



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
AGRÍCOLA Y FORESTAL SUSTENTABLE**

TESIS DE MAESTRÍA

**EVALUACIÓN AGROFORESTAL DE ÁRBOLES EN LÍNEA EN EL
MUNICIPIO DE TULANCINGO, HIDALGO**

Para obtener el grado de
Maestra en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

PRESENTA

I.M.R.F. JENIFFER ALEJANDRA PINEDA CABRERA

Director (a)
Dr. Alfonso Suárez Islas

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., México., Marzo de 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
AGRÍCOLA Y FORESTAL SUSTENTABLE**

TESIS DE MAESTRÍA

**EVALUACIÓN AGROFORESTAL DE ÁRBOLES EN LÍNEA EN EL
MUNICIPIO DE TULANCINGO, HIDALGO.**

Para obtener el grado de
Maestra en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

PRESENTA

I.M.R.F. JENIFFER ALEJANDRA PINEDA CABRERA

Director (a)

Dr. Alfonso Suarez Islas

Asesores

Dr. Ramón Razo Zarate

Dr. Juan Capulín Grande

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., Marzo de 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Master's in Sciences and Technology of Agriculture and Forestry

ICAP-MCTAFS/009/2024

MTRA. OJUKY DEL ROCIO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E


Por este conducto se le comunica que el Comité Revisor asignado al alumno **Jeniffer Alejandra Pineda Cabrera**, de la Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable, con número de cuenta **No. 238123**, que presenta el manuscrito de tesis titulado **"EVALUACIÓN AGROFORESTAL DE ÁRBOLES EN LÍNEA EN EL MUNICIPIO DE TULANCINGO, HIDALGO"**, ha autorizado la impresión del mismo.

Sin otro particular, reitero a Usted la seguridad de mi atenta consideración.


ATENTAMENTE

"Amor, Orden y Progreso"

Tulancingo de Bravo, Hgo. a 15 de Marzo del 2024.


Dr. Sergio Hernández León
Coordinador de la Maestría en
Ciencias y Tecnología Agrícola
Forestal Sustentable




Dr. Armando Peláez Acero
Director del ICAP



Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzalco,
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
Teléfono: 771 71 72000 ext 2430
maestria_agricola_forestal@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Agropecuarias

School of Forestry and Environmental Studies

Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Master's in Sciences and Technology of Agriculture and Forestry

COORDINACION DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencias y Tecnología Agrícola y Forestal Sustentable

Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: **"Evaluación agroforestal de árboles en línea en el municipio de Tulancingo, Hidalgo"** que desarrolla el estudiante Jeniffer Alejandra Pineda Cabrera

Asistentes:

Dr. Alfonso Suárez Islas

Dr. Ramón Razo Zarate

Dr. Juan Capulín Grande

Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por Jeniffer Alejandra Pineda Cabrera, comunicando la estudiante, realizó oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. La estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 15 de Marzo 2024

Dr. Alfonso Suárez Islas

Dr. Ramón Razo Zarate

Dr. Juan Capulín Grande

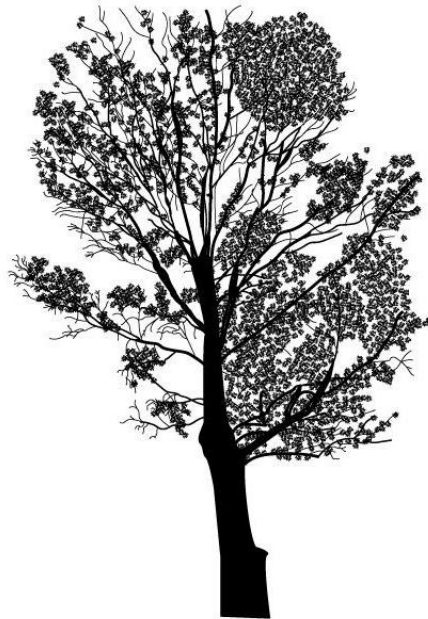
Dr. Sergio Rubén Pérez Ríos

Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzalpa
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
Teléfono: 771 71 72000 ext 2430
maestria_agricola_forestal@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

Este trabajo lo dedico a todos aquellos que depositaron su confianza en mí, a toda la gente que participó en este trabajo de forma directa o indirecta, a mi abuela que guía mis pasos desde donde sea que esté gracias por todo, gracias a la persona que hasta el día no ha soltado mi mano quien me levantó y fue mi soporte en mis días más oscuros gracias amor mío, también se lo dedico a todos los que fueron parte de mi formación académica y que me vieron crecer y evolucionar sin su paciencia esto no sería posible hoy.



AGRADECIMIENTOS:

Sin dudar comienzo agradeciendo a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por abrirme las puertas nuevamente de mi alma mater, por la dicha de seguir siendo parte de su comunidad, por los buenos recuerdos desde sus aulas, por hacerme parte de un todo. A mi director de tesis el Dr. Alfonso Suarez Islas que siempre pronuncio las palabras correctas en todo momento, su motivación, su ánimo cuando me frustraba, cuando me sentía estancada y que durante los dos años de la maestría en pandemia siempre mostro apoyo incondicional, gracias por las pláticas, por la catedra, por los momentos que tomo para escucharme después de cada seminario, por enseñarme el valor y la importancia de los sistemas agroforestales, por hacerme ver que la ciencia no solo se hace en un laboratorio y que todo trabajo es importante, sin sus palabras en el momento adecuado hoy esto no sería posible gracias totales.

A mi comité que desde la licenciatura siempre fue paciente, gracias por ser parte de los bonitos recuerdos en mi formación, porque más que una catedra fue una lección de vida, sin ustedes no vería el bosque de la misma forma y por eso mi respeto y agradecimiento siempre estarán con ustedes.

A mis amigas y a mi novio, gracias porque ustedes me animaron a esforzarme más.

Gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada con el número de apoyo 1036634

ÍNDICE DE CONTENIDO

ACTA DE REVISIÓN	3
ACTA DE REUNIÓN	4
ÍNDICE DE TABLAS	9
INDICE DE FIGURAS	10
ABREVIATURAS.	11
RESUMEN	12
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	13
1.2 REVISIÓN DE LITERATURA	14
1.2.1 Sistemas agroforestales	14
1.2.2 Municipio de Tulancingo de Bravo Hidalgo	15
1.2.3 Árboles en línea en paisajes agropecuarios	17
1.2.4 Sistemas de información geográfica en los SAF	19
1.2.5 Diagnostico agroforestal	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4 OBJETIVO GENERAL	22
1.4.1 Objetivos específicos	22
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.6 HIPÓTESIS	22
CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS	23
2.1 Localización de la zona de estudio	23
2.2 Localización de los segmentos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica	23
2.3 Diseño de Muestreo	23
2.4 Unidades muestrales	23
2.5 Estructura de la vegetación y composición botánica	24
2.6 Índice de valor de importancia	25
2.7 Área basal	25
2.8 Índice de Simpson	25
2.9 Índice de diversidad de Shannon	26
2.10 Estado fitosanitario	26
2.11 Almacenamiento de carbono en las plantaciones en línea	27
2.12 Diagnóstico agroforestal	28
CAPITULO III RESULTADOS	30

3.1 Ubicación de líneas de arboles	30
3.2 Inventario	32
3.3 Estructura y diversidad de árboles	33
3.3.1 Composición florística	33
3.3.2 Estructura horizontal	34
3.3.3 Estructura vertical	34
3.4 Índice de valor de importancia	37
3.5 Índice de diversidad de Shannon	38
3.6 Índice de Simpson	39
3.7 Daños en el arbolado.	40
3.8 Estado Fitosanitario	42
3.9 Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea	46
3.10 Diagnostico	47
3.11 Diagnostico biofísico	47
3.13 Oportunidades y limitaciones	49
3.14 Diagnostico agroforestal.	49
3.15 Diagnostico social	55
3.16 Planes a futuro	55
CAPITULO IV DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	57
CAPITULO V CONCLUSIONES	61
CAPITULO VI PERSPECTIVAS	62
6.1 Propuesta de gestión	62
CAPITULO VII REFERENCIAS	65
ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

Tabla 1	Fórmulas utilizadas para obtención de volumen de las especies leñosas.	27-28
---------	--	-------

Capítulo III

Tabla 2	Tipo de agricultura por unidad muestral.	75
---------	--	----

Tabla 3	Características dasométricas.	33
---------	-------------------------------	----

Tabla 4	Índice de valor de importancia por especie.	37
---------	---	----

Tabla 5	Índice de diversidad de Shannon.	38
---------	----------------------------------	----

Tabla 6	Índice de Simpson.	39
---------	--------------------	----

Tabla 7	Carbono en la biomasa aérea.	46
---------	------------------------------	----

Tabla 8	Localidades y longitud de los segmentos de muestreo de árboles en línea en Tulancingo, Hidalgo.	47
---------	---	----

Tabla 9	Interacción de las especies leñosas y cultivos más común mente encontrados.	51
---------	---	----

Capítulo IV

Tabla 10	Localidades y su grado de marginación.	60
----------	--	----

INDICE DE FIGURAS

Capítulo III

Figura 1	Localización de árboles en línea dentro el paisaje agropecuario.	30
Figura 2	Localización de los segmentos de muestreo.	31
Figura 3-4	Toma de datos en el inventario.	32
Figura 5	Distribución de clases diamétricas.	34
Figura 6	Perfil de árboles en línea puras, en los segmentos de muestreo Tulancingo, Hidalgo.	35
Figura 7	Perfil de árboles en línea mezclada, en los segmentos de muestreo Tulancingo, Hidalgo.	36
Figura 8-9	Daños en el arbolado.	40-41
Figura 10	<i>Glycaspis brimblecombei</i> , en segmentos de muestreo.	42
Figura 11-12	<i>Stenomacra marginella</i> en los segmentos de muestre.	43
Figura 13-14	<i>Acronyctodes mexicanaria</i> .	44
Figura 15-16	Escarabajo encontrado en los segmentos de muestreo.	45
Figura 17	Segmentos de muestro con uso de aguas residuales.	48
Figura 18	Finalidad de la producción	52
Figura 19	Tipo de ganado	53
Figura 20	Obtención de alimento para ganado.	54

ABREVIATURAS.

SAF	Sistemas agroforestales
SIG	Sistemas de información geográfica
INEGI	Instituto Nacional de Información y Geografía
FAO	Food and Agriculture Organization
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
ONU	Organización de las Naciones Unidas
UTM	Universal transversal de Mercator
DAP	Diámetro a la altura del pecho
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
COESPO	Consejo Estatal de población
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
INAFED	Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal
SGM	Servicio Geológico Mexicano
GPS	Global Positioning System
QGIS	Quantum GIS

RESUMEN

Los árboles son parte integral del paisaje agrícola en todas las regiones del mundo, del total del área estimada como tierra agropecuaria, un poco más de 1000 millones de hectáreas están ocupados por sistemas agroforestales, la agroforestería en sus numerosas formas, y los árboles fuera de los bosques, son esenciales para la seguridad alimentaria y la mitigación de la pobreza. Dentro del municipio de Tulancingo, Hidalgo, se identificaron amplias extensiones de terrenos agrícolas intercalados o divididos por líneas de árboles de diferentes especies y tamaños, que presentaban características similares a los sistemas agroforestales descritos en la literatura. La presente investigación busca generar información detallada sobre el estado de los árboles en línea presentes en el paisaje agropecuario del municipio para proponer acciones de gestión sustentable. Mediante el uso de sistemas de información geográfica se localizaron líneas de árboles con una longitud total de 18,108 m, se inventario los árboles vivos y muertos con diámetro normal mayor o igual a 10 cm, se efectuó la identificación botánica de las especies en campo. La especie más abundante fue *Eucalyptus camaldulensis* con el 24.2 %, seguido por *Salix humboldtiana* con 19.8%, seguido por *Salix Babylonica* 11.5 %, otras 18 especies menos abundantes representaron en conjunto un 44.5% de los individuos. Los sistemas agroforestales del paisaje agropecuario de Tulancingo, (árboles en línea) son un recurso natural importante a nivel ecológico por su diversidad, estructura y su relación con servicios ambientales y los productos derivados que se pueden obtener para uso del productor y de otras especies. Los resultados obtenidos en el presente trabajo abren la posibilidad para que los sistemas de este tipo en climas templados sean considerados como un recurso de mayor valor e importancia para sector forestal en México.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

En la mayor parte del mundo, en uno u otro periodo de su historia, ha existido la práctica de combinar árboles y cultivos agrícolas (King, 1987). A este sistema de uso de la tierra, se le ha dado el nombre genérico de agroforestería (Farrell y Altieri, 1997). Se puede definir a la agroforestería como una forma exitosa de uso de la tierra que logra una mayor producción y estabilidad ecológica (Ramachandran, 1993). Implica una serie de técnicas que incluyen la combinación de árboles y cultivos alimenticios (Mendieta y Rocha, 2007). La importancia radica en la obtención de productos de forma directa y que contribuyen al desarrollo económico de la comunidad donde están presentes (Román, Mora, y González. 2016). Aunque la agroforestería ha sido practicada desde los inicios de la agricultura, pero su reconocimiento como disciplina científica no tiene más de 30 años (Nair y Garrity, 2012).

Cercas vivas, setos barreras vivas líneas de árboles y arbustos y rompevientos son ejemplos de plantaciones lineales, son útiles en propiedades de todo tamaño pero especialmente en propiedades pequeñas y ofrecen muchas oportunidades para la producción de bienes y servicios de interés y son una tecnología agroforestal comúnmente promovida (Somarriba, 2001). Las plantaciones de árboles “en línea” pueden separarse en tres grupos con características similares: 1) barreras vivas y cultivos en callejones; 2) cercas vivas y setos; 3) cortinas rompevientos y linderos (Méndez, 1998). Las cercas vivas y las cortinas rompevientos demarcan parcelas de cultivos anuales o perennes, o como límite de fincas (Mendieta y Rocha, 2007).

La función de las cortinas rompevientos, es el control de la erosión del suelo causada por el viento (Faustino, 1998). Los linderos maderables son plantaciones lineales de árboles que delimitan espacialmente una propiedad y cuyo fin es producir madera y/o postes (Beer, 1998). En el Estado Hidalgo de cada 100 hectáreas 64 son de uso agropecuario, sólo tres son superficie con bosque o selva y menos de una no tiene vegetación (INEGI, 2007). La importancia del sector agropecuario para el estado de Hidalgo radica en que en promedio 9%, la población económicamente activa trabaja en alguna actividad relacionada con este sector, y 62.8% de la población vive en zonas rurales (Ayala, 2010). Dentro del municipio de Tulancingo, Hidalgo, se identificaron amplias extensiones de terrenos agrícolas intercalados o divididos por líneas de árboles de diferentes especies y tamaños, que presentaban características similares a los sistemas agroforestales descritos

en la literatura. El municipio cuenta con muy pocos proyectos e investigaciones sobre los sistemas agroforestales, entre estos se incluyen sus usos, su manejo, importancia ecológica, ambiental entre otros. La presente investigación busca generar información detallada sobre el estado de los árboles en línea presentes en el paisaje agropecuario del municipio para proponer acciones de gestión sustentable.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1 Sistemas agroforestales

El estudio formal y la promoción de los Sistemas Agroforestales (SAF) comenzaron a finales de los años 70 inicialmente (Beer et al, 2003). Los árboles son parte integral del paisaje agrícola en todas las regiones del mundo, del total del área estimada como tierra agropecuaria (2220 millones de hectáreas), un poco más de 1000 millones de hectáreas están ocupados por sistemas agroforestales (CATIE, 2012). La finalidad es incrementar la producción de los sistemas agrícolas, reducir los insumos y, en consecuencia, los costos de producción, un aumento de la producción, puede contribuir a mejorar la salud y la nutrición de la población, además pueden proporcionar una amplia variedad de servicios ambientales (FAO, 2018). La agroforestería en sus numerosas formas, y los árboles fuera de los bosques, son esenciales para la seguridad alimentaria y la mitigación de la pobreza (FAO, 2016).

Los árboles fuera del bosque son poco reconocidos en las estadísticas oficiales; en consecuencia, no se consideran en la toma de decisiones ni en la programación de políticas al nivel nacional (CATIE, 2012). La agroforestería puede ser especialmente importante para los pequeños agricultores ya que genera diversos productos y servicios (FAO, 2018). Estos sistemas pueden cumplir diferentes funciones y proveer múltiples servicios mientras protegen los recursos naturales, favorecen la diversidad y almacenan buena cantidad de carbono (Lacayo, 2013). Los SAF con altas densidades de especies arbóreas incrementan el potencial de fijación de carbono (Román et al, 2016 citado de Anguiano et al. 2013), pueden fijar y almacenar entre 12 y 228 t C ha⁻¹, lo cual representa entre el 20 y 46% del carbono secuestrado en bosques primarios (Ortiz, 2008). Estos sistemas son una herramienta complementaria para la conservación y deben ser incorporados en el manejo de los paisajes para conservar y proteger los fragmentos de bosque remanentes y aumentar la cobertura arbórea (Beer et al. 2003), ya pueden desempeñar una función importante en la

conservación de la diversidad biológica, dentro de los paisajes deforestados y fragmentados suministrando hábitat y recursos (Mendieta y Rocha, 2007).

En México los sistemas agroforestales tienen una larga historia desde la época precolombina, y son utilizados en regiones del país con diferentes propósitos (Moreno, Toledo y Casas 2013). Que se expresan en paisajes y sistemas etnoagroforestales de reciente creación (Moreno et al. 2019). Durante largos períodos de tiempo, diversos grupos culturales a través de sus comunidades, familias e individuos han manejado los elementos de la naturaleza, creando nuevos sistemas ecológicos (Moreno et al. 2013). Los sistemas agroforestales de los pueblos de México están bajo la presión de diversos factores que han determinado cambios negativos (Calles, Toledo y Casas, 2013).

Entre las prácticas más frecuentemente encontradas en los SAF de México están los denominados en la literatura agroforestal como: árboles dispersos, franjas contra la erosión, barreras rompe-vientos, islas de vegetación, cercos vivos, linderos, árboles en callejones, relictos de vegetación, entomoagroforestería y piscicultura con árboles (Moreno et al. 2019). En México el estudio de los sistemas agroforestales es aún fragmentado, no sólo por la escasez de estudios dirigidos específicamente a documentar sistemas y prácticas agroforestales, sino también porque esta forma de manejo de los ecosistemas y paisajes se encuentra en constante creación, transformación y desarrollo (Moreno, 2014). En México la investigación en sistemas agroforestales hasta el 2013 se estimaba en 737 trabajos de investigación sobre diferentes sistemas agroforestales, se registran trabajos desde 1912 de manera discontinua, la mayoría de los trabajos han sido escritos en español (72%; 531 trabajos) y un importante número en inglés (27%; 199 trabajos), un total de 38 instituciones mexicanas han realizado algún tipo de publicación en la temática (Moreno, 2014).

1.2.2 Municipio de Tulancingo de Bravo Hidalgo

Se localiza en el centro-oriente de la República Mexicana, entre las coordenadas: 98°30'07.92" a 98°14'47.76" de longitud oeste, y 20°03'07.92" a 20°12'44.28" de latitud norte; con una superficie 218.45km²; en la mayor parte de su territorio domina un valle situado a 2148 m.s.n.m., (SEDESOL, 2013). El clima de este municipio es semiseco templado y templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas promedio de entre 12 y 16°C con una precipitación media de 500 a 900 mm anuales, el uso de suelo y vegetación que predomina en el municipio es la

agricultura, la zona urbana así como el bosque, pastizal y matorral (INEGI, 2009). En el municipio de Tulancingo, existen 80 localidades con un población total de 168,369 habitantes hasta el 2020, 47.4% hombres y 52.6% mujeres (COESPO, 2020). Con una urbanización de tipo metropolitano (SEDESOL, 2020). El uso de vegetación y suelo en el municipio se distribuye en agricultura (63.73%), zona urbana (18.12%) bosque (12.0%), pastizal (5.0%) y matorral (1.0%) (INEGI, 2009).

De acuerdo con el censo agropecuario INEGI de 2007 se menciona que:

En Hidalgo el 60.2% de las unidades de producción agrícola no supera las dos hectáreas de superficie, el municipio de Tulancingo junto con otros municipios de la comarca minera, tienen más de 61.9% y menos de 72.4% de sus unidades de producción con dos hectáreas de superficie como máximo, las características geográficas y el clima en la mayor parte de la superficie es propicia para la producción en tierras de temporal, por lo que 58.7% de la superficie dedicada a la agricultura es de este tipo y sólo 41.3% es de riego, En cuanto a la fuente del agua para riego, 60.8% se obtiene de presas y 18.6% de ríos. Otras fuentes menos utilizadas son el pozo profundo y el bordo u hoyo de agua. El municipio es el 7to productor de pasto cultivado, el 2do en ganado bovino, 92 de cada 100 ejemplares están destinados sólo a la producción de leche y aproximadamente siete de cada 100 es de doble propósito.

Colinda al norte con los municipios de Acatlán, Metepec y Acaxochitlán; al este con los municipios de Acaxochitlán y Cuauhtepic de Hinojosa; al sur con los municipios de Cuauhtepic de Hinojosa, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero y Singuilucan y al oeste con los municipios de Singuilucan y Acatlán, se ubica al Sureste del estado, con una urbanización de tipo metropolitano (SEDESOL, 2020). La zona de estudio presenta suelos Feozems que son suelos fértiles y aptos para el cultivo, si bien son sumamente proclives a la erosión. Con frecuencia son suelos profundos y ricos en materia orgánica. Vertisoles son suelos sumamente arcillosos que se desarrollan en climas de subhúmedos a secos (SEMARNAT, 2002). La topografía de la mayor parte del municipio presenta una superficie semi-plana, cortada por cañadas, barrancas, cerros y volcanes. Ubicado en el Eje Neovolcánico formado por llanuras principalmente, y por sierra en menor proporción. En su relieve uno de los cerros más importantes es el del "Tezontle", quien debe su nombre a la piedra volcánica que lo forma, misma que se utiliza para recubrimiento de carreteras, para la fabricación de block y si los componentes de la piedra la hacen muy fina esta se utiliza como sustituto de arena (INAFED,

2020). Al noreste de Tulancingo se encuentran dos aparatos volcánicos conocidos como cerros El Abra y El Napateco, los cuales se elevan a 300 m sobre el nivel del valle. (SGM, 2021).

*El municipio de Tulancingo fue conocido con el primer nombre de N' gumu nombre otomí que significa la casa del patrón, que traducido para los hablantes del Náhuatl es Tollantzinco, detrás del tule o lugar de la ciudad antigua o primera ciudad mantiene vestigios de influencia tolteca y teotihuacana con permanencia constante de grupos Otopames. En 1520 entre las alianzas de Hernán Cortez contra los aztecas se unen tlaxcaltecas y Tollanzincas por lo cual se puede mencionar que más allá de una rendición o sometimiento registrado en 1525 por parte de los españoles existió una alianza desde antes. En la época colonial Tulancingo se conocía como un distrito el cual abarcaba desde el municipio de Huehuetla, Hidalgo hasta los límites del municipio, en la obra literaria de Enrique Flores Cano cita a este distrito como un lugar como antecedente de la época de independencia. En época de revolución Agustín Olvera cacique importante de la región es el encargado de la repartición de las tierras ahora ejidales y cofundador de la Confederación Nacional Campesina. El municipio presenta dudas dentro de sus límites territoriales debido a una donación de tierras al ejido Santiago perteneciente al municipio de Santiago Tulantepec la hoy antigua hacienda de Exquiltán, y que en su momento era parte de Tulancingo esto ha derivado como resultado un constate problema a los ocupantes de los límites entre ambos municipios.

* (L. L. Amador, comunicación personal, 7 de octubre de 2021).

1.2.3 Árboles en línea en paisajes agropecuarios

Desde hace tiempo se reconoce que la existencia de árboles en las explotaciones agrícolas es beneficiosa porque protegen, y aumentan la fertilidad del suelo, proporcionan forraje, leña y material de construcción a los hogares rurales. Ayudan también a mejorar el paisaje y mantener la biodiversidad (Holding, 2003). En México podemos apreciar paisajes que son producto de la acción humana, que complementan nuestro entorno natural, líneas de árboles entre los campos de cultivo y ganado, espacios ubicados en medio de extensas pasturas y cultivos, que albergan gran variedad de plantas nativas y diversos organismos que llegan a contribuir de manera importante al sustento de los productores. La diversidad biológica que albergan los árboles fuera del bosque es significativa. Estas son propiciadas por el hombre, pero sin estar bajo protección, estas formaciones

vegetales permiten tanto la conservación como el aprovechamiento de los recursos naturales (Pedraza, 2017).

La agroforestría permite la diversificación en la producción, a la par que genera beneficios adicionales ambientales, sociales y económicos. Las etnociencias y el conocimiento campesino no son caprichos, los paisajes agrosilvopastoriles han demostrado ser sustentables, aunque la agricultura a menudo está asociada a la deforestación masiva, los científicos del Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF) han demostrado mediante un estudio de imágenes detalladas de satélite- que prácticamente la mitad de todos los paisajes agrícolas del mundo incluye una cubierta forestal considerable. (Ibáñez, 2010).

Más del 35 por ciento de las pasturas en América Central están en un estado avanzado de degradación, es posible restaurar éstas áreas mediante el uso de árboles y arbustos de finalidades múltiples que, además de proporcionar beneficios ambientales, hacen sostenibles los sistemas ganaderos (Szott, 2000). Las cercas vivas y cortinas rompevientos son hábitats creados por el hombre que son transformados paulatinamente por los procesos de la sucesión natural de la vegetación. La composición de especies depende de las condiciones ecológicas locales lo mismo que de las preferencias iniciales de los ganaderos y no necesariamente de la naturaleza del banco de semillas del bosque natural (Naranjo, 2003).

Los árboles en línea se clasifican en cortinas rompevientos que son hileras de árboles y/o arbustos de diferentes alturas, dispuestas en sentido opuesto a la dirección principal del viento y son usados para regular las condiciones microclimáticas. Los linderos maderables son plantaciones de árboles en una hilera en los límites de la finca o sus divisiones internas para diversificar y/o aumentar la productividad. En zonas agrícolas se debe sacrificar el menor terreno posible. En terrenos muy pequeños pueden usarse cortinas angostas, a veces de sólo una hilera; es decir, un lindero arbóreo o cerca viva. (Beer, 2002).

1.2.4 Sistemas de información geográfica en los SAF

Los sistemas de Información Geográfica (SIG), son "un conjunto interactivo de subsistemas orientados hacia la captura y organización de la información georreferenciada" (Saenz, 1992), y que suministran elementos para la toma de decisiones. Los SIG principalmente se utilizan para evaluar coberturas vegetales de ecosistemas inventarios forestales y dinámica del medio biótico y abiótico. Además, los metadatos del SIG se pueden combinar con imágenes de satélite para evaluar el manejo de los agroecosistemas con base en cambios temporales. (Bautista et al. 2018).

1.2.5 Diagnostico agroforestal

Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra que puede incrementar, mejorar y diversificar la producción de la tierra, se centra en el análisis de la naturaleza compleja del sistema y de las interacciones de otros componentes el diagnostico exige el análisis biofísico y humano (Somarriba, 2009). Los diagnósticos proporcionan información sobre la ubicación del lugar de forma georeferenciada, el uso de la tierra, la superficie, oportunidades, limitaciones de la tierra, estructura y composición familiar, y bienes y servicios que produzcan las especies arbóreas (Vega, 2005).

Somarriba (2009) menciona que la:

Peculiaridad del diagnóstico agroforestal dentro del análisis de sistemas de finca es que se centra en el componente leñoso de la finca. El diagnóstico tiene dos fases consecutivas la primera: diagnóstico del estado actual de la propiedad y de sus sistemas agroforestales, y posteriormente el diseño de recomendaciones agroforestales. En el diagnóstico de la propiedad debe tomar en cuenta, al menos, las siguientes dimensiones: biofísico, agroforestal, social y económico – financiero En el diagnóstico biofísico: el equipo analista evalúa las características biológicas y físicas de la finca y de sus usos de la tierra, identificando las oportunidades que estos ofrecen para mejorarlos agroforestalmente El equipo analista debe reflexionar sobre la metodología de fortalezas y debilidades de la finca y de sus usos de la tierra para mejorar los sistemas agroforestales allí presentes.

El Diagnóstico agroforestal, pretende responder a estas preguntas mediante el muestreo de la vegetación y la entrevista con los productores ¿Dónde están las leñosas perennes de la finca? ¿En cuáles sistemas de cultivo o líneas? ¿Cuáles son? (Composición botánica) ¿Cuántas son? (Abundancias) ¿Qué bienes y servicios proveen al productor? ¿Qué efectos provocan sobre los otros componentes de los sistemas de cultivo? (Interacciones). Diagnóstico social: la composición familiar, ciclo de vida, herencias, etc. La visión al futuro limitaciones y oportunidades, la entrevista, se hace con la participación de todos los miembros, utilizando formularios y listas de temas para discutir. Diagnóstico económico – financiero: prioridades, tierra, mano de obra, capital, tenencia, coeficientes técnicos, indicadores financieros, factores externos, mercados, precios, comercialización, legislación (especialmente, forestal), asistencia, etc. Todo a través de entrevistas y formularios.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En el municipio de Tulancingo se identifica la presencia de árboles y arbustos en línea de diferentes especies, cuyo origen y propósito se desconoce ya que no ha sido documentado, pero que tienen una estrecha relación con el uso de la tierra y las corrientes de agua, brindando beneficios ecológicos, económicos y culturales a los productores agropecuarios. El área de estudio seleccionada como el paisaje agropecuario de Tulancingo, cumple con las características idóneas para hacer una evaluación a profundidad sobre la presencia de la vegetación leñosa inducida alineada a corrientes de agua, caminos y linderos, y que aparentemente podría cumplir con la definición de un sistema agroforestal por la interacción con los componentes agrícolas y pecuarios de las unidades de producción. El propósito del presente trabajo es evaluar los árboles en línea (plantados), en el paisaje agropecuario del municipio de Tulancingo, Hidalgo, para proponer estrategias de gestión sustentable de este recurso natural.

Dado que no existe información sobre este tema en la región, es importante contar con ella, como un insumo básico para la elaboración de planes de gestión y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del paisaje agropecuario y con ello poder contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible que plantea la ONU. Dichos objetivos persiguen erradicar la pobreza, mejorar las condiciones de vida de la población y lograr la rápida transición a una economía baja en emisiones de carbono y resiliente al cambio climático, para promover la prosperidad y la seguridad de las generaciones presentes y futuras (ONU, 2015).

1.4 OBJETIVO GENERAL

Evaluar mediante métodos de diagnóstico agroforestal las plantaciones de árboles en línea presentes en el municipio de Tulancingo, para proponer estrategias de gestión sustentable de este recurso natural a nivel de paisaje.

1.4.1 Objetivos específicos

- Identificar la distribución espacial de los árboles en línea y cuantificar su extensión dentro de los sistemas agroforestales, mediante sistemas de información geográfica.
- Determinar la estructura y composición botánica así como el estado fitosanitario y contenido de carbono de la biomasa aérea de los árboles en línea.
- Documentar el manejo tradicional de los árboles en línea, así como los beneficios y limitaciones en los agroecosistemas.
- Proponer estrategias de gestión sustentable de los árboles en línea y medidas para su fomento y prevención de deterioro.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Tulancingo, Hidalgo se localiza árboles en línea, sobre las cuales no se conoce sobre su origen, manejo y beneficios, que este tipo de vegetación proporcione a los dueños y poseedores de terrenos de uso agropecuario y si pueden ser considerados como parte de un sistema agroforestal. Esta es un limitante para su gestión integral como uno de los recursos naturales de este territorio y su contribución a la sustentabilidad del paisaje agropecuario y entorno urbano.

1.6 HIPÓTESIS

Los árboles en línea son un recurso natural importante para los productores agropecuarios del municipio de Tulancingo por los servicios ambientales y los productos derivados que se pueden obtener dentro de estos sistemas agroforestales.

CAPITULO II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización de la zona de estudio

La zona de estudio se localiza en el municipio de Tulancingo de Bravo en el Estado de Hidalgo.

2.2 Localización de los segmentos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica

Las líneas de árboles en el municipio se ubicaron en primera instancia mediante el uso de sistemas de información geográfica. Se emplearon imágenes proporcionadas por Bing Satélite bajo una proyección WGS 84 y con coordenadas UTM zona 14N, ID: EPSG 32614, y se procesaron con el programa Qgis 3.1. Se identificaron todas las plantaciones lineales en el paisaje agropecuario dentro de los límites territoriales del municipio de Tulancingo, Hidalgo establecidos en la carta topográfica del estado de Hidalgo (INEGI, 2017).

2.3 Diseño de Muestreo

Todas las plantaciones lineales se dividieron en segmentos de 50 metros definidos como unidades muestrales y se codificaron con números consecutivos obteniendo un total de 317 segmentos. Se utilizó un muestreo simple aleatorio, el cual es una aplicación práctica del cálculo de probabilidades, el muestreo carece de errores sistemáticos y puede calcularse la precisión de los resultados, la idea fundamental de este tipo de muestreo es que las unidades tienen la misma posibilidad de ser escogidas (Espinoza, 2006).

2.4 Unidades muestrales

El tamaño de la muestra fue de 50 segmentos de 50 m, de longitud.

Para obtener estimaciones con un confiabilidad del 90% se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 1

$$n = \frac{(Z)^2(p)(q)(N)}{(N)(E)^2 + (p)(q)(Z)^2}$$

Donde:

- Z= Nivel de confianza, 90%
- E= Margen de error, 10%

- N= Población, 317 segmentos
- p= Éxito, 32 segmentos representando el 10% de la población
- q= 1-p

Sustitución

$$n = \frac{(1.62)^2(0.32)(0.68)(317)}{(317)(0.1)+(1.62)^2(0.68)(0.32)} = \frac{(1.62)^2(0.68)(0.32)(317)}{(317)(0.1)+(1.62)^2(0.68)(0.32)} = 50 \text{ unidades muestrales}$$

La selección de la muestra al azar de 50 segmentos se efectuó con el programa de Excel del paquete Office. Los 317 segmentos representan el 100 de la población los cuales se localizaron dentro de parcelas donde la agricultura de riego es 72.88 % y el 27.12 % es de temporal esto fue la que se apreciaba en las imágenes satelitales y que fue corroborado en campo.

Se realizó un inventario forestal en cada uno de los segmentos seleccionados en la muestra. Sobre el terreno se trazó un transecto de 50 metros de longitud con una cinta métrica y se registró la localización geográfica del punto de inicio y final con un GPS marca Garmin modelo GPSMAP 62.

2.5 Estructura de la vegetación y composición botánica

En cada unidad muestral, se identificaron las especies leñosas, a través de la determinación botánica preliminar en campo utilizando como apoyo la aplicación Enciclovida de la CONABIO, para las especies que no pudieron ser identificadas en campo, se colectaron muestras botánicas que se llevaron al laboratorio de botánica del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la UAEH, para su posterior identificación, para los cálculos posteriores de volumen y biomasa. Se midió la altura total y a la primera rama viva de la vegetación leñosa presente en los segmentos como el clinómetro Vertex III y su receptor auxiliar (transponder). Posteriormente se midió el diámetro normal (a 1.3 m de altura) con una cinta diamétrica todos los árboles y arbustos vivos y muertos con un diámetro mayor a 10 cm (Navia, 2017). Así mismo se cuantificaron el número de árboles y arbustos de cada especie por segmento de muestreo mediante un conteo directo.

2.6 Índice de valor de importancia

Se determinó el índice de valor de importancia (IVI), bajo la premisa de que la variación en la composición florística es una de las características más importantes que deben ser determinadas en el estudio de una vegetación. (Curtis y McIntosh, 1951), El índice se calculó mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa, y la dominancia relativa (Campo, 2014).

Ecuación 2.

$$IVI = Fr + Dr + Dor$$

- Frecuencia relativa = (Frecuencia de la sp / Frecuencia de todas las spp) x 100.
- Densidad relativa = (Núm. de individuos de la especie/ Núm. total de individuos) x 100
- Dominancia relativa = Dominancia de la sp x 100, Dominancia de todas las spp.

2.7 Área basal

El área basal está dada en función del diámetro normal o su circunferencia del fuste del árbol (Aguirre, 2013), ésta se calcula mediante las formula:

$$d: \text{Área basal (G)} = 0.7854 \times (\text{DAP})^2.$$

2.8 Índice de Simpson

El concepto de diversidad ha sido ampliamente discutido por quienes consideran a la diversidad como una propiedad medible intrínseca de la comunidad, definida como el promedio de la rareza de especie. Distintos autores coinciden en señalar que el índice de diversidad está formado por dos componentes: el número de especies o riqueza de especie y la abundancia o equilibrio de especie (Bouza, 2005).

Espinosa, 2019 menciona que:

El índice de Simpson da más importancia a la abundancia de especies y considera tanto la riqueza como la uniformidad de las especies:

Ecuación 3

$$D = \frac{S}{\sum_{i=1}^S p_i^2} \quad D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

Donde S es el número de especies y pi es la proporción de cada especie.

El valor de D oscila entre 0 y 1:

- Si el valor de D da 0, significa diversidad infinita.
- Si el valor de D da 1, significa que no hay diversidad.

El índice de Simpson (D) tiene la tendencia de ser más pequeño cuando la comunidad es más diversa.

2.9 Índice de diversidad de Shannon

Se estimó la biodiversidad específica con el índice de Shannon, el cual refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, este índice normalmente toma valores entre 1 y 4, donde valores por encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos", valores entre 0.0 – 1.5 son “bajos” y de 1.6 – 3 son “aceptables” (Navia, 2017).

Se calculó como lo menciona Asigbaase, *et al.* 2019.

Ecuación 4.

$$H = -\sum p_i (\ln p_i)$$

- p_i es igual a n_i / N , donde n_i es el número de individuos por especie i y N es el número total de individuos del estudio, por lo tanto, p_i es la proporción de individuos en la especie i .
- H : normalmente toma valores entre 1 y 4.5. Valores encima de 3 son típicamente interpretados como “diversos”.

2.10 Estado fitosanitario

Las especies arbóreas se evaluaron como: vivos o muertos, enfermos y/o plagados, en los arboles plagados se registraron por categoría de organismo dañino: descortezadores, defoliadores, plantas parásitas, barrenadores, chupadores, plagas de raíz, plagas de conos, enfermedades vasculares (Cibrián, 2007).

2.11 Almacenamiento de carbono en las plantaciones en línea

Para estimar el contenido de carbono en la biomasa de las especies arbóreas, primero se obtuvo su volumen, a través de ecuaciones alométricas que utilizan como variable independiente el d y la h. Posteriormente se calculó el coeficiente mórfico, esto se realiza en arbolado igual o mayor a 10 centímetros de diámetro a 1.3 metros a la altura del pecho como se muestra en la tabla 1, (Roncal et al. 2008). Para las especies poco abundantes y no tan comercializadas en la industria forestal se utiliza la ecuación de volumen de Helder, 2012, debido a que no se tiene referencia de ecuación alométricas existente.

Tabla 1

Ecuaciones utilizadas para obtención de volumen de las especies leñosas.

Especie	Volumen	Descripción de la ecuación	Referencia
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh <i>Eucalyptus globulus</i> Labill	$\text{Log(vol cc)} = a + b \text{ Log } d + \text{Log } h$	$\text{Log(vol cc)} = -9.68805616 + 1.591185 \times \text{Log}(d) + 1.204418 \times \text{Log}(h)$	Muñoz (2003)
<i>Salix humboldtiana</i> Willd <i>Salix bonplandiana</i> Kunth <i>Salix babylonica</i> L.	$\text{Vol} = a \times \text{DAP}^b$	$\text{Vol} = 0.000344106 \times d$	Maggio, 2014.
<i>Pinus greggii</i> Engelm ex Parl	${}^1\text{Vtacc} = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2} + b_0 \cdot d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = b_0 \cdot d^2$	${}^1\text{Vtacc} = 0.0000622 \times d^4 + 1.9635088 \times h^4 + 0.8628189 + 0.0000708 \times d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = 0.0000708 \cdot d^2$ Volt = vtacc + vramcc	ITES, 2016.
<i>Pinus montezumae</i> Lamb	${}^1\text{Vtacc} = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2} + b_0 \cdot d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = b_0 \cdot d^2$	${}^1\text{Vtacc} = 0.0000628 \times d^{2.1220747} \times h^4 + 0.6904684 + 0.0001136 \times d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = 0.0000959 \times d^2$ Volt = vtacc + vramcc	ITES, 2016.
<i>Pinus pseudostrobus</i> Brougn.	${}^1\text{Vtacc} = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2} + b_0 \cdot d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = b_0 \cdot d^2$	${}^1\text{Vtacc} = 0.0000429 \times d^{1.9369366} \times h^4 + 1.0316884 + 0.0000884 \times d^2$ ${}^2\text{Vramcc} = 0.0000580 \times d^2$ Volt = vtacc + vramcc	ITES, 2016.

Cupressus lusitanica var.
Lindleyi (Klotzsch ex
Endl.) Carrière

Buddleja cordata Kunth
Ligustrum lucidum W.T.
Aiton

Fraxinus uhdei (Wenz.)
Lingelsh.

Prunus serótina Ehrh
Alnus acuminata subsp.
glabrata Furlow

$$\text{Vol} = d^2 \times \pi / 4 \times h \times \text{fm}$$

$$\text{Vol} = d^2 \times 0.7854 \times h \times 0.4875 \quad \text{Helder, 2012.}$$

Schinus molle L.
Taxodium huegelli
A. Henry

Populus alba L.
Populus deltoides W.
Bartram ex Marshall

Pyrus communis L.
Crataegus mexicana DC.
Casuarina equisetifolia L.

Para la obtención de carbono en toneladas por ha se utilizó la ecuación de Ordoñez, (2008) modificada. La modificación es en la expresión de las unidades originales a tC/km.

$$\text{CAER} = \text{E.R.} \times \delta \times \text{CC.}$$

- CAER = carbono almacenado por especie y ha tC/ha
- E.R. = existencias reales en m3/ha
- δ = densidad de la madera para cada especie expresada en t/m3
- CC = contenido de carbono (valor por defecto IPCC, 2003)= 0.45

2.12 Diagnóstico agroforestal

El diagnóstico agroforestal requiere conocer aspectos sociales, económicos, biofísicos y agroforestales para el mejoramiento en los sistemas existentes.

Para iniciar el trabajo se realizaron pláticas informativas informales con los dueños o poseedores de las unidades productivas agropecuarias, de igual manera con asociaciones de productores e instituciones de gobierno, para darles a conocer las actividades de la investigación y la forma de trabajo (Suárez et al. 2011), posteriormente se realizaron entrevistas personales semi-estructuradas a los dueños o gestores de la tierra (Ballesteros, 2003). Con la finalidad de conocer las prácticas

de manejo aplicadas a las especies leñosas, productos y servicios obtenidos de los sistemas agroforestales (madera, leña, frutos, semillas, forraje, sombra, belleza escénica), gustos, preferencias e importancia para los dueños de este tipo de sistema, además, el uso de suelo se evaluaron con respecto a la información brindada por los habitantes dueños o sus manejadores así como vecinos de la zona, para esto se realizó un análisis cualitativo (Somarriba, 2009).

Se identificaron los objetivos, visión al futuro, oportunidades y limitaciones que se tienen para esas zonas, por parte de los dueños o poseedores de la tierra. Se identificaron las especies con potencial (económico, social, ambiental) para ser combinadas con lo ya existente en el lugar

CAPITULO III RESULTADOS

3.1 Ubicación de líneas de arboles

Mediante el uso de sistemas de información geográfica se localizaron 100 líneas de árboles (Figura 1) con una longitud total de 18,108 m, en la zona la mayoría de las líneas de árboles presentaron longitudes mayor o menor a los 100 m requeridos para la evaluación tal cual lo mencionaba la literatura por tal motivo se decidió reducir la longitud de los segmentos, de esta manera, la longitud total se dividió en 317 segmentos de árboles en línea de 50 m de longitud cada uno y se identificaron en el programa Qgis con un número consecutivo obteniendo como resultado una longitud total de 15,850 m de árboles en línea en el municipio de Tulancingo. De los 50 segmentos muestreados el 86% se encuentra en parcelas de agricultura de riego, el 4% de temporal y un 10% presenta de ambos tipos. Se muestra en el anexo tabla 2

Figura 1

Localización de árboles en línea dentro el paisaje agropecuario.

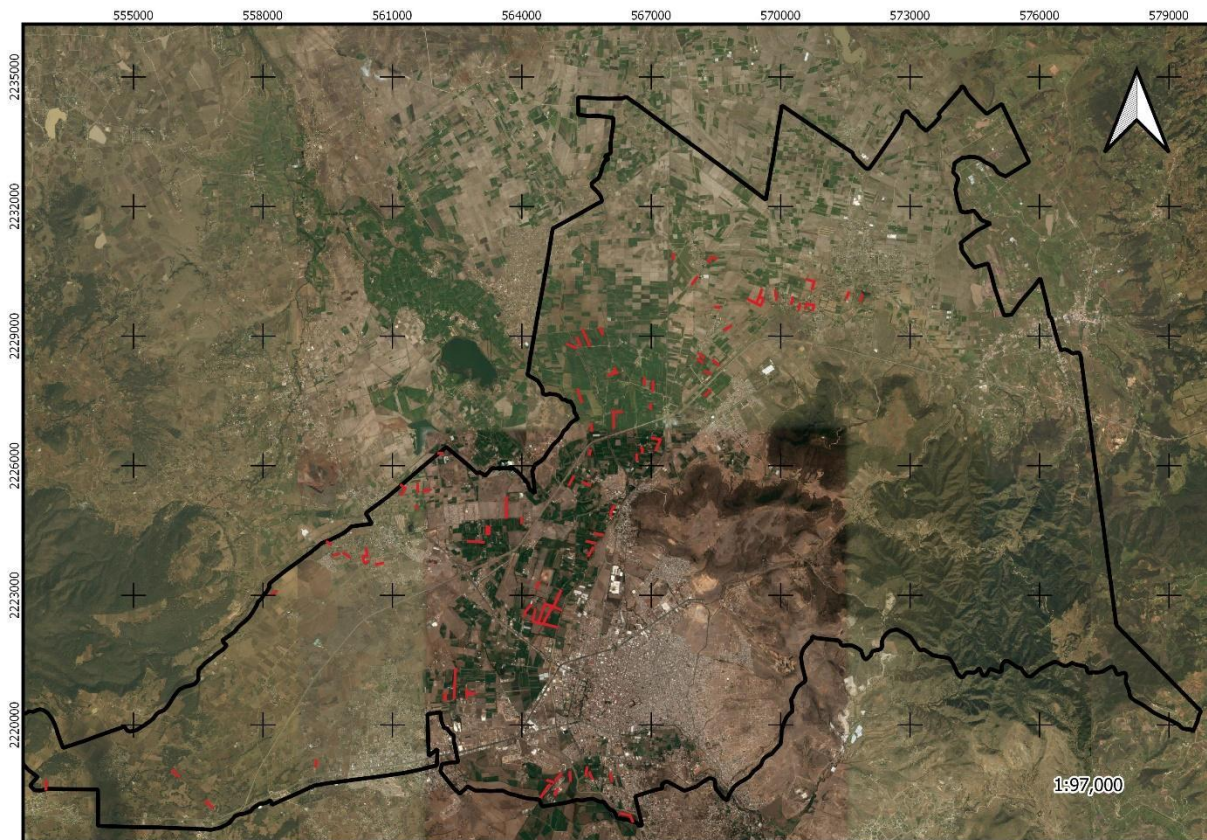
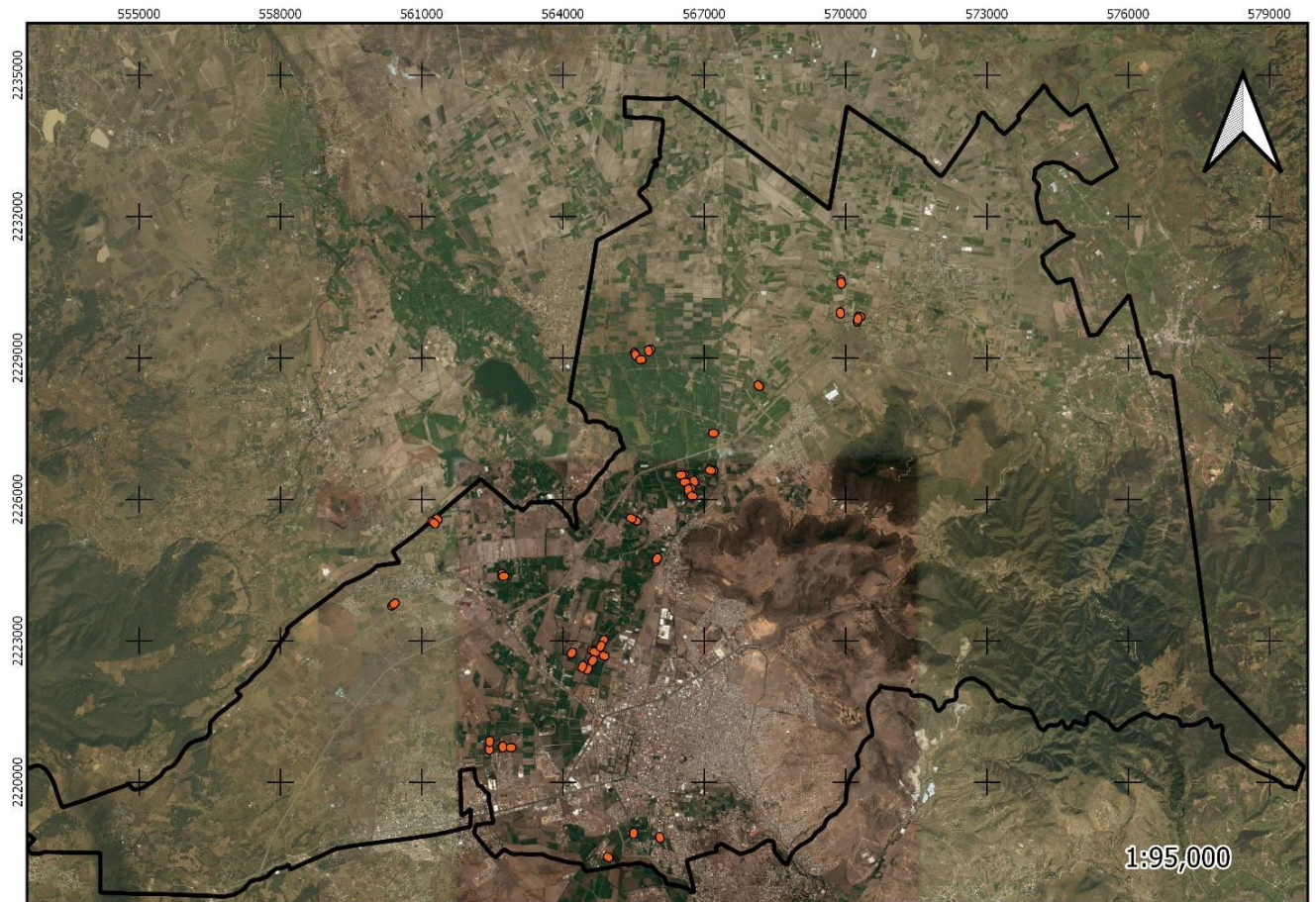


Figura 2

Localización de los segmentos de muestreo.



Nota. Las líneas de árboles de la imagen están georreferenciadas en campo.

3.2 Inventario

Se inventariaron todos los árboles vivos y muertos con diámetro normal (d) ≥ 10 cm, se efectuó la identificación botánica de las especies en campo, para las que no fue posible identificar de esta forma, se tomó una muestra para su posterior determinación en el laboratorio de botánica del Instituto de Ciencias Agropecuarias. Se midieron las variables dendrometrías de d con una cinta diamétrica y la altura total (h) de cada individuo con un hipsómetro Vertex III y su receptor auxiliar (transponder). Así mismo se evaluó el estado fitosanitario de los individuos presentes en los segmentos de muestreo, clasificando el tipo de agente que estaba provocando el daño.

Figura 3 y 4

Toma de datos en el inventario noviembre 2020, febrero 2021.



Nota. La figura 3 (izquierda) medición de los transectos, imagen 4 (derecha) medición de diámetro normal.

3.3 Estructura y diversidad de árboles

3.3.1 Composición florística

Las líneas de árboles estuvieron conformadas por un total de 544 árboles pertenecientes a 15 géneros de 21 especies arbóreas y 10 familias botánicas, Las familias más representativas son: Myrtaceae, Salicaceae, Cupressaceae y Pinaceae. Los árboles presentes en los segmentos de muestreo se concentraron en la especie más abundante *Eucalyptus camaldulensis* con 132 individuos que corresponde al 24.2 %, seguido por *Salix humboldtiana* con 108 individuos que corresponde a 19.8%, seguido por *Salix Babylonica* con 63 individuos que corresponde a un 11.5 %, otras 18 especies menos abundantes representaron en conjunto un 44.5% de los individuos.

Tabla 3

Características dasométricas

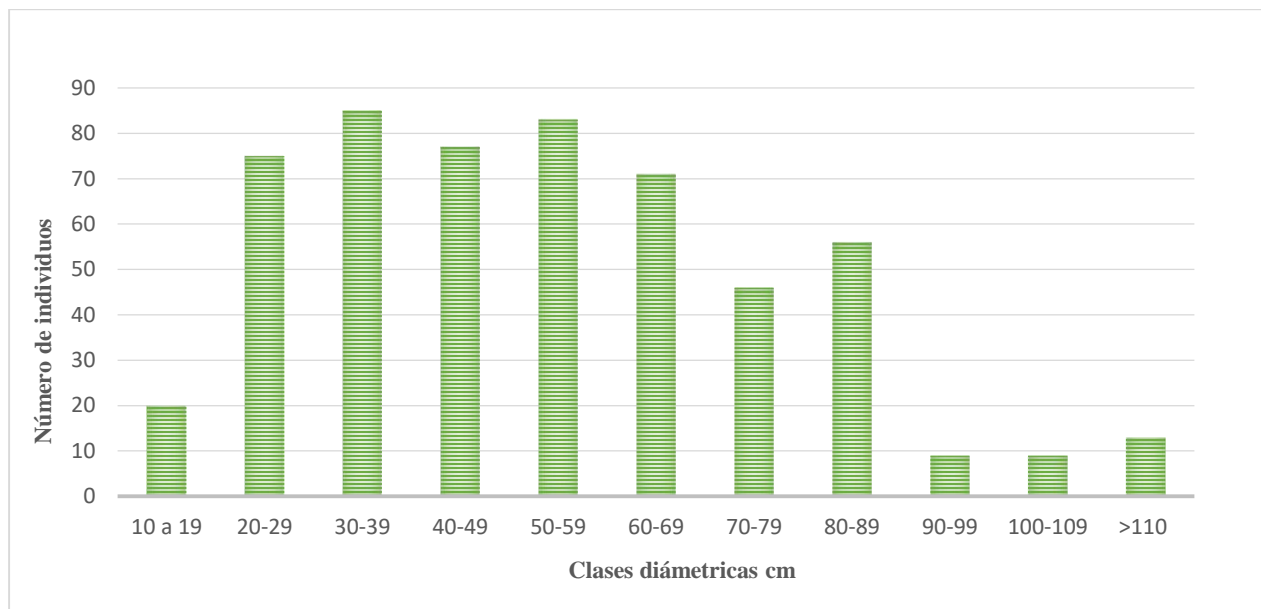
Especie	Diámetro promedio cm	Altura promedio m	Abundancia absoluta por especie	Área basal total por especie (m2)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	54	13.2	132	35.750
<i>Salix humboldtiana</i>	59.8	8.6	108	32.664
<i>Salix b abylonica</i>	66.3	8.4	63	23.840
<i>Cupressus lusitanica var. Lindleyi</i>	44	8.6	60	11.654
<i>Salix bonplandiana</i>	47.9	8.0	50	10.791
<i>Buddleja cordata</i>	36	5.5	31	3.533
<i>Ligustrum lucidum</i>	37.7	6.8	28	5.088
<i>Fraxinus uhdei</i>	44	8.6	15	2.720
<i>Prunus serotina</i>	37.4	6.5	14	1.651
<i>Pinus greggii</i>	66.5	9.9	11	4.484
<i>Pinus montezumae</i>	58	14.1	9	2.461
<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>	61.5	8.4	5	2.118
<i>Pinus pseudostrabus</i>	110.6	11.6	4	3.915
<i>Eucalyptus globulus</i>	38	13.1	3	0.383
<i>Populus alba</i>	34	8.9	3	0.346
<i>Schinus molle</i>	110	7.3	2	1.901
<i>Pyrus communis</i>	28	6.3	2	0.128
<i>Taxodium huegelli</i>	198	12.1	1	3.079
<i>Populus deltoides</i>	42.5	5.3	1	0.142
<i>Crataegus mexicana</i>	36.5	5.8	1	0.105
<i>Casuarina equisetifolia</i>	15	5.7	1	0.018

3.3.2 Estructura horizontal

En los segmentos de muestreo se puede apreciar una distribución S donde la primera clase diamétrica es baja lo cual hace referencia a la poca o nula actividad de reforestación o trasplante de nuevos individuos en las zonas de muestreo como se muestra en la figura 5, cuando la curva crece en las siguientes clases se manifiesta individuos de edades maduras la mayoría en buen estado (20 a 65 cm), por ultimo cuando decrece la curva se manifiestan árboles de grandes diámetros asociado a especies longevas y sin fines comerciales.

Figura 5

Distribución de clases diamétricas (n=544) en los segmentos de muestreo



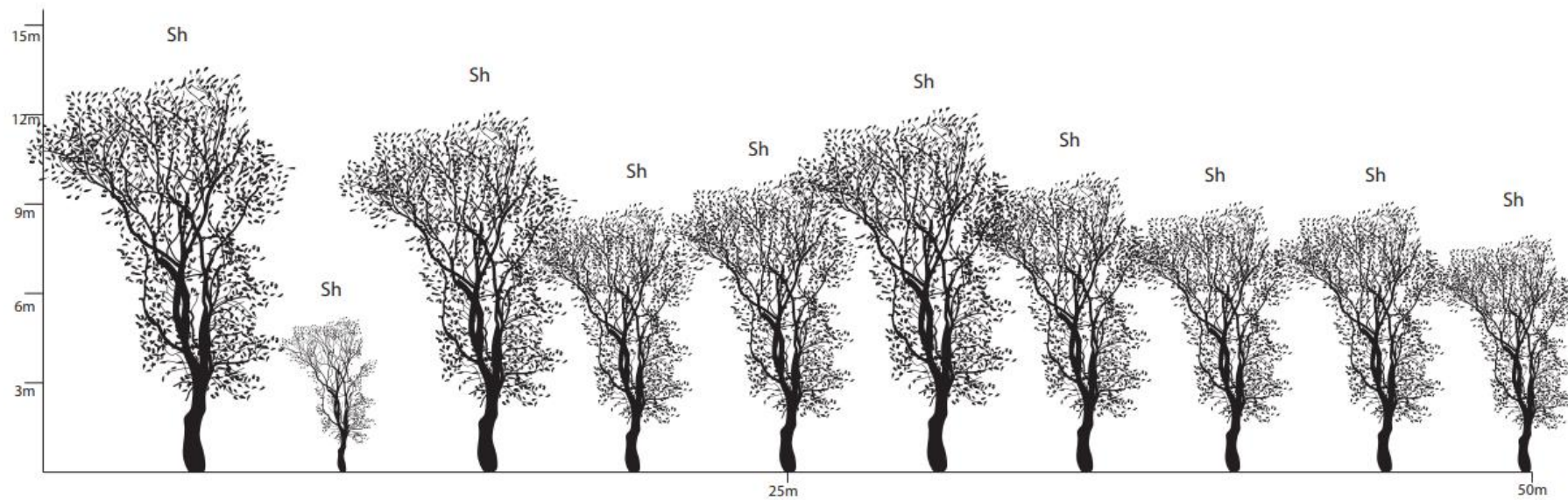
Nota. La distribución de los tamaños es mayor entre las primeras clases diamétricas el 71.9 % es > a 20cm y < a 69cm, el 24.4 % es > a 61cm y 3.7 % < a 20 cm.

3.3.3 Estructura vertical

En el lugar de muestreo se encontraron segmentos de árboles de una sola especie (segmentos puros) 244 árboles que equivalente al 44.8% del total de los individuos, las cuales sobresalen líneas de *Salix humboldtiana* figura 6, y en 26 segmentos se presenta líneas de al menos dos especies (segmentos mezclados) con 300 árboles que representan el 55.2% figura 7.

Figura 6

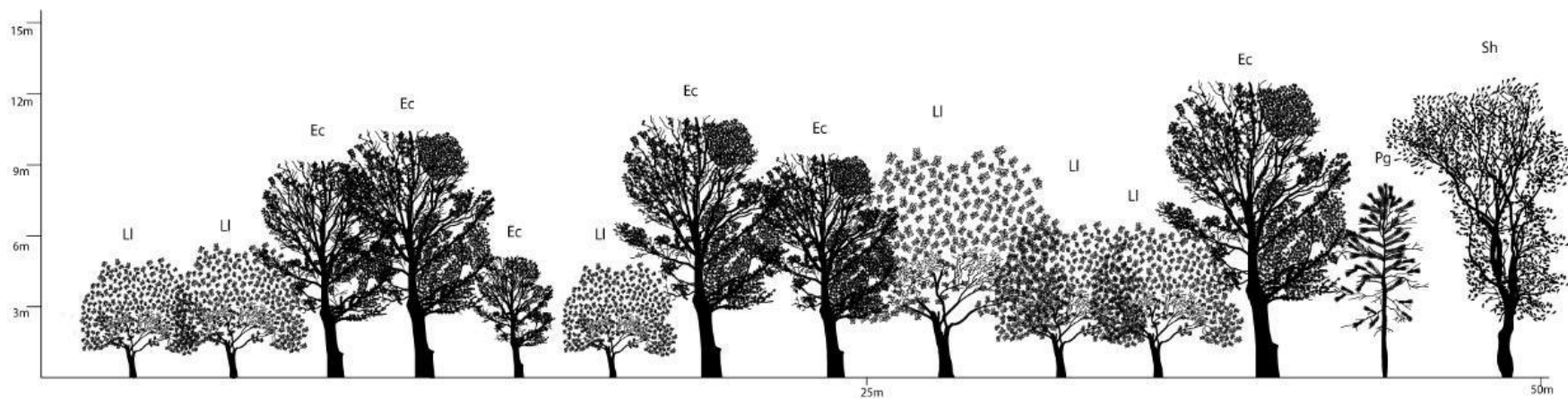
Perfil de árboles en línea puras, en los segmentos de muestreo Tulancingo, Hidalgo.



Sh: *Salix humboldtiana*.

Figura 7

Perfil de árboles en línea mezclada, en los segmentos de muestreo Tulancingo, Hidalgo.



Nota: Ll-Ligustrum lucidum, Ec-Eucalyptus camaldulensis, Pg-Pinus greggii, Sh-Salix humboldtiana

3.4 Índice de valor de importancia

De las 21 especies que caracterizan la composición florística de los segmentos de muestreo, *Eucalyptus camaldulensis* representó la especie más abundante, y de mayor dominancia dentro de estos sistemas tabla 4, aunque cabe señalar que el género *Salix* es el género más representativo y de mayor dominancia.

Tabla 4

Índice de valor de importancia por especie

Especie	IVI
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	61.368
<i>Salix humboldtiana</i>	57.794
<i>Salix babylonica</i>	41.549
<i>Cupressus lusitanica var. lindleyi</i>	29.754
<i>Salix bonplandiana</i>	23.406
<i>Buddleja cordata</i>	15.949
<i>Ligustrum lucidum</i>	12.535
<i>Fraxinus uhdei</i>	10.493
<i>Pinus greggii Engelm.</i>	9.979
<i>Prunus serótina</i>	6.640
<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>	5.303
<i>Pinus montezumae</i>	5.292
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.383
<i>Schinus molle</i>	3.623
<i>Taxodium huegelli</i>	3.262
<i>Eucalyptus globulus</i>	1.793
<i>Populus alba</i>	1.768
<i>Pyrus communis</i>	1.435
<i>Populus deltoides</i>	1.261
<i>Crataegus mexicana</i>	1.236
<i>Casuarina equisetifolia</i>	1.176
	300

3.5 Índice de diversidad de Shannon

Índice de Shannon (tabla 5) da como resultado un índice 1.890, lo cual se interpreta que los segmentos de muestreo son de baja diversidad, y que *Eucalyptus camaldulensis* y *Salix humboldtiana* al ser los más cercanos al valor de 1 se interpreta como las especies dominantes en los segmentos.

Tabla 5

Índice de diversidad de Shannon.

Espece	No de individuos	Abundancia relativa	LN2"pi"	pi*LN2(pi)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	132	0.243	-1.050	-0.255
<i>Salix humboldtiana</i>	108	0.199	-1.250	-0.248
<i>Salix b abylonica</i>	63	0.116	-1.789	-0.207
<i>Cupressus lusitanica var. lindleyi</i>	60	0.110	-1.838	-0.203
<i>Salix bonplandiana</i>	50	0.092	-2.020	-0.186
<i>Buddleja cordata</i>	31	0.057	-2.498	-0.142
<i>Ligustrum lucidum</i>	28	0.051	-2.600	-0.134
<i>Fraxinus uhdei</i>	15	0.028	-3.224	-0.089
<i>Prunus serotina</i>	14	0.026	-3.293	-0.085
<i>Pinus greggii</i>	11	0.020	-3.535	-0.071
<i>Pinus montezumae</i>	9	0.017	-3.735	-0.062
<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>	5	0.009	-4.323	-0.040
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4	0.007	-4.546	-0.033
<i>Eucalyptus globulus</i>	3	0.006	-4.834	-0.027
<i>Populus alba</i>	3	0.006	-4.834	-0.027
<i>Schinus molle</i>	2	0.004	-5.239	-0.019
<i>Pyrus communis</i>	2	0.004	-5.239	-0.019
<i>Taxodium huegelli</i>	1	0.002	-5.932	-0.011
<i>Populus deltoides</i>	1	0.002	-5.932	-0.011
<i>Crataegus mexicana</i>	1	0.002	-5.932	-0.011
<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	0.002	-5.932	-0.011
			H'	1.890

3.6 Índice de Simpson

La dominancia obtuvo un valor de 0.140, que se interpreta como dominancia baja y diversidad de 0.859, se interpreta también como baja, tabla 6. Se comparó el índice de Shannon con el índice de Simpson para la diversidad y dominancia de las especies.

Tabla 6

Índice de Simpson

Índice de dominancia y diversidad			
Especie	Número de individuos	Abundancia relativa	pi*2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	132	0.243	0.0589
<i>Salix humboldtiana</i>	108	0.199	0.0394
<i>Salix Babylonica</i>	63	0.116	0.0134
<i>Cupressus lusitanica var. lindleyi</i>	60	0.110	0.0122
<i>Salix bonplandiana</i>	50	0.092	0.0084
<i>Buddleja cordata</i>	31	0.057	0.0032
<i>Ligustrum lucidum</i>	28	0.051	0.0026
<i>Fraxinus uhdei</i>	15	0.028	0.0008
<i>Prunus serotina</i>	14	0.026	0.0007
<i>Pinus greggii</i>	11	0.020	0.0004
<i>Pinus montezumae</i>	9	0.017	0.0003
<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>	5	0.009	0.0001
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4	0.007	0.0001
<i>Eucalyptus globulus .</i>	3	0.006	0.0000
<i>Populus alba</i>	3	0.006	0.0000
<i>Schinus molle</i>	2	0.004	0.0000
<i>Pyrus communis</i>	2	0.004	0.0000
<i>Taxodium huegelli</i>	1	0.002	0.0000
<i>Populus deltoides</i>	1	0.002	0.0000
<i>Crataegus mexicana</i>	1	0.002	0.0000
<i>Casuarina equisetifolia</i>	1	0.002	0.0000
Dominancia 0.141			
Diversidad 0.859			

3.7 Daños en el arbolado.

En la localidad de San Nicolás el Chico en el segmento 33 se observó restos visibles de un incendio superficial como se muestra en la figura 8 y 9, que va desde el suelo hasta una altura no mayor al 1.5 m, los ejemplares en este sitio no se detectaron insectos. Se considera que el incendio es una forma o método de limpieza para el control de hierbas y ramas secas a orillas del canal no se observa un daño significativo en arbolado joven o adulto, el canal de riego no tiene un ancho superior a los 80 cm pero los rastros del incendio por ambos lados del canal tiene una longitud mayor.

Figura 8 y 9

Segmento con visible incendio





Nota. En las figuras se aprecia un incendio superficial no mayor a 1.5 m de alto, esto se apreció en una línea de aproximadamente de 150 metros de longitud y 2 metros de ancho, a orillas de un canal de riego.

3.8 Estado Fitosanitario

En los segmentos de muestreo de la localidad de San Nicolás el Chico se tiene la presencia de *Glycaspis brimblecombei* Moore figura 10, insecto de la orden Hemiptera conocido como escama o psilido del eucalipto, es un insecto succionador de savia. Se encontró en la mayor parte de los eucaliptos bajo sombra semi-permanente.

Figura 10.

Glycaspis brimblecombei, en segmentos de muestreo.



Segmento 3 Presencia de *Stenomacra marginella* Herrich-schaeffer desde la base de los troncos hasta las hojas mayores presentes principalmente en *Buddleja cordata* como se parecía en la figura 11 y 12, se observa la presencia de *Acronyctodes mexicanaria* Walke en estado de oruga como se parecía en la figura 13 y 14. También es visibles ambos insectos en ejemplares de *Salix spp* en los segmentos de muestreo.

Segmento 4, 5 y 6 presencia de *Stenomacra marginella* Herrich-schaeffer desde la base de los troncos hasta las hojas mayores presentes principalmente en *Buddleja cordata*, se observa la presencia de *Acronyctodes mexicanaria* Walker la oruga tiene presencia en todas las especies de los segmentos.

Figura 11 y 12

Stenomacra marginella en los segmentos de muestreo.



Nota. Insecto del orden Hemíptera, succionador de savia se presentó con mayor incidencia en ejemplares con posible estrés hídrico o en zonas de riego con aguas residuales.

Figura 13 y 14

Acronyctodes mexicanaria



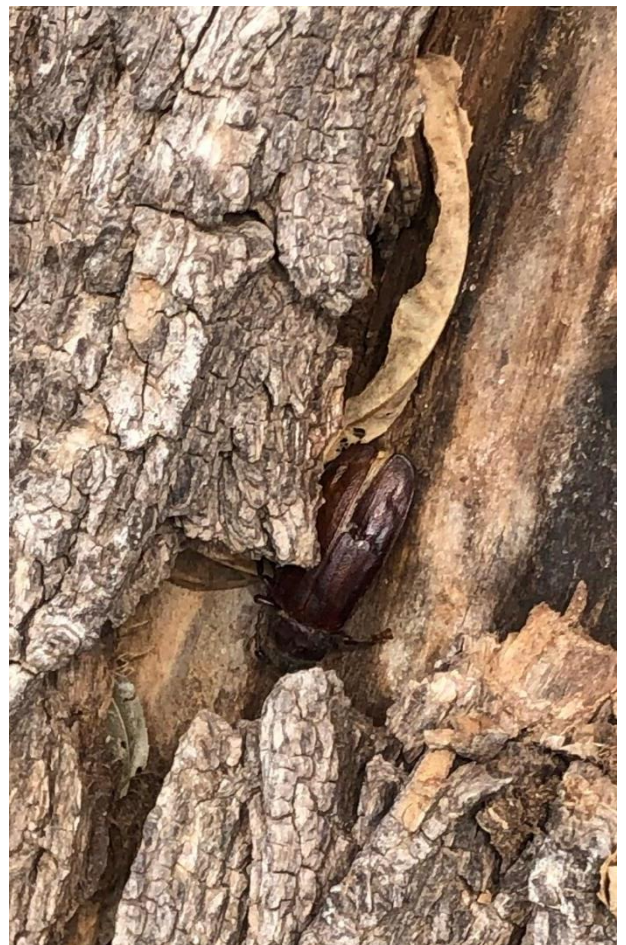
Nota. Insecto de la orden lepidóptera, familia geometridae, succionador de savia, conocida como la oruga del tepozán.

En los segmentos 13 y 17 se tiene la presencia de un insecto de la orden coleóptera se observó en estado adulto y galerías en partes del fuste en *Salix babylonica* como se muestra en las figuras 15 y 16. Los pobladores mencionaron que ha deteriorado y provocado la muerte a varios ejemplares de salix en la comunidad. Se hace referencia que los insectos no son la fuente del deterioro o muerte de los árboles en esta zona principalmente el riego es con aguas residuales, se hace mención que la coloración del agua que corre sobre los pequeños canales de riego es de color negro con mucha turbidez, y un olor fétido a desagüe, el cual es la causa probable del deterioro y muerte de los árboles y el insecto hace presencia como una consecuencia de los factores abióticos presentes en el segmento.

Figura 15 y 16

Escarabajo encontrado en los segmentos de muestreo.

Nota. Escarabajo presente en *Salix babylonica* en una zona de riego con aguas residuales.



3.9 Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea

Tabla 7

Carbono en la biomasa aérea

Especie	tC/h
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	42.8
<i>Eucalyptus globulus labill</i>	0.40
<i>Salix humboldtiana</i>	2.32
<i>Salix bonplandiana</i>	1.46
<i>Salix babylonica</i>	0.98
<i>Pinus greggii</i>	5.14
<i>Pinus montezumae</i>	5.03
<i>Pinus pseudostrobus</i>	7.40
<i>Cupressus lusitanica var. lindleyi</i>	10.90
<i>Buddleja cordata</i>	3.40
<i>Ligustrum lucidum</i>	6.64
<i>Fraxinus uhdei</i>	4.41
<i>Prunus serotina</i>	1.76
<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>	2.37
<i>Schinus molle</i>	2.28
<i>Taxodium huegelli</i>	3.90
<i>Populus alba</i>	3.91
<i>Populus deltoides</i>	1.65
<i>Pyrus communis</i>	0.14
<i>Crataegus mexicana</i>	0.11
<i>Casuarina equisetifolia</i>	0.02
Total	107.0

Nota: carbono total por especie en toneladas (c/t) en 2.5 km lineales.

3.10 Diagnostico

Del inventario realizado en los cincuenta segmentos se aplicaron veintidós entrevistas semi-estructuradas, y solo un dueño se negó a dar datos sobre su propiedad a continuación se describe lo obtenido.

3.11 Diagnostico biofísico

De los segmentos inventariados el 36% son de un solo dueño o gestor y el 64% eran poseedores de al menos 2 y hasta 7 segmentos con una superficie en promedio de 1.95ha por gestor. La mayor parte de la superficie con la que cuenta su propiedad era destinada a un área productiva, se obtuvo 2500 metros de longitud de árboles en línea como se muestra en la tabla 8, con una distancia promedio de 4.5 metros entre individuos con usos principalmente de linderos entre propiedades.

Tabla 8

Localidades y longitud de los segmentos de muestreo de árboles en línea en Tulancingo, Hidalgo.

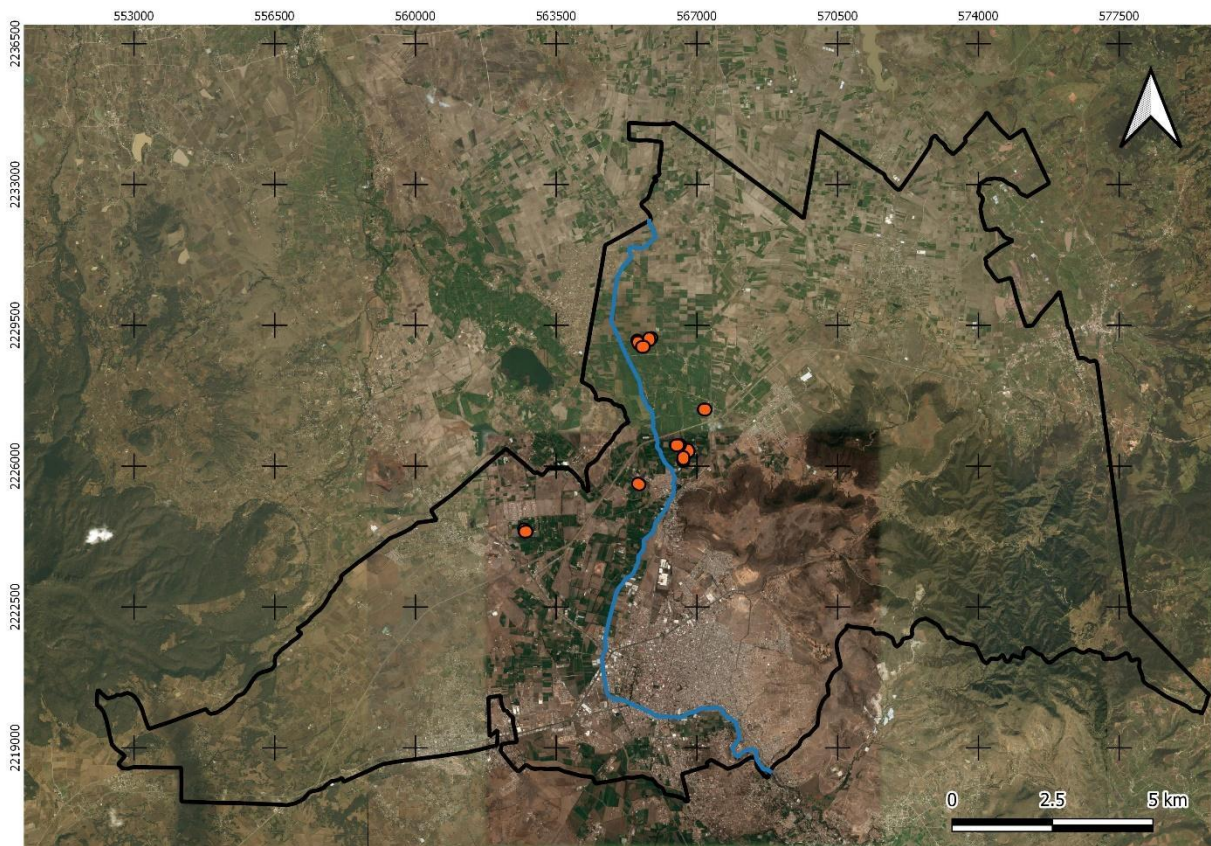
Localidad	Número de segmentos muestreados	Longitud total de los segmentos (m)	Número total de árboles	Promedio de árboles por segmento de muestreo (50 m)
San Nicolás el Chico	9	450	153	17.0
Huapalcalco	14	700	130	9.3
Laguna del cerrito	7	350	81	11.6
Cebolletas	6	300	35	5.8
San Nicolás el Grande	4	200	38	9.5
Rancho Universitario	1	50	13	13.0
Zapotlán de Allende	1	50	8	8.0
Medias tierras	1	50	19	19.0
Jaltepec	5	250	56	11.2
Ahuehuetitla Buenos Aires	2	100	11	5.5
Total	50	2500	544	

Las coordenadas obtenidas por medio del GPS tienen una proyección UTM (universal transversal de Mercator) con la carta topográfica de suelos correspondiente al estado de Hidalgo, F1411E, INEGI 2014 escala 1:250,000 se obtuvo que 27 segmentos tienen un suelo tipo Vertizol y 13 segmentos tipo Feozemem suelo comúnmente utilizado para la agricultura.

El agua con la que se realiza el riego de los terrenos del paisaje agropecuario donde se realizó el diagnóstico, es agua limpia o de pozo en un 63.2% el 10.5% son agua residual y el 26.3% restante utilizan ambos tipos de riego. Se debe mencionar que los segmentos donde se localiza el riego con aguas residuales provienen de descargas de la ciudad y la industria textil.

Figura 17

Segmentos de muestro con uso de aguas residuales



Nota: Jaltepec, Huapalcalco, Laguna del cerrito y Cebolletas son las localidades donde se encuentra los segmentos de riego con aguas residuales.

3.13 Oportunidades y limitaciones

De los 22 gestores encuestados 21 de ellos, consideran que el suelo de sus parcelas agrícolas es adecuado para su producción, mencionaron el deseo de querer cambiar de cultivo donde solo se obtiene forraje a la producción de maíz, pero debido a las circunstancias que prevalecientes en ese momento sobre la pandemia COVID 19 les era casi imposible considerar un cambio por la inversión que se requiere y que para ellos en ese momento eran gastos imposibles de cubrir. Los gestores de los terrenos mencionaron también que consideran como limitante de la producción factores como el clima, la falta de lluvias en la región que desfavorece las cosechas así como los vientos, las heladas y quienes cuentan con riego rodado mencionaron que el desnivel del terreno hace que no pueden llegar a toda la parcela el agua para algunos productores la expansión urbana también es un factor limitante ya que muchos de ellos se han visto afectados por la escases de agua debido a la necesidad de abastecer del vital recurso al municipio, lo cual limita su uso en la agricultura.

3.14 Diagnostico agroforestal.

En los cincuenta segmentos de muestro se localizaron 544 árboles de 21 especies diferentes *Eucalyptus camaldulensis*, *Salix humboldtiana*, *Salix babylonica*, *Cupressus lusitanica var. lindleyi*, *Salix bonplandiana*, *Buddleja cordata*, *Ligustrum lucidum*, *Fraxinus uhdei*, *Prunus serotina*, *Pinus greggii*, *Pinus montezumae*, *Alnus acuminata subsp. glabrata*, *Pinus pseudostrobus*, *Eucalyptus globulus*, *Populus alba*, *Schinus molle*, *Pyrus communis*, *Taxodium mucronatum*, *Populus deltoides*, *Crataegus mexicana*, *Casuarina equisetifolia*. Los gestores mencionaron que estas especies de leñosas son ocupadas principalmente como lindero entre las parcelas, obtiene también leña, madera, carbón, frutos, hojarasca, semillas, forraje, según sea la especie aunque muchos de estos productos obtenidos son solo de uso doméstico no los comercializan, como servicios obtenidos mencionan el control de erosión, control de viento, sombra, oxígeno y belleza escénica.

Un poco más de la mitad (56.5%) de los entrevistados mencionó que los árboles que están dentro de sus terrenos fueron plantados por sus padres o abuelos y el resto mencionan desconocer el origen y finalidad de los arboles ahí presentes. La edad promedio de los árboles en algunos segmentos de muestreo es de treinta y cinco años estos datos solo corresponden al 22% de los entrevistados los demás mencionan no recordar o no saber la edad. El 69.6% de los entrevistados manifestaron realizar alguna labor de manejo a los árboles y arbustos dentro de sus terrenos, 13% de ellos dijeron no realiza ningún practica y el 17.4% menciona alguna practica manejo pero no especificaron cual, las practicas aplicadas son podas, derribo y riego.

El 73.9% de los entrevistados considera que se tiene una relación positiva de los árboles en línea con la parte agrícola con respecto a las interacciones entre las leñosas y los cultivos los gestores mencionaron que en el caso del maíz el rendimiento es menor bajo la sombra de los árboles y en algunos casos también cultivos destinados al forraje, pero ningún gestor menciona su deseo por eliminar o reducir el número de árboles en su propiedad sino todo lo contrario mencionaron su gusto por la permanencia y en el caso de los segmentos de San Nicolás el Chico la propietaria menciona el deseo de intercalarlos entre los cultivos.

Dentro de los terrenos agrícolas se cultiva especies de pasto, avena, maíz, alfalfa, trébol, lechuga, cilantro y espinaca pertenecientes a 5 familias las cuales interactúan con especies leñosas tal como se puede apreciar en la tabla 9.

Tabla 9

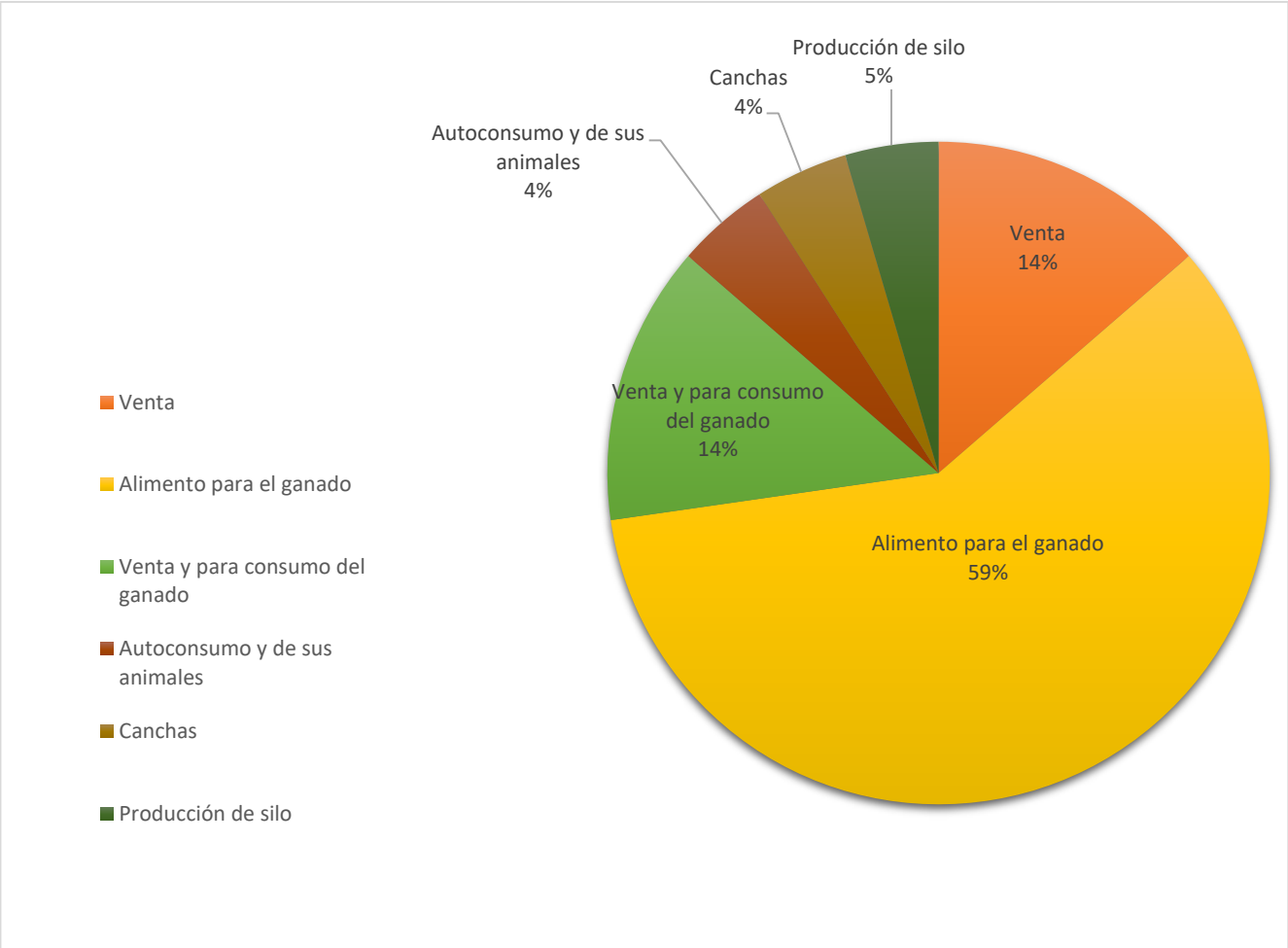
Interacción de las especies leñosas y cultivos más común mente encontrados.

Familia	Especie
	<i>Salix humboldtiana</i>
	<i>Salix babylonica</i>
	<i>Salix bonplandiana</i>
	<i>Buddleja cordata</i>
	<i>Cupressus lusitanica var. Lindleyi</i>
	<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>
	<i>Fraxinus uhdei</i>
	<i>Pinus greggii</i>
Poaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
	<i>Eucalyptus globulus</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Taxodium mucronatum</i>
	<i>Casuarina equisetifolia</i>
	<i>Ligustrum lucidum</i>
	<i>Populus alba</i>
	<i>Populus deltoides</i>
	<i>Crataegus mexicana</i>
	<i>Pyrus communis</i>
	<i>Prunus serótina</i>
	<i>Buddleja cordata</i>
	<i>Ligustrum lucidum</i>
	<i>Salix humboldtiana</i>
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
	<i>Eucalyptus globulus</i>
Fabaceae	<i>Cupressus lusitanica var. Lindleyi</i>
	<i>Pinus greggii</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Fraxinus uhdei</i>
	<i>Alnus acuminata subsp. glabrata</i>
	<i>Salix bonplandiana</i>
	<i>Populus alba</i>
	<i>Buddleja cordata</i>
	<i>Salix bonplandiana</i>
Amaranthaceae	<i>Cupressus lusitanica var. Lindleyi</i>
Apiáceas	<i>Fraxinus uhdei</i>
Asteraceae	<i>Schinus molle</i>
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
	<i>Buddleja cordata</i>
	<i>Fraxinus uhdei</i>

El 84% de la producción es destinada como forraje para ganado bovino y 26% son vegetales destinados al auto consumo o venta, del 100% de la producción se distribuye de la siguiente forma:

Figura 18

Finalidad de la producción



Los entrevistados mencionan que la producción es destinada para alimentar al ganado con el que cuenta la distribución del tipo de ganado se puede observar en la figura 19. Los gestores mencionan que además de la producción de las parcelas para alimentar ganado deben comprar alimento especializado y solo el 9% de todos los gestores obtienen exclusivamente de su parcela el alimento como se muestra en la figura 20.

Figura 19

Tipo de ganado

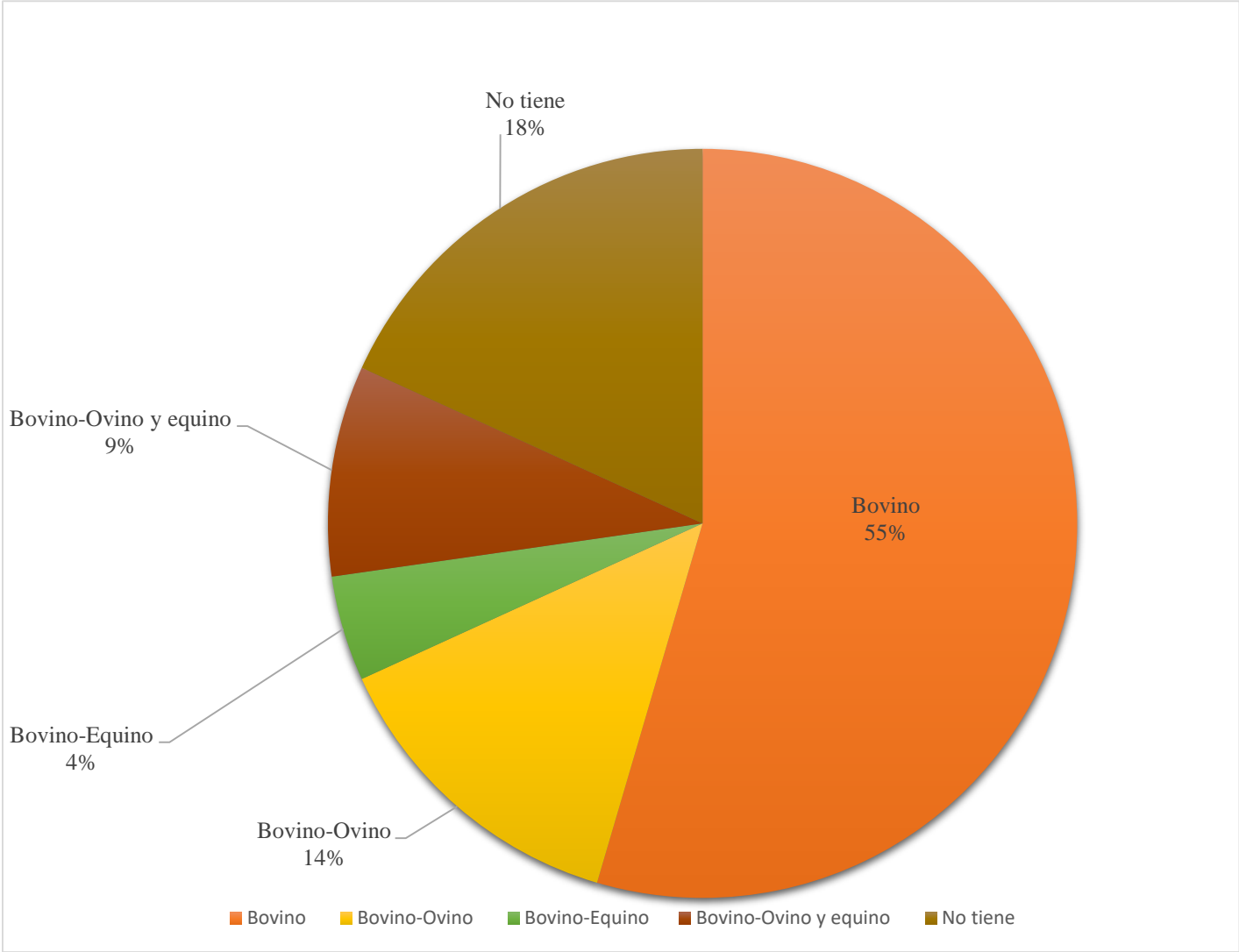
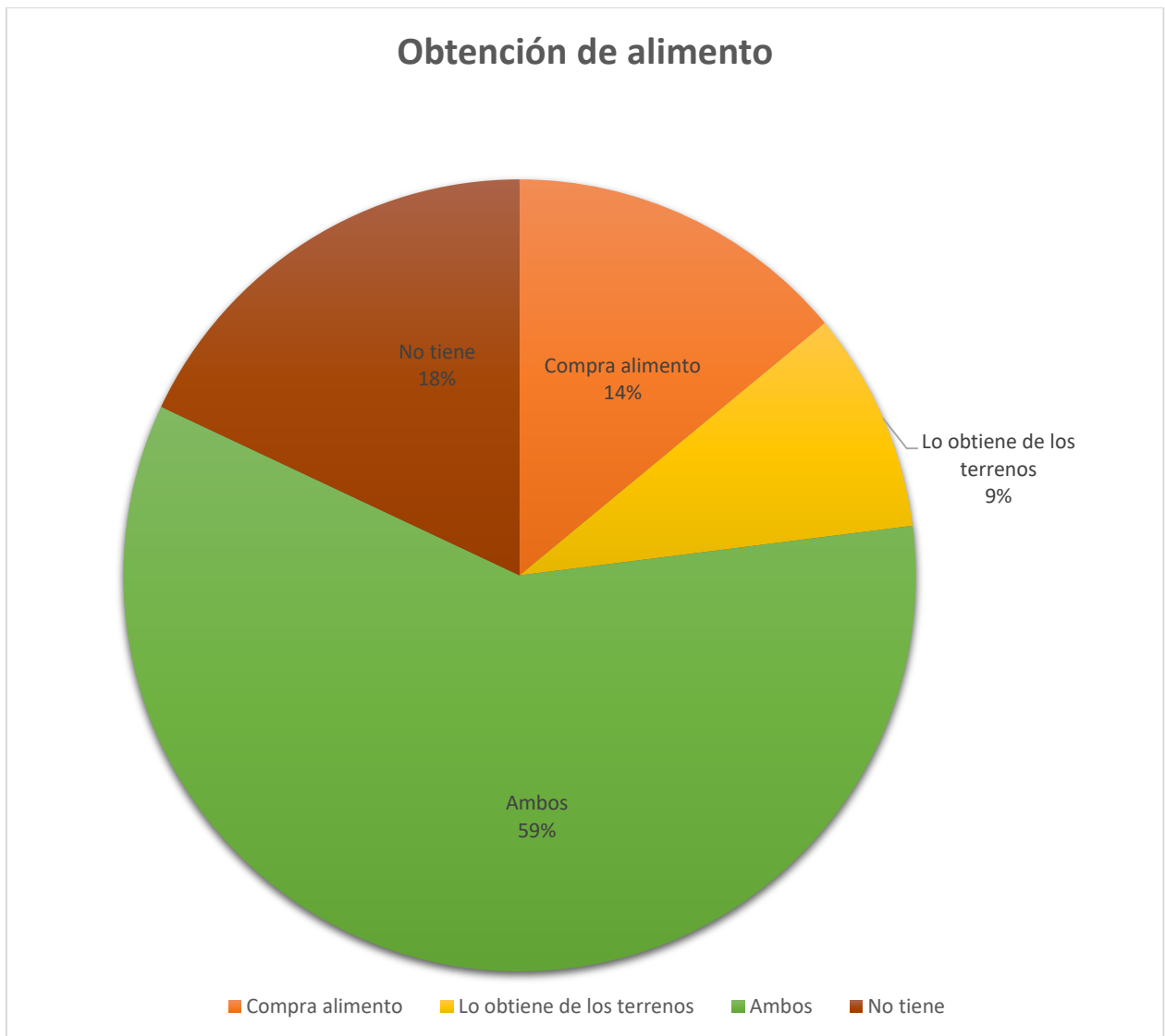


Figura 20



3.15 Diagnostico social

El inventario y diagnostico se llevó a cabo dentro de diez localidades del municipio de Tulancingo Hidalgo como se muestra en la tabla 10 de anexos, las localidades más representativas son aquellas donde se conserva la mayor parte del paisaje agropecuario, solo dos localidades Medias tierras y Jaltepec están dentro de un ámbito urbano. Los entrevistados mencionaron que las tierras son heredadas en caso de los ejidos y algunos de ellos no eran los dueños pero si quienes rentaban la tierra o en otros cosas los dueños eran sus conyugues.

El objetivo de la entrevista fue conocer la composición y estructura de la familia, sus objetivos sobre el terreno, preferencias, planes a futuro, uso de la tierra, enfocándose en el dueño o gestor de la propiedad. En cuanto a terrenos de las 22 entrevistas aplicadas el 22.7% corresponden a mujeres dueñas de los terrenos, el 50% son hombres gestores de la tierra y 27.3% tienen gerencia sobre la tierra siendo estos hombres lo cual esto representa que 72% de los entrevistados es dueño de las parcelas y el 28% es encargado o renta los terrenos. Se entiende que existe un sistema patriarcal sobre el manejo de los terrenos y sobre la dinámica de la familia rural en nuestro país, aunque los estudios mencionan que en actualmente existe una transición sobre la dinámica de la familia y se generan nuevas y mejores oportunidades para las mujeres.

Los encuestados tienen en promedio treinta y tres años habitando la zona, muchos de ellos recibieron la propiedad a modo de herencia. También se encontró que el 85 % de las familias tiene un número mayor a 4 y hasta 8 integrantes y solo el 15% es de 2 integrantes en su mayoría adultos mayores. Con respecto al grado de educación, el 63% solo cuentan con educación básica ya sea primaria o secundaria, el 13.6% con educación media superior y el 24.4% cuenta con educación superior. El 52.2% de las familias viven y trabajan dentro de los terrenos agropecuarios una actividad común en el tipo de vivienda rural y el 47.8 % trabajan en los terrenos pero no habitan en la zona por dos razones, la primera son solo gerentes o encargados del terreno y la segunda son terrenos arrendados ya que ellos no cuenta con parcelas propias.

3.16 Planes a futuro

Aproximadamente la mitad el 55% de los encuestados menciona no tener algún plan a futuro o busca mantener el terreno agropecuario tal y como se encuentra en la actualidad hasta que hereden y sean los hijos quienes decidan. El 9% desea introducir maíz y hortalizas en algunos casos esta era una práctica que realizaban pero lo dejaron y buscan retomar, el 4.5% menciona

que desea implementar riego por goteo pero por las condiciones de pandemia en el momento de las entrevistas 2020-2021, 9% quiere ampliar la infraestructura (casa, camino, corrales entre otros), 4.5% dese aumentar la producción de sus parcelas, 4.5% le gustaría poder contar con el apoyo para la colocación de un invernadero (no menciona que tipo), 9% pretende lotificar su terreno para su venta y el 4.5% lo dejara como herencia

CAPITULO IV DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Dentro del paisaje agropecuario del municipio de Tulancingo las hileras de árboles presentan diferentes longitudes esto es otorgado en gran medida por el tamaño de las propiedades, Detlefsen, *et al.* 2012 menciona dentro del texto “Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción” que las hileras de árboles a evaluar deberán tener al menos 100 m de largo al lado de un cultivo y/o pastura. Se localizaron 100 líneas de árboles cuyas longitudes superaban en muchos casos los 100 m y en algunos eran menores, se optó por seccionar esas líneas con la intención homogenizar las muestras, obteniendo como resultado 317 líneas de 50 m, en los cuales se obtuvieron los datos de árboles con diámetros igual o mayores a 10cm.

En este trabajo se evaluaron 517 árboles de 21 especies diferentes, la diversidad en los segmentos de muestreo es variable, aunque los indicadores aplicados demostraron que es baja la diversidad no podemos dejar a un lado la importancia de la presencia de todas las especies y las diferentes funciones que estas desempeñan, la estructura de los arboles nos permitió conocer, sus necesidades tratamientos y prácticas de manejo necesarias para su sustentabilidad. De acuerdo con Ávila, 2017 la estructura, diversidad y densidad son las principales características de las masas boscosas.

Se observó la presencia de daño en el arbolado por un posible incendio superficial sin perturbaciones de alto impacto, se desconoce el estado actual de los árboles. De igual manera se encontraron algunos insectos cuya presencia era evidente en los hospederos, los arboles con mayor presencia de estos insectos eran aquellos con condiciones de estrés abiótico. De acuerdo con la CONAFOR, s/f, las plagas y enfermedades forestales están consideradas como uno de los principales actores de daño en los bosques, ocasionando deformaciones, pérdida del crecimiento, debilitamiento y muerte del arbolado.

Los sistemas agroforestales contribuyen a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro y almacenamiento de carbono (Hernández, 2021). Los sistemas agroforestales (SAF) representan sumideros importantes de carbono (C), sin embargo, no han sido considerados en el pago de servicios ambientales, debido entre otras razones, a la ausencia de información cuantificada sobre su potencial de almacenamiento y fijación de C (Ávila, 2001). En los 517

árboles de muestreo se obtuvo almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de 107t/c capturados. De acuerdo con Hernández et al. 2021, las especies forestales la acumulación de carbono es significativo con respecto a otras especies superando en 59 % a SAF cacao y 72-73 % a SAF café en zonas de clima templado húmedo.

Somarriva 1998, menciona que el diagnóstico agroforestal es un análisis que permite conocer el componente leñoso perenne y la interacción con otros componentes productivos que suministra la tierra y de importancia para la familia. Este diagnóstico pretende responder diversas preguntas que otorgan información botánica de las especies su uso, importancia entre otros ya mencionados, esta información se obtiene mediante recorridos para la identificación de las especies, conteo directo llenado de formularios y entrevistas con los gestores de la tierra donde se identifican efectos negativos o positivos sobre las especies. La información obtenida de los gestores de la tierra es una de las más importantes para la propuesta de recomendaciones para una mejor optimización de los recursos dentro de los SAF.

Los suelos que se localizan en la zona son tipo Feozems y Vertisoles. Los suelos Feozems son muy fértiles y aptos para el cultivo, si bien son sumamente proclives a la erosión, con frecuencia son suelos profundos y ricos en materia orgánica. Los suelos Vertisoles son suelos sumamente arcillosos que se desarrollan en climas de subhúmedos a secos. Al igual que los feozems, son profundos, muy duros cuando están secos y lodosos al mojarse (debido a su alto contenido de arcillas), por lo que resulta difícil trabajarlos, además, su fertilidad es intrínsecamente baja (SEMARNAT, 2002). En el estado de Hidalgo el suelo de tipo Feozems y Vertisoles se asocia con una vegetación de pino-encino, matorral, pastizal y agricultura de temporal (INEGI, 1992). El 26% de los segmentos presentaron suelos Feozems y 74% de los segmentos presentaron suelos Vertisoles dentro del paisaje agropecuario, se considera que esta asociación es representativa con las condiciones que presenta el lugar.

En la investigación realizada se obtuvieron datos con respecto al uso del agua dentro de la agricultura de riego tal como lo menciona anteriormente Hernández en el 2011, las parcelas que utilizan riego con aguas residuales son aquellas que se encuentran en las localidades que son parte del paisaje agropecuario donde el río Tulancingo ya realizó su paso por la ciudad, lo cual trae como consecuencia que el afluente este contaminado y que debido a la escasez del recurso tanto por la temporada como por el desvío a la ciudad las parcelas que se utilizan para alimentar al ganado estén llenas de elementos tóxicos afectando a su vez al arbolado presente en estas parcelas, trayendo como consecuencia del debilitamiento del arbolado las plagas ya antes mencionadas.

El agua de retorno agrícola contiene pesticidas, fertilizantes y sales; el retorno municipal arrastra desechos humanos, farmacéuticos y detergentes; las centrales eléctricas descargan agua que está a temperaturas elevadas. De todos ellos, el sector industrial contribuye con contaminantes químicos y de residuos orgánicos (Raffo, 2014). El uso de aguas residuales para el riego de cultivos es cada vez más común sin embargo, existe el riesgo de que el riego con aguas residuales facilite la transmisión de enfermedades relacionadas con nemátodos intestinales y bacterias fecales a consumidores y agricultores (González, 2011).

Las entrevistas realizadas para obtención de los datos ya presentados con anterioridad siguieron la guía establecida por Navia et al. 2017, Roncal et al. 2008 y Somarriba 2009. De las entrevistas los datos obtenidos se pueden realizar inferencias, sobre la tipología de la familia mexicana rural al momento de la toma de decisiones sobre los terrenos de las zonas de muestreo. En su definición etimológica, el término familia hace referencia a un jefe y a sus esclavos, y se trata de una unidad donde sólo el patriarca decide y dicta las órdenes. Tal concepto, en su origen no aceptaba a la mujer como jefa de esa unidad ni tampoco concebía la idea del matriarcado (Gutiérrez, *et al*, 2016), esto se menciona por los datos anteriormente vistos sobre el manejo y toma de las decisiones sobre el presente y futuro de los terrenos donde se llevo a cabo esta investigación.

El CEDRSSA, 2020, menciona que el sector agrícola es desde hace varias décadas, el sector social y productivo en mayores condiciones de rezago y vulnerabilidad. Lo cual representa una problemática a resolver por parte del gobierno ya que como lo menciona la ONU en 1983 se reconoce que la pobreza es la mayor causa y efecto de los problemas ambientales. En este

sector, 65% de sus habitantes son pobres y 23% del total son pobres extremos. Las localidades donde se desarrolló la investigación según registros de la secretaria de desarrollo social en el 2010 estas localidades contaban con un grado de marginación de bajo a muy alto 8 de ellas en ámbitos rurales y 2 en ámbitos urbanos tal como se muestra.

Tabla 10

Localidades y su grado de marginación.

Localidad	Grado de marginación	Ámbito
Ahuehuetitla Buenos Aires	Alto	Rural
Cebolletas	Medio	Rural
Huapalcalco	Alto	Rural
Jaltepec	Bajo	Urbano
Laguna del cerrito	Alto	Rural
Medias tierras	s/d	Urbano
Rancho Universitario	Alto	Rural
San Nicolás el Chico	Bajo	Rural
San Nicolás el Grande	Medio	Rural
Zapotlán de Allende	Muy Alto	Rural

Nota. Datos obtenidos de SEDESOL, 2021.

CAPITULO V CONCLUSIONES

Los sistemas agroforestales del paisaje agropecuario de Tulancingo, (árboles en línea) son un recurso natural importante a nivel ecológico por su diversidad, estructura y su relación con servicios ambientales y los productos derivados que se pueden obtener para uso del productor y de otras especies. Los resultados obtenidos en el presente trabajo abren la posibilidad para que los sistemas de este tipo en climas templados sean considerados como un recurso de mayor valor e importancia para sector forestal en México.

CAPITULO VI PERSPECTIVAS

Propuesta de gestión

Después del trabajo realizado en campo y al análisis de los datos de muestreo y aplicación de entrevistas semi estructuradas, se realizan, las siguientes propuestas para la gestión sustentable de los árboles en línea y medidas de conservación y fomento.

Reforestación con especies nativas o con especies que cumplan los objetivos deseados por el gestor, después del análisis de los datos dendrometricos se puede interpretar una falta de renuevo dentro de las líneas, estos son necesarios por los beneficios que pueden aportar al agroecosistema como la diversidad de especies, la permanencia de árboles posterior a la muerte de los arboles viejos, la captura de CO₂, posibles uso de forraje para el ganado con pastoreo libre. Se sugiere la realización de podas en las temporadas adecuadas con una intensidad que permita la recuperación del arbolado, y el uso de la herramienta adecuada para evitar daño al arbolado. También se sugiere en caso de no contar con el tiempo o la herramienta para realizar la actividad, realizar plantaciones con especies de copa pequeña, de un sistemas de raíces no superficiales, ya que estas también pueden ocasionar en un futuro problema con la infraestructura si no se realiza prácticas de manejo, así mismo se sugiere colocar especies sin exigencias sobre el mismo, y aquellas que no resulten una competencia para las demás especies de plantas que existan en el sistema.

Introducción de especies que puedan diversificar su producción y aumento de forraje, la práctica de combinar especies arbustivas con cultivos es un sistemas tradicionalmente utilizado, después de la primera etapa de la revolución verde este sistema dejo de ser la principal forma de cultivo dando paso a los monocultivos, en la actualidad se aprecian las consecuencias de estas prácticas la pérdida de fertilidad del suelo, plagas bajo rendimiento productivo entre otros, por ese motivo en la actualidad se buscan alternativas para la producción y rendimiento de los cultivos sin depender de insumos externos. Se sugiere buscar las especies locales que puedan establecerse a las condiciones de sitio y que sus hojas sean utilizadas como una fuente de alimento extra del ganado quitando la presión a los pastos y al gestor en la compra de alimento, Petit, et al. 2008, menciona que el uso de algunas leguminosas producen alimentos ricos en proteínas y que en ciertas circunstancias los árboles pueden producir más forraje que los cereales. Los gestores

entrevistados mencionan no usar ningún tipo de hoja seca de árbol como alimento extra del ganado lo cual se puede interpretar que existe una falta de conocimiento sobre el benéfico de los arboles dentro de los sistemas por eso igual se sugiere la capacitación con los gestores donde se dé a conocer el benéfico de estos.

Políticas públicas sobre el manejo de los arboles fuera del bosque.

Desde 1995 la FAO reconoce el concepto de árboles fuera del bosque. Estos no integran masas puras o mezcladas de árboles o no están dentro de terrenos propiamente forestales, si no en cultivos, sistemas agroforestales, márgenes de ríos o lagos, cercanos a la ciudad, en las carreteras entre otros. Si bien a nivel nacional existe legislación sobre el manejo de los recursos provenientes del bosque en la actualidad los gobiernos locales solo manejan políticas sobre los árboles en la ciudad, áreas o departamentos de ecología que se encargan de regularizar las podas, la reforestaciones dentro de espacios públicos e incluso mantenimiento de áreas verdes, en muchos casos se realizan solo con conocimiento empírico y herramientas rudimentarias, los arboles fuera de estos espacios urbanos quedan sin protección ni formas manejo e incluso no son considerados en las estadísticas ni en el desarrollo de las ciudades. Por tal motivo se propone que estos se integren a los planes estratégicos de las ciudades, en su expansión así como la creación de políticas adecuadas para su conservación y fomento, e incluso se brinde apoyo gubernamental con asesores técnicos capacitados en sistemas agroforestales en beneficio del gestor y del agroecosistema.

Propuesta de gestión de ambiental con sistemas agroforestales.

Las emisiones de gases de efecto invernadero y el cambio climático son actualmente más evidentes que en años anteriores, los sistemas agroforestales integran especies leñosas perennes y cultivos tradicionales, para satisfacer necesidades así como captura y almacenamiento de carbono, los sistemas agroforestales suelen ser prácticas sostenibles y disminuyen la presión sobre los bosques. Se estima que los SAF podrían acumular entre 1.1 y 2.2 Gt en los próximos 50 años en todo el mundo, con lo que podría reducir significativamente el efecto del CO₂ sobre la atmósfera (Casanova, 2010). Se propone el uso de estos sistemas para la captura de carbono por los datos obtenidos en este trabajo.

Se considera que para investigaciones futuras se realice el análisis de CO₂ en los cultivos asociados a las especies perenes ya que podría incrementar el valor de la captura de CO₂ en los sistemas, de igual manera al ser especies leñosas forestales no comerciales algunas de las aquí descritas se sugiere realizar la construcción de un modelo alométrico para la obtención de datos con mayor precisión. En el caso del diagnóstico social se sugiere realizar las pláticas informativas de manera grupal para optimizar tiempo y reducir el número de viajes para informar a la población a evaluar.

CAPITULO VII REFERENCIAS

- Acosta, E. H. (2011). Uso de aguas residuales en la agricultura. Estudio de caso; distrito de riego 028, Tulancingo, Hidalgo, México. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Aguirre, M. Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Ecuador: Universidad nacional de Loja.
- Aguirre, R. J. (2000). Degradación de las cortinas rompevientos al este de la ciudad de Leon, Nicaragua. *Avances de Investigación*. 13-17.
- Asigbaase, M., Sjogersten, S., Lomax, B., & Dawoe, E. (2019). Tree diversity and its ecological importance value in organic and conventional cocoa agroforests in Ghana. *PLOS ONE*, 1-19.
- Ayala, G. A. (2010). Fortalecimiento de la competitividad del sector agropecuario en Hidalgo*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 233-245.
- Bautista Calderon, E. A. (2018). Sistemas agroforestales de café en Veracruz, México: identificación y cuantificación espacial usando SIG, percepción remota y conocimiento local. *Terra Latinoamericana*, 261-263.
- Ballesteros, W. M. (2003). La agroforestería como alternativa para el desarrollo sostenible en Rosamorada, Nayarit, México. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 62-78.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 80-87.
- Beer, J., I. M. (2002). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. *Árboles de Centroamérica, árboles de Mesoamérica: un manual para extensionistas*, 197-242
- Bouza, N. C. (2005). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Investigación operacional*, 187-197.

- Borelli, S., Chen, Y., & Braatz, S. (2018). Agroforestry. Consultado: <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/agroforestry/basic-knowledge/es/>: FAO.
- Callo, C. D. (2002). Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 101-106.
- Calderón O. E., E. A. (2011). Utilización de los sistemas de información geográficos (SIG) para la propuesta del manejo de los recursos naturales renovables de la parcialidad Chipuac del municipio de Totonicapan. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Campo, M. D. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. *Anales de Geografía*, 25-42.
- CATIE. (2012). Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Casal, J. m. (2003). Tipos de muestreo. *Epiderm. Med. Prev.*, 3-7.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., Y Solorio-Sánchez, J.. (2011). Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de carbono en el trópico mexicano. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(1), 133-143. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.08.047>
- CEDRSSA, 2020. La agricultura y su relación con la pobreza en México. cámara de diputados .obtenido de http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/17Agricultura_pobreza.pdf
- Cibrián, T. D. (2007). Enfermedades forestales en México. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- COESPO. (2020). Perfiles sociodemográficos municipales. México: Gobierno del estado de Hidalgo.
- CONABIO. (13 de Septiembre de 2021). Vecinos verdes. Obtenido de Biodiversidad mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/urbanos/ficha.php?item=Eucalyptus%20camaldulensis>

- CONAFOR. (2007). Manual de Sanidad Forestal. México.
- CONAFOR. (2013). Sistemas Agroforestales Maderables en México. México.
- CONAGUA. (2010). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Concha, J. Y. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 75-82.
- COTAS. (05 de Mayo de 2020). COTAS Tulancingo. Obtenido de COTAS Tulancingo: <http://cotastulancingo.com.mx/acu-fero-valle-de-tulancingo.html>
- Curtis, T. M. (1951). An upland forest continuum in the prairie- forest border region of wisconsin1. *Ecological Society of America*, 476-496.
- Detlefsen, G. M. (2012). Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 1-36.
- Díaz, O. A. (2017). Evaluación de sistemas agroforestales mediante la implementación de sistemas de información geográfica. *Trabajo de grado para optar el título de ingeniera*, Colombia.
- Diodato, L., & Venturini, M. (2007). Presencia del "psílido del escudo" (*Glycaspis brimblecombei*, Hemiptera, Psyllidae), plaga del. *Quebracho - Revista de Ciencias Forestales*, 84-87.
- Espinoza, C. G. (2006). *Casos practicos para investarios y muestreos forestales*. Mexico : Universidad Autonoma de Chapingo .
- Espinosa, C. I. (23 de 02 de 2019). Medidas de Alpha Diversidad. Loja, Ecuador, Ecuador.
- Farrell, G. J., y Altieri, M. A. (1997). Sistemas agroforestales. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, 229-243.

- García, E. G. (2016). Precisión de los coeficientes y cocientes de forma en la estimación del volumen de *Pinus montezumae* Lamb. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 19-36.
- González, G. M. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura. *Rev Cubana Salud Pública*.
- Gutiérrez, C. R. (2016). El concepto de familia en México: una revisión desde la mirada antropológica y demográfica. *Ciencia ergo-sum* , 219-228.
- Graciano-Ávila, Gabriel, Aguirre-Calderón, Óscar A., Alanís-Rodríguez, Eduardo, & Lujan-Soto, José E... (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(12), 535-542. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1114>
- Harvey, C., Villanueva, C., Villacis, J., Chcaon, M., Muñoz, D., Lopez, M., Sinclair, F. (2003). Contribucion de las cercas vivas a la productividad e integridad ecologica de los paisajesagricolas en America Central. *Agroforesteria de las Americas* , 30-39.
- Hernández, M. Á., Acosta, E. H., Acevedo, D. C., Gómez, M. U., Vargas, P. D., y Bueno, A. L. (2016). Sistema agroforestal Coquia-Mezquite establecido en suelos del Distrito de Riego Tulancingo, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3207-3217.
- Hernán, J. A. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas*, 109-116.
- Hernandez, A. E. (2011). *Uso de aguas residuales en la agricultura. Estudio de caso; Distrito de riego 028, Tulancingo, Hidalgo, México*. Mexico: Chapingo .
- Hernández-Núñez, Héctor-Eduardo, Andrade, Hernán-J., Suárez-Salazar, Juan-Carlos, Sánchez-A., José-R., Gutiérrez-S., David-R., Gutiérrez-García, Gustavo-Adolfo, Trujillo-Trujillo, Edwin, & Casanoves, Fernando. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69 (1), 352-368. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>

- Holdings, A. C. (2003). La producción de madera en las explotaciones agrícolas: orientar a los agricultores hacia el mercado. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 48-59.
- Ibáñez, J. J. (4 de abril de 2010). Un Universo invisible bajo nuestros pies. Los suelos y la vida. Obtenido de Madrid, Blogs: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/04/04/135677>
- INAFED. (17 de Agosto de 2020). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*. Obtenido de <http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13077a.html>
- INEGI. (2007). Censo agropecuario. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Mexico : Instituto Nacional de Estadística y Geografía .
- INEGI. (2017). *Anuario estadístico Y geografico de Hidalgo 2017*. Mexico :Instituto Nacional de Estadística.
- INEGI. (15 de Agosto de 2020). *Cuéntame INEGI*. Obtenido de http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=13
- INEGI (1992) Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825220945/702825220945_8.pdf
- Jimenez, E. V. (4 de noviembre de 2013). *Gulf of california marine program*. Obtenido de <https://gocmarineprogram.org/blog/coastal-and-marine/importancia-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-en-la-conservacion/>
- Lacayo, A. D. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Rev. Colombiana ciencias Animales*, 171-193.
- López, M. M., Y Molina, L. R. (2007). Sistemas Agroforestales. En *Sistemas Agroforestales* (pág. 117). Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

- Lozada, D. J. (2010). Consideraciones metodológicas sobre los estudios de comunidades forestales. *Revista forestal Venezolana*, 77-88.
- Maggio, A. (2014). Recopilación de ecuaciones de volumen de especies forestales en la República Argentina. Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.
- Méndez, E., Beer, J., Faustino, J. (1998). Plantación de árboles en línea. Turrialba Costa Rica: CATIE.
- Mendieta, L. M. (2007). *Sistemas Agroforestales*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Moreno, A. I., Toledo, V. M., y Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: una aproximación biocultural. *Botanical Science*, 375-398.
- Moreno, C. M., Toledo, V., & Casas, A. (2013). Los sistemas agroforestales tradicionales de México: *Botanical Sciences*, 375-398.
- Moreno, C. A, M. L. (2019). *Experiencias de Agroforestería en México*. México.
- Moreno, C. A, V. J.-L.-F.-G. (2014). La Etnoagroforestería: el estudio de los sistemas tradicionales en México. *Etnobiología*. 1-15.
- Muñoz, F. J. (2003). Tablas de volumen para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *Ciencia forestal en México*, 75-92.
- Naranjo, G. L. (2003). *Sistemas agroforestales para la producción pecuaria y la conservación de la biodiversidad. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina II*.
- Navia, F. J. (2017). Caracterización del componente arbóreo de cercas vivas en sistemas. *Caracterización del componente arbóreo de cercas vivas en sistemas. Temas agrarios*, 80-89.
- ONU. (2015). *Memoria del Secretario General sobre la labor de la Organización*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Ordóñez, D. J.-S. (2015). Densidad de las maderas mexicanas por tipo de vegetación con base en la clasificación de J.Rzedowski: compilación. *Madera y bosques*, 77-126.

- Ordoñez, G. J. (2011). Aguas subterráneas-acuíferos. Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Ordóñez D., J. A. B. 2008. Como entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. Ciencias 90 (Abril-junio).
- Ortiz, A. R. (2008). Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao) y laurel (Cordia alliodora). Avances de Investigación, 26-29.
- Pedraza, Z. G. (4 de Abril de 2017). Cercos vivos más allá de una línea de árboles. Diario Xalapa.
- Petit A. J. , Casanova L., F., Y Solorio S., F. (2009). Asociación de especies arbóreas forrajeras para mejorar la productividad y el reciclaje de nutrientes. Agricultura técnica en México, 35(1), 113-122. Recuperado en 11 de febrero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100011&lng=es&tlng=es.
- Picard, N. S. (2012). Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Roma: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. Interciencia.
- Raffo, L. E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data, 71-80.
- Ramachandran, N. (1993). An Introduction to Agroforestry. Florida, U. S. A: Kluwer Academic Publishers.
- Roncal, G. S., Soto, P. L., Castellanos, A. J., Ramírez, M. N. (2008). Sistemas agroforestales y almacenamiento de Carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. Interciencia, 200-206.
- SAGARPA. (2003). Evaluación de la alianza para el campo 2002. Pachuca, Hidalgo.

- SEDESOL. (15 de Agosto de 2020). <http://www.microrregiones.gob.mx/>. Obtenido de <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/datGenerales.aspx?entra=nacion&ent=13&mun=077>
- SEDESOL. (2013). Unidad de microrregiones. México: SEGOB.
- Saenz, S. N. (1992). Los sistemas de información geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones. *Ingeniería e investigación*, 31-40.
- SEMARNAT. (2002). Compendio de estadísticas ambientales. México: SEMARNAT.
- Sánchez, D., López, M., Medina, A., Gómez, R., Harvey, C. V., Hernández, B., Sinclair, F. (2004). Importancia Ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea en un paisaje fragmentado de bosque seco de Belén, Rivas, Nicaragua. Encuentro, 7-21.
- SEGOB. (2019). Plan Nacional de desarrollo 2019-2024. México: Secretaría de Gobierno.
- SEDATU. (2016). 2016 Informe final municipal. México
- SGM. (S. f.). Ordenamiento Ecológico Territorial de la región Tulancingo. México.
- Somarriba, E. (1997). Diagnóstico y diseño agroforestal. *Agroforestería de las Américas*, 68-72.
- Somarriba, E. (2001). El análisis y el mejoramiento de las plantaciones lineales de una finca. *Agroforestería de las Américas*, vol. 8, CATIE, Turrialba Costa Rica.
- Somarriba, E. (2009). Planificación agroforestal de fincas. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Somarriba, E. (2009). Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. Costa Rica: CATIE.
- Suárez, A. Alva, L. (2011). Opciones agroforestales para el desarrollo de la agricultura de ladera en Boca del Monte, Ajalpan, Puebla, México. *Textual Chapping*, 113-135.

- Szott, L. I. (2000). The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America. Costa rica: CATIE.
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta Ecológica*, 9-18.
- U.A.N.L. (1989). Simposio agroforestal en México. Sistemas y métodos de uso múltiple del suelo (pág. 789). Linares Nuevo León México: Facultad de ciencias forestales.
- Vega, M. S. (2005). Planificación agroforestal de fincas cacaoteras orgánicas del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería de las Américas*, 7.
- Villacis, J., Chiribonga, C., Moreira, A., & Racines, D. (2006). Componente arbóreo presente en cercas vivas de fincas ganaderas de Santo Domingo de los Colorados. *Ciencia*, 101-109.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 2

Tipo de agricultura por unidad muestral corroborado en campo

Unidad muestral	Segmento	Tipo de agricultura	Unidad muestral	Segmento	Tipo de agricultura
1	12	riego	26	150	ambos
2	19	riego	27	153	ambos
3	22	riego	28	156	ambos
4	25	riego	29	157	ambos
5	29	riego	30	158	ambos
6	36	riego	31	163	riego
7	58	riego	32	168	riego
8	70	riego	33	171	riego
9	73	riego	34	193	riego
10	74	riego	35	200	riego
11	80	riego	36	221	riego
12	87	riego	37	234	riego
13	101	riego	38	235	riego
14	104	riego	39	239	riego
15	105	riego	40	245	temporal
16	109	riego	41	248	temporal
17	111	riego	42	270	riego
18	124	riego	43	276	riego
19	125	riego	44	283	riego
20	127	riego	45	284	riego
21	129	riego	46	293	riego
22	141	riego	47	304	riego
23	143	riego	48	309	riego
24	146	riego	49	312	riego
25	147	riego	50	315	riego

Anexo 2

Preguntas de la entrevista para la evaluación agroforestal

Nombre del informante:

Nombre del predio:

Localización:

1. ¿Qué cultivos se tienen en los terrenos?
2. ¿Cuál es su rendimiento o producción anualmente?
3. El cultivo es de riego o temporal
4. ¿Cuál es la superficie de cada cultivo?
5. ¿Considera que su parcela tiene suelo adecuado para lo que produce?
6. ¿Qué labores se realizan dentro de los terrenos?
7. ¿Se tienen animales forrajeros? De qué tipo
8. En caso de ser así se obtiene el forraje de los terrenos o se compra.
9. ¿Cuál es la finalidad de la producción?
10. ¿Qué limitaciones tiene y cuáles son sus principales problemas de la parcela?
11. ¿Cuáles son las principales oportunidades de la parcela?
12. ¿Cuáles son las prioridades de la parcela?

13. ¿Cuál es la estructura de su familia?

Integrante	Escolaridad	Ocupación	Empleo	Parentesco	Sexo

14. ¿Cuántos años lleva viviendo en esta zona?
15. ¿Viven y trabajan en la parcela o fuera de ella?
16. Los terrenos son propios o de renta
17. ¿Cuánto tiempo tiene con esos terrenos?
18. ¿Cuál es su sistema de ingresos más importante y su sistema de producción?
19. ¿Cuenta con alternativas de empleo?
20. ¿Cuál es el objetivo del productor y su familia sobre las parcelas?
21. ¿Cuáles son sus proyectos a futuro?
22. ¿Conoce los beneficios que aportan los árboles a su parcela?
23. ¿Conoce el nombre y los usos de todos los árboles que están en su parcela?
24. ¿Cuál es la función principal que le da a los árboles en línea que se encuentra en su propiedad?

Uso	
Maderable	Captura de carbono
Leña	Lindero
Carbón	Forraje
Frutos	Control de erosión
Hojarasca	Control del viento
Semillas	otros
Polen	

25. ¿Qué plantas o especies de árboles preferiría introducir a su parcela?
26. ¿Considera que existe una relación positiva entre los árboles y su cultivo? Sí, No y ¿Por qué?
27. Realiza algún tipo de actividad de mantenimiento a los arboles
28. ¿Considera que los arboles pueden aumentar o disminuir la producción de su parcela?
29. ¿Considera que podría darles otras utilidades a los arboles dentro de la parcela si conociera sus beneficios?
30. ¿Desea aumentar o mantener el número de árboles dentro de su propiedad?

Anexo 3

Formato para la obtención de datos dasometricos (se realizó una guía de apoyo para la identificación del estado fitosanitario).

No. de segmento:		Nombre del predio:						
Nombre del propietario:								
Localidad:								
Fecha:		Coordenadas geográficas:					x	y
Referencia:								
Especie	Diámetro (cm)	Altura (m)	Anchura del segmento en (m)	Estado fitosanitario			Estado: vivo o muerto	
				Plantas parasitas	insectos	Grado de daño, bajo, medio, alto.		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								