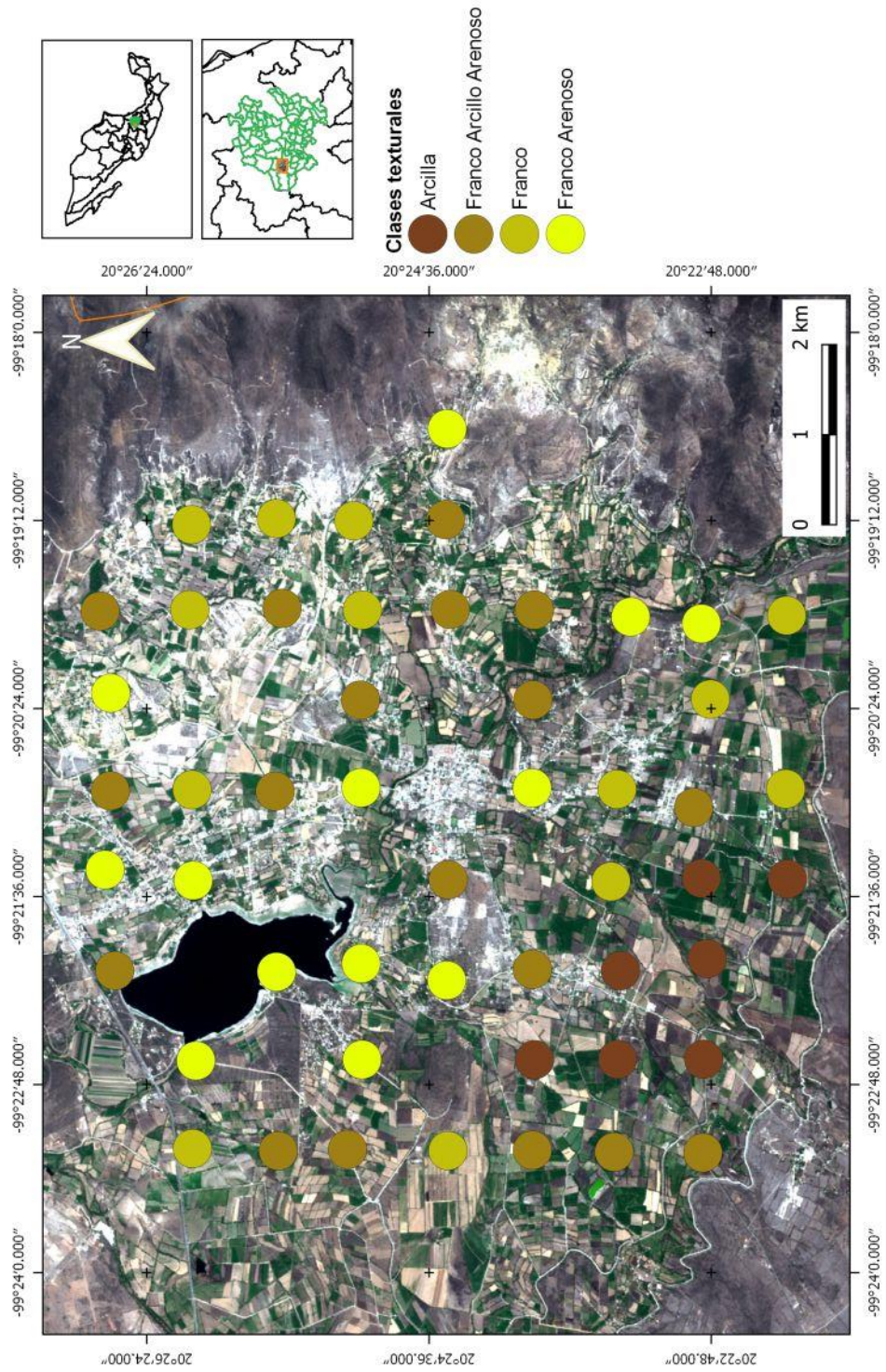
Carbonatos presentes en el suelo en los sitios de muestreo



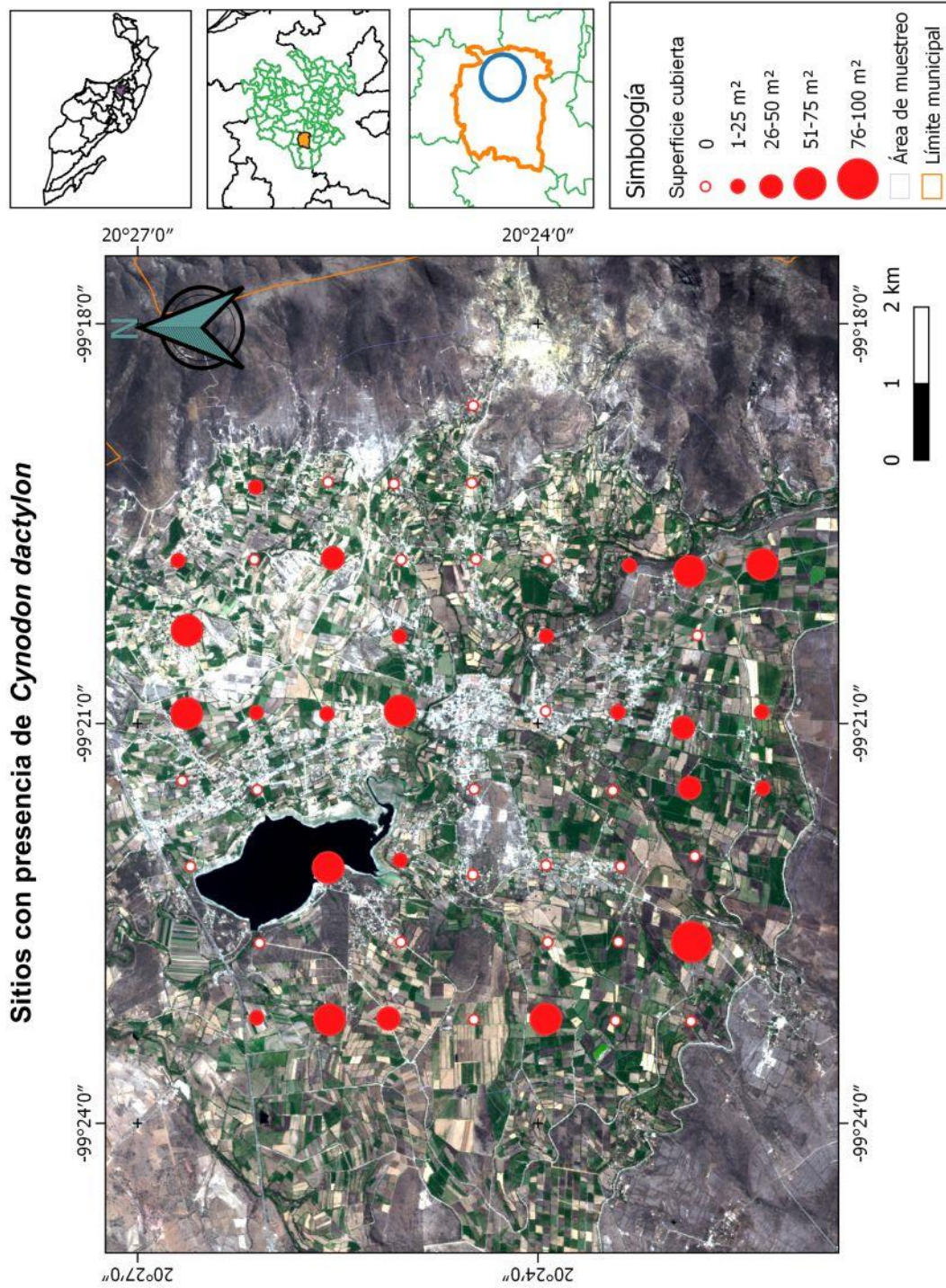
Materia orgánica del suelo en los sitios de muestreo



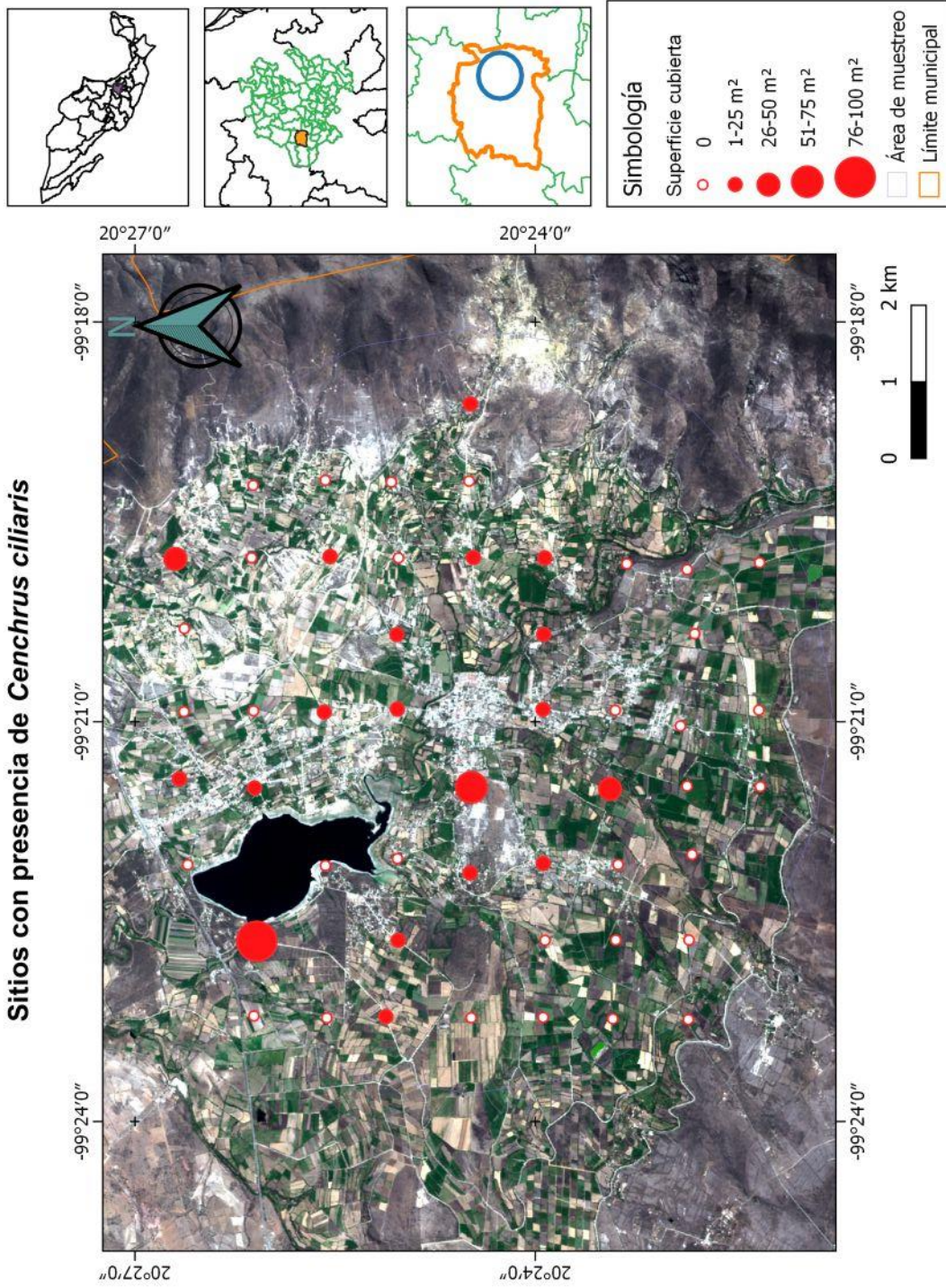
Textura del suelo en los sitios de muestreo

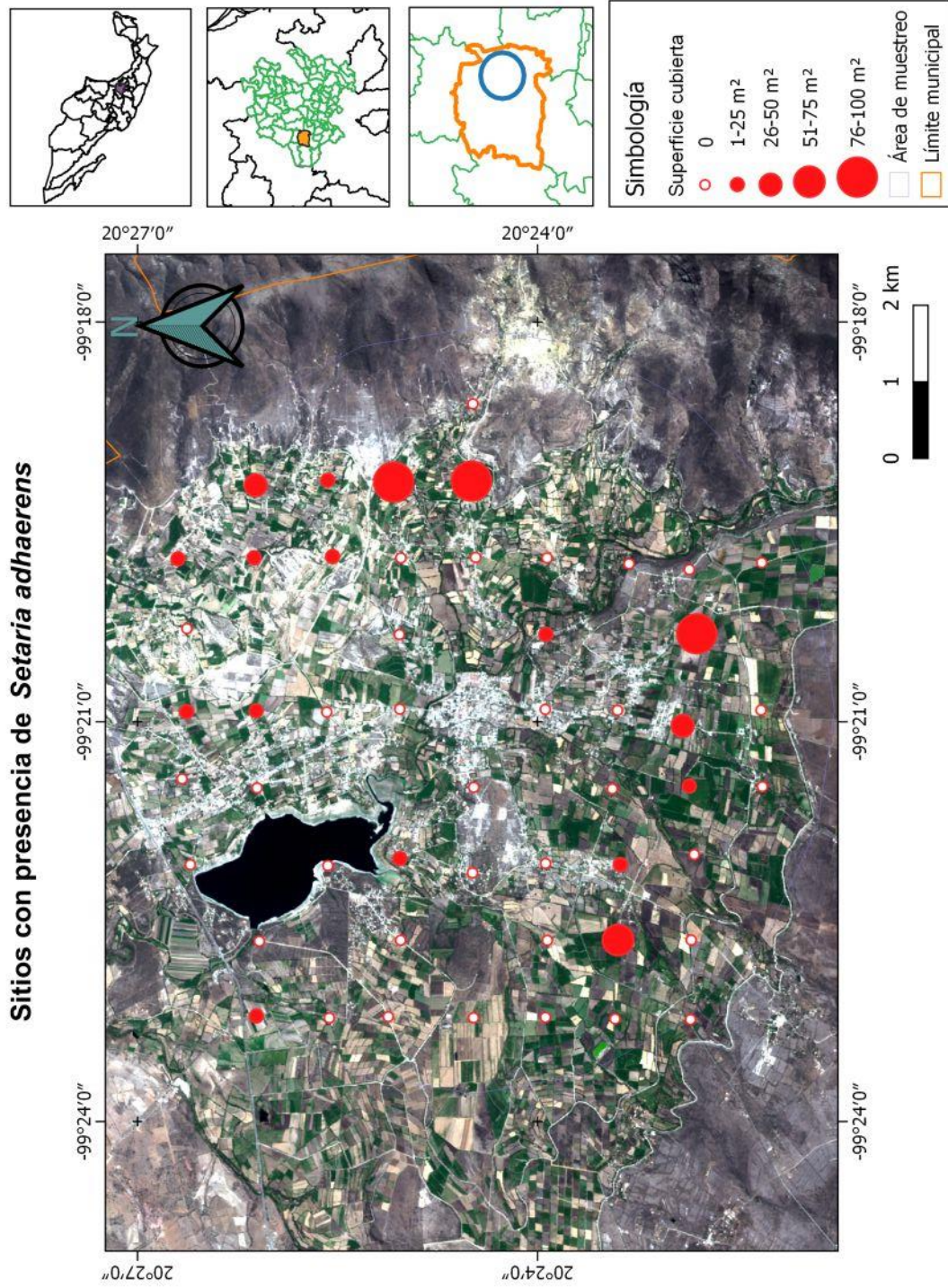


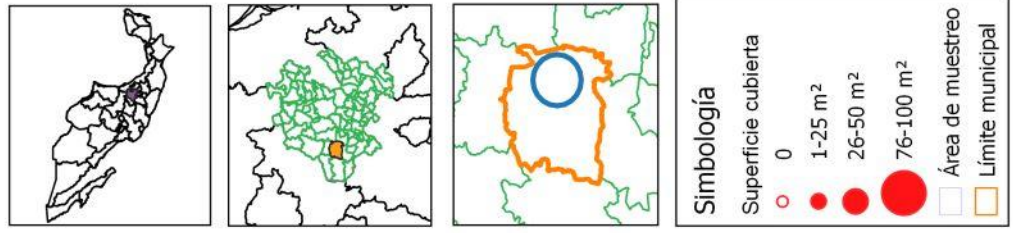
Anexo F. Mapas de superficie máxima ocupada por las especies más abundantes



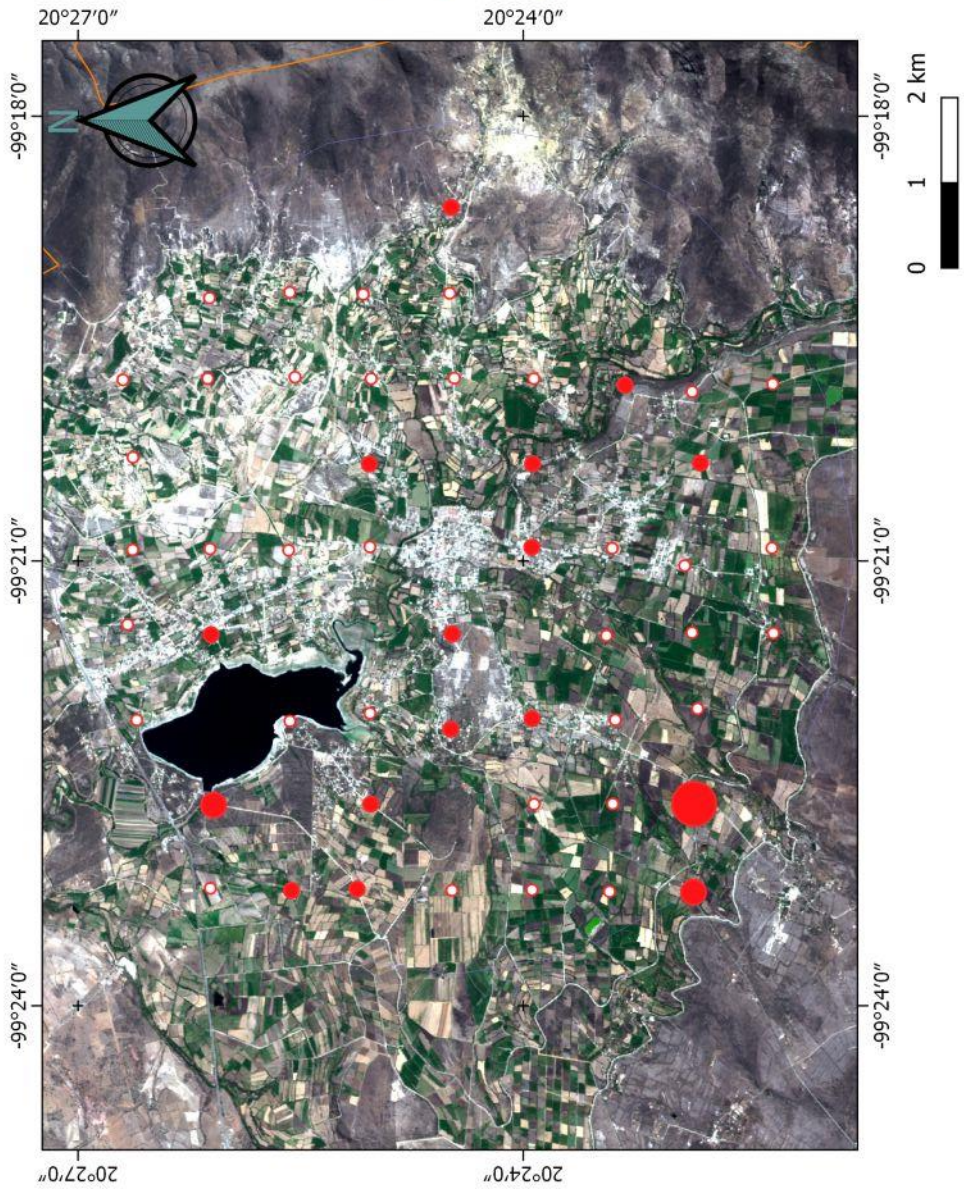
Sitios con presencia de *Cenchrus ciliaris*

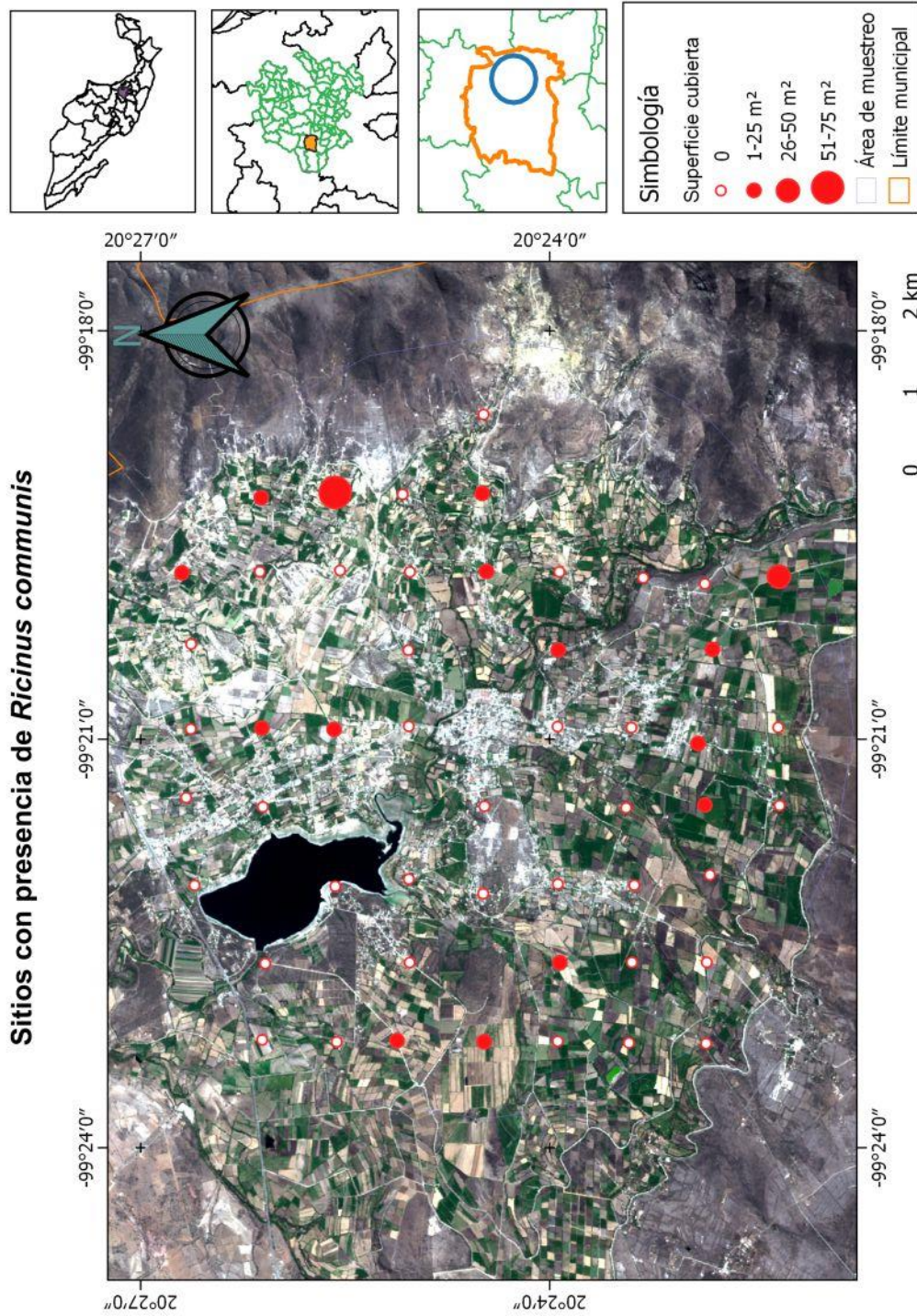


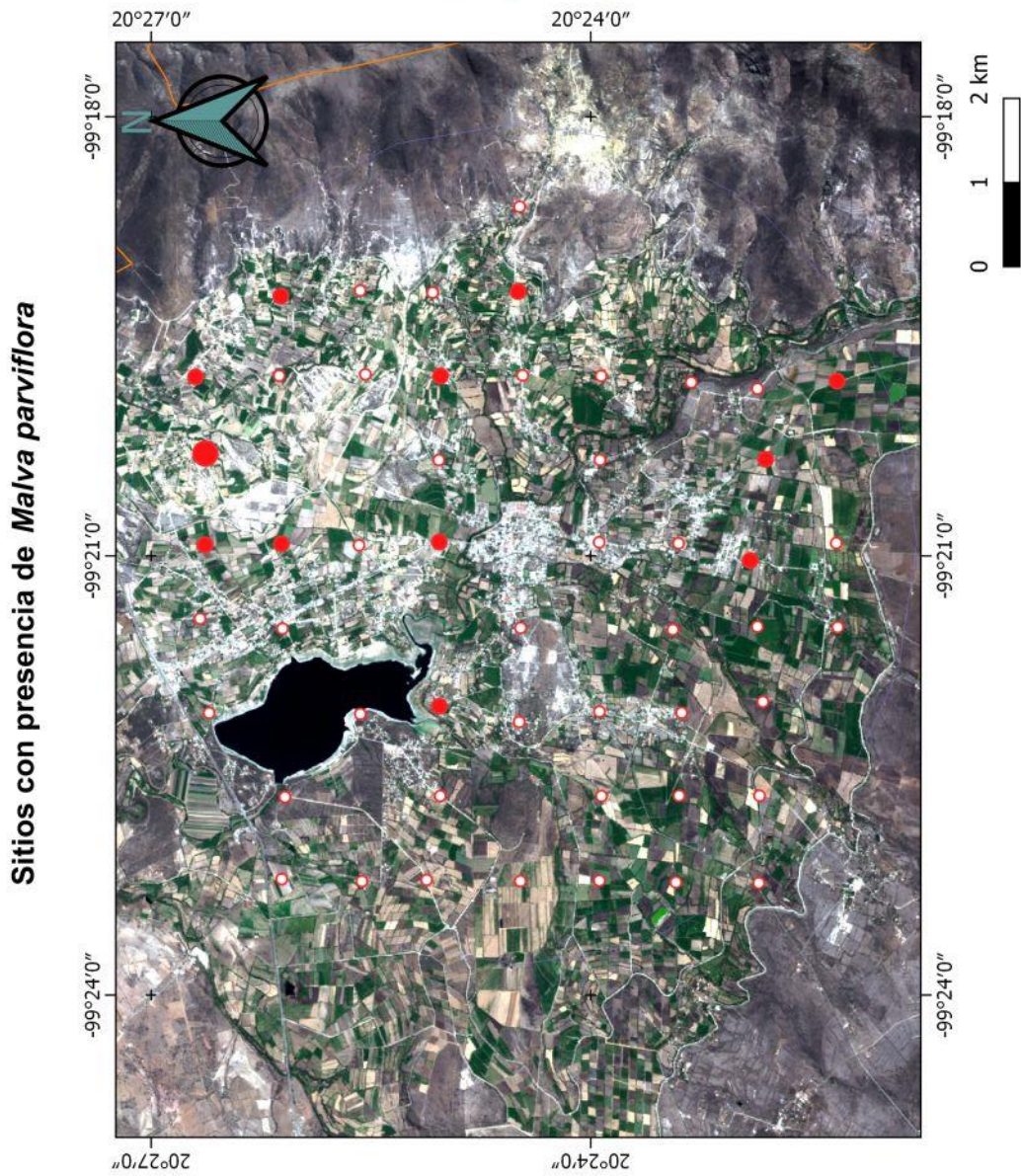
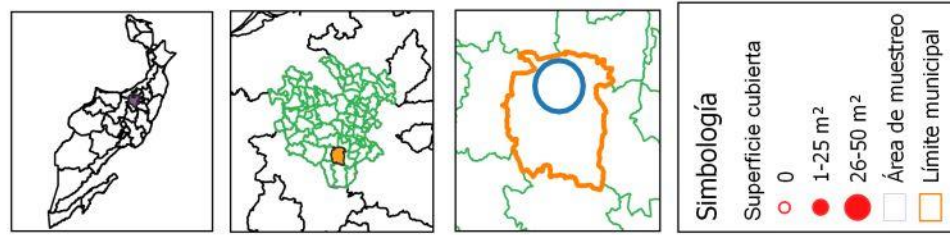


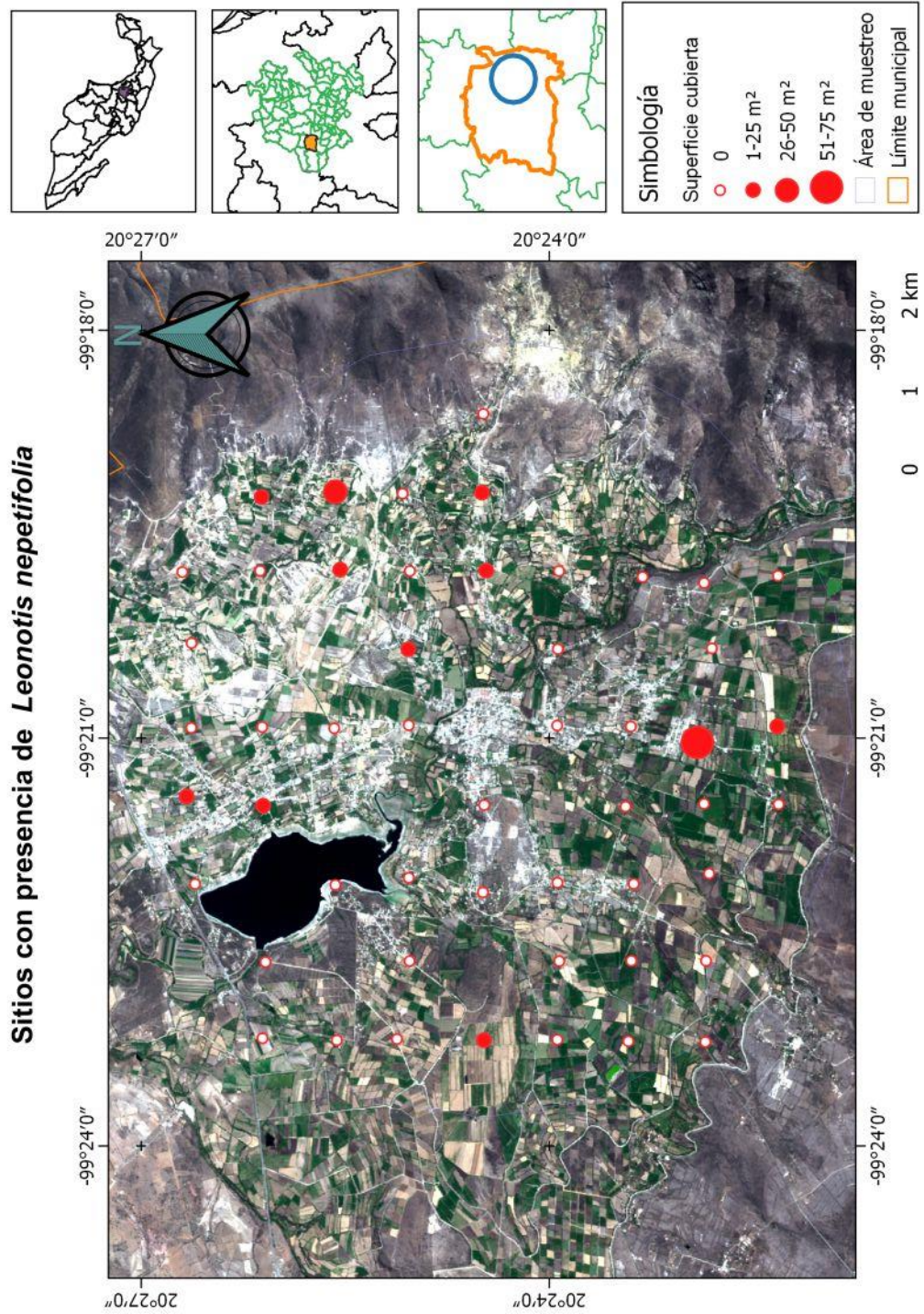


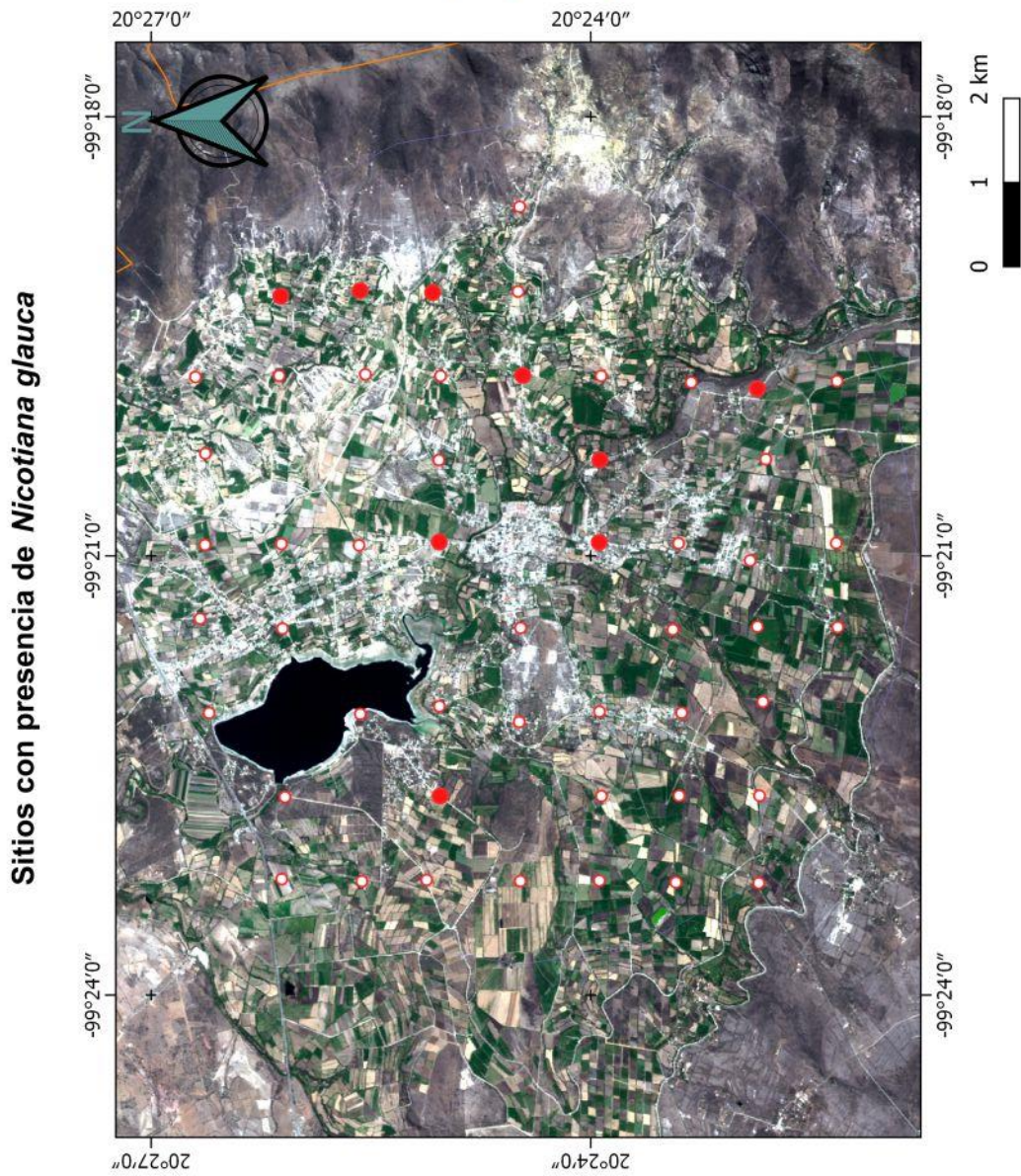
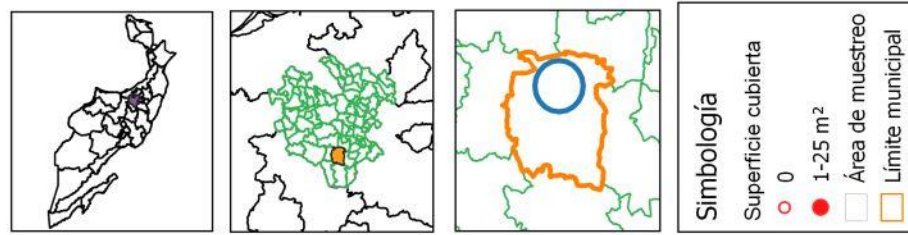
Sitios con presencia de *Melinis repens*

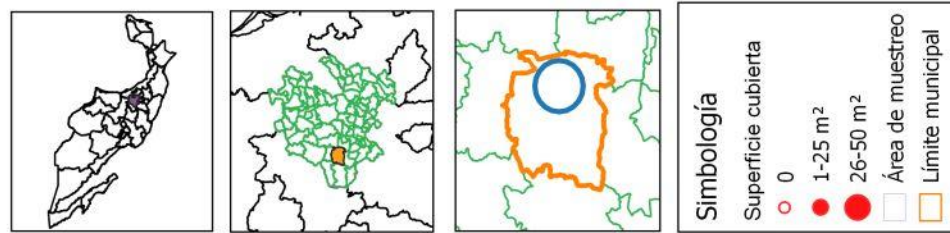




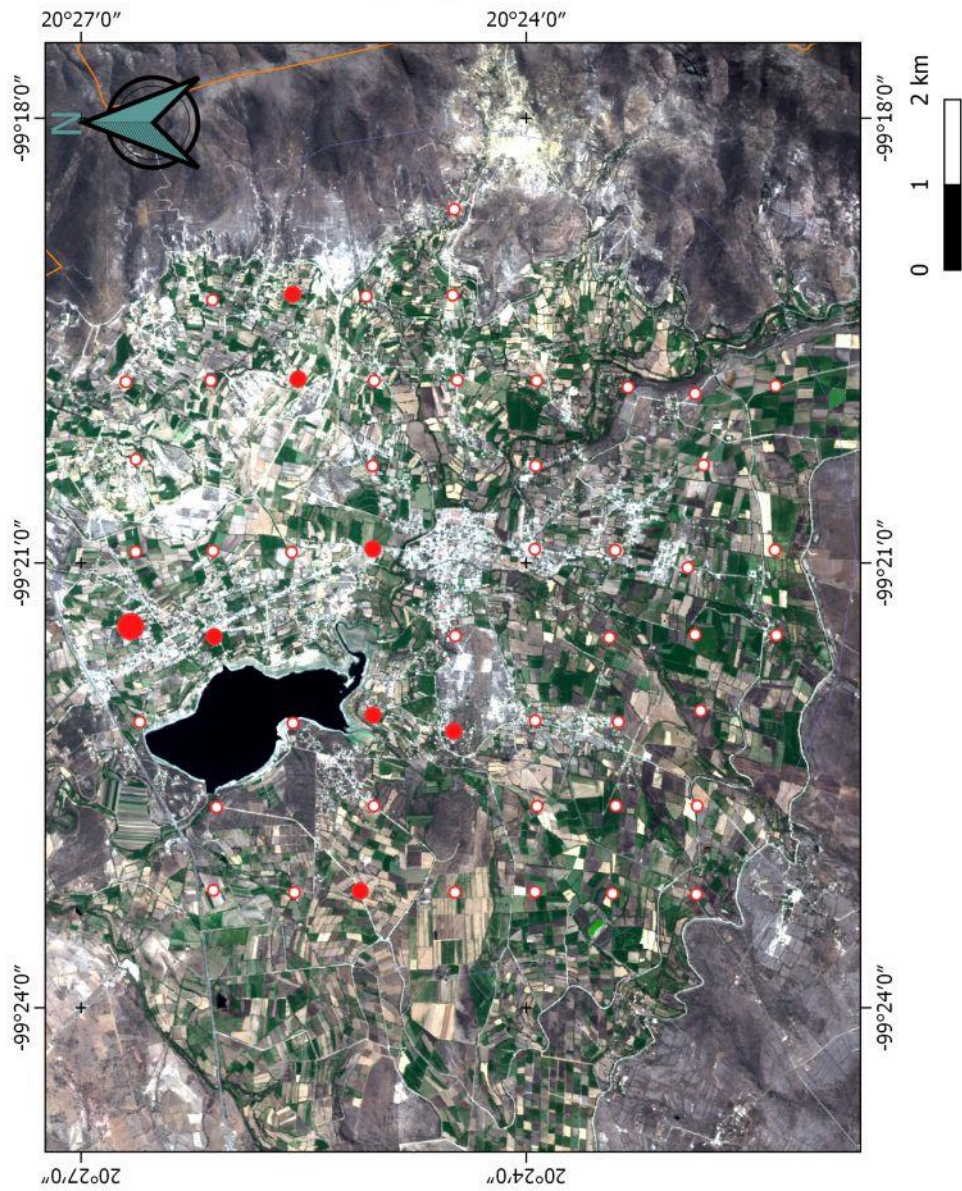


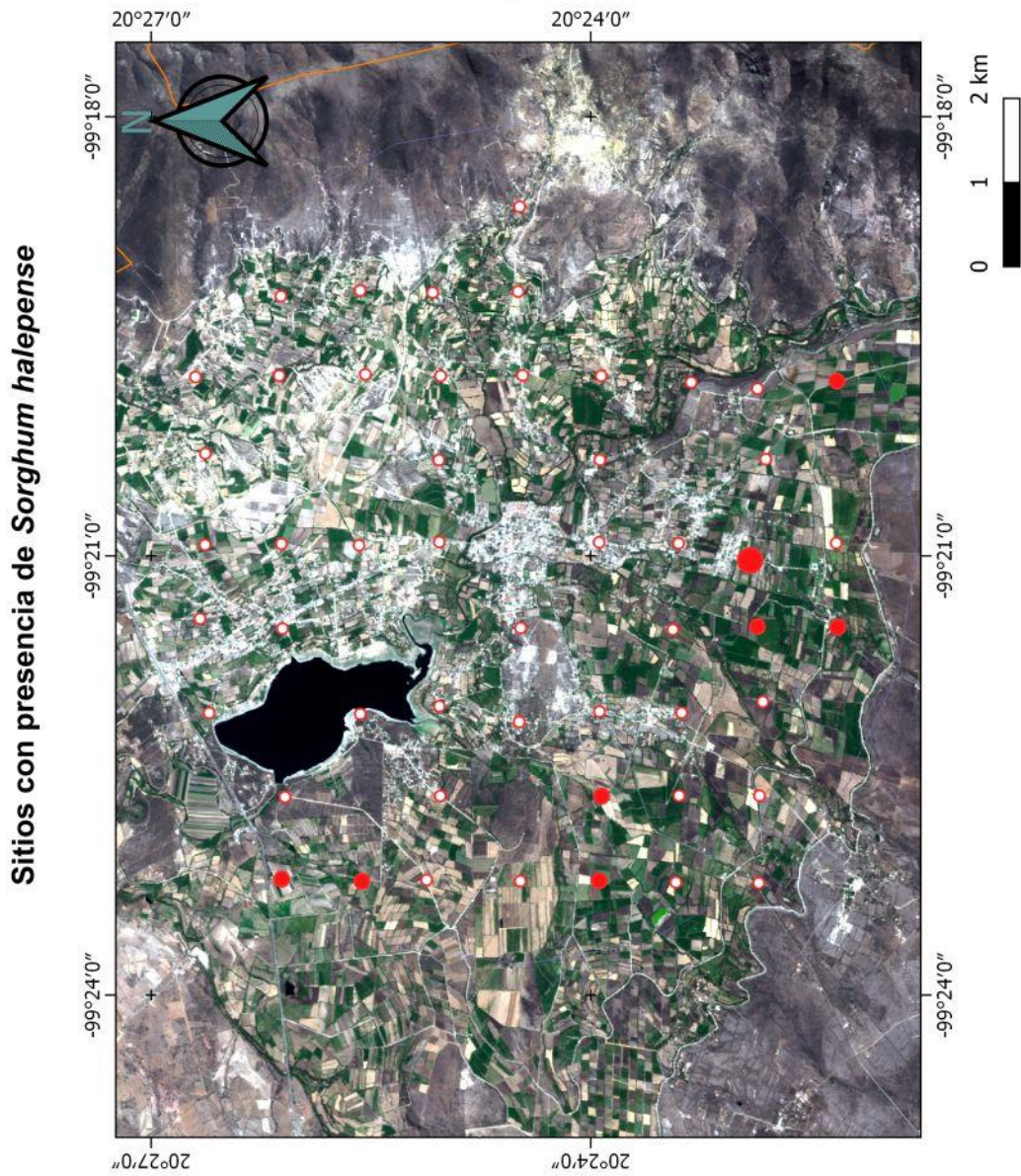
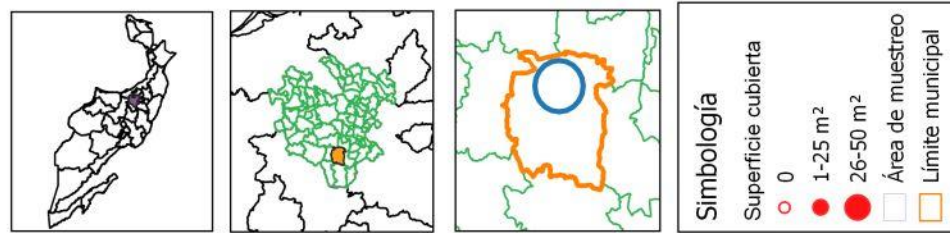


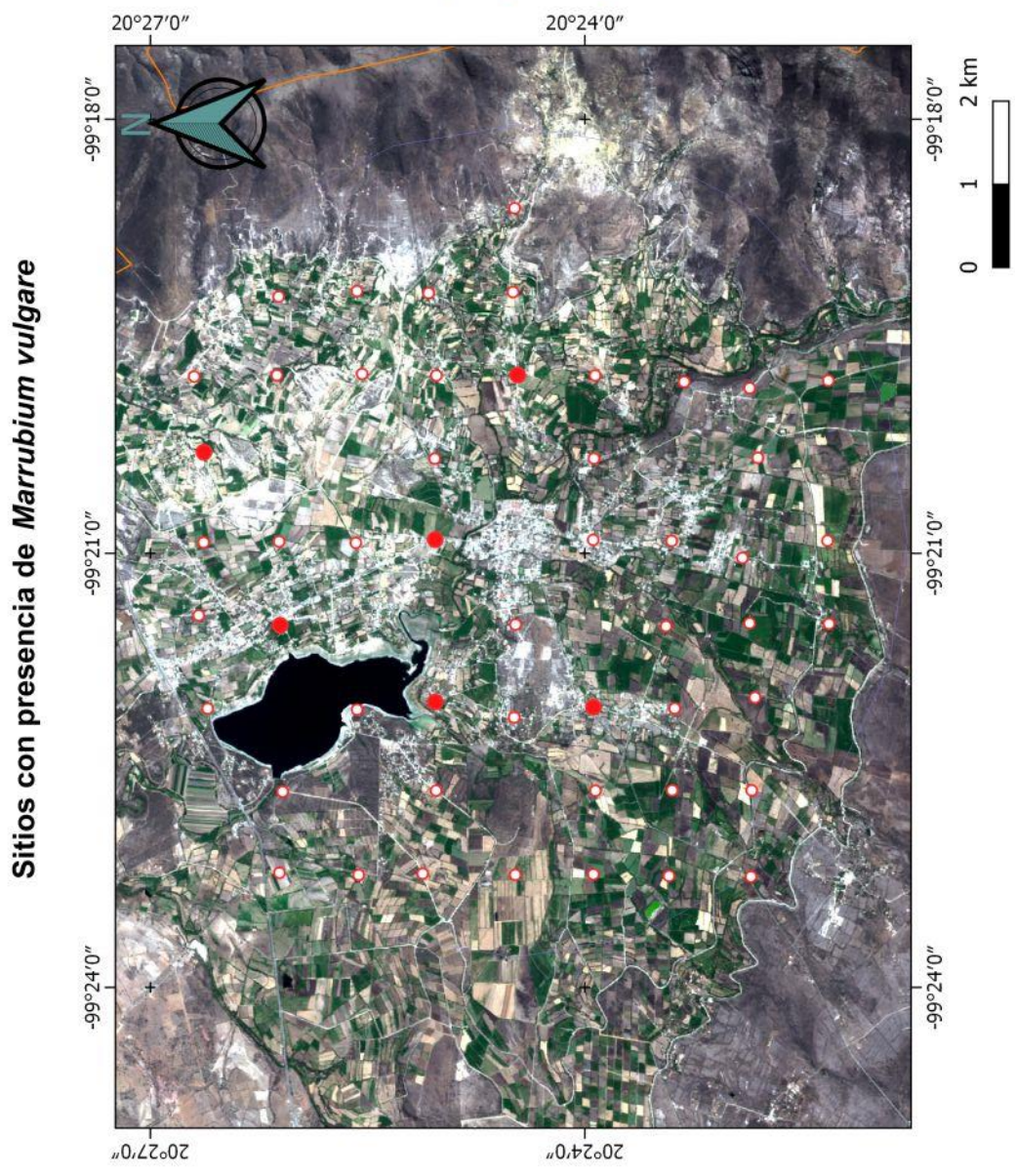
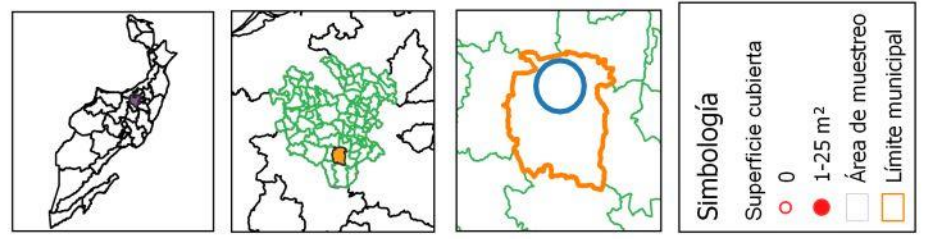




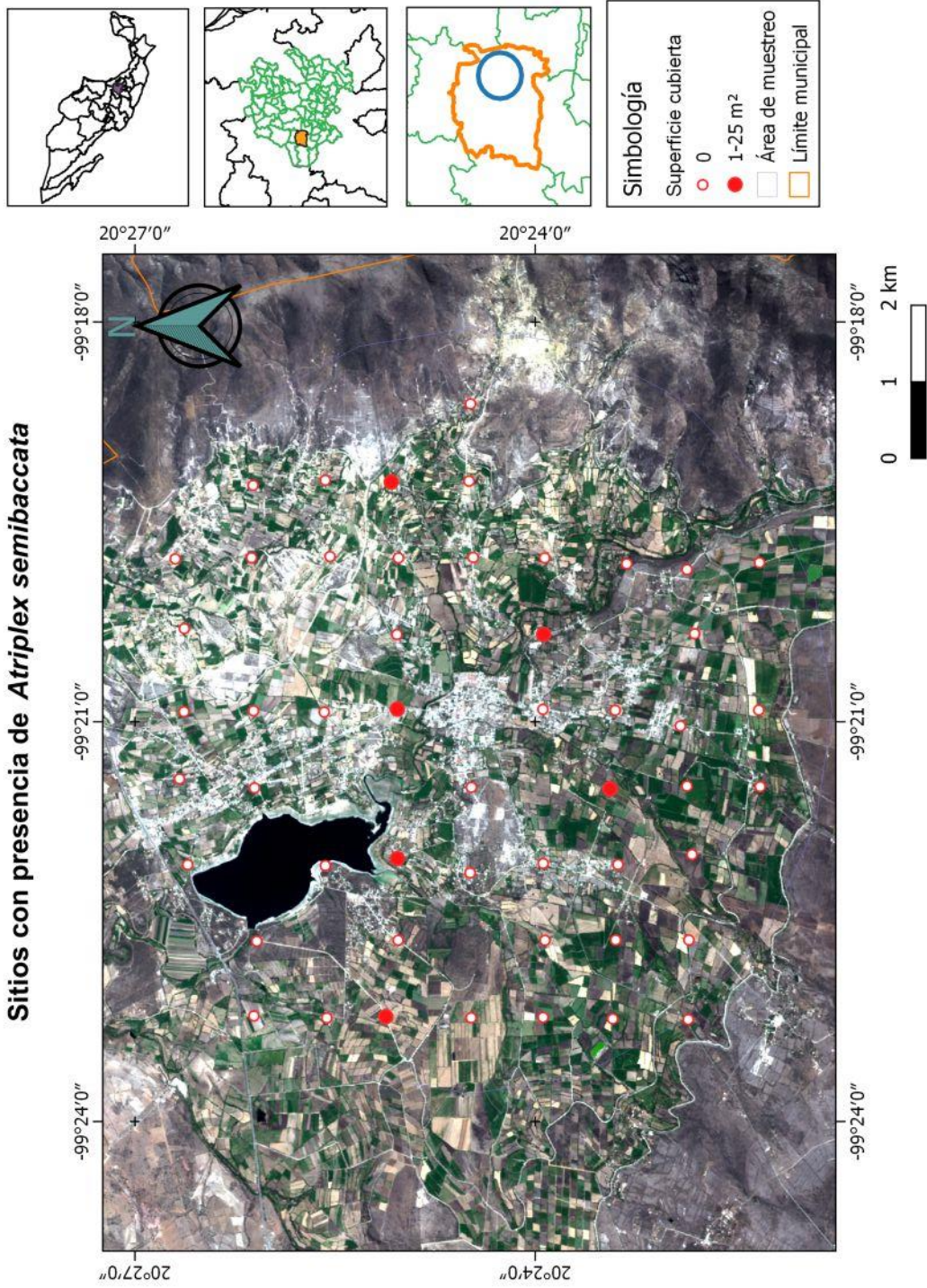
Sitios con presencia de *Salsola tragus*







Sitios con presencia de *Atriplex semibaccata*



Anexo G. Guide for the semi-structured interviews

CONOCIMIENTO LOCAL DE PLANTAS INVASORAS EN EL MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, HIDALGO

Número de entrevista

Fecha

Localidad

Ubicación Geográfica

Información General del Entrevistado

Nombre

Edad

Lugar de origen

Escolaridad

¿Sabe hablar, leer y escribir hñähñu?

¿Sabe leer y escribir español?

Actividad económica principal

¿Se dedica a algunas otras actividades? ¿cuáles?

Información Sobre Plantas Seleccionadas

Nombre científico

1. ¿Conoce la planta?
2. ¿Tiene nombre? ¿Cuál?
3. ¿Dónde la ha visto crecer?
4. ¿En qué época del año se le encuentra más?
5. ¿En qué época presenta flores y/o frutos?
6. ¿Siempre ha estado aquí esta planta o llegó en algún momento?
7. ¿Cuánto tiempo aproximado tiene de que la ha visto aquí?
8. ¿Cómo llegó?
9. ¿La utiliza? ¿De qué forma?
10. ¿Qué parte de la planta usa?
11. ¿Cómo aprendió a usarla de esa manera?
12. ¿La ha utilizado recientemente?
13. ¿Le ocasiona problemas? ¿Cuáles?
14. Si le causa problemas, ¿Ha intentado controlarla o erradicarla, y cómo?
15. ¿Qué tan difícil es su control?
16. ¿Ha visto que sirve o perjudica a algunos animales, como abejas, pájaros, etc.?
17. En general, ¿considera que es más beneficiosa o perjudicial?

Anexo H. Uses of the introduced species

The 18 species for which uses were recorded are listed below, in alphabetical order. The common names of the plants in the region and in Mexico appear in parentheses after the scientific name. Common names in the Hñähñu (Otomí) are in italics.

***Arundo donax* L.** (*Ši-thi*, carrizo, carrizo gigante). The stems are used for the construction of fences, corrals, roofs, huts, doors and cages. The stems and leaves are used to decorate altars during festivals, as well as to cover chili seedlings. It is also used to make handicrafts.

***Asphodelus fistulosus* L.** (Cebollita). Garden ornamental.

***Atriplex semibaccata* R. Br.** (Alfombra, yerbabuena cimarrona). Fodder.

***Cenchrus ciliaris* L.** (Pasto, pasto pradera, pasto de monte, Zacate buffel). Fodder.

***Convolvulus arvensis* L.** (Correhuela). Fodder.

***Cynodon dactylon* (L.) Pers.** (Pasto de escoba, pasto guiadero, pasto aullador, pasto cañudo, zacate bermuda, zacate gramma, pata de gallo). Fodder.

***Eruca vesicaria* (L.) Cav.** (Quelite de huilo, hierba de huilo, arugula). Human food: leaves and stems are consumed as a green vegetable (quelite). Animal food: the leaves are boiled, mixed with ground corn or nixtamalized masa, and fed to baby turkeys.

***Helminthotheca echioides* L.** (Diente de león, pegajosa, ortiga, hierba espinuda, abrojo). Fodder.

***Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet & H. Perrier) A. Berger** (Hierba de la víbora, araña, campanita, la chismosa). Medicinal: for insect bites, the leaves are crushed and placed on the affected area to relieve pain and itching. To prevent bleeding, boil the leaves and drink as tea. Garden ornamental.

***Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br.** (Castillo, trueno, chupona, vara de San José, bola africana del rey). Medicinal: to calm hemorrhages, boil one or two balls with flowers and drink it as tea. For prostate problems, boil a ball with flowers along with sangregado root (*Jatropha dioica*) and drink it as tea. For cirrhosis, boil the leaves and flowers and drink as tea. To help with the birth of animals, boil two balls with flowers and have them drink it. Ornamental: the stem with the dried inflorescences is used for Christmas decoration and as an ornament in vases. Fodder. Other uses: The stems are used for firework rockets.

***Malva parviflora* L.** (*Ši-kũ-ni*, malva, quesito). It is prepared as green vegetable (quelite), and given as fodder to animals. Medicinal: The leaves (sometimes together with the root) are boiled for a tea to relieve stomach ailments such as constipation, diarrhea, indigestion, inflammation and gastritis. For illnesses of the urinary tract and kidney problems, the roots are boiled together with lentejilla (*Lepidium virginicum*) or tomato leaves and cornhusks, and taken as tea. A tea is reported to lower fever, reduce symptoms of food poisoning and as a contraceptive.

***Marrubium vulgare* L.** (Manrrubio o manrubio). Medicinal: different parts of the plant (leaves, stems, flowers, roots) are used separately, and others combined (with plants such as chamomile). A tea of leaves and flowers is used to treat various gastrointestinal ailments such as stomach ache, diarrhea, vomiting, stomach inflammation, indigestion, and excessive bile. Also, the tea calms coughs (accompanied with peppermint). It is consumed on an empty stomach as an aid for weight loss, and a tea of the roots for headache. To calm nerves, it is used together with lemon, grapefruit, aloe, xoconoxtle (a sour *Opuntia* fruit), rue and pirú (*Schinus molle*) and is consumed as a milk mix. It is used to help with wound healing: the wound is washed with manrrubio tea. It is also useful for diabetics, as tea along with *simonillo*. Washing with manrubio tea reduces hair loss. For animal diseases, such as green diarrhea of chickens and flu, the

leaves are crushed and given as food. Others: pulque pots are washed with the stems and leaves of this plant.

***Nicotiana glauca* Graham** (Tabaco, tabaquillo, gigante). Fuel: Stems are used as firewood. Construction: To make fences, huts, corrals and to support roofs. Medicinal: For insect bites, the leaves are ground and placed on the affected area. For headache and fever, the cuticle (epidermis) is removed from the leaves, and the leaves are placed on the temples. For toothache, butter the leaf and place it on the cheek; you can also boil the leaves and rinse with the water. For earache, the leaves are ground and placed in the ear. For stomach ache and wounds, the cuticle is removed from the leaves and placed on the stomach or the wounds. For sore feet, the leaves are cut and put into the shoes. For animal diseases such as green diarrhea and influenza in chickens, the leaves are chopped and stirred with the water they consume. Additionally, it is used in ritual cleanings (*limpias*). It is also occasionally used as fodder, although it is slightly toxic.

***Rapistrum rugosum* (L.) All.** (Simonillo, mostacilla). Forage. It is also burned in ritual cleanings (*limpias*).

***Ricinus communis* L.** (Higuerilla, sombrilla, paraguas). Fuel: Stems are used as firewood. Medicinal: To lower fever and soothe headache, the leaves are crushed, smeared with vegetable lard and placed on the body. For stomach inflammation, the leaves are crushed and placed in the stomach along with oil, carbonate and tomato (*Solanum lycopersicum*). For kidney problems, the leaves are heated in a pot and then placed on the stomach. Other uses: the leaves are used as improvised hats to protect from the sun.

***Setaria adhaerens* (Forssk.) Chiov.** (Pasto pegajoso, pega ropa, pica chivo, pasto espinudo, cola de zorra). Fodder when tender.

***Sorghum halepense* (L.) Pers.** (Pasto Johnson, pasto extranjero, pasto americano, pasto inglés, pasto forrajero, zacate Johnson). Fodder.