



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Facultad de Ciencias Forestales

Maestría en Restauración Ecológica



Evaluación de éxito de un proyecto de restauración en sistema pastoril silvícola en
Villagrán, Tamaulipas.

Trabajo Final de Maestría

Ing. Patricia Saraí Soto Borrego

Linares, Nuevo León.

Julio de 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Facultad de Ciencias Forestales
Maestría en Restauración Ecológica



Evaluación de éxito de un proyecto de restauración en sistema pastoril - silvícola
en Villagrán, Tamaulipas.

Como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

Presenta:

PATRICIA SARAÍ SOTO BORREGO

Dr. José Isidro Uvalle Sauced
Director de Trabajo Final

Dr. Mauricio Cotera Correa
Co - Asesor de Trabajo Final

Dr. Víctor M. Molina Guerra
Co - Asesor de Trabajo Final

Dr. Horacio Villalón Mendoza
Co - Asesor de Trabajo Final

Linares, Nuevo León.

Julio de 2021

Por este conducto declaro bajo protesta que este trabajo ha sido desarrollado personalmente con el apoyo del Comité de Titulación. Toda la información utilizada para este estudio ha sido citada debidamente.



Patricia Saraí Soto Borrego
Julio 2021, Linares, Nuevo León.

Dedicatoria

A Dios, que permanece conmigo, quién me consuela y vela por mí, quién guía mis pasos, me llena de gratitud, dicha, paz, amor y especialmente salud.

Dedicada a mi familia, mis papás Juan Manuel Soto Ramos y María Leonor Borrego Aguirre y a mi hermano Juan Manuel Soto Borrego, que siempre me dan buenos consejos, me dan la fuerza de seguir adelante, quienes me aguantan y aceptan como soy y también me hacen reconocer mis errores, quienes me sostienen en cada caída, gracias infinitas por su amor, los amo, mis cuatro fantásticos.

A Emanuel Reyes, por apoyarme en todo momento, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Te amo.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Forestales, por recibirme desde siempre con los brazos abiertos y hacerme sentir dentro de ella. Afortunada me siento de poder compartir tiempo con los maestros y maestras que con sus experiencias y conocimiento pude desarrollarme aquí y darme las herramientas para formarme como profesional. Al Dr. José Isidro Uvalle Saucedo, director de mi tesis, por su confianza y aportación a este momento culminante de mi formación. A mi comité de tesis, el Dr. Horacio Villalón Mendoza, Dr. Mauricio Cotera Correa y Dr. Víctor Manuel Molina Guerra por su aportación y consejos para mejorar este trabajo.

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

A la UMA Agroganadería San Salvador por darme la oportunidad y las facilidades de realizar el estudio de caso, analizando el éxito de la utilización de la técnica del rodillo aereador en un sistema silvopastoril.

A la Dra. Marisela Pando Moreno, por su gran entusiasmo y la confianza que depositó en mí desde que inicié mis estudios en el Programa de Maestría. Le agradezco cada uno de sus consejos, que fueron parteaguas importante en las decisiones que tomé durante mi estancia en la Facultad, así como su amistad. Gracias por apoyarme siempre.

A mis papás Juan Manuel y María Leonor, gracias por siempre apoyarme en cada locura, cada decisión, por nunca dejarme sola cuando me veían desanimada y junto con mi hermano Manuel, gracias por ser el mejor equipo del mundo, estoy feliz de tenerlos, cerca y por siempre. Y ahora sí, como dice nuestro buen amigo: ¡Eso fue to'!

A Emanuel Reyes, mi best partner in crime desde hace 8 años, por crecer juntos y saber superar los obstáculos que la vida nos presenta, por ser mi soporte cuando más decaída he estado, por no dejarme sola y saber cuándo es el mejor momento para sacarme una sonrisa, *whenever you go, i'll be with u.*

A mi mitad, a mi hermana tica, Gaby Chaves, gracias por siempre apoyarme, por

acompañarme en las madrugadas, por los conciertos y las risas, por hacerme sobrellevar mejor esta pandemia y por confirmar que somos mejores amigas estando en países diferentes, “*aunque estemos lejos, nos sentimos cerca*” pronto te veré, es promesa.

A mis cómplices, *Claudia* y *Zacarías*, gracias por su amistad, por ser mis tutores y psicólogos cuando me daban crisis a las 3 am. Por las risas, las aventuras y las decisiones precipitadas, ¡Gracias!

Índice

Resumen	10
Summary	12
1. Introducción	14
2. Justificación del proyecto	16
3. Objetivo General	17
4. Objetivos específicos	17
5. Análisis de los sistemas agroforestales	18
5.1 Sistemas Agroforestales	18
5.1.1 Los sistemas agroforestales en México y en el mundo	22
5.1.2 Los sistemas agroforestales en el noreste de México	26
5.2 Rodillo Aereador	28
5.2.1 Trabajos previos en la utilización del rodillo aereador	30
6. Evaluación de diversidad de una comunidad vegetal en el Matorral Espinoso Tamaulipeco en un sistema pastoril-silvícola con manejo del rodillo aereador	33
6.1 Área de estudio	34
6.2 Medio abiótico	35
6.3 Medio biótico	36
6.4 Materiales y métodos	37
6.4.1 Análisis de vegetación	37
6.4.2 Análisis de la información	38
6.5 Resultados	41
6..6 Discusión	47
7. Conclusiones	48
8. Bibliografía	50

Lista de tablas y figuras

Lista de tablas		
Tabla	Descripción	Página
1	Porcentajes aproximados de tipos de suelo, geología y degradación del mismo. Tomado de Gobierno del estado de Tamaulipas (2019).	35
2	Tipos de vegetación con su porcentaje y cantidad de hectáreas medidas. Tomado de Gobierno del estado de Tamaulipas (2019).	37
3	Listado florístico (ordenado alfabéticamente de acuerdo al nombre científico) de la vegetación del estrato medio del área de estudio.	42
4	Indicadores ecológicos de la vegetación del estrato medio del área de estudio. Abreviaturas: Ar (Abundancia relativa), AB (Área Basal), Dr (Dominancia relativa), Fr (Frecuencia relativa), Vol (Volumen).	43
5	Listado de herbáceas y malezas de la vegetación del estrato medio del área de estudio.	44
6	Especies encontradas en el estrato bajo, con datos de abundancia, dominancia y frecuencia, para obtener IVI.	45
7	Resultados de biomasa disponible y capacidad de carga en área de Matorral Espinoso Tamaulipeco, en zona con tratamiento de rodillo aereador (en la UMA Agroganadería San Salvador).	46

Lista de figuras

Figura	Descripción	Página
1	Ejemplar de la maquinaria del Rodillo Aereador, de dos cilindros (tipo Tándem), con cuchillas de 20 cm de diámetro que logran formar canaletas de 15 a 25 cm de profundidad en el suelo.	29
2	Mapa georreferenciado del área de estudio, UMA Agroganadería San Salvador, Tamaulipas. Se muestran los 20 sitios evaluados en su composición, diversidad, indicadores ecológicos y biomasa disponible.	34
3	Curva de acumulación de especies en estrato medio, observando que aún no se establece un límite.	44
4	Curva de acumulación de especies en estrato bajo, observando que aún no se establece un límite.	46

Resumen

En el noreste de México los sistemas pastoril-silvícolas son poco utilizados y estudiados, sin embargo, la implementación de estos como estrategia restauración ecológica, puede contribuir a la recuperación de los ecosistemas equilibrando las actividades humanas en la extracción de recursos naturales y los servicios ambientales que los ecosistemas ofrecen. Estos sistemas se entienden como áreas de producción ganadera que integran el uso de especies leñosas silvestres. El objetivo de este trabajo es el analizar los beneficios de la aplicación de sistemas agroforestales en México a través de la revisión de bibliografía especializada y de realizar una evaluación la estructura y diversidad de especies arbustivas, herbáceas y pastos, en estratos medio y bajo en un área pastoril silvícola con tratamiento de rodillo aereador, en la UMA Agroganadería San Salvador, en el municipio de Villagrán, Tamaulipas. Se establecieron 20 sitios de muestro de 50 m² (10×5 m) distribuidos aleatoriamente, tanto en estrato medio, como bajo, se midió la altura total (h), diámetro basal (d_{0.10m}) y cobertura de copa (de norte a sur y este a oeste). Los parámetros ecológicos analizados fueron de abundancia (A_r), dominancia (D_r), frecuencia (F_r) e índice de valor de importancia (IVI), además de realizar estimaciones de índices de Shannon (H') y Margalef (D_a). En el estrato medio, se registraron 16 familias, 28 géneros y 31 especies. La familia con mayor número de especies (8) fue Fabaceae. Las especies con mayores valores de Índice de Valor de Importancia (IVI) fueron *Eysenhardtia texana*, *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri*, especies típicas de comunidades vegetales del matorral espinoso tamaulipeco en actividades ganaderas. En el estrato bajo, se registraron 3 familias, 3 géneros y 3 especies. Siendo *Pennisetum ciliare*, la especie encontrada mayormente en el área y con los valores más altos del IVI. Los resultados de diversidad alfa para índices de diversidad de Shannon y Margalef para el estrato medio fueron de 2.817 y 5.457, respectivamente. Para el estrato bajo, los resultados de Shannon y Margalef fueron de 0.498 y 0.545 respectivamente. Para evaluar la biomasa disponible de cada sitio, se establecieron sitios de 1 m² (1×1 m) en cuadrantes norte y sur. Para el estrato medio (EM), se realizó el método Adelaide midiendo repeticiones y especies encontradas en cada sitio. En el estrato bajo, se utilizó el método corte total, es decir

después de la toma de datos, se cortó toda la biomasa localizada en la parcela proveniente de las herbáceas y las gramíneas, secándola posteriormente para estimar la biomasa seca. Se secaron las muestras en una estufa de aire forzado hasta obtener su peso constante. Se registró un total de biomasa seca disponible de 192.08 kg.ha⁻¹ en el estrato medio y 87.75 kg.ha⁻¹ para el estrato bajo, siendo 279.83 kg.ha⁻¹ la biomasa total registrada. La capacidad de carga animal del área de estudio es de 24.34 animales en las 100 hectáreas, considerado el peso de la unidad animal, se necesitan 3.41 ha, para soportar una UA en un año sin deteriorar al hábitat.

Summary

In northeastern Mexico, pastoral-silvicultural systems are little used and studied; however, the implementation of these systems as an ecological restoration strategy can contribute to the recovery of ecosystems by balancing human activities in the extraction of natural resources and the environmental services that ecosystems offer. These systems are understood as livestock production areas that integrate the use of wild woody species. The objective of this work is to analyze the benefits of the application of agroforestry systems in Mexico through the review of specialized bibliography and to evaluate the structure and diversity of shrub, herbaceous and pasture species in the middle and low strata in a silvicultural pastoral area with aerator roller treatment, in the UMA Agroganadería San Salvador, in Villagran, Tamaulipas. Twenty randomly distributed sampling sites of 50 m² (10×50 m) were established, both in the middle and lower strata, and the total height (h), basal diameter (d0.10m) and crown cover (from north to south and east to west) were measured. The ecological parameters analyzed were abundance (Ar), dominance (Dr), frequency (Fr) and importance value index (IVI), in addition to estimates of Shannon (H') and Margalef (Da) indices. In the middle stratum, 16 families, 28 genera and 31 species were recorded. The family with the highest number of species (8) was Fabaceae. The species with the highest Importance Value Index (IVI) values were *Eysenhardtia texana*, *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri*, species typical of plant communities of the Tamaulipan thorn scrub in cattle raising activities. In the lower stratum, 3 families, 3 genera and 3 species were recorded. *Pennisetum ciliare* was the species found mostly in the area and with the highest IVI values. The alpha diversity results for the Shannon and Margalef diversity indices for the middle stratum were 2.817 and 5.457, respectively. For the low stratum, the Shannon and Margalef results were 0.498 and 0.545, respectively.

To evaluate the available biomass of each site, sites of 1 m² (1×1 m) were established in north and south quadrants. For the middle stratum (MS), the Adelaide method was used, measuring replicates and species found in each site. In the lower stratum, the total cut method was used, i.e. after data collection, all the biomass

located in the plot from herbaceous and grasses was cut and then dried to estimate the dry biomass. The samples were dried in a forced air oven until a constant weight was obtained. The total available dry biomass was 192.08 kg.ha⁻¹ in the middle stratum and 87.75 kg.ha⁻¹ for the low stratum, being 279.83 kg.ha⁻¹ the total biomass recorded. The animal carrying capacity of the study area is 24.34 animals in the 100 hectares, considering the weight of the animal unit, 3.41 ha are needed to support one AU in a year without deteriorating the habitat.

1. Introducción

En las regiones semiáridas, las manipulaciones de los hábitats con disturbios mecánicos, quemas prescritas y pastoreos, pueden afectar con la degradación, desertificación de los hábitats, las condiciones previas del sitio y sus interacciones con los factores ambientales tales como temperaturas y precipitaciones erráticas y muy variables (Fulbright, 1996; Fuhlendorf *et al.*, 2001). En México, el cambio de uso de suelo con fines agrícolas y pecuarios es la principal fuente de degradación de los ecosistemas, afectando aproximadamente el 45% del territorio (SEMARNAT, 2008).

Para asegurar y revertir los procesos de degradación, surge la Restauración Ecológica, actividad que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema que fue degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades humanas o de fenómenos naturales (Ceccon, 2013).

Para rehabilitar un área degradada es necesario realizar diversos estudios y observar la efectividad de estas técnicas en diversas situaciones y complejidades (Graciano Ávila *et al.*, 2018). La necesidad de utilizar parte de las tierras para la producción de alimentos ha llevado al desarrollo de métodos de producción agrícola y pecuaria alternativos que son ecológicamente sustentables, socialmente responsables y económicamente viables (Gutiérrez Cedillo *et al.*, 2008).

La agroforestería involucra una reconceptualización de las prácticas productivas, una manera distinta de gestionar los sistemas de producción, que en lugar de maximizar la productividad de un único elemento del sistema y privilegiar un estilo de producción más homogéneo, promueve la optimización de la producción al subrayar la sostenibilidad ambiental, lo que aumenta el beneficio económico, a través de la diversidad productiva y el fortalecimiento de la participación social en los procesos productivos, también defiende la diversidad cultural de los sistemas actualmente existentes (Somarriba, 1992).

Estos sistemas pueden ser empleados como estrategia metodológica de restauración y sus costos se reducen a través de la producción agrícola y/o forestal que compensan los gastos iniciales.

En zonas áridas, los sistemas agroforestales más comunes son los silvopastoriles (FAO, 1999), donde los beneficios se ven reflejados en primera instancia en el suelo, dándole una fertilidad principalmente a una mayor producción de fitomasa. Estudios recientes, han demostrado los efectos en parámetros como C orgánico, N total, P disponible, aumentando en rangos de condiciones de clima y suelo. Además, los árboles a los animales, ofrecen sombra y protección contra el viento, mejorando indirectamente el bienestar, la sanidad y la productividad del ganado (Alonso, 2011).

Diversos estudios se han realizado en torno a técnicas mecánicas, biológicas y químicas, con el objetivo de potencializar o incorporar en los sistemas silvopastoriles, que las plantas arbustivas de pastizales se recuperen o vuelvan a condición lo más rápido posible. Entre las técnicas de manejo mecánicas de rehabilitación de pastizales o agostaderos, se encuentra el rodillo aereador (Scifres & Hamilton, 2003), utilizado principalmente para provocar el rompimiento de los horizontes endurecidos superficialmente por la compactación que ejerce el ganado en el suelo, ayudando a la captación de humedad y evitar el escurrimiento superficial.

2. Justificación del proyecto

En el estado de Tamaulipas, el turismo cinegético es un gran atractivo debido a su excelente ubicación geográfica, en el existen una amplia variedad de ranchos especializados en la caza de especies como la Paloma de Alas Blancas (*Zenaida asiática*), la Codorniz común (*Colinus virginianus*) y escamosa (*Callipepla squamata*), Paloma Huilota (*Zenaida macroura*) y Paloma de Collar (*Streptopelia decaocto*); sin embargo, el gran atractivo a nivel nacional e internacional es la cacería del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) y Jabalí de Collar (*Pecari tajacu*).

Pese a ese gran peso turístico, algunos ranchos tienen otras actividades como la producción de ganado. Si bien sabemos que la ganadería es la forma más extensa de uso de suelo en el país, la manera como se manejan los sistemas puede mejorarse, evitando así el sobrepastoreo y la pérdida de vegetación y del ecosistema mismo. Es por esto que esta investigación surge como una alternativa a la restauración activa y social en un ecosistema seco, la cual conjunta los sistemas agroforestales, la participación social y el aprovechamiento ganadero.

Así, es necesario el conocer la importancia y el impacto de un sistema pastoril silvícola y cómo con tratamientos como el rodillo aereador, puede contribuirse a la regeneración de especies nativas y la reconexión del ecosistema con su entorno en equilibrio con la productividad ganadera.

3. Objetivo general

Evaluar la relevancia de los sistemas agroforestales en la conservación de los ecosistemas a través del análisis de un proyecto de restauración en un sistema pastoril silvícola en Villagrán, Tamaulipas.

4. Objetivos específicos

4.1 Analizar los beneficios de la aplicación de sistemas agroforestales en México a través de la revisión de bibliografía especializada.

4.2 Evaluar la estructura y diversidad de especies vegetales en una comunidad de matorral espinoso tamaulipeco tratado con rodillo aereador como sistema pastoril silvícola

4.3 Evaluar contenido de biomasa disponible para animal, determinar la capacidad de carga por unidad de animal.

5. Análisis de los sistemas agroforestales

5.1 Sistemas Agroforestales

La agroforestería es la ciencia que estudia las interrelaciones dentro e inter-sistemas, un paradigma que permite hacer puente entre conservación y producción agrícola en el mismo espacio, es decir, es un grupo de prácticas y sistemas de producción, donde la siembra de los cultivos y árboles forestales se encuentran secuencialmente y en combinación con la aplicación de prácticas de conservación de suelo (FAO, 1999).

La agroforestería tiene como parte de su disciplina, los llamados sistemas agroforestales, los cuales, combinan el uso de la tierra con especies leñosas, agrícolas y/o animales, con la finalidad de diversificar la producción y optimizarla de manera sostenida.

Los sistemas agroforestales representan el modelo agrícola más apropiado para la recuperación y conservación de bosques tropicales, relevante por ser un sistema de uso de la tierra donde se cultivan especies agrícolas y arbóreas en la misma unidad de producción durante un prologando periodo de tiempo, además de contar con arreglos espaciales y temporales específicos en función de las características biológicas y ecológicas de cada especie, y de las condiciones ambientales de cada localidad (Vieira *et al.*, 2009).

En la agroforestería, las especies arbóreas hacen un enlace entre una fase de la sucesión y sostienen a las especies agrícolas asociadas, suministrándoles fertilizantes naturales, a través de la fijación de nitrógeno, materia orgánica y facilitan la absorción de fósforo. Además, se pueden potenciar los efectos positivos de los árboles por medio de la poda y así obtener leña para el hogar, o forraje para los animales y también podrían generar otros tipos de servicios ambientales (Camargo *et al.*, 2000).

Como otro concepto de sistemas agroforestales, tenemos que, son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles,

arbustos, palmas) son utilizadas en asociaciones deliberadas con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (CATIE, 1986).

Los sistemas agroforestales ofrecen varias ventajas, por ejemplo:

- Incrementa en forma directa los ingresos a la familia campesina, combinando cultivos con ciclos de producción más equilibrada.
- Reduce los costos de producción agropecuaria.
- A mediano y largo plazo, los ingresos de la producción de madera y productos no maderables, como la goma, frutas, colorantes y miel pueden ser importantes.

La agroforestería es un sistema más complejo de uso de la tierra y por esto exige un mayor conocimiento. Por tanto, educación y extensión son indispensables cuando se desea su implantación. En algunos sistemas, es difícil y algunas veces imposible aplicar la mecanización (CATIE, 1986).

Sin embargo, hay que reconocer que también existen muchas sinergias potenciales como el uso de madera del desbaste ecológico, de madera muerta y de las aperturas de pequeños claros con fines de aumentar la diversidad, por ejemplo.

Algunas técnicas agroforestales conocidas son descritas a continuación:

Cultivo en callejones: Es la siembra de cultivos anuales en los espacios o callejones entre las líneas de los árboles. Son de crecimiento rápido y fijadores de nitrógeno, además de proveer biomasa y suprimir el crecimiento de las malezas (Kang & Wilson, 1987).

Cercas vivas y cortinas rompevientos: Es la siembra de leñosas perennes como postes para la delimitación de potreros o propiedades (cercas vivas). Es una práctica tradicional en América tropical (Ivory, 1990), debido a la relevancia económica y ecológica con respecto a cercas convencionales.

Las cortinas rompevientos son cualquier tipo de barrera para proteger del viento y están asociadas con barreras vivas de diferentes especies, además de generar un microclima propicio para el desarrollo vegetal (Chacón-León & Harvey, 2006).

Sistema Taungya: Es originario de la palabra birmana *taung* (colina) y *ya* (cultivo), pues hace referencia a la práctica de introducir cultivos agrícolas junto con especies forestales usualmente en los 2 o 3 años primeros años del establecimiento de la plantación forestal. De acuerdo a (Gold & Hanover, 1987) es considerado un sistema “roza-tumba y quema” mejorado.

Árboles multipropósitos asociados a cultivos perennes o en pastizales: Son sistemas que utilizan árboles frutales, productores de madera, forraje, leña o fijadores de nitrógeno que son introducidos sistemáticamente o al azar en plantaciones principalmente de café, cacao o pastos (Nair, 1993) (Fassbender, 1993). Importante para el ciclo de nutrientes ya que es facilitado por la caída natural de las hojas desde el dosel de los árboles o por las podas periódicas, además de la asociación de algunas especies de árboles como bacterias fijadoras y hongos micorrízicos, también pueden aumentar el aporte de nitrógeno y fósforo en el sistema y la disponibilidad de éstos para la absorción de otras plantas (Ceccon, 2013).

Además de la variedad de técnicas se debe considerar que los componentes arbóreos sean principalmente nativos de la región, que proporcionen productos de calidad, de uso diverso y con demanda en el mercado, que estén reconocidas y aceptadas por los agricultores, también que no presenten problemas de plagas y proporcionen productos a corto, mediano y largo plazo.

Clasificación general de los sistemas agroforestales

A) Agroforestal

Arboles asociados con cultivos agrícolas

El sistema consiste en establecer cultivos agrícolas con árboles, de tal manera que

el aprovechamiento del espacio y suelo sea simultáneo, tratando que los árboles no compitan directamente con los cultivos por luz y nutrientes. Para el establecimiento del sistema primeramente se plantan los árboles con las respectivas distancias, esta práctica dependerá de los cultivos a asociarse. Como promedio pueden establecerse entre 40 y 60 árboles/ha (FAO, 1999).

Por ejemplo, los cultivos de café y cacao en asociación con árboles, permiten un manejo integral de los mismos, ya que éstos cultivos agrícolas necesitan alrededor de 25 a 35 % de sombra para poder lograr un mejor desarrollo y productividad.

B) Silvopastoril

Arboles con pastos

El establecimiento de árboles con pastos es un sistema de producción complementario, mejora la crianza de ganado vacuno con doble propósito (carne y leche). Las especies forestales recomendadas son las maderables, que produzcan frutos, leña y otras.

Cercas vivas

La cerca viva consiste en establecer árboles y arbustos en forma de líneas, intercalando una o varias especies a la vez, a más de delimitar los potreros contribuyen a brindar protección a los cultivos, pastos y controlan la erosión; pueden al mismo tiempo producir forraje, madera y leña. Además, son útiles para reemplazar las cercas de alambre, duran más tiempo y disminuyen los costos.

C) Agrosilvopastoril

Arboles con cultivos y pastos

El sistema se forma mediante combinaciones de árboles con cultivos y pastos en una misma área, se distribuyen cada uno de los componentes tales que el sistema funcione al mismo tiempo. Los árboles se plantan alrededor de los cultivos y pastos, delimitando el área en superficies pequeñas, capas que en función del tiempo estos

alcancen el desarrollo esperado, diversificando de esta manera la producción en las fincas.

D) Pastoril silvícola

Estos sistemas se caracterizan por tener asociaciones de árboles maderables o frutales con animales. Estas técnicas han empezado a ganar peso en los ganaderos, con el propósito de incrementar la productividad de sus tierras y promover ecológicamente la conservación de los recursos naturales disponibles (Sarmiento-Muñoz *et al.*, 2015).

Entre sus beneficios, son la utilización y la dispersión de especies nativas y animales silvestres. Referente a la productividad, proporciona madera para cercas o como combustible, crean con la sombra microclimas, como protección para el ganado (Bennett *et al.*, 1985), además con el mejoramiento que generan para el balance hídrico, aumenta la fertilidad del suelo, la productividad de herbáceas y pastizal (Belsky, 1993).

5.1.1 Los sistemas agroforestales en México y en el mundo

En México, donde abundan estudios acerca de los sistemas agroforestales son el trópico seco y húmedo.

En el trópico seco, estados como Colima, Jalisco y Nayarit, las técnicas más utilizadas son: las cercas vivas, huertos caseros, producción de cocoteros con otros cultivos, incluyendo frutales; cultivos de café bajo sombra con árboles nativos y los sistemas silvopastoriles. Igualmente, sobresale la variabilidad de especies forestales tropicales de uso múltiple; entre ellos: el maderable, forrajero, medicinal y consumo humano, como el capomo (*Brosimum alicastrum*) (Román & Mora, 2013). Dando como respuesta positiva la diversidad en cafetales, las cercas vivas ayudan que se presente el movimiento de animales, semillas y polen, así como en huertos caseros, generando así, servicios ambientales; resaltando la importancia de

los sistemas agroforestales en la adaptación y en el cambio climático (Román & Mora, 2013).

Román & Mora (2013) presentan un documento donde se analizaron 29 de los 32 Estados del país. Resaltando que la mayor parte de estos estudios se encuentran en la zona sur y centro del país. En contraste, los estados menos estudiados se encuentran en la zona norte del país: Sonora, Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León. Este patrón podría estar relacionado con la mayor presencia de sistemas agrícolas tradicionales en la porción centro y sur del país, y la de sistemas industrializados en la porción norte, aunque no se descarta la posibilidad de que el patrón esté asociado a la poca investigación al respecto en estas zonas (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Los sistemas de descaso largo (roza-tumba y quema) se ubican frecuentemente en la Península de Yucatán, Montaña de Guerrero y costa de Michoacán, Sierra Raramuri, ubicada en los estados de Chihuahua y Durango y la costa de Jalisco. Los agrobosques la conforman la Sierra Norte de Puebla, Soconusco, Huasteca Potosina, costa de Jalisco y Colima. Los sistemas de humedales se ubican en Xochimilco y Milpa Alta (CDMX), y suroeste de Colima (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Los sistemas de zonas áridas y semiáridas son en el Valle de Tehuacán, Guanajuato y Baja California Sur. Las terrazas y semiterrazas la ocupa el Valle Poblano Tlaxcalteca y finalmente los huertos se encuentran en la Cuenca del lago de Pátzcuaro, y Meseta Purépecha, Oaxaca, Valle de Tehuacán y Estado de México (Moreno-Calles *et al.*, 2013).

Los sistemas agroforestales más estudiados son los de huertos (tropicales) y los agrobosques, principalmente cacaotales y cafetales y los sistemas de humedales con énfasis en las chinampas. Finalmente, para las zonas áridas y semiáridas que dominan nuestro país, destacan los trabajos realizados en los bosques de cactáceas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, donde se describen las prácticas de manejo incipiente de la diversidad en sistemas agroforestales tradicionales (Casas *et al.*, 2010). Asimismo, en los oasis de la Baja California Sur los trabajos de Cariño *et al.*, (2012) han aportado mucho al entendimiento de tales sistemas de origen colonial.

El trabajo actual de los sistemas agroforestales a nivel mundial se ve reflejado principalmente en instituciones como: el Centro Internacional para Investigación en Agroforestería (ICRAF), El Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT) y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y recientemente de Instituto Forestal de Oxford (OFI), además de contar la información recaba de la FAO.

El Centro Internacional para Investigación en Agroforestería, ICRAF, establecido en Nairobi en 1977, cuenta con extensa colección de germoplasma efectuando programas de evaluación y desarrollo en seis eco regiones, así como los aspectos sociales, políticos y económicos del desarrollo agroforestal (FAO, 1999):

- Las tierras altas sub-húmedas de África oriental y central
- Los altiplanos sub-húmedos de África del sur
- Las tierras bajas semi-áridas de África occidental
- Los trópicos húmedos de Latino América
- Los trópicos húmedos de sureste asiático
- Los trópicos húmedos de África occidental

El programa “Rehabilitación de Ecosistemas” cubre la investigación en la interacción entre fuentes inorgánicas y orgánicas de nutrientes para diversas estrategias de reposición de la fertilidad del suelo; las interacciones biofísicas entre árboles y cultivos a diferentes escalas espaciales y temporales y sus interacciones con el medio ambiente y en el largo plazo, la resistencia del recurso natural de base, a nivel de campo y de paisaje (CATIE, 1986).

El programa de investigación de ecosistemas para los trópicos húmedos de América Latina tiene, entre otros, los siguientes temas y objetivos: seleccionar y evaluar el germoplasma de especies prioritarias, el mejoramiento de calidad de plántulas de árboles para un mejor establecimiento en el campo, promover sistemas mejorados de uso del suelo a través de investigación y desarrollo participativo, mejorar el manejo del uso del suelo para obtener beneficios ambientales y económicos, conservar y manejar el recurso suelo a través de la agroforestería, y construir

capacidad a través de la información, educación y colaboración (ICRAF, 1998).

El Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), ubicado en Cali, Colombia, tiene un programa extensivo en pastos tropicales y leguminosas para múltiples usos. El banco de genes del centro contiene más de 22,000 accesiones de cerca de 155 géneros de pastos y leguminosas forrajeras (incluyendo árboles). (CIAT, 1998).

El objetivo es identificar y promover el banco de genes en los trópicos sub-húmedos y húmedos, con base en la caracterización de su diversidad genética buscando características que hagan más eficiente la ganadería y protección de cultivos y que contribuyan a un manejo sostenible del suelo, beneficiando a productores a pequeña escala, cuya subsistencia depende de la ganadería, cultivos anuales, y las combinaciones de éstas con cultivos perennes.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) es una asociación internacional independiente sin fines de lucro establecida en Costa Rica, cuyo propósito es la investigación y educación en ciencias agrícolas, recursos naturales y temas relacionados con los trópicos americanos, con énfasis en América Central y el Caribe (CATIE, 1998).

El objetivo de la investigación en sistemas agroforestales es generar, validar y transferir sistemas agroforestales más productivos, sostenibles y económicamente factibles, así como promover acciones integrales en el manejo de cuencas, tendientes a mejorar las condiciones de vida de los agricultores, y la conservación de los recursos naturales del trópico americano. (CATIE, 1998).

El Instituto de Forestal de Oxford (OFI), ubicado en Reino Unido, es un centro en la investigación en ingeniería forestal mundial y alberga, en su biblioteca, investigación centrada en genética forestal, silvicultura, madera y otros productos forestales, así como también en estudios políticos y socio-económicos. En años recientes, se han emprendido estudios acerca de especies vegetales como la *Acacia*, *Calliandra*, *Gliricidia*, *Faidherbia* y *Leucaena* spp. El OFI también se involucra en el análisis cualitativo y cuantitativo de especies agroforestales para forraje, teniendo

resultados de calidad de forraje de varios géneros de leguminosas, las cuales el OFI cuenta con colecciones de semilla (Burley, 2004).

Existen, además, otras instituciones comprometidas con la labor agroforestal como lo es la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO, 1998) tiene un equipo de investigación con cuatro grupos de trabajo en agroforestería. Los objetivos del equipo son promover el intercambio de información entre investigadores activos y revisar periódicamente el estado del conocimiento o de temas claves y de ese modo estimular nuevas líneas de investigación y establecer prioridades.

En América Latina, un ejemplo importante es el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) en Cali, Colombia. CIPAV ha llevado a cabo investigación en todos los niveles del agroecosistema. Desde las fuentes de energía y árboles leguminosos y plantas acuáticas como suplemento proteico, para el sector pecuario dentro de un sistema integrado (recursos vegetales, agua y residuos). Hay cooperación internacional con otras organizaciones en Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Guatemala, Nicaragua, México, Perú, Venezuela y en muchas regiones de Colombia (CIPAV, s.f.).

En la FAO, el Grupo de Recursos de Alimentación de la División de Salud y Producción Animal (AGA) y el Grupo de Pastos y Forrajes de la división de Producción y Protección de Plantas (AGP) tienen un rango amplio de literatura relevante en los temas de árboles multipropósito, pastos y leguminosas, y sistemas agroforestales (FAO, 1999). Entre sus publicaciones, las más útiles se encuentra "Árboles Leguminosos y Otros Árboles Forrajeros como Fuentes Proteicas para Ganadería" (Pugliese & Speedy, 1992) y "Alimentación Animal Tropical" (Preston, 1996).

5.1.2 Los sistemas agroforestales en el noreste de México

En el sureste del país, se desarrolla con facilidad la agroforestería, mientras que en el noreste del país poco se conoce de ellos, sin embargo, presenta una capacidad

potencial inexplorada donde se puede aplicar algún tipo de SAF, el saber conjugar la vegetación nativa con plantas prósperas de alta productividad en ecosistemas (Román & Mora, 2013), unido a las condiciones climáticas propias de la región para ceder la producción de cultivos y/o pastizales, así como la introducción de algún ganado de tal manera que, en un arreglo dimensional, el sitio tenga la capacidad de producir más biomasa por unidad de superficie pero condicionado a que gracias a esta productividad no ocasione una degradación del sitio en cuanto a su productividad. Actualmente, la mayoría del aprovechamiento de estos sistemas agroforestales en el noreste de México, está basado por la fruticultura y la agroforestería basada en la horticultura, generando ingresos estables, tomando en cuenta la reducción de la producción en años con presencia de heladas y sequías. Sin embargo, en suelos menos productivos, el bosque con el componente pastoril desarrollado especialmente en el matorral, se encuentra sometido a fuerte presión originada por la obtención de madera, leña y un sobrepastoreo. La falta de conocimiento en los diversos SAF, nos brinda la oportunidad de aplicaciones adecuadas y particular a cada ecosistema o zona de trabajo, esto con el fin de ayudar a que el ecosistema esté protegido y sea útil al mismo tiempo, viéndose con la misma prioridad (Ceccon, 2013).

Como sistemas silvopastoriles en la región árida de México, el ganado tradicionalmente se ha alimentado de lo que la vegetación natural ofrece en las diferentes épocas del año, por ejemplo, en Coahuila (Mellado, 2006) se usan las pencas y flores de los agaves como forraje para el ganado bovino, aunque no se ha descrito el manejo que reciben estas especies vegetales. El consumo de los agaves puede irritar la cavidad bucal de los bovinos, pero esto no evita que el ganado lo ingiera, ya que gradualmente desarrolla tolerancia mediante el endurecimiento del paladar y encías (Mellado, 2006)

En el estado de Nuevo León, se cuenta con varios artículos de áreas con sistemas silvopastoril (Pando-Moreno & Villalón-Mendoza, 2001) (Villalón-Mendoza *et al.*, 2001) (Telles *et al.*, 2020); teniendo que la ganadería es su principal actividad, donde los pastizales tienen árboles característicos del matorral submontano para

facilitar el pastoreo y proporcionar sombras (Valencia, 1998.). En estos estudios se habla sobre la producción de pasto *C. plectostachyus* la cual su biomasa es mayor en sistema pastoril silvícola, teniendo presencia del ébano, teniendo por conclusión que a mayor densidad de copa, el efecto en la disponibilidad del forraje es mayor, o sea, menor disponibilidad de forraje bajo copa, que fuera de esta misma.

En tanto, Sarmiento-Muñoz *et al.* (2015) trabajaron en el sistema agroforestal pastoril silvícola, en el Ejido Zapata, perteneciente al municipio de Linares, N.L., en esta área se eliminaron los individuos de porte bajo de forma manual, dejando únicamente los árboles de diámetros y alturas mayores, con el objetivo de crear espacios abiertos para el desplazamiento del ganado, y en la parte alta árboles bien conformados para generar un microambiente mediante la sombra y alimento para el ganado vacuno, donde la principal investigación era el contenido de carbono y la estructura y diversidad de la vegetación leñosa ambos aplicados en el matorral espinoso tamaulipeco, respectivamente.

(Canizales-Velázquez, 2016), llevó a cabo en el ejido El Guajolote que se encuentra ubicado en el municipio de Linares, Nuevo León. Donde analizaron el mezquite y el ébano para la creación de espacios abiertos, estableciendo pastos nativos y permitiendo el desplazamiento del ganado, teniendo como resultado estas dos especies conforman una alta dominancia, densidad y con cobertura vegetal (mayor que el 100% estudiada) en comparación con otros estudios analizados (Sarmiento-Muñoz *et al.*, 2015) propiciada por la tala de individuos no deseados, aportando valor adicional al área para el aprovechamiento de especies vegetales y para el ganado, además del funcionamiento de sombra favoreciendo la creación de un microclima durante épocas de calor.

5.2 Uso del rodillo aereador en zonas áridas y semiáridas

La técnica del rodillo aereador se usa para mantener el crecimiento del matorral, favorecer la producción de forraje para la fauna silvestre (Medina-Guillén *et al.*, 2017). El rodillo aereador es un implemento mecánico que puede tener uno

(sencillo) y en ocasiones dos cilindros metálicos (tipo tándem), dependiendo del modelo comercial. Los cilindros tienen cuchillas situadas helicoidalmente a lo largo de cada uno de ellos y sirven para la formación de pozas, con 20 cm de diámetro y de 15 a 25 cm de profundidad en el suelo (Figura 1).

Está comprobado que este tratamiento mecánico de la vegetación estimula el crecimiento de herbáceas y gramíneas, importantes y fundamentales en la dieta del venado cola blanca, paloma, codorniz, así como de otra fauna silvestre y del ganado. Otro de los beneficios de esta técnica es la ayuda al movimiento del suelo, reintegran la capacidad de captación de agua y de biomasa, esto es de especial importancia en zonas áridas, pues la lluvia es escasa e incierta, ya que se pierde entre 40 y 60% del agua por escurrimientos (SAGARPA, 2009).



Figura 1. Ejemplar de la maquinaria del rodillo aereador, de dos cilindros (tipo Tándem), con cuchillas de 20 cm de diámetro que logran formar canaletas de 15 a 25 cm de profundidad en el suelo.

Este rodillo remueve la parte leñosa de las plantas sin dañar el sistema radicular y fracturar el suelo, incrementando la retención e infiltración del agua. Este tratamiento no afecta la capa superior de la tierra ya que no voltea el suelo, permitiendo a las semillas de zacate permanecer cerca de la superficie del suelo y germinar (SAGARPA, 2009). Esta herramienta es una alternativa de manejo del

suelo eficiente en el disminuir la compactación de suelo en los primeros tres años de establecido el tratamiento.

El uso a corto plazo del rodillo aereador funciona aumentando la materia orgánica del suelo, utilizando en combinación con algún SAF, llega a incrementar sus propiedades y la respuesta de la vegetación a través del tiempo con el contenido de su materia orgánica del suelo.

5.2.1 Trabajos previos en la utilización del rodillo aereador

Esta técnica en el noreste de México ha reflejado buenos resultados por muchos años. El proyecto más conocido además por su duración, magnitud y resultados es el Campo Santa María, perteneciente a la empresa CEMEX, abarca un área de aproximadamente 12,000 ha, ubicado en los límites de Coahuila y Nuevo León, en los municipios de Lampazos, N. L. y Candela, Coahuila, en contacto de la Sierra Pájaros Azules (SAGARPA, 2009).

Flores *et al.* (2004) realizó una rehabilitación de suelos mediante roturación mecánica por subsoleo cruzado utilizando tractor bulldozer, realizándola en dos tiempos, estado seco y estado húmeda, concluye que mientras es más fácil realizar este tratamiento en estado húmedo, la cuchilla encaja completamente en estado seco, por lo que sus resultados encontrados son, que la roturación mínima es de 40 cm y los agregados deben ser de 2.5 a 3.5 mm para óptimos resultados.

Andrade-Limas *et. al.* (2009) evaluaron el efecto de la descompactación en propiedades físicas del suelo con el uso del rodillo aereador y producción de forraje en praderas de zacate Buffel común. Muestran como resultado que el rodillo aereador redujo el grado de compactación del suelo entre 18% y 36% y aumentó la capacidad de infiltración hasta un 44%. Durante el estudio se presentaron tres eventos de lluvia acumulando 210 mm de precipitación, evaluando las parcelas durante tres semanas la retención de agua en parcelas sin compactación fue de 10% superior a parcelas testigo.

Casas y Manzano (2009) evaluaron el uso de rodillo aereador durante de época de lluvia (junio-octubre) para mejorar la condición de tierras de pastoreo degradadas respecto a variables de influencia en suelo y vegetación y determinar la capacidad del sistema para actuar como sumidero de carbono en seis sitios del noreste de México. Se asume que la respuesta positiva o negativa del tratamiento en el suelo está relacionado con el banco de semillas existente en éste, la calidad de materia orgánica que se deposita con el paso del rodillo y el tipo de suelo, atribuyéndolos como variaciones.

Flores *et. al.* (2013) realizaron en áreas de agostaderos con problemas de invasión de arbustos y baja producción de forraje. Se utilizó el rodillo aereador para realizar las obras de recuperación de los pastizales que se encuentran en los agostaderos. Se tuvo una producción de forraje de hasta 876 kg de materia seca de pastos en el mejor sitio evaluado en el estudio, además se considera utilizar nuevamente este tratamiento los años consecutivos para la continuación de la recuperación adecuada de los agostaderos mediante el uso de la tecnología transferida a los productores.

Ayala *et al.* (2014) utilizaron el rodillo aereador y concluyeron para un programa de desmonte total más siembra de semilla de zacate buffel los resultados obtenidos la cobertura total de herbáceas, mantillo y suelo desnudo difirieron entre tratamientos comparados con los tratamientos de previo desmonte total con rodillo aereador ($11 \pm 2\%$) y rodillo aereador ($12 \pm 2\%$).

Medina (2006) encontró que el tratamiento con rodillo aireador incrementó la materia orgánica y disminuyó la compactación del suelo, mejorando las propiedades hidroedafológicas del suelo a corto plazo, sin embargo, después de un lapso de 6 a 10 años estos beneficios disminuyeron, por lo cual el uso de rodillo aereador representa una opción de manejo a corto plazo.

Leal-Elizondo (2019) realizó diversos estudios en el Rancho San Salvador en Tamaulipas, mostrando el efecto del rodillo aereador en la estructura y diversidad del Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) en el noreste de México, además de plasmar los cambios en la productividad de la biomasa disponible del MET sometido al tratamiento del rodillo aereador, teniendo como resultados valores altos,

comparado para comunidades vegetales de matorral desértico rosetófilo rehabilitadas con el tratamiento después de un incendio, sin embargo, menor a áreas de matorral desértico micrófilo rehabilitado después de un incendio. La abundancia encontrada en el área es la especie *Lantana camara*, poco útil para el consumo del ganado doméstico, pero importante para la dieta del venado cola blanca.

6. Evaluación de diversidad de una comunidad vegetal en el Matorral Espinoso Tamaulipeco en sistema pastoril silvícola con manejo de técnica del rodillo aereador

Los mezquitales y matorrales tipo desértico, micrófilo, submontano y espinoso tamaulipeco, son las comunidades vegetales características de las zonas áridas y semiáridas de México (Rzedowski, 2006). El matorral espinoso tamaulipeco (MET) como parte del matorral xerófilo, está representado por la presencia de arbustos inermes y espinosos, conformado principalmente de los géneros *Acacia* (s.l.), *Cercidium*, *Leucophyllum*, *Guaiaacum*, *Opuntia*, *Prosopis*, *Castela*, *Cordia* y *Celtis* (Rzedowski, 1978). El MET está distribuido desde el sur de Texas, Estados Unidos hasta el Noreste de México conformado por los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013) (Graciano Ávila *et al.*, 2018).

En este ecosistema, las comunidades campesinas desarrollan sus actividades productivas (Briones & Villarreal, 2001) por el amplio potencial de las especies presentes, como forraje, madera, combustible, etc. (Ceccon, 2013). Lamentablemente, la alta demanda de estas actividades, llega a traer como consecuencia el rápido deterioro de los recursos naturales, sea por disminución o pérdida posterior de los ingresos económicos de los productores (Arriaga, 2009). Por lo que con la restauración ecológica se busca que estas actividades, pastoriles y silvícolas, sean de manera sostenible, se desarrollen y a si mismo contribuyan a la conservación del ecosistema (Sarmiento-Muñoz *et al.*, 2015).

La aplicación de las técnicas mecánicas, como el rodillo aereador en estos sistemas da como resultado la disminución de cobertura aérea y también de la densidad de especies arbóreas y arbustivas, por lo que la vegetación herbácea posee la capacidad de aumentar el rendimiento con la reducción de la competencia (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013). El rebrote contiguo de la remoción en la parte aérea de las especies aumenta por un tiempo limitado la calidad de nutrición de ciertas especies arbustivas, favoreciendo a distintas especies de fauna silvestre (Fulbright, 1996).

Así, en estas zonas áridas y semiáridas del noreste de México, existe la necesidad

de realizar estudios sobre el beneficio del rodillo aereador aplicado en sistemas silvopastoriles y los cambios existentes en las comunidades, pues resulta indispensable para conocer su importancia y formar parte de la contribución de tener mejores resultados para el aprovechamiento de estas actividades y la conservación de dichas comunidades vegetales (Krishnamurthy *et al.*, 2017).

6.1 Área de estudio

La presente investigación se realizó en una comunidad del matorral espinoso tamaulipeco, dentro de una unidad para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre (UMA), denominada: “UMA Agroganadería San Salvador”, se ubica en el municipio de Villagrán, Tamaulipas. El área de estudio se localiza entre las coordenadas 24°34'43.6"N y 99°19'34.65"O. Esta UMA tiene una superficie total de 8000 ha, en tanto el sitio en donde se realizó el muestreo tiene una superficie de 100 ha y una elevación aproximada de 300 - 310 m (Figura 2).

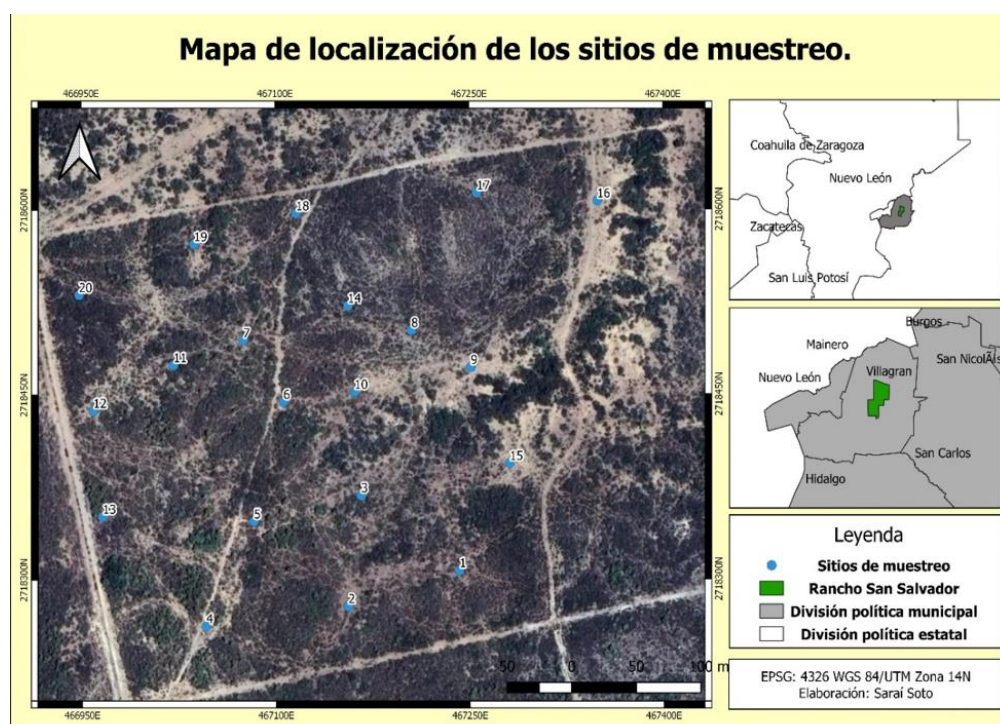


Figura 2. Mapa georreferenciado del área de estudio, UMA Agroganadería San Salvador, Tamaulipas. Se muestran los 20 sitios evaluados en su composición, diversidad, indicadores ecológicos y biomasa disponible.

6.2 Medio abiótico

De acuerdo al Informe de Gobierno del Estado de Tamaulipas (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.) (Tabla 1) los porcentajes de suelo, geología y degradación son las siguientes:

Tabla 1. Porcentajes aproximados de contenido de suelo, geología y degradación del mismo. Tomado de Gobierno del Estado de Tamaulipas (2019).

Características Ambientales	
Suelo	El 33.09% Vertisol-Crómico, 23.52% Vertisol-Pelico, 11.47% Rendzina, 10.39% Regosol-Calcárico, 9.75% Castaozem-Luvico, 8.77 Litosol.
Geología	El 41.62% lutitas. Varias formaciones, 29.74% suelos aluviales, Formación Reynosa.
Degradación	Presenta una degradación de: SN (Suelo estable bajo condiciones naturales, influencia humana casi ausente), NU (Tierras sin uso), Qd (Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, Hs (Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial).

Geología

El área de estudio pertenece a la Provincia Alcalina Oriental Mexicana, donde la mayoría de los complejos a rocas ígneas. Uno de estos complejos más importantes es el de la sierra de San Carlos-Cruillas o Sierra Chiquita (Servicio Geológico Mexicano, 2011).

La columna estratigráfica expuesta en la carta está constituida por rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, cuyas edades varían del Cretácico inferior hasta el cuaternario. En el área de estudio, el Cretácico se encuentra representado en casi toda su totalidad por el paquete de rocas sedimentarias que afloran (Ramírez-Fernández *et al.*, 2000).

Clima

El clima es semicálido con temperatura media anual mayor a los 18°C, verano cálido superior a los 22°C y extremoso con oscilaciones entre 10° y 14°C. En el área más alejada de la Sierra Madre, el clima se califica como seco estepario, con temperatura inferior a 22.9°C, con invierno fresco, temperatura media anual entre 18° y 22°C; el régimen de lluvia es en verano y es extremoso (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.).

Hidrología superficial y subterránea

Los recursos hidrológicos del municipio están representados por los escurrimientos provenientes de la Sierra Madre Oriental, pertenecientes a la cuenca de Río Purificación. Además, atravesando el territorio, sobre la porción media, se localiza el Río Pilón; hacia el sur, el Río Santa Lucía que atraviesa de oeste a este (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.).

Clasificación y uso de suelo

La unidad del suelo predominante del municipio es el castañosomácalico, con cierta aptitud para la agricultura. Del total de la superficie, corresponde 42, 716 hectáreas al régimen ejidal, distribuidos en 31 núcleos de población y 103, 784 hectáreas a la pequeña propiedad; el uso es fundamentalmente agrícola (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.).

6.3 Medio biótico

Vegetación

La vegetación del municipio se presenta en tres asociaciones (Tabla 2), en la parte montañosa, en una pequeña porción, bosques caducifolios; en la ladera de barlovento, es matorral alto subsericeo y la mayor extensión del municipio está cubierta de matorral alto espinoso (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.).

Tabla 2. Tipos de vegetación con su porcentaje y cantidad en hectáreas medidas. Tomado de (Gobierno del Estado Tamaulipas, s.f.)

Tipo de vegetación	Has	%
Matorral Crasicaule, Matorral Espinoso Tamaulipeco con vegetación secundaria y Matorral submontano con o sin vegetación secundaria.	61,681	50.01
Agricultura de riego (incluye riego eventual), agricultura de temporal con cultivos anuales y agricultura de temporal con cultivo permanentes y semipermanentes	22,547	18.28
Pastizal cultivado e inducido	21,839	17.70
Mezquital (incluye huizachal) con o sin vegetación secundaria	12,531	10.16
Bosque encino con o sin vegetación secundaria arbustiva y herbácea, Bosque pino-encino (incluye encino-pino)	3,505	2.84
Asentamientos humanos	234	
Riego suspendido	100	

Fauna

Entre la fauna encontrada en la región, sus principales animales son: venado cola blanca, jabalí, tejón, conejo, palomas, patos, gansos, paloma cola blanca y víbora de cascabel.

6.4 Materiales y métodos

6.4.1 Análisis de la vegetación

Para evaluar la comunidad vegetal, se establecieron de 20 sitios de muestreo de 50 m² (5 x 10 m) distribuidos aleatoriamente en una superficie de 100 ha. En los sitios se consideraron los individuos en estrato medio, debido a la falta de individuos arbóreos. Se determinaron dos mediciones, estrato medio (especies arbustivas) y

estrato bajo (herbáceas y pastos).

Para ambos estratos, se midió la altura total (h), diámetro basal ($d_{0.10m}$) y cobertura de copa (Norte-Sur y Este-Oeste). Los parámetros ecológicos analizados fueron de abundancia (A_r), dominancia (D_r), frecuencia (F_r) e índice de valor de importancia (IVI), además de realizar estimaciones de diversidad biológica mediante los índices de Shannon (H') y Margalef (D_a) (Shannon, 1948); (Margalef, 1958).

Para evaluar la biomasa disponible de cada sitio, se establecieron sitios de 1 m^2 ($1 \times 1\text{ m}$) en cuadrantes norte y sur, dando un total de 40 parcelas. Para ambos estratos se realizó el método Adelaide midiendo repeticiones y especies encontradas en cada sitio (Chávez, 2000.). En el estrato bajo, además se realizó el método corte total, es decir después de la toma de datos, al ras de suelo con un flexómetro de 3 m, obtener todo contenido herbáceo y pasto para la toma de datos de biomasa seca posterior. Las muestras vegetales colectadas fueron secadas a una temperatura de 75°C durante 48 horas hasta perder la humedad y llegar a un peso constante, para posteriormente ser pesadas y estimar la biomasa.

En los 20 sitios de muestreo se desarrolló un censo de las especies arbóreas y arbustivas; las medidas consideradas fueron altura total (h) (para el cálculo del volumen m^3ha^{-1}), diámetro basal ($d_{0.10}$) (a excepción del estrato bajo) y diámetro de copa (k), el cual se obtuvo utilizando una cinta métrica midiendo el espacio ocupado por la copa en sentido norte-sur y este-oeste, esto permite calcular el diámetro promedio y con ello determinar el área de copa (m^2ha^{-1}). La medición del diámetro basal ($d_{0.10}$) se efectuó a 0.10 m sobre la base del suelo (Reyna-González *et al.*, 2021). Las especies se identificaron por personal calificado con fácil reconocimiento de las especies del área de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

6.4.2 Análisis de la información.

Se utilizaron los indicadores ecológicos de abundancia ($N\text{ha}^{-1}$), dominancia (m^2ha^{-1}) y frecuencia, con el fin de determinar el índice de valor de importancia de las especies de la comunidad vegetal (Magurran, 2004). Para la estimación de la

abundancia se empleó la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{N_i}{S}$$

$$AR_i = \left(\frac{A_i}{\sum A_i} \right) * 100$$

Donde A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y S la superficie de muestreo (ha).

La dominancia relativa se evaluó mediante:

$$D_i = \frac{Ab_i}{S(ha)}$$

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

Donde D_i es la dominancia absoluta, donde DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total, Ab el área de copa de la especie i y S la superficie muestreada (ha). La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{P_i}{NS}$$

$$FR_i = \left(\frac{F_i}{\sum F_i} \right) * 100$$

Donde F es la frecuencia absoluta, donde FR_i es la frecuencia de la especie i respecto a la frecuencia total, P_i es el número de sitios en la que está presente la especie i y NS el número total de sitios de muestreo.

El índice de valor de importancia (IVI) define cuáles de las especies encontradas en el área de estudio, contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam & Curtis, 1956). Este valor es el resultado de la sumatoria de la frecuencia relativa, densidad relativa y dominancia relativa, teniendo la fórmula:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (D_{Mg}) y para la diversidad alfa el índice de Shannon & Weiner (H') mediante las ecuaciones:

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln \ln N}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln \ln (p_i) \quad p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos y N_i es el número de individuos de la especie i.

Para la estimación de biomasa se realizó de acuerdo a la ecuación de Serra (2006):

$$BT = P_{sx} * n$$

Dónde BT representa la Biomasa Total, P_{sx} es el peso seco de cada una de las muestras de mano y n es el número de veces de x especie que apareció en el muestreo.

Para calcular el coeficiente de agostadero se implementó la ecuación de Huss & Aguirre (1978), la cual se muestra a continuación:

$$CA = \frac{\text{Forraje consumido por UA año}}{(PFA)(FU)}$$

Dónde CA corresponde al Coeficiente de agostadero (ha/UA), el forraje consumido por UA/año que es 4927.5 kg.UA.

UA representa la Unidad animal, es decir una vaca con su becerro de 450 kg o bien 14 venados, PFA es la producción de forraje anual (representado en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), FU es el factor de utilización (0.6).

Posteriormente para estimar la Capacidad de Carga para el venado cola blanca, se utilizó la fórmula adaptada de Gallina & Chargoy (1987):

$$CVV = \frac{(fv)(pv)}{(cv)(tv)}$$

Dónde CCV significa la capacidad de carga (Total de venados en una superficie determinada), fv es el factor de utilización para no poner en riesgo la condición del hábitat (0.6), pv es la biomasa disponible en determinada época del año (kg.ha^{-1}), cv es el consumo total de una unidad animal (kg.día), tv representa el tiempo de consumo (365 días de un año).

6.5 Resultados

Estrato Medio

Composición. En los 20 sitios muestreados, se registraron 16 familias, 28 géneros y 31 especies (Tabla 3).

La familia con mayor número de especies fue Fabaceae, con *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula*, *Acacia schaffneri*, *Calliandra conferta*, *Eysenhardtia texana*, *Havardia pallens*, *Parkinsonia texana* y *Mimosa monancistra* tomando como guía los libros de caracterización de especies nativas del estado de Nuevo León (Estrada *et al.*, 2012; Molina-Guerra *et al.*, 2019).

Riqueza y diversidad. Los resultados de la diversidad alfa en el Área muestreada en la UMA Agroganadería San Salvador calculados mediante el índice de diversidad de Shannon (H') fue de 2.81 para el total de la vegetación del estrato medio. Lo cual nos indica, que el área de estudio presenta una media diversidad del ecosistema de acuerdo a los índices que manejan. El índice de diversidad de Margalef (D_{Mg}) para el total de la vegetación resultó en un valor de 5.45, interpretado a los valores de Margalef corresponde a una zona de alta diversidad.

Tabla 3. Listado florístico (ordenado alfabéticamente de acuerdo al nombre científico) de la vegetación del estrato medio del área de estudio.

ESPECIES		Familia	Forma de vida
Nombre científico	Nombre común		
<i>Acacia berlandieri</i> Benth.	guajillo	Fabaceae	Arbustiva
<i>Acacia rigidula</i> Benth.	gavia	Fabaceae	Arbórea
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J Herm.	huizache chino	Fabaceae	Arbórea
<i>Bernardia myricifolia</i> (Sheele) S. Watson	oreja de ratón	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Calliandra conferta</i> Benth.	caliandra	Fabaceae	Arbustiva
<i>Castela erecta</i> Turpin	chaparro amargoso	Simaroubaceae	Arbustiva
<i>Celtis pallida</i> Torr.	granjeno	Cannabaceae	Arbustiva
<i>Citharexylum berlandieri</i> B.L. Robinson	encorvagallina	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	anacahuita	Boraginaceae	Arbórea
<i>Croton berlandieri</i> L.	croton	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Croton incanus</i> Kunth	salvia	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F.M. Knunth	tasajillo	Cactaceae	Arbustiva
<i>Echinocactus texensis</i> Hopffer	mancaballo	Cactaceae	Arbustiva
<i>Eysenhardtia texana</i> Scheele	vara dulce	Fabaceae	Arbórea
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	panalero	Oleaceae	Arbustiva
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A. Gray	ocotillo	Asteraceae	Arbustiva
<i>Guaiacum angustifolium</i> Engelm	guayacan	Zygophyllaceae	Arbustiva
<i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	tenaza	Fabaceae	Arbustiva
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	coyotillo	Rhamnaceae	Arbustiva
<i>Krameria ramosissima</i> (A. Gray) S. Watson	calderona	Krameriaceae	Arbustiva
<i>Lantana camara</i> L.	lantana	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berland.) I.M. Johnst.	cenizo	Scrophulariaceae	Arbustiva
<i>Lippia graveolens</i> Kunth.	oreganillo	Verbenaceae	Arbustiva
<i>Neopringlea intergrifolia</i> (Hemsl.) S. Watson	corvagallina	Salicaceae	Arbustiva
<i>Parkinsonia texana</i> (A. Gray) S. Watson	palo verde	Fabaceae	Arbórea
<i>Randia obcordata</i> S. Watson	cruceto	Rubiaceae	Arbustiva
<i>Schaefferia cuneifolia</i> A. Gray	capul	Celastraceae	Arbustiva
<i>Yucca filifera</i> Chaub	yuca	Agavaceae	Arbórea
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	colima	Rutaceae	Arbórea
<i>Euphorbia milli</i> Des Moul.	corona de cristo	Euphorbiaceae	Arbustiva
<i>Mimosa monancistra</i> Benth.	mimosa	Fabaceae	Arbustiva

Indicadores ecológicos. La abundancia absoluta fue 2440 NHa^{-1} , la especie más abundante de la vegetación de la UMA Agroganadería San Salvador es *Eysenhardtia texana*, con un 19.26% del total de los individuos registrados, seguida de *Acacia rigidula* con 14.75% así como *Cordia boissieri* con 7.78%. El área basal fue de 1.196 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, teniendo a las especies predominantes *Lantana camara* con

42.29%, *Cordia boissieri* con 13.60% y *Acacia rigidula* con 10.29%. El área de copa resulta a 1857.62 m² ha⁻¹, donde las tres principales especies son *Acacia rigidula* con 26.04%, *Cordia boissieri* 20.43% y *Eysenhardtia texana* con 18.50%. El volumen es de 0.669 m³ha⁻¹, donde *Lantana camara* con 20.76%, *Cordia boissieri* con 18.02% y *Acacia rigidula* con 16.82%. Las tres especies con mayor IVI fueron *Eysenhardtia texana*, *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri*, las cuales juntas representan el 92.25% del valor de importancia de la vegetación del estrato medio (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores ecológicos de la vegetación del estrato medio del área de estudio. Abreviaturas: Ar (Abundancia relativa), AB (Área Basal), Dr (Dominancia relativa), Fr (Frecuencia relativa), Vol (Volumen).

ESPECIES		Ar		A B		Dr		Fr		Vol		IVI
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NHA	%	NHA	%	NHA	%	N S	%	NHA	%	
Anacahuíta	<i>Cordia boissieri</i>	190	7.79	0.163	13.61	379.65	20.44	9	45	0.121	18.02	24.41
Calderona	<i>Krameria ramosissima</i>	40	1.64	0.001	0.07	4.84	0.26	1	5	0.000	0.01	2.30
Caliandra	<i>Calliandra conferta</i>	120	4.92	0.007	0.55	32.85	1.77	5	25	0.003	0.39	10.56
Capul	<i>Schaefferia cuneifolia</i>	10	0.41	0.001	0.07	0.78	0.04	1	5	0.000	0.03	1.82
Cenizo	<i>Leucophyllum frutescens</i>	120	4.92	0.029	2.46	73.16	3.94	4	20	0.028	4.21	9.62
Chaparro amargoso	<i>Castela erecta</i>	10	0.41	0.001	0.04	4.36	0.23	1	5	0.000	0.04	1.88
Colima	<i>Zanthoxylum fagara</i>	50	2.05	0.086	7.20	72.06	3.88	3	15	0.056	8.43	6.98
Corona de cristo	<i>Euphorbia milli</i>	10	0.41	0.001	0.07	8.41	0.45	1	5	0.000	0.04	1.95
Corvagallina	<i>Neopringlea intergrifolia</i>	20	0.82	0.001	0.06	2.75	0.15	1	5	0.000	0.02	1.99
Coyotillo	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	10	0.41	0.001	0.07	2.33	0.13	1	5	0.000	0.04	1.85
Croton	<i>Croton berlandieri</i>	150	6.15	0.034	2.84	28.94	1.56	3	15	0.020	2.94	7.57
Cruceto	<i>Randia obcordata</i>	100	4.10	0.021	1.76	31.37	1.69	3	15	0.012	1.75	6.93
Encorvagallina	<i>Citharexylon berlandieri</i>	10	0.41	0.001	0.12	6.72	0.36	1	5	0.001	0.16	1.92
Gavia	<i>Acacia rigidula</i>	360	14.75	0.123	10.30	483.78	26.04	11	55	0.113	16.83	31.93
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>	70	2.87	0.013	1.10	67.18	3.62	4	20	0.010	1.49	8.83
Guajillo	<i>Acacia berlandieri</i>	40	1.64	0.006	0.48	71.82	3.87	3	15	0.003	0.44	6.84
Guayacan	<i>Guaiacum angustifolium</i>	10	0.41	0.001	0.07	0.93	0.05	1	5	0.000	0.03	1.82
Huizache chino	<i>Acacia schaffneri</i>	10	0.41	0.001	0.07	1.02	0.05	1	5	0.000	0.05	1.82
Lantana	<i>Lantana camara</i>	150	6.15	0.506	42.30	15.84	0.85	3	15	0.139	20.76	7.33
Mancaballo	<i>Echinocactus texensis</i>	10	0.41	0.001	0.07	0.15	0.01	1	5	0.000	0.02	1.81
Mimosa	<i>Mimosa monancistra</i>	20	0.82	0.005	0.38	10.60	0.57	2	10	0.003	0.40	3.80
Ocotillo	<i>Gochnatia hypoleuca</i>	10	0.41	0.006	0.47	4.07	0.22	1	5	0.003	0.48	1.88
Oreganillo	<i>Lippia graveolens</i>	10	0.41	0.003	0.26	7.16	0.39	1	5	0.001	0.22	1.93
Oreja de ratón	<i>Bernardia myricifolia</i>	90	3.69	0.008	0.70	25.09	1.35	4	20	0.004	0.64	8.35
Palo verde	<i>Parkinsonia texana</i>	50	2.05	0.023	1.94	88.15	4.75	3	15	0.016	2.36	7.26
Panalero	<i>Forestiera angustifolia</i>	30	1.23	0.003	0.22	8.87	0.48	2	10	0.001	0.17	3.90
Salvia	<i>Croton incanus</i>	100	4.10	0.005	0.46	9.57	0.52	2	10	0.002	0.33	4.87
Tasajillo	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	110	4.51	0.009	0.77	8.71	0.47	4	20	0.002	0.32	8.33
Tenaza	<i>Havardia pallens</i>	50	2.05	0.040	3.38	60.71	3.27	1	5	0.052	7.80	3.44
Vara dulce	<i>Eysenhardtia texana</i>	470	19.26	0.089	7.47	343.76	18.51	14	70	0.075	11.17	35.92
Yuca	<i>Yuca filifera</i>	10	0.41	0.008	0.69	1.96	0.11	1	5	0.003	0.42	1.84
Total general		2440	100	1.196	100	1857.6	100	20	100	0.669	100	100

Riqueza de especies. Se obtuvo una gráfica (Figura 3), con los datos de frecuencia y las especies en sitios, una curva de acumulación, cuando se llega a una cantidad estable en más de dos sitios, se considera que esta completa, sin embargo, la gráfica expuesta indica que faltan más sitios por evaluar para considerar si se encuentran más especies o se mantienen con las que existen. En el eje “X” es distancia de 200 metros hasta 1,000 metros indicando el total de área evaluada en las parcelas, el eje “Y” indica la cantidad de especies acumuladas por sitio.

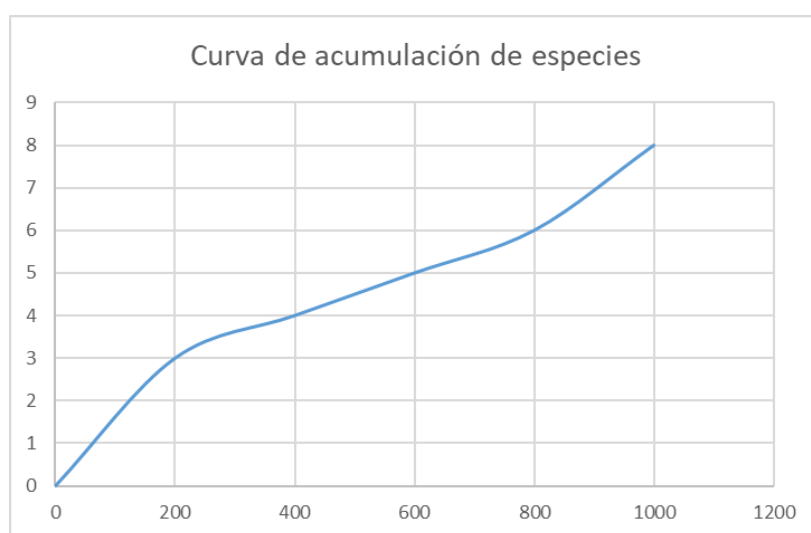


Figura 3. Curva de acumulación de especies en estrato medio, observando que aún no se establece un límite.

Estrato bajo.

Composición. En los 20 sitios muestreados, se registraron 3 familias, 3 géneros y 3 especies (Tabla 5). Teniendo a *Pennisetum ciliare* con más presencia en los estratos bajos.

Tabla 5. Listado de herbáceas y maleza de la vegetación del estrato medio del área de estudio.

ESPECIES		Familia	Forma de vida
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO		
Buffel	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	Poaceae	Pasto
H. venado	<i>Turnera diffusa</i>	Turneraceae	Herbácea
Oreja de perro	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	Boraginaceae	Herbácea

Riqueza y diversidad. Los resultados de la diversidad alfa en el estrato bajo calculados mediante el índice de diversidad de Shannon (H') fueron de 0.498 para el total de la vegetación, lo que indica una diversidad pobre en el área de estudio. Así mismo, el índice de diversidad de Margalef (D_{Mg}) para el total de la vegetación resultó en un valor de 0.545, teniendo una interpretación a zona de baja diversidad.

Indicadores ecológicos. La abundancia absoluta fue de 650 $NH a^{-1}$, la especie más abundante de la vegetación es *Pennisetum ciliare* con 50.76% del total de los individuos registrados (Tabla 6). El área de copa resulta a 5.949 $m^2 ha^{-1}$, siendo la misma *Pennisetum ciliare* la que predomina, así como su IVI de 58.61% del valor de importancia del estrato bajo.

Cabe aclarar, que se tomó en cuenta las áreas sin vegetación para saber en porcentaje de área cuánto era lo que faltaba para la regeneración o crecimiento de herbáceas y/o pastos.

Tabla 6. Especies encontradas del estrato bajo, con datos de abundancia, dominancia y frecuencia, para obtener IVI.

ESPECIES		ABUNDANCIA		AREA DE COPA		FRECUENCIA		IVI
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NHA	%	NHA	%	N Sitios	%	
Oreja de perro	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	10	1.53846154	0.00962115	0.16172151	1	5	2.23339435
Buffel	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	330	50.7692308	4.763451	80.0686491	9	45	58.6126266
H. venado	<i>Turnera diffusa</i>	50	7.69230769	1.1761365	19.7696294	2	10	12.4873124
Sin vegetación		260	40	0	0	16	80	40
		650	100	5.94920865	100	20	100	100

Riqueza de especies. Con la misma situación del estrato medio, faltan más áreas por reconocer, debido a la falta de especies vegetales no tenemos una curva óptima, sin embargo, se reconoce que el contenido de esta tabla es de zacate buffel, principalmente (Figura 4).

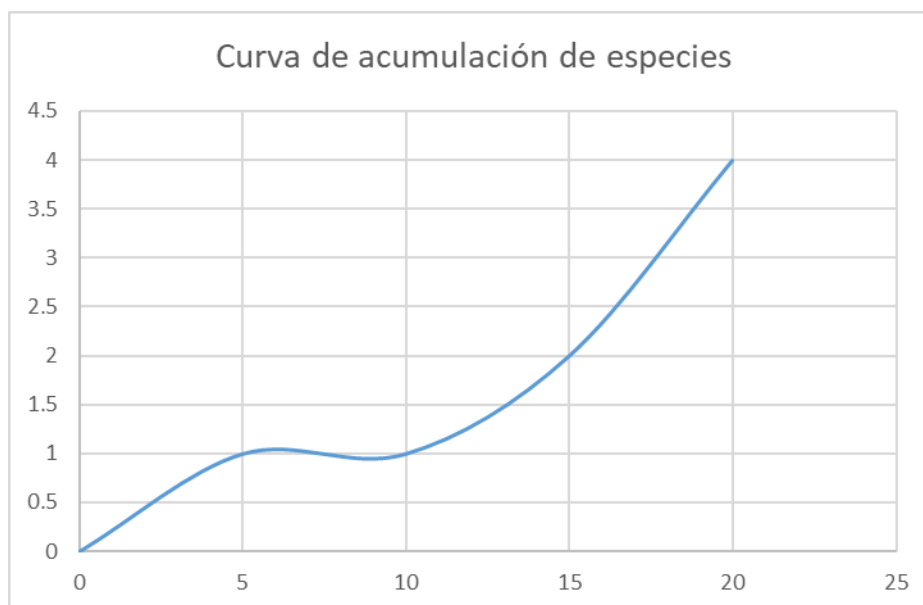


Figura 4. Curva de acumulación de especies en estrato bajo, observando que aún no se establece un límite.

Biomasa. Se registró un total de biomasa seca disponible de 279.83 kg/ha (Tabla 7) con los dos estratos medidos, siendo el estrato medio el que más aporte hubo de biomasa con un 192.08 kg/ha, mientras que el estrato bajo, resulto con 87.75 kg/ha.

La capacidad de carga de venados estimada para el área tratada fue de 24.34 animales en las 100 ha, considerando que unidad animal es de 454 kg, 3.41 ha es lo necesario para soportar una UA en un año sin provocar daños a la vegetación y suelo.

Tabla 7. Resultados de la biomasa disponible y su capacidad de carga (K) en área de Matorral Espinoso Tamaulipeco, en zona con tratamiento de rodillo aereador (UMA Agroganadería San Salvador).

Sitio	Vegetación	ha	Biomasa disponible (kg/ha)	Coeficiente de agostadero (ha/UA)	Capacidad de carga (ven/ha)	Capacidad de carga total (venados)
RSS	Matorral espinoso tamaulipeco con rodillo aereador	100	279.83	3.41	4.11	24.34

6.6 Discusión

Estrato Medio. La familia con mayor número de especies encontradas en el área de estudio concuerda con diversos autores (Estrada-Castillón *et al.*, 2005); (Jiménez-Pérez *et al.*, 2012); (Mora-Donjuán *et al.*, 2013); (Reyna-González *et al.*, 2021) al ser Fabaceae la que predomina, en zonas que hubo alteraciones por actividades como la ganadería o en tratamientos de rehabilitación para la vegetación (Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012).

En los resultados de abundancia arrojaron a 31 especies encontradas, estudios realizados en el MET que obtienen números similares, lo asocian a comunidades vegetales maduras (Ramírez-Lozano *et al.*, 2013).

Biodiversidad. Los resultados de los índices de diversidad de Shannon y Margalef en el estrato medio, fueron de 2.81 y 5.45, respectivamente, valores óptimos en áreas con actividad ganadera en el MET en época seca (Leal-Elizondo, 2019). Se podría determinar que esos son los parámetros de diversidad en la UMA Agroganadería San Salvador, puesto que Leal Elizondo (2019) obtuvo valor de índice de Shannon de $H' = 2.79$ y de índice de Margalef de $D_{Mg} = 4.58$. Ambos interpretados como área rica en diversidad en cualquier época.

Dominancia. El dato obtenido de la cobertura de copa resultó de $1,857.61 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ aun cuando dos semanas anteriores a la toma de datos, se aisló el ganado en el área, mientras que otros autores mencionan que en áreas sin actividades productivas el resultado es de $13,973 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ (Mora-Donjuán *et al.*, 2013).

Estrato bajo. Los resultados del estrato bajo en el presente trabajo, fueron bajos, en cuanto se refiere a densidad y riqueza de especies al igual que (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2013). De acuerdo a la calendarización del proyecto, en el mes de febrero, en los días 14 y 15, se presentó temperaturas muy frías, heladas y atípicas en la región, por lo que se ve reflejados en los resultados obtenidos en el estrato bajo influyeron, además cabe aclarar que los encargados de la UMA Agroganadería San Salvador, retiraron el ganado dos semanas antes de la evaluación de sitios, por lo que también podría ser el resultado la falta de diversidad de especies herbáceas y la poca

cantidad de maleza.

Biomasa. Los datos de biomasa seca disponible resultaron muy bajos en su localidad, Leal-Elizondo (2019) registra que en la UMA Agroganadería San Salvador, la biomasa total en época seca fue 955.93 kg.ha⁻¹. Pese a que el tratamiento del rodillo aereador fue aproximadamente 8 años atrás, sigue resultando muy escasa biomasa en el área. Es importante mencionar que los datos de biomasa aérea total, se estimó la biomasa disponible para el animal (1.50 metros) al igual que el trabajo de Leal-Elizondo (2019).

De acuerdo a (COTECOCA, 2014), el valor de rango de coeficiente de agostadero mínimo es de 4.30 a 49.19 Ha/UA, por lo que el resultado de este trabajo en la UMA Agroganadería San Salvador que es 3.41 resulta por debajo de estos rangos, debido a que a primera vista la vegetación sigue en rebrote después de la helada que ocurrió y después del aislamiento del ganado en el área estudiada.

7. Conclusiones

Con los resultados obtenidos, se resaltan las siguientes conclusiones:

- 1) A 8 años de la implementación del rodillo aereador, los resultados obtenidos muestran que la riqueza y diversidad de especies son típicas de una vegetación nativa del MET. Y que la abundancia muestra a una comunidad vegetal madura, con altos valores de dominancia y frecuencia a pesar de estar en contacto con el ganado.
- 2) La familia con más especies encontradas fue Fabaceae, con las especies de *Acacia berlandieri*, *Acacia rigidula*, *Acacia schaffneri*, *Calliandra conferta*, *Eysenhardtia texana*, *Havardia pallens*, *Parkinsonia texana* y *Mimosa monancistra* respondiendo a comunidades vegetales maduras de MET y áreas de Matorral Submontano.
- 3) Las especies con mayor abundancia registradas fueron: *Eysenhardtia texana*, *Acacia rigidula* y *Cordia boissieri*, teniendo un 41.79% de la abundancia total del área de estudio.

- 4) Las especies con mayor IVI fueron: *Eysenhardtia texana*, *Acacia rigidula*, *Cordia boissieri*, las cuales juntas representan el 92.25% del valor de importancia de la vegetación del estrato medio.
- 5) Los índices de diversidad de (Shannon, 1948) y (Margalef, 1958) para el estrato medio fueron de 2.81 y 5.42, respectivamente, lo que indica un ecosistema con abundancia de especies media y alta diversidad, a pesar de la recolección de datos después de una helada y en pleno tiempo de rebrote. Resultado que si se vio afectado en el estrato bajo, pues los índices de Shannon y Margalef indican que 0.498 y 0.545, respectivamente, son considerados zonas con baja abundancia de especies y zonas con baja diversidad.
- 6) La biomasa presentada se localiza por debajo de los estándares para el estrato, sin embargo, nos muestra un escenario posible, en época de sequías, cual es el alcance de la biomasa y con el coeficiente de agostadero nos responde cuando hay que cuidar la vegetación del ganado.
- 7) Hay que fomentar la implementación de los sistemas agroforestales en el noreste México, si bien, hay pocos documentos y/o proyectos, es una forma viable de poder utilizar los recursos de manera sustentable, teniendo la relación ecológica y antropogénica.

8. Bibliografía

- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J., Cuéllar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton*, 185-191.
- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana Agrícola*, 107-115.
- Andrade-Limas, E., Espinoza, M., Garza, R., & Vedroljak, J. (s.f.). Rehabilitación de praderas con el uso de rodillo aireador. *VI Simposio Internacional de Pastizales*. Saltillo, Coahuila.
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental*, 6-16.
- Ayala, F. A., Denogean, F., Moreno, M., Martínez, D. A., & Gerlach, B. L. (2014). Rehabilitación y Mejoramiento de Hábitat para la Fauna Silvestre. *INVURNUS*, 18-22.
- Belsky, A. (1993). Influences of trees on savanna productivity: test of shade, nutrients, and treegrass competition. *Ecology*, 922-932.
- Bennett, I., Finch, V., & Holmes, C. (1985). Time spent in shade and its relationship with physiological factors of termoregulation in three breeds of cattle. . *Applied Animal Behaviour Science*, 227-236.
- Briones, O., & Villarreal, J. (2001). Vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. *Acta Botánica Mexicana*, 39-67.
- Burley, J. E. (2004). *Encyclopaedia of Forest Sciences*. Oxford: Elsevier, Kidlington, Oxford.
- Camargo, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Finegan, B., & Current, D. (2000). Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural del laurel en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 46-49.
- Canizales-Velázquez, P. (2016). *Análisis de la estructura Forestal de Comunidades Semiáridas en el Noreste de México*. Tesis de Doctorado: Facultad de Ciencias Forestales.
- Cariño, M., Castorena, L., Maya, Y., Wurl, J., Urciaga, J., & Breceda, A. (2012). Transformación de los ecosistemas áridos para su uso agrícola en Baja California Sur. *Historia Agraria*, 81-106.
- Casas, A., Valiente-Banuet, A., Solis, L., & Pérez-Negrón, E. (2010). El manejo de

- la biodiversidad en el desierto: el Valle de Tehuacán, Cuicatlán. En M. Toledo, *La Biodiversidad de México, Inventarios, Manejos, Usos, Informática, Conservación e Importancia Cultural* (págs. 235-272). México: Fondo de Cultura Económica/ Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Casas, N., & Manzano, M. (2009). Evaluation Of The Use Of Roller Aerator For The Rehabilitation Of Grazing Lands And Content Of Carbon In Arid Areas Of Northeastern México. . *VI Simposio Internacional de Pastizales*. Monterrey, Nuevo León.
- CATIE. (1998). *Centro Internacional para la Agricultura Tropical*. Obtenido de CATIE: <http://www.cgiar.org/catie>
- CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (1986). *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. Costa Rica.
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México, D.F: Díaz de Santos.
- Chacón-León, M., & Harvey, C. (2006). Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry Systems*, 15-26.
- Chávez, G. (2000.). *Determinación dela calidad del hábitat, dieta y calidad de forraje para tres especies de Cérvidos en Montemorelos, Nuevo León*. Montecillos, Edo. de México.
- CIAT . (1998). *CIAT*. Obtenido de Home Page: <http://www.cgiar.org/ciat>
- CIPAV. (s.f.). *Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. Obtenido de <https://cipav.org.co/>
- CONABIO. (2009). *Cuarto Informe Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- COTECOCA. (2014). *Coeficientes de agostadero por entidad*. México: Comité Técnico Consultivo de Coeficientes de Agostadero.
- Cottam, G., & Curtis , J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 451-460.
- Estrada, E., Soto, B., Garza, M., Villarreal, J., Jiménez, J., & Pando, M. (2012). *Plantas Útiles en el Centro-Sur del estado de Nuevo León*. Monterrey, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla , J., & Jurado, J. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo . *Acta Botanica Mexicana*, 1-18.
- FAO. (1999). *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Fassbender, H. (1993). *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE/GTZ.
- Flores, G., Jimenez, O., & Ramírez-Garduño, H. (2013). Uso del rodillo aireador para la recuperación de los agostaderos en Durango. *INIFAP*, 7-10.
- Flores, S., Pérez, O., & Navarro, G. (2004). Reahabilitación Agroecológica de suelos volcánicos endurecidos, experiencias en el Valle de México. *Agroecología*.
- Fuhlendorf, S., Briske, D., & Smeins, F. (2001). Herbaceous community structure in a semi-arid savanna: the relative contribution of grazing and climatic variability. *Appl. Veg. Sci*, 177-188.
- Fulbright, T. (1996). Viewpoint: A theoretical basis for planning woody plant control to maintain species diversity. *Journal Range Management*, 554-559.
- Gobierno del Estado Tamaulipas. (s.f.). *Desarrollo Forestal*. Obtenido de <https://www.tamaulipas.gob.mx/desarrollorural/temas-del-sector/forestal/>
- Gold, M., & Hanover, J. (1987). Agroforestry systems for the temperate zone. *Agroforestry Systems*, 109-121.
- Graciano Ávila, G., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O., Rubio Camacho, E., & González Tagle, M. (2018). Estructura y Diversidad Post-Incendio en un área del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Polibotánica*, 89-100.
- Gutiérrez Cedillo, J. G. (2008). Agroecología y sustentabilidad. *Convergencia*, 51-87.
- ICRAF. (1998). *ICRAF*. Obtenido de Home Page: <http://www.cgiar.org/icraf>
- IUFRO. (1998). *Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal*. Obtenido de Home Page: <http://www.iufro.boka.ac.at>
- Ivory, D. (1990). Major characteristics, agronomic features, and nutritional value of shrubs and tree fodders. En C. Devendra, *Shrub and Tree Fodders for Farm Animals: Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia*. Ottawa, Canada: IDRC.
- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Ruiz-González, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J., & Alanís-Flores, G. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *Ciencia UANL*, 66-71.
- Kang, B., & Wilson, G. (1987). A development of alley cropping as a promising agroforestry technology. *Agroforestry: a decade of development*, (págs. 227-244). Nairobi.
- Krishnamurthy, L., Krishnamurthy, P., Rajagopal, I., & Peralta-Solares, A. (2017). Can agroforestry systems thrive in the drylands? Characteristics of successful

agroforestry systems in the arid and semi arid regions of Latin America. *Agroforestry Systems*.

- Leal-Elizondo, N. (2019). *Efecto del tratamiento mecánico (rodillo aereador) sobre la estructura, diversidad y productividad del Matorral Espinoso Tamaulipeco en el Noreste de México*. Linares, Nuevo León: Tesis de Maestría, UANL.
- Margalef, D. (1958). Information Theory in Ecology. *General Systematics*, 36-71.
- Medina, G. R. (2006). Cambios en la estructura y propiedades hidroedafológicas en áreas bajo manejo del matorral micrófilo y rosetófilo. *tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- Medina-Guillén, R., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., Pando-Moreno, M., Kubota, T., & Gómez-Meza, M. (2017). Efectos del Rodillo Aireador y el fuego en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo en matorrales de Coahuila, México. *Agrociencia*, 471-485.
- Mellado, M. (2006). Aprovechamiento silvopastoril del maguey en zonas áridas. *Reunión Nacional sobre Sistemas agro y silvopastoriles*.
- Molina-Guerra, V., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., & Soto-Mata, B. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. México: Universitaria UANL.
- Mora-Donjuán, C., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J., & Cuéllar-Rodríguez, L. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 29-34.
- Moreno-Calles, A., Toledo, V., & Casas, A. (2013). Los Sistemas Agroforestales Tradicionales de México: Una aproximación biocultural. *Botanical Sciences*, 375-398.
- Nair, P. (1993). *An introduction to Agroforestry Systems*. Nairobi, Kenya: ICRAF.
- Pando-Moreno, M., & Villalón-Mendoza, H. (2001). Potential agroforestry species identified in the Tamaulipan thornscrub of north-eastern México. *Agroforestry Today*, 14-15.
- Pequeño-Ledezma, M., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M., Yerena-Yamallel, J., Cuéllar-Rodríguez, L., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT*, 48-53.
- Preston, T. (1996). *Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers*. . Roma : FAO.
- Pugliese, P., & Speedy, A. (1992). *Legume Trees and Other Fodder Trees as Protein*

Sources for Livestock. Roma: FAO .

- Ramírez-Fernández, J., Romer, R., Viera-Décida, F., & Orozco-Esquivel, M. (2000). Provincia Alcalina Oriental Mexicana (PAOM). Caracterización de las Fuentes Magmáticas a través de análisis isotópicos y su relación geodinámica regional. *Unión Geofísica Mexicana, A.C., 2ª. Reunión Nacional de Ciencias de la Tierra* (pág. 252). Jalisco: GEOS.
- Ramírez-Lozano, R., Domínguez-Gómez, T., González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Gómez-Meza, M., Sarquís-Ramírez, J., & Jurado-Ybarra, E. (2013). Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del Noreste de México. *Madera y Bosques*, 59-72.
- Reyna-González, Á., Soto-Borrego, P., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2021). Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el Noreste de México. *Polibotánica*, 107-122.
- Román, M., & Mora, S. (2013). Especies Forestales en el Occidente de México. En E. Salcedo, E. Henandez, J. Vázquez, T. Escoto, & N. Díaz, *Recursos Forestales en el Occidente de México. Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación* (págs. 387-406). México: Amaya Ediciones.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México: Editorial Limusa.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SAGARPA. (2009). *Rodillo Aereador*. México: SAGARPA.
- Sarmiento-Muñoz, T., Alanís-Rodríguez, E., Mata-Balderas, J., Jiménez-Pérez, J., & Treviño-Garza, E. (2015). Caracterización del arbolado de un sistema pastoril-silvícola del Matorral Submontano, Mexico. *Ciencia UANL*, 54-61.
- Scifres, C., & Hamilton, W. (2003). Range habitat management: the tools. 109-132.
- SEMARNAT. (2008). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio estadísticas ambientales*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales .
- Servicio Geológico Mexicano. (2011). *Inventario Físico de los recursos minerales de la carta San Lázaro (G14-C69)*. México : SGM.
- Shannon, C. (1948). The Mathematical Theory of Communication. *Univ. of Illinois Press*, 134-154.
- Somarriba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. *Agroforestry Systems* , 233-240.
- Telles, R., Rosales-Mata, S., García-García, D., Saucedo-Reta, L., & Villalón-

- Mendoza, H. (2020). Productividad de biomasa en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Montemorelos, Nuevo León, México . *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 55-60.
- Valencia, C. (1998.). *Hongos micorrícicos vesículo-arbusculares asociados a plantas silvestres del chile piquín (Capsicum annumm L. var aviculare dunal) en los municipios de Linares y Montemorelos, Nuevo León, México*. Tesis de Maestría: Facultad de Ciencias Forestales.
- Vieira, D. L., Holl, K., & Peneireiro, F. (2009). Agro-Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. *Restoration Ecology* , 451-459.
- Villalón-Mendoza, H., Rocha-Domínguez, L., & Jurado, E. (2001). Vegetación espontánea en un área agrícola en el noreste de México. *BIOTAM*, 1-12.