



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

T E S I S

“IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO  
FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD  
FLORÍSTICA EN EL RANCHO SANGRE DE  
CRISTO, MUNICIPIO DE SANTIAGO  
TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO,  
HIDALGO”

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL

PRESENTA  
ANA KAREN CHICO MONDRAGÓN

DIRECTOR  
DR. RAMÓN RAZO ZÁRATE

CODIRECTOR  
DR. RODRIGO RODRÍGUEZ LAGUNA

TULANCINGO DE BRAVO, HGO., MÉXICO., NOVIEMBRE 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES  
LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL

T E S I S

**“IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO  
FORESTAL SOBRE LA DIVERSIDAD  
FLORÍSTICA EN EL RANCHO SANGRE DE  
CRISTO, MUNICIPIO DE SANTIAGO  
TULANTEPEC DE LUGO GUERRERO,  
HIDALGO”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADA EN INGENIERÍA FORESTAL**

**PRESENTA**  
ANA KAREN CHICO MONDRAGÓN

**DIRECTOR**  
DR. RAMÓN RAZO ZÁRATE

**CODIRECTOR**  
DR. RODRIGO RODRÍGUEZ LAGUNA

**COMITÉ TUTORIAL**  
DR. ALFONSO SUÁREZ ISLAS  
DR. PABLO IRVING FRAGOSO LÓPEZ



# Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

*Institute of Agricultural Sciences*

Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales

*Academic Area of Agricultural and Forestry Sciences*

Tulancingo de Bravo, Hidalgo; a 10 de noviembre de 2025

**Asunto:** Autorización de impresión

**Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado**  
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de Licenciatura en Ingeniería Forestal, **Ana Karen Chico Mondragón**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado **“Impacto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad florística en el Rancho Sangre de Cristo, municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

**PRESIDENTE:** Dr. Alfonso Suárez Islas

**SECRETARIO:** Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna

**VOCAL 1:** Dr. Ramón Razo Zárate

**SUPLENTE 1:** Dr. Pablo Irving Fragoso López

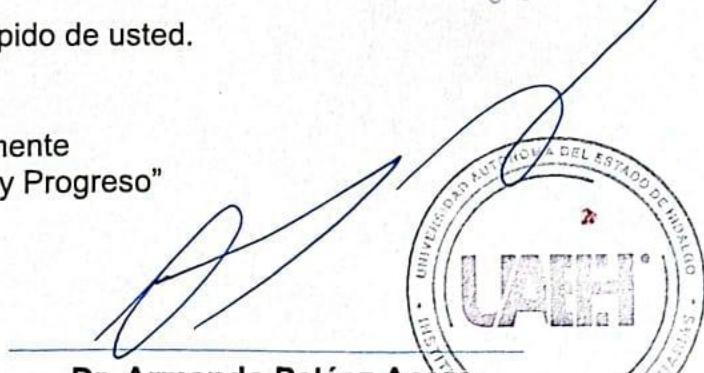
Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente  
“Amor, Orden y Progreso”

**Dr. José González Ávalos**  
Coordinador del Programa Educativo  
en Ingeniería Forestal

“Amor, Orden y Progreso”

**Dr. Armando Peláez Acero**  
Director del ICAP



Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,  
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,  
México. C.P. 43775.  
Teléfono: 7717172001 Ext. 42173  
profe\_5566@uaeh.edu.mx

## AGRADECIMIENTOS

A **mi padre Celestial** porque ha sido mi guía y mi sostén a lo largo de toda mi vida, agradezco por los dones y habilidades que me ha dado para poderme desarrollar en el ámbito académico. Agradezco por la oportunidad que tengo de poder terminar mis estudios superiores y por la familia que me ha dado, las bendiciones y la fortaleza para la toma de decisiones. Por las personas que ha puesto en mi camino y me han ayudado a lo largo de esta trayectoria académica que eh podido forjar.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento **a mi director de tesis** el Dr. Ramón Razo Zárate quien ha sido de suma importancia en esta investigación por su guía y apoyo que me ha brindado en mi trabajo, además de su valioso tiempo, conocimientos compartidos y su paciencia que me ha brindado para poder concluir este trabajo de forma exitosa.

Agradezco de igual manera **a mi comité asesor** por su tiempo y dedicación, así como las sugerencias brindadas con el fin de poder mejorar y fortalecer la calidad de mi trabajo de investigación. Gracias a mi codirector el Dr. Rodrigo Rodríguez Laguna y a los miembros de mi comité asesor: Dr. Alfonso Suárez Islas y Dr. Pablo Irving Fragoso López.

Al señor Juan Carlos dueño del rancho donde realicé mi trabajo de investigación, por su disposición de ayudarme, tiempo y por su entusiasta disponibilidad para llevar a cabo mis recorridos en campo.

**A mis amigos** Daniela Aguilar Cid e Iván Islas Charco y **mis compañeros** Jair Campos y Kevin Osvaldo Galindo por ayudarme en la toma de datos en campo.

## DEDICATORIA

**A mis padres** Cristina Mondragón de la Cruz y Roberto Chico Santiago, quienes han sido mi ejemplo a seguir de constancia, valentía, perseverancia, por su amor incondicional y por todos los sacrificios que hicieron para poder ayudarme a terminar mis estudios superiores. Sin duda alguna son y han sido mi motor para lograr mis metas y afrontar mis desafíos de la mejor manera y siempre aprendiendo de ello. Gracias por creer en mí, por darme buenos valores y por siempre ser mi sostén aun en mis días malos. Este logro lo construimos juntos, pero se los dedico a ustedes. Los amo y gracias por dejarme vivir en una familia eterna.

**A mis hermanos** Roberto, Carlos, Daniel y Ángel, por su apoyo y amor infinito, por ser ejemplo para mí, por cuidarme y ayudarme siempre. Gracias por creer en mí, por todos sus buenos deseos siempre, así como su disposición de ayudarme siempre que lo necesito.

**A mi sobrino** Angelito, quien es también una fuente de amor y valentía para poder superar mis obstáculos y llegar a mis metas. Este logro también es para ti, para que algún día pueda ser tu ejemplo a seguir y siempre estés orgullo de tu tía que te ama.

**A mis abuelos** maternos y paternos quienes siempre me hicieron saber lo orgullosos que se sentían de mí. Gracias por ayudarme a confiar en mí y por haber criado a unos padres maravillosos.

**A mis mejores amigas** de la carrera Daniela Aguilar Cid y Erika Neri Romero quienes desde el día uno que comencé esta aventura siempre estuvieron para mí y con el paso de los años pudimos fortalecer esta amistad dentro y fuera de las aulas, gracias por ser tan buenas y bondadosas porque sin que yo lo pidiera siempre estuvieron y porque siempre me motivaron a seguir a delante y celebraron conmigo mis triunfos. Por enseñarme que en la amistad no cabe la envidia y por el contrario siempre me ayudaron a ser firme en mis valores y principios. Las quiero.

**A mis amigos** Iván Islas Charco, Bernardo Sánchez Ruiz y Alejandro Delgadillo Islas por su apoyo incondicional, por las risas, compañía y confianza a lo largo de esta gran aventura. Su amistad fue un pilar fundamental en los momentos de mayor estrés.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. OBJETIVOS .....	5
2.1. Objetivo general .....	5
2.2. Objetivos específicos .....	5
III. REVISIÓN DE LITERATURA .....	6
3.1. La biodiversidad y diversidad florística .....	6
3.2. Métodos para identificar la biodiversidad .....	7
3.2.1. Métodos de Observación Directa .....	7
3.2.2. Métodos de Inventario de Especies .....	8
3.2.3. Métodos Moleculares (DNA barcoding) .....	8
3.3. Índices de diversidad y riqueza de especies .....	9
3.3.1. Índice de Shannon-Weaver .....	10
3.3.2. Índice de Simpson .....	10
3.3.3. Índice de Margalef .....	11
3.3.4. Índice de valor de importancia .....	12
3.3.5. Índice de Sorensen .....	12
3.4. Impactos de las actividades del hombre y la naturaleza sobre la diversidad florística .....	13
3.4.1. Dinámica y sucesión del bosque .....	13
3.4.2. Tipos de sucesión .....	13
3.4.3. Etapas de sucesión .....	14
3.4.4. Mecanismos de la sucesión .....	15
3.4.5. Especies de la sucesión .....	15
3.5. Relaciones entre las especies .....	16
3.6. El bosque como ecosistema .....	17
3.6.1. Bosque de pino-encino .....	18
3.7. Métodos de regeneración para masas coetáneas aplicados en México .....	20
3.7.1. Masas coetáneas .....	20
3.7.2. Método de árboles padre o semilleros .....	20

<b>3.7.3. Método de Matarrasa.....</b>	21
<b>3.7.4. Método aplicado en el área de estudio.....</b>	22
<b>3.8. Impactos del aprovechamiento silvícola sobre un bosque.....</b>	26
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	28
<b>4.1. Ubicación del área de estudio.....</b>	28
<b>4.2. Descripción física del área de estudio .....</b>	28
<b>4.2.1. Clima .....</b>	28
<b>4.2.2. Topografía .....</b>	29
<b>4.2.3. Suelo .....</b>	29
<b>4.2.4. Hidrología.....</b>	30
<b>4.2.5. Vegetación .....</b>	30
<b>4.3. Selección de áreas de estudio .....</b>	31
<b>4.3.1 Área de conservación.....</b>	31
<b>4.3.2. Área 2016.....</b>	31
<b>4.3.3. Área 2018.....</b>	32
<b>4.3.4. Área 2022.....</b>	32
<b>4.4. Colecta e identificación de especies .....</b>	33
<b>4.5 Método y diseño de muestreo .....</b>	35
<b>4.5.1 Método de cuadros .....</b>	35
<b>4.6 Muestreo.....</b>	35
<b>4.7. Variables estudiadas.....</b>	36
<b>4.8. Estimación de los índices de biodiversidad.....</b>	37
<b>4.9. Análisis estadísticos .....</b>	38
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	40
<b>5.1 Composición florística.....</b>	40
<b>5.2. Diversidad de especies en las áreas evaluadas .....</b>	43
<b>5.2.1. Área testigo.....</b>	43
<b>5.2.3. Área 2018.....</b>	45
<b>5.3 Análisis de diversidad por estratos en las áreas estudiadas .....</b>	47
<b>5.3.1 Estrato arbóreo .....</b>	47
<b>5.3.2. Estrato arbustivo .....</b>	49
<b>5.3.3. Estrato herbáceo.....</b>	50
<b>5.4. Índices de biodiversidad .....</b>	51

<b>5.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI) .....</b>	52
<b>5.4.2 Índice de Shannon- Wiener .....</b>	57
<b>5.4.3 Índice de Simpson .....</b>	60
<b>5.4.4 Índice de Margalef.....</b>	61
<b>5.4.5 Análisis de presencia y ausencia de especies .....</b>	62
<b>5.4.6. Índice de Sorensen.....</b>	64
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	66
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>	67
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	i

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Familias identificadas en el Rancho "Sangre de Cristo". .....	41
<b>Cuadro 2.</b> Valores del Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbóreo en el Rancho "Sangre de Cristo".....	52
<b>Cuadro 3.</b> Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbustivo en el Rancho "Sangre de Cristo".....	54
<b>Cuadro 4.</b> Índice de valor de importancia (IVI) del estrato herbáceo en el Rancho "Sangre de Cristo".....	56
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de presencia-ausencia de especies en las cuatro áreas del rancho "Sangre de cristo".....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del Predio Rancho Sangre de Cristo, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo .....	28
<b>Figura 2.</b> Climograma de la estación Presa La Esperanza (1981-2010). ....	29
<b>Figura 3.</b> Vista general del área de conservación (testigo) del Rancho "Sangre de Cristo".....	31
<b>Figura 4.</b> Vista general del área intervenida en el año 2016 del Rancho "Sangre de Cristo". .....	32
<b>Figura 5.</b> Vista general del área intervenida en el año 2018 del Rancho "Sangre de Cristo". .....	32
<b>Figura 6.</b> Vista general del área intervenida en el año 2022 del Rancho "Sangre de Cristo". .....	33
<b>Figura 7.</b> Colecta de muestras botánicas en el área de estudio. ....	33
<b>Figura 8.</b> Prensado de las muestras botánicas recolectadas en las áreas a evaluar. ....	34
<b>Figura 9.</b> Identificación taxonómica de especies en laboratorio. ....	34
<b>Figura 10.</b> Sitio de muestreo de 10m X 10m para el estrato arbóreo. ....	36
<b>Figura 11.</b> Uso de cinta métrica y flexómetro para la delimitación de los sitios del estrato arbustivo y herbáceo.....	36
<b>Figura 12.</b> Géneros identificados por familia en el rancho "Sangre de cristo". ....	42
<b>Figura 13.</b> Especies identificadas por familia en el predio rancho "Sangre de Cristo". ....	42
<b>Figura 14.</b> Relación de géneros y especies por familias identificadas en el rancho "Sangre de Cristo". .....	43
<b>Figura 15.</b> Especies por estrato de las 4 áreas evaluadas en el rancho "Sangre de Cristo".....	47
<b>Figura 16.</b> Presencia de especies por familia en el estrato arbóreo. ....	49
<b>Figura 17.</b> Presencia de especies por familia en el estrato arbustivo del rancho "Sangre de cristo". .....	50
<b>Figura 18.</b> Presencia de especies por familia en el estrato herbáceo del rancho "sangre de cristo".	51
<b>Figura 19.</b> Especies del estrato arbóreo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho "Sangre de cristo". .....	53
<b>Figura 20.</b> Especies del estrato arbustivo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho "Sangre de cristo".....	55
<b>Figura 21.</b> Especies del estrato herbáceo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho "Sangre de cristo".....	57
<b>Figura 22.</b> Valores del índice de Shannon por área en el rancho "Sangre de Cristo" . ....	59
<b>Figura 23.</b> Valores del índice de Shannon de las cuatro áreas por estratos en el rancho "Sangre de cristo" . ....	59
<b>Figura 24.</b> Valores del índice de Simpson por área evaluadas en el rancho "Sangre de cristo".....	60
<b>Figura 25.</b> Índice de Simpson en las áreas evaluadas por estratos en el rancho "Sangre de cristo" .	61
<b>Figura 26.</b> Índice de Margalef de las áreas 2016, 2018, 2022 y área de conservación del rancho "Sangre de Cristo". .....	62
<b>Figura 27.</b> Índice de similaridad de Sorensen entre las áreas con respecto al área de conservación en el rancho "Sangre de cristo". .....	65

## RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de los tratamientos silvícolas sobre la diversidad de especies en un bosque templado localizado en el municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México. El objetivo principal fue analizar la diversidad florística en áreas sujetas a aprovechamiento forestal y compararlas con un área testigo.

Se recolectó información en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, mediante 19 parcelas de muestreo de 100 m<sup>2</sup> para el estrato arbóreo, 25 m<sup>2</sup> para el estrato arbustivo y 1 m<sup>2</sup> para el estrato herbáceo. Para estimar la diversidad, dominancia y riqueza de especies se utilizaron el Índice de Valor de Importancia (IVI) y los índices de biodiversidad de Shannon, Simpson, Margalef y Sorensen.

En total se registraron 67 especies pertenecientes a 25 familias: 25 especies correspondieron al estrato arbóreo, 21 al arbustivo y 21 al herbáceo. La familia Asteraceae presentó el mayor número de géneros identificados (9), mientras que Fagaceae aportó 11 especies del género *Quercus*. El IVI permitió identificar las especies de mayor valor ecológico: en el estrato arbóreo, *Pinus teocote* (familia Pinaceae) presentó el valor más alto (45.5 %); en el estrato arbustivo, *Prunus serotina* (familia Rosaceae) alcanzó el valor máximo (39.3 %); y en el estrato herbáceo, *Pseudoeriocoma constricta* obtuvo el mayor IVI (54.3 %).

Respecto al índice de Shannon (H'), el valor más alto se registró en el área testigo (H' = 1.71), lo que indica una diversidad media en todas las áreas evaluadas. El índice de Simpson (D) mostró la mayor diversidad en el área 2018 (D = 0.73), mientras que el índice de Margalef evidenció la mayor riqueza de especies en el área testigo (4.98). Por su parte, el índice de Sorensen reflejó un 57.7 % de similitud entre el área 2016 y el área testigo.

El análisis de presencia y ausencia de especies identificó aquellas comunes a todas las áreas evaluadas: *Prunus serotina* subsp. *capuli*, *Pinus montezumae*, *P. teocote*, *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. greggii*, *Q. laeta*, *Bouvardia terniflora*, *Buddleja cordata*, *Fuchsia thymifolia*, *Symporicarpos microphyllus*, *Eupatorium petiolare*, *Muhlenbergia macroura* y *Poa annua*, características de un bosque templado de pino-encino.

**Palabras clave:** Tratamientos silvícolas, estratos, diversidad, dominancia, riqueza de especies, índices de biodiversidad.

## I. INTRODUCCIÓN

México es reconocido como uno de los países más megadiversos del mundo, ocupando los primeros lugares a nivel global por la cantidad y variedad de especies que alberga. Esta riqueza biológica se debe principalmente a su ubicación geográfica, que abarca desde las zonas áridas del norte hasta las selvas tropicales del sur, dando lugar a una amplia gama de ecosistemas. Entre ellos se incluyen bosques templados, selvas, matorrales, desiertos, manglares y pastizales, los cuales cubren aproximadamente 140 millones de hectáreas, equivalentes al 73 % del territorio nacional. De acuerdo con la CONAFOR (2009), los matorrales xerófilos representan el 41 % de esta superficie, los bosques templados el 24 % y las selvas el 23 %.

Esta notable diversidad constituye la base de la riqueza natural de México y lo posiciona como uno de los países con mayor biodiversidad del planeta. Se estima que alberga alrededor de 120,000 especies de plantas, animales y otros organismos, lo que representa entre el 10 % y el 12 % de la biodiversidad mundial. Este hecho no solo resalta la cantidad de especies presentes, sino también la singularidad de los ecosistemas y el elevado número de especies endémicas. Aproximadamente el 70 % de la biodiversidad global se concentra en los países megadiversos, entre los cuales México destaca por su contribución al mantenimiento de los ecosistemas y a la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, tales como la purificación del aire, la regulación del clima y la conservación del agua (CONABIO, 2023).

La diversidad biológica no solo representa riqueza natural, sino que desempeña un papel esencial en la sostenibilidad de las actividades humanas. Constituye la base sobre la cual se desarrollan numerosos servicios ecosistémicos que benefician directamente a las poblaciones, como la polinización de cultivos, la provisión de recursos naturales y la regulación climática (Sala et al., 2000). Sin embargo, la presión creciente sobre los recursos naturales derivada de la urbanización, la expansión agrícola y las actividades industriales amenazan la estabilidad de los ecosistemas. Ante ello, el manejo adecuado de los recursos naturales, en especial de los bosques, se vuelve una prioridad para garantizar tanto la conservación de la biodiversidad como el desarrollo económico de las comunidades que dependen de estos ecosistemas.

El aprovechamiento forestal en México es una actividad económica de gran relevancia, practicada históricamente con fines comerciales, pero también con un enfoque

hacia la conservación. Se concibe como una práctica orientada a la utilización racional de los recursos forestales, procurando no comprometer la regeneración del bosque ni su biodiversidad, de manera que su explotación sea sustentable (Ruiz Cortez, 1993). En el país, el aprovechamiento forestal se lleva a cabo principalmente mediante la extracción de madera, la recolección de productos no maderables y la provisión de servicios ecológicos que benefician tanto a las comunidades locales como a la economía nacional (López et al., 2010).

No obstante, la relación entre el aprovechamiento forestal y la conservación de la biodiversidad es compleja. Mientras las prácticas de manejo sostenible pueden contribuir a la preservación de los ecosistemas, un manejo inadecuado puede ocasionar efectos negativos, como la pérdida de especies y la degradación del suelo (Müller et al., 2017). La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha promovido diversos programas de manejo forestal orientados a equilibrar la extracción de recursos con la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, el éxito de estas políticas depende en gran medida de la correcta implementación y monitoreo de las prácticas silvícolas en campo (López et al., 2010).

El manejo forestal está además estrechamente vinculado con las comunidades rurales que dependen de los bosques para su subsistencia. En muchos casos, dichas comunidades participan activamente en las actividades de manejo, obteniendo beneficios económicos mientras contribuyen a la conservación de los ecosistemas forestales. A pesar de los avances logrados en la gestión sostenible, es fundamental evaluar y comparar la efectividad de los distintos enfoques aplicados a la conservación de la biodiversidad. La comparación de la diversidad florística entre áreas bajo manejo forestal ofrece información valiosa sobre los impactos de las prácticas silvícolas en la composición y distribución de las especies vegetales.

La biodiversidad florística constituye un indicador clave del estado de conservación y salud de los ecosistemas forestales (CONABIO, 2021). Su análisis permite identificar los efectos del manejo forestal sobre la estructura y composición de las comunidades vegetales, proporcionando bases científicas para mejorar las estrategias de conservación y restauración.

El estado de Hidalgo alberga aproximadamente el 1.1 % de la superficie nacional y presenta una notable riqueza biológica, con cerca de 3,961 especies registradas y una

amplia diversidad de ecosistemas que incluyen bosques, selvas, matorrales xerófilos y pastizales naturales. Esta diversidad se debe a su ubicación geográfica, ya que el estado se localiza en la zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical, y cuenta con una variada topografía y condiciones fisiográficas. Hidalgo destaca especialmente por su riqueza en cactáceas y por la presencia de ecosistemas montañosos, como el bosque mesófilo de montaña (CONABIO, 2021).

De acuerdo con el Instituto de Geografía de la UNAM, el estado posee una superficie forestal de 817,639.78 hectáreas, distribuidas en cinco Unidades de Manejo Forestal (UMAFOR). Hasta el año 2007, se habían registrado 951 autorizaciones de programas de manejo forestal, de las cuales 858 correspondían a propiedades privadas y 93 a núcleos agrarios. Cerca del 75 % de las autorizaciones se ejecutan bajo el sistema silvícola para bosques regulares, con base en el Método de Desarrollo Silvícola (MDS). El resto corresponde a otros esquemas, como el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI) y los programas de saneamiento (CONAFOR, 2008).

En este contexto, el presente estudio tiene como propósito generar información sobre la diversidad florística en distintas áreas de un predio bajo manejo forestal, en el cual se aplican prácticas silvícolas que pueden influir en la composición y distribución de las especies vegetales a lo largo del tiempo. Los resultados permitirán comprender con mayor profundidad los efectos del manejo forestal sobre la biodiversidad, con el fin de promover estrategias de conservación que favorezcan la sostenibilidad de los ecosistemas, sin comprometer el aprovechamiento responsable de los recursos.

La relevancia de este tipo de investigaciones radica en la necesidad de diseñar y aplicar estrategias de manejo forestal que, además de permitir el uso racional de los recursos, aseguren la conservación de la biodiversidad, elemento esencial para la sostenibilidad ecológica, económica y social a largo plazo de los ecosistemas forestales de México.

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Evaluar la dinámica del restablecimiento de la diversidad florística en áreas bajo manejo forestal mediante el uso de índices de diversidad, con el propósito de proponer alternativas de manejo que favorezcan la conservación de la riqueza florística en el predio Rancho “Sangre de Cristo”, municipio de Santiago Tulantepec, Hidalgo.

### 2.2. Objetivos específicos

- a) Colectar e identificar las especies florísticas presentes en el área de conservación y zonas bajo manejo silvícola (2016, 2018, 2022), mediante la técnica de barrido.
- b) Estimar los índices de diversidad florística en las áreas intervenidas bajo manejo silvícola en los años 2016, 2018, 2022.
- c) Comparar la diversidad florística presente en cada área después del aprovechamiento de los recursos forestales.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. La biodiversidad y diversidad florística

La biodiversidad, o diversidad biológica, se define como la variedad y variabilidad de los organismos vivos presentes en el planeta. Este concepto abarca todas las especies de plantas, animales, hongos y microorganismos, así como los ecosistemas que las albergan. La biodiversidad se manifiesta en tres niveles principales:

1. Diversidad genética, que comprende la variación genética dentro de cada especie.
2. Diversidad de especies, referida al número de especies distintas en un ecosistema.
3. Diversidad de ecosistemas, que engloba la variedad de hábitats, comunidades y procesos ecológicos dentro de una región determinada (Sala et al., 2000).

La biodiversidad es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que cada especie y cada componente ecológico desempeña un papel específico en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, tales como la purificación del agua, la polinización de cultivos y la regulación del clima. Además, la biodiversidad tiene un valor intrínseco que va más allá de su utilidad para los seres humanos, ya que representa el resultado de millones de años de evolución natural.

La biodiversidad es esencial para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que cada especie cumple un papel específico en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, tales como la purificación del agua, la polinización de cultivos y la regulación climática. Además, posee un valor intrínseco, resultado de millones de años de evolución biológica.

Por su parte, la diversidad florística se refiere a la variedad y abundancia de especies vegetales presentes en un ecosistema o área geográfica. Este concepto abarca tanto la riqueza de especies (número de especies distintas) como la composición y estructura de las comunidades vegetales. La diversidad florística es un indicador clave de la salud de los ecosistemas, ya que las plantas desempeñan funciones esenciales como la fotosíntesis, la producción de oxígeno y la provisión de alimento y hábitat para otras especies.

Una alta diversidad florística contribuye a la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas, pues una mayor variedad de especies vegetales favorece la adaptación ante perturbaciones y cambios ambientales (Magurran, 2013). En términos ecológicos, representa un componente fundamental de la biodiversidad, al reflejar la capacidad de un ecosistema para sostener múltiples especies con diferentes funciones ecológicas.

La pérdida de biodiversidad constituye una de las principales amenazas para el equilibrio ecológico global y está estrechamente relacionada con actividades humanas como la deforestación, la contaminación y el cambio climático. Por ello, la conservación de la biodiversidad es crucial para mantener la estabilidad de los ecosistemas y el bienestar humano (Sala et al., 2000).

### **3.2. Métodos para identificar la biodiversidad**

La identificación de la biodiversidad es un proceso esencial en los estudios ecológicos, de conservación y manejo de recursos naturales, ya que permite conocer las especies presentes en un ecosistema y evaluar su diversidad, estructura y funciones. Los métodos empleados varían de acuerdo con los objetivos del estudio, los recursos disponibles y las características del ecosistema o grupo taxonómico analizado (García y López, 2017). A continuación, se describen los principales métodos utilizados para identificar la biodiversidad:

#### **3.2.1. Métodos de Observación Directa**

La observación directa consiste en identificar especies mediante su detección visual en campo, ya sea de plantas, animales o microorganismos. Es un método sencillo y apropiado para estudios que buscan caracterizar la flora y fauna de un área determinada (Hebert y Gregory, 2005).

- Observación visual de especies: implica registrar e identificar organismos mediante la observación directa de sus características morfológicas en su hábitat natural. Para ello se emplean herramientas como binoculares, cámaras fotográficas y guías de campo (García y López, 2017).
- Recolección de muestras: complementa la observación directa e incluye la colecta de especímenes de plantas, insectos, hongos u otros organismos, los cuales se identifican posteriormente en laboratorio (Hebert y Gregory, 2005).

Ventajas:

- Es un método simple y económico.
- Permite observar comportamientos y relaciones ecológicas entre especies.

Desventajas:

- Requiere de experiencia taxonómica para lograr una identificación precisa.
- Puede resultar limitado para grupos difíciles de detectar, como insectos o microorganismos.

### **3.2.2. Métodos de Inventario de Especies**

El inventario de especies es una herramienta sistemática que permite catalogar las especies presentes en un área o ecosistema determinado, con el fin de conocer la composición y diversidad biológica del sitio (García y López, 2017).

- Métodos de transectos: consiste en establecer líneas o recorridos de muestreo a lo largo de los cuales se registran las especies observadas de forma sistemática. Este método se utiliza frecuentemente en estudios de vegetación, mamíferos y aves (Hebert y Gregory, 2005).
- Muestreo de parcelas: se basa en la delimitación de áreas de muestreo con dimensiones definidas (cuadrantes o cuadrículas), dentro de las cuales se registran todas las especies presentes. Es uno de los métodos más empleados en estudios de vegetación, pues permite estimar la densidad y distribución de especies (García y López, 2017).

Ventajas:

- Proporciona una visión general de la biodiversidad en una región.
- Puede adaptarse a diferentes grupos biológicos (flora y fauna).

Desventajas:

- Requiere mayor inversión de tiempo y personal capacitado.
- Puede ser menos efectivo para especies poco visibles o de hábitos crípticos.

### **3.2.3. Métodos Moleculares (DNA barcoding)**

El uso de códigos de barras de ADN (\*DNA barcoding\*) es un método moderno para la identificación de especies basado en la secuenciación de fragmentos específicos de ADN. Es particularmente útil para distinguir especies morfológicamente similares o difíciles de identificar visualmente (Hebert y Gregory, 2005).

- Secuenciación genética: consiste en extraer ADN de una muestra biológica (por ejemplo, hojas, pelos o tejidos) para analizar su secuencia genética. Los

resultados se comparan con bases de datos de referencia, lo que permite identificar la especie con alta precisión (García y López, 2017).

- Marcadores moleculares: emplea regiones específicas del ADN, como el gen <sup>\*</sup>COI\* (Citocromo Oxidasa I) en animales o el gen *rbc*\* en plantas, ampliamente utilizados para la identificación taxonómica (Hebert y Gregory, 2005).

Ventajas:

- Ofrece alta precisión y confiabilidad en la identificación.
- Permite reconocer especies morfológicamente indistinguibles.

Desventajas:

- Requiere equipo especializado y conocimientos técnicos avanzados.
- Implica costos elevados y mayor tiempo en el proceso de análisis y secuenciación.

### **3.3. Índices de diversidad y riqueza de especies**

La diversidad y la riqueza de especies son conceptos estrechamente relacionados, aunque no equivalentes. La **riqueza de especies** se refiere al número total de especies presentes en un área determinada, mientras que la **diversidad de especies** considera, además, la abundancia relativa de cada una.

Los índices de diversidad constituyen herramientas estadísticas que permiten cuantificar y comparar la complejidad biológica entre comunidades o ecosistemas. Aunque algunos autores los consideran limitados por sintetizar en un solo valor información compleja, continúan siendo ampliamente utilizados en estudios florísticos y ecológicos como indicadores comparativos entre tipos de hábitat o estratos de vegetación (Mostacedo et al., 2000).

Estos índices se aplican comúnmente para evaluar la diversidad dentro de formas de vida (árboles, hierbas, arbustos) o entre estratos (arbóreo, arbustivo, herbáceo). A escalas más amplias, su cálculo requiere no solo identificar las especies, sino también conocer la abundancia de cada una. Existen más de veinte índices de diversidad, cada uno con características, ventajas y limitaciones particulares. A continuación, se describen los utilizados en este estudio.

### 3.3.1. Índice de Shannon-Weaver

El índice de Shannon-Weaver integra dos componentes fundamentales: la riqueza de especies y la equitatividad o uniformidad en la distribución de los individuos. Es uno de los índices más empleados en ecología, ya que expresa el grado de incertidumbre al predecir a qué especie pertenece un individuo seleccionado al azar dentro de una comunidad.

El índice asume que los individuos se eligen aleatoriamente y que todas las especies están representadas en la muestra. Su valor varía entre 0 (cuando existe una sola especie) y el logaritmo natural del número total de especies (cuando todas tienen igual abundancia). El índice se basa en la teoría de la información y puede calcularse utilizando logaritmo natural o logaritmo base 10 (Aguirre Mendoza, 2013).

El índice de diversidad de Shannon-Weaver ( $H'$ ), que expresa la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i) * \ln(P_i)$$

Donde:

$S$ =Número de especies presentes

$\ln$ =Logaritmo natural

$P_i$  =Proporción de los individuos de la especie  $i$ ; se calcula mediante la relación  $(n_i/N)$

$n_i$ =Número de individuos de la especie  $i$

$N$ = Número total de individuos

### 3.3.2. Índice de Simpson

El índice de Simpson está fuertemente influido por la dominancia de las especies más abundantes y mide la probabilidad de que dos individuos tomados al azar pertenezcan a la misma especie (Aguirre Mendoza, 2013).

El índice de diversidad de Simpson (D), que se estima si una comunidad determinada está compuesta por especies muy abundantes, ya que suma las abundancias de cada una al cuadrado y así, les da importancia a los taxones con alto valor.

$$D = \sum P_i^2$$

Donde:

$P_i$  =Proporción de las especies i en la comunidad ( $n_i/N$ ) es decir, el número de individuos de la

especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

$n_i$ =Número de individuos de la especie i

N= Número total de individuos

Los valores de D oscilan entre 0 y 1; cuanto menor es el valor, mayor es la diversidad. Por lo tanto, una comunidad con pocas especies dominantes tendrá un valor alto de D, mientras que una comunidad más equitativa mostrará un valor bajo.

### 3.3.3. Índice de Margalef

El índice de riqueza de Margalef ( $D_{Mg}$ ), que determina la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies, en función del número total de individuos existentes en la muestra analizada. Combina el número de especies (S) y el número de individuos (N).

El índice de Margalef se utiliza para estimar la **riqueza específica** de una comunidad, considerando tanto el número de especies como el número total de individuos. Este índice transforma la riqueza de especies en una proporción que refleja la tasa a la cual se añaden especies conforme aumenta el tamaño de la muestra (Magurran, 1988).

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

Donde:

$\ln$ =Logaritmo natural (base e)

S= Número total de especies presentes

N=Número total de individuos

El valor de  $D_{mg}$  es mayor cuando la muestra contiene más especies en relación con el número de individuos. Cuando  $D_{mg} = 0$  indica que hay una sola especie (Moreno, 2001).

### 3.3.4. Índice de valor de importancia

El índice de valor de importancia (IVI) define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Este valor se obtiene mediante tres parámetros principales: dominancia (puede ser cobertura o área basal), densidad y frecuencia. El I.V.I se obtiene de la sumatoria de estos tres parámetros. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal. El I.V.I. es un mejor descriptor que cualquiera de los parámetros utilizados individualmente (Mostacedo et al., 2000).

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Nº de individuos de la especie}}{\text{Nº total de individuos}} * 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia de la especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} * 100$$

### 3.3.5 Índice de Sorensen

El índice de Sorensen, uno de los más utilizados para medir la **similitud entre comunidades**, se basa en la presencia o ausencia de especies. Evalúa el grado de similitud florística entre dos sitios comparando el número de especies compartidas (Mostacedo et al., 2000; Magurran, 1988).

$$IS = \frac{2C}{A+B} * 100$$

Donde:

IS= Índice de Sorensen

A=número de especies encontradas en la comunidad A

B=número de especies encontradas en la comunidad B

C= número de especies comunes en ambas localidades

El índice toma valores entre 0 (sin especies en común) y 1 (composición idéntica).

En términos ecológicos, es una medida inversa de la diversidad beta, reflejando el grado de cambio en la composición de especies entre diferentes comunidades (Rendón Pérez et al., 2021).

### **3.4. Impactos de las actividades del hombre y la naturaleza sobre la diversidad florística.**

#### **3.4.1. Dinámica y sucesión del bosque**

La dinámica del bosque se refiere a los procesos de cambio y desarrollo que ocurren dentro de un ecosistema forestal a lo largo del tiempo. Estos cambios incluyen variaciones en la estructura, composición y funcionamiento de la comunidad vegetal, así como en las interacciones entre las especies y su ambiente. La dinámica de los bosques está influenciada por una combinación de factores bióticos, como las especies vegetales y animales, y abióticos, como el clima, el suelo y las perturbaciones (por ejemplo, incendios, tormentas o actividad humana) (Pickett y White, 1985). Esta dinámica puede ser rápida o lenta dependiendo de las condiciones ecológicas, y los bosques pasan por diferentes etapas que reflejan su evolución y respuesta a los factores ambientales.

La sucesión ecológica es el proceso mediante el cual los ecosistemas experimentan una serie de cambios estructurales y funcionales a lo largo del tiempo, generalmente después de una perturbación. En el contexto de un bosque, la sucesión se refiere a la secuencia de cambios que ocurren en la vegetación y otros componentes del ecosistema desde que se inicia una perturbación (como una tala o un incendio) hasta que el ecosistema alcanza un estado de equilibrio o "clímax". Durante la sucesión, el ecosistema pasa por diferentes etapas, desde la colonización inicial de especies pioneras, que son generalmente plantas de crecimiento rápido, hasta la llegada de especies más competitivas que forman un bosque maduro (Clements, 1916). La sucesión puede ser primaria, cuando ocurre en un área previamente desprovista de vida, o secundaria, cuando ocurre en un lugar donde ya existía un ecosistema, pero ha sido alterado por una perturbación.

#### **3.4.2. Tipos de sucesión**

Existen dos tipos principales de sucesión ecológica: sucesión primaria y sucesión secundaria.

- Sucesión primaria: Ocurre en un área que nunca ha sido ocupada por una comunidad ecológica o que ha sido completamente despojada de vida debido a

fenómenos como erupciones volcánicas, formación de glaciares o la exposición de superficies rocosas desnudas. En este tipo de sucesión, los primeros organismos que colonizan el área son las especies pioneras, como líquenes y musgos, que tienen la capacidad de soportar condiciones extremas y suelos pobres en nutrientes. Con el tiempo, estos organismos ayudan a la formación y enriquecimiento del suelo, permitiendo la llegada de nuevas especies vegetales más complejas (Clements, 1916).

- **Sucesión secundaria:** Este tipo de sucesión ocurre en áreas donde ya existió una comunidad ecológica, pero que ha sido alterada o destruida por perturbaciones como incendios, talas o inundaciones. A diferencia de la sucesión primaria, en la sucesión secundaria, el suelo ya está formado y contiene nutrientes, lo que permite una regeneración más rápida de la vegetación. Las especies pioneras que colonizan rápidamente el área afectada son generalmente hierbas y arbustos, que con el tiempo dan paso a árboles más grandes hasta que el ecosistema alcanza un estado de madurez (Pickett y White, 1985).

### **3.4.3. Etapas de sucesión**

La sucesión ecológica se desarrolla en diferentes etapas que reflejan los cambios en la estructura y composición de un ecosistema a lo largo del tiempo. Estas etapas incluyen:

- **Etapa de Colonización o Inicial:** En esta fase, las primeras especies en colonizar el área son las especies pioneras, que son capaces de sobrevivir en condiciones extremas. Generalmente, estas especies tienen una alta tasa de reproducción y dispersión, lo que les permite invadir rápidamente el área.
- **Etapa de Desarrollo o Intermedia:** A medida que el ecosistema se estabiliza, las especies pioneras son reemplazadas por plantas más grandes y complejas, como arbustos y árboles jóvenes. En esta etapa, el ecosistema comienza a experimentar una mayor diversidad y complejidad estructural.
- **Etapa Clímax:** Es el último estado de la sucesión, donde el ecosistema alcanza un equilibrio dinámico. En la etapa clímax, las especies dominantes son aquellas que se mantienen estables en el entorno durante largos períodos. La composición de especies y la estructura del ecosistema permanecen relativamente constantes, aunque aún pueden ocurrir pequeñas fluctuaciones debido a cambios naturales o perturbaciones.

#### **3.4.4. Mecanismos de la sucesión**

Los mecanismos de la sucesión son los procesos que impulsan el cambio en la estructura de las comunidades a lo largo del tiempo. Estos mecanismos incluyen:

- Facilitación: En este proceso, las especies pioneras alteran el ambiente de manera que facilitan la llegada de nuevas especies. Por ejemplo, los líquenes y musgos pueden enriquecer el suelo con nutrientes, lo que permite la colonización de especies más grandes.
- Inhibición: En este mecanismo, las especies que colonizan inicialmente el área inhiben la llegada de nuevas especies. Por ejemplo, las especies dominantes pueden crear condiciones en el suelo que dificultan el establecimiento de otras plantas, como la competencia por luz y nutrientes.
- Tolerancia: Este mecanismo ocurre cuando las especies iniciales no afectan ni facilitan el establecimiento de otras especies, pero simplemente coexisten con ellas. A medida que las especies maduras y tolerantes se establecen, el ecosistema llega a una fase de equilibrio.

#### **3.4.5. Especies de la sucesión**

Las especies que participan en la sucesión ecológica se dividen en tres categorías según su capacidad para colonizar y competir en un ecosistema durante las distintas etapas:

- Especies pioneras: Son las primeras en colonizar un área durante las etapas iniciales de la sucesión. Estas especies tienen adaptaciones que les permiten sobrevivir en condiciones difíciles, como una alta tasa de reproducción y una gran capacidad de dispersión. Ejemplos de estas especies en los bosques incluyen los líquenes, musgos y algunas hierbas (Clements, 1916).
- Especies intermedias: Estas especies aparecen cuando el ecosistema comienza a estabilizarse. Son plantas de tamaño mediano, como arbustos y árboles jóvenes, que pueden tolerar la sombra parcial y competir por recursos con las especies pioneras. Estas especies ayudan a preparar el terreno para las especies dominantes de la etapa final (Clements, 1916).
- Especies clímax: Son las especies dominantes en la etapa final de la sucesión, cuando el ecosistema ha alcanzado un equilibrio. Estas especies son más grandes, tienen un crecimiento más lento y son capaces de dominar en el ecosistema a lo largo de períodos largos. En los bosques, estas especies suelen ser

árboles de crecimiento lento que forman la estructura final del ecosistema (Clements, 1916).

### **3.5. Relaciones entre las especies**

Las relaciones entre especies se refieren a las interacciones que ocurren entre diferentes especies dentro de un ecosistema. Estas interacciones pueden ser tanto positivas como negativas y juegan un papel fundamental en la estructura, dinámica y funcionamiento de las comunidades ecológicas. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de relaciones entre especies (Begon et al., 2006).

**Simbiosis:** La simbiosis es una relación estrecha y duradera entre dos especies diferentes, que puede ser de tres tipos:

- **Mutualismo:** En esta relación, ambas especies se benefician de la interacción. Un ejemplo común es la relación entre las abejas y las flores; las abejas obtienen néctar, mientras que las flores son polinizadas (Krebs, 2001).
- **Comensalismo:** En este caso, una especie se beneficia de la relación, mientras que la otra no se ve afectada (Begon et al., 2006). Las aves y los árboles en los cuales anidan, participan en una relación de comensalismo. Las aves obtienen albergue y protección sin afectar a los árboles. Así mismo muchas orquídeas, presentes en el trópico, se adhieren a los árboles sin dañarlos (Monge Nájera y Gómez Figueroa, 2003).
- **Parasitismo:** En esta relación, una especie se beneficia a expensas de la otra, que resulta perjudicada (Krebs, 2001). En el mundo vegetal, el parasitismo es frecuente por ejemplo los *Bursera simaruba*, producen mucho menos frutos cuando están cubiertos por bejucos. Los bejucos son parásitos estructurales de estos árboles pues, aunque los afectan negativamente, no les extraen savia, como hacen los matapalos, que son parásitos vegetales más dañinos (Monge Nájera y Gómez Figueroa, 2003).

**Competencia:** La competencia ocurre cuando dos o más especies luchan por los mismos recursos limitados, como alimentos, agua o espacio. La competencia puede ser:

- **Competencia intraespecífica:** Es la competencia entre individuos de la misma especie.

- Competencia interespecífica: Es la competencia entre individuos de diferentes especies. Un ejemplo de competencia interespecífica es cuando varias especies de plantas compiten por la luz solar en un bosque (Begon et al., 2006).

Facilitación: La facilitación ocurre cuando una especie beneficia a otra sin que haya una relación directa de simbiosis. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando una especie crea condiciones que permiten a otra prosperar, como las leguminosas que fijan nitrógeno en el suelo, lo que beneficia a otras plantas que dependen de este nutriente (Krebs, 2001).

Las relaciones entre especies son de gran importancia para la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, ya que influyen en la estructura de las comunidades ecológicas y en los procesos de flujo de energía y reciclaje de nutrientes. Estas interacciones permiten que los ecosistemas mantengan un equilibrio dinámico, promoviendo la adaptación y la evolución de las especies en respuesta a las presiones ambientales y biológicas (Begon et al., 2006).

### **3.6. El bosque como ecosistema**

El bosque es un ecosistema terrestre caracterizado por una densa población de estratos arbóreo, estrato, arbustivo y el estrato de herbáceas además de otras especies vegetales, que interactúan entre sí y con su entorno abiótico (como el suelo, el clima y el agua). Los bosques desempeñan un papel crucial en el equilibrio ecológico, ya que son importantes reguladores del ciclo del carbono, el ciclo hidrológico y el mantenimiento de la biodiversidad. Además, los bosques proporcionan recursos vitales para muchas especies, incluyendo los seres humanos, como madera, alimentos, productos farmacéuticos y servicios ecosistémicos como la purificación del aire y el agua, la protección del suelo y el refugio de innumerables especies (FAO, 2018).

Existen diversos tipos de bosques según su ubicación geográfica, clima y composición de especies vegetales. Los principales tipos de bosques son los bosques tropicales, bosques templados y bosques boreales, cada uno adaptado a diferentes condiciones climáticas. Los bosques tropicales, por ejemplo, se caracterizan por una alta biodiversidad y un clima cálido y húmedo durante todo el año, mientras que los bosques boreales, situados en regiones más frías, están dominados por especies de coníferas como pinos y abetos (Odum, 1971).

Los bosques son considerados uno de los ecosistemas más complejos y productivos del planeta, ya que albergan una amplia variedad de organismos, no solo plantas, sino también animales, hongos y microorganismos. Esta diversidad contribuye a la estabilidad de los ecosistemas y a la resiliencia frente a cambios climáticos y perturbaciones naturales (Odum, 1971; FAO, 2018).

### **3.6.1 Bosque de pino-encino**

Un bosque de pino-encino es un tipo de ecosistema forestal caracterizado por la presencia predominante de árboles de las especies *Pinus* (pinos) y *Quercus* (encinos), los cuales conviven en una relación ecológica adaptada a diversos rangos altitudinales y condiciones climáticas. Este tipo de bosque es común en regiones de climas templados y montañosos, particularmente en áreas de altitudes medias y altas, y se encuentra distribuido principalmente en zonas de América del Norte, Europa y Asia, aunque también en diversas regiones de América Latina, como México (Luna y Barrera , 2005). Y se compone de diferentes características que a continuación se describen.

#### **Distribución Geográfica**

Este tipo de bosque se encuentra a menudo en regiones de alta altitud, como las sierras y montañas de América del Norte (por ejemplo, la Sierra Madre Occidental y Oriental en México) y otras zonas montañosas del mundo. En México, los bosques de pino-encino son muy comunes en las zonas montañosas, especialmente en estados como Hidalgo, Puebla, Veracruz, Michoacán, Jalisco y Durango (Vázquez y Méndez, 2007).

#### **Clima y Suelo**

Los bosques de pino-encino se encuentran en áreas de clima templado, con inviernos fríos y veranos cálidos, aunque con un régimen de precipitación moderado a elevado. Estos bosques son típicos en regiones montañosas, donde las precipitaciones son suficientes para mantener la vegetación durante todo el año, aunque los veranos pueden ser secos (Luna y Barrera , 2005).

El suelo en estos bosques generalmente es ácido, bien drenado y con una capa superficial rica en materia orgánica debido a la caída de hojas y agujas de pino, lo que contribuye al ciclo de nutrientes del ecosistema. La estructura del suelo favorece el crecimiento de plantas que toleran la acidez y condiciones de semi-sombra (Vázquez y Méndez, 2007).

### Composición Vegetal

El bosque de pino-encino se caracteriza por la coexistencia de especies de pino y encino, los cuales forman estratos diferenciados dentro de la estructura vertical del bosque. Los pinos, que suelen ser coníferas, dominan el dosel, mientras que los encinos, que son especies de hoja caduca, se distribuyen en el sotobosque. En algunas áreas, los encinos pueden alcanzar el dosel, especialmente cuando las condiciones de crecimiento favorecen su desarrollo (Vázquez y Méndez, 2007).

- Pinos (género *Pinus*): Estos árboles de hojas aciculares (largas y delgadas) son típicamente resistentes a condiciones de sequía y temperaturas extremas. Dependiendo de la especie, pueden formar formaciones densas y altas, alcanzando grandes alturas y desarrollando conos como estructuras reproductivas (Luna y Barrera , 2005).
- Encinos (género *Quercus*): Los encinos son árboles de hojas anchas que suelen ser caducifolios en áreas más frías y perennes en climas más templados. Son árboles robustos que favorecen suelos ricos en nutrientes y se encuentran generalmente en el sotobosque o como árboles dispersos dentro del bosque de pino (Vázquez y Méndez, 2007).

### Biodiversidad

Los bosques de pino-encino albergan una rica biodiversidad, tanto de flora como de fauna. A nivel vegetal, junto a los pinos y encinos, es común encontrar una variedad de arbustos, plantas herbáceas y especies de bajo crecimiento adaptadas a las condiciones de luz y suelo. Especies como el roble, ciprés, y algunos matorrales forman parte del ecosistema (Luna y Barrera , 2005).

En cuanto a la fauna, estos bosques son hogar de diversos animales, como ciervos, zorros, liebres, y una variedad de aves, incluyendo carpinteros, búhos y halcones. Los mamíferos pequeños y medianos también abundan, aprovechando tanto los árboles como el sotobosque para refugio y alimentación (Vázquez y Méndez, 2007).

### Importancia Ecológica

Los bosques de pino-encino tienen un papel ecológico muy relevante, ya que contribuyen a la conservación de los suelos, la regulación del ciclo hidrológico, y el almacenamiento de carbono. Además, son hábitats clave para numerosas especies de

fauna y flora, muchas de las cuales están adaptadas a las particularidades de este ecosistema forestal (Luna y Barrera , 2005).

### **3.7. Métodos de regeneración para masas coetáneas aplicados en México**

En México, la regeneración de los bosques es un tema clave en la conservación y el manejo forestal. El manejo de masas coetáneas e incoetáneas es esencial para promover la salud y sostenibilidad de los bosques es por ellos que en ambas se utilizan diferentes métodos de regeneración. Mientras que en las masas coetáneas se busca promover una estructura más variada y diversa mediante el manejo del dosel y la plantación de especies, en las masas incoetáneas se enfoca más a la protección de la regeneración natural y la diversidad de especies en todas las edades. La combinación adecuada de estos métodos, adaptados a las características de cada tipo de masa forestal, es esencial para asegurar la salud a largo plazo de los ecosistemas forestales en México (Luna y Barrera , 2005; CONAFOR, 2018). A continuación, se describen los métodos de regeneración aplicados en México para ambos tipos de masas forestales, tomando en cuenta sus características y necesidades específicas, según el tipo de masa.

#### **3.7.1. Masas coetáneas**

Una masa coetánea se refiere a una población forestal en la que los árboles tienen una edad similar, es decir, la mayoría de los árboles de la masa fueron establecidos en el mismo período de tiempo. Estas masas suelen ser más vulnerables a factores como plagas, enfermedades y fenómenos climáticos extremos debido a la falta de diversidad en edades. Por lo tanto, los métodos de regeneración deben centrarse en promover una estructura más variada (Luna y Barrera , 2005).

Los métodos de árboles semilleros y corta total son los que se aplican a los sistemas de ordenación forestal basados en el Método de Desarrollo Silvícola (MDS), ya que son métodos intensivos de producción de madera en rollo. En México los turnos para la producción de madera para aserrío son de son de 50 a 100 años, siendo los primero en el centro y sur del país y los últimos en el norte donde los árboles tardan más tiempo en desarrollarse.

#### **3.7.2 Método de árboles padre o semilleros**

Con este método, se remueven casi todos los árboles dentro un área corta, dejando un pequeño número de árboles maduros (de 15 a 20 árboles por hectárea) para que

provean de semillas el rodal. Después de que el bosque ha sido regenerado naturalmente, se talan los árboles semilleros. El bosque resultante es entonces coetáneo y uniforme en su composición. Esta técnica es esencialmente para los pinares, aunque a menudo es mejor la tala total seguida de una plantación (Granados Sánchez et al., 2007).

Representa un método intensivo de obtención de madera. Consiste en extraer la mayor cantidad de los árboles de los bosques bajo aprovechamiento forestal, dejando un pequeño número de ellos, entre el 10% a 20% del total, distribuidos en todo el terreno para que produzcan la semilla para la regeneración natural. El planteamiento implica que una vez que la regeneración se re establece, los árboles semilleros se cortan, en un lapso de entre cinco y quince años. En la actualidad en varias comunidades forestales del país, con aprovechamientos autorizados bajo este esquema, cortan los árboles maduros y dejan los árboles semilleros, pero inmediatamente establecen la reforestación de sus bosques con plantas producidas en viveros, además dejan la regeneración que ya existe en el monte para que se siga desarrollando como parte del nuevo bosque. A esta modalidad se le conoce como “Arboles semilleros con resalvos y reforestación”. Con ello le ganan varios años al proceso de regeneración natural. Este sistema de cosecha también se puede aplicar a grandes extensiones de terrenos. Presenta la desventaja de que ocasiona cambios drásticos de los ecosistemas en forma temporal, situación que se mitiga con obras de conservación como acordonamientos con las ramas para evitar la erosión a la vez que sirven como madrigueras de protección para la fauna silvestre, además de dejar la vegetación original en franjas alrededor de los arroyos y nacimientos de agua (Bastida Tapia y Flores Escobar, 2018).

### **3.7.3. Método de Matarrasa**

También es un sistema intensivo de producción de madera. Consiste en extraer todo el arbolado, de un área determinada, en una sola corta utilizando franjas angostas o abriendo claros dentro de los bosques. Originalmente la regeneración se esperaba que ocurriera por la semilla de los árboles derribados y la aportada por los árboles del borde de los claros, proceso que llevaría de cinco a diez años. En la actualidad la regeneración se da mediante reforestación, con planta forestal de un año de edad producida en viveros forestales, así como dejando los árboles pequeños en pie para originar la nueva masa forestal, a ello se le conoce como “Método de corta total con reforestación y resalvos”. No se puede aplicar a grandes extensiones, debido a que se pueden ocasionar disturbios ecológicos como erosión de los suelos, falta de abrigo y alimento para la fauna silvestre,

cambio drástico del paisaje, entre otros aspectos. Es el sistema silvícola más económico de todos debido a que en poca extensión se obtiene una gran cantidad de madera (Bastida Tapia y Flores Escobar, 2018).

Se puede decir que este es el método más drástico de todos los métodos de corta, pues este método remueve toda la masa forestal, sean comerciales o no, dentro de un área determinada. Los dos propósitos de este método son, primero, remover todo el arbolado y segundo, establecer un nuevo sitio que sea coetáneo y de composición uniforme. Después de que el área ha sido talada se proponen plantar especies de crecimiento rápido, que no se reproduzcan satisfactoriamente bajo la competencia de otras especies. El aclareo debe hacerse en manchones franjas o cuencas hidrológicas completas (Ovington, 1983; Austin, 1990). La corta total es un método económicamente viable y ecológico, comparable a lo que ocurre espontáneamente (por ejemplo, los incendios destruyen todos los árboles de la zona afectada) y permite emplear la madera como combustible. La tala total es especialmente indicada para la regeneración de especies como el oyamel y el pino que no toleran la sombra. También es muy útil en plantaciones en las que para la reforestación se emplean plántulas genéticamente superiores de especies intolerantes (Granados Sánchez et al., 2007).

### **3.7.4. Método aplicado en el área de estudio**

#### **Cortas de regeneración**

El predio denominado “Sangre de Cristo” solo cuenta con un PMF (Programa de Manejo Forestal), por lo que quiere decir que es la primera vez que se aprovecha y aplica algún tipo de corta a este predio, por lo que dado al tipo de vegetación de pino-encino, que se presenta en el predio se decide establecer el método de ordenación denominado “Método de Desarrollo Silvícola” (MDS) con el tratamiento de árboles padre mismo que se describe a continuación:

Este método se está aplicado en la superficie comprendida por los rodales 1, 2 y 3, cuya presencia del género *Pinus* así lo amerita; Su objetivo principal es maximizar el potencial productivo del suelo a través del uso de técnicas silvícolas adecuadas para cada condición del bosque y programadas dentro de un plan de aprovechamiento, logrando un rendimiento sostenido en cada intervención programada, esto es: obtener igual volumen y distribución de productos. El rendimiento sostenido se pretende alcanzar a través del concepto de bosque normal regular, es decir, seccionar el monte en divisiones coetáneas,

cada una de las cuales ocupará superficies de producción equivalentes y tantas como intervenciones se hagan durante los años que tiene el periodo de renovación de la masa (Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca-Tulancingo, 2017). Se pretende que la forma de obtener la regeneración natural de esta masa forestal sea de manera sexual (también llamada monte alto) para el caso de coníferas y monte bajo para latifoliadas.

Tomando en cuenta la composición arbórea, las características dasonómicas y la topografía del predio, los rodales serán tratados mediante el método de Árboles padre. Posterior a esto y al haber logrado el primer objeto de tratamiento se aplicaron cortas de liberación, como se propuso en su PMF.

El Método de Árboles padre en su corta de regeneración, es la corta total, a excepción de ciertos árboles denominados padres, que, por sus mejores características externas, quedan en pie como árboles semilleros para regenerar naturalmente el área cortada. La variante por aplicar en este caso será la de árboles padres individuales, donde éstos se distribuyen a una distancia a la que la semilla se pueda esparcir en toda la superficie aprovechada; generalmente esta distancia es igual a la altura de los árboles padre, aunque puede variar en función de las características de la especie objetivo del manejo y pendiente del terreno; sin embargo, la práctica ha demostrado que 16 árboles residuales por hectárea cumplen satisfactoriamente su función.

El tratamiento propuesto como corta final, es el de Corta de Regeneración, cuya finalidad principal es la renovación de la masa de manera natural a través de la semilla que producen los árboles que se dejan en pie. Para el presente caso, se propone llevar a cabo las siguientes actividades:

- a) Derribo del arbolado sujeto de remoción.
- b) Seccionado y desrame del fuste comercial
- c) Extracción de los productos comerciales.
- d) Control de desperdicios a través de la "pica" y esparcido de puntas y ramas sobrantes del aprovechamiento, de tal manera que por su desmenuzamiento y por el intemperismo y la acción de organismos desintegradores se propicie su rápida incorporación al suelo reciclando los nutrientes. O bien mediante acordonamientos donde el terreno así lo amerite o en barrancas para detener la velocidad del agua.
- e) Remoción de todos los arbustos y herbáceas, haciendo lo mismo que en el punto anterior.

- f) Mantenimiento al cerco perimetral que protege al predio del pastoreo.
- g) Apertura y mantenimiento de una brecha corta fuego alrededor de las áreas de corta de regeneración, con un ancho mínimo de tres metros.
- h) Cuando a juicio del responsable técnico se amerite: apertura de cepas para la plantación, siguiendo el diseño y especificaciones descritas en el capítulo de compromisos de reforestación.
- i) Ejecución de la plantación con las especies y períodos considerados.
- j) Mantenimiento en el tiempo del cercado y brechas cortafuego.
- k) Remoción anual del sotobosque ("chapeo").
- l) Vigilancia constante, sobre todo en el periodo seco de cada año, para evitar daños por ganado, personas ajenas, plagas o incendios forestales.

### **Las cortas de liberación**

Corresponden al tratamiento silvícola que permite la remoción de los árboles semilleros, con la finalidad de evitar la competencia entre éstos y la nueva masa, propiciando con ello, mayor espacio y nutrientes disponibles en el sitio. Para este caso, en el cuadro de programación de cortas, este este tratamiento no se tiene programado ser realizado durante la vigencia del ciclo, en virtud que las áreas a intervenir cuentan con renuevo establecido y será valorada la remoción del arbolado que quede en pie durante el próximo ciclo.

### **Tratamientos intermedios y complementarios**

Estas cortas consisten en la aplicación a la nueva masa de una serie de intervenciones periódicas a las que se les denomina "tratamientos silvícolas" como a continuación se describe:

- a. Preaclareo. - Una vez que se establece la nueva masa, inicia la competencia entre individuos por lo que es necesario realizar entresacas, eliminando los arbolillos dominados y mal conformados para propiciar el desarrollo de los que quedan en pie, los cuales deben tener un arreglo espacial predefinido, de manera que no haya entrelazamiento ni rozamiento entre las copas, esta intervención se hará simultánea o inmediatamente después de la corta de liberación.

b. Cortas de aclareo. - Las cortas de aclareo, son intervenciones silvícolas que se realizan con el fin de lograr un mejoramiento de la masa arbolada eliminando los árboles dañados, mal conformados, dominados y otros que sea necesario eliminar para tener un mejor aprovechamiento del espacio disponible y nutrientes del suelo, y de esta manera favorecer el desarrollo de los mejores árboles dejados en pie; además permite hacer un mejoramiento en la composición de la masa, desde el punto de vista del manejo forestal pues se aplican intensidades de corta altos a los géneros que compiten con él, o los de interés.

La intensidad de corta en el aclareo se determina en función de las características del rodal como son: densidad, calidad (diámetro y altura) e incrementos de la masa, edades, topografía e infraestructura disponible tanto en el bosque como en la industria. En este predio para determinar el volumen a remover se utiliza la fórmula del interés compuesto, de manera que se remueva solamente el volumen que anualmente produce el sitio forestal; así, al término del ciclo de corta toda la superficie intervenida mediante aclareo, por lo menos tendrá el volumen que tuvo al inicio del manejo.

Los aclareos a la nueva masa que se propiciarán, se proponen se ejecuten como tales y con una visión comercial a partir del segundo ciclo de corta, asignando cortas en orden sucesivo como 1er. aclareo en el año 10, 2º aclareo en el año 2, volviendo a cortar con fines de regeneración al final del turno, o sea en el año 30 y sucesivos, reiniciando el ciclo de ordenación. De manera práctica, la densidad a dejar en el aclareo se regula por la amplitud de la copa de los árboles, tratando de que no exista entrelazamiento ni rozamiento entre las copas de los árboles residuales, eliminando aquellos dañados, defectuosos dominados que sean necesarios para obtener los beneficios del tratamiento, pero sin rebasar los volúmenes aquí propuestos por superficie manejada anualmente.

La prioridad para la remoción de árboles se hará conforme al siguiente orden:

1. Árboles dañados
  - por plagas o enfermedades
  - por fenómenos meteorológicos
  - por daños mecánicos
2. Árboles defectuosos
  - inclinados
  - torcidos
  - bifurcados

3. Árboles dominados
4. Árboles sobre maduros

c. Podas.- Esta actividad silvicultural se realizará conjuntamente con el preaclareo y consiste en la remoción mecánica de las ramillas en cada uno de los árboles, que por efecto de la densidad, se hayan secado, es decir, la poda mecánica es complementaria de la poda natural y tiene por objeto, acelerar el crecimiento en altura de los individuos, establecer un crecimiento monopódico del fuste lo más cercano al cilindro y por ende, producir madera de mejor calidad al reducir la incidencia de los nudos dejados por las ramas en al menos la mitad del fuste al final del turno.

### **3.8. Impactos del aprovechamiento silvícola sobre un bosque**

En los bosques templados, el aprovechamiento de los recursos forestales maderables se gestiona bajo dos enfoques: regular e irregular. El enfoque regular se distingue por su cosecha periódica, determinada por un ciclo comercial (la edad óptima para cosechar los árboles), y en el cual el bosque se renueva a través de la plantación o regeneración natural (Gadow et al., 2004). En cambio, el manejo irregular no sigue un ciclo fijo de cosecha, sino que se realiza durante un ciclo de corta, es decir, un período de recuperación tras la extracción del volumen maderable. Este manejo forestal implica la implementación de diversas prácticas silvícolas, como métodos de regeneración (corte de árboles madre, corte selectivo, cortas sucesivas y cortas totales o matarrasa), así como actividades de cultivo y tratamientos intermedios (como aclaraos, reforestación, quemas prescritas, podas, entre otros), que se llevan a cabo durante el ciclo de gestión del bosque.

El manejo forestal tradicional se orienta principalmente hacia el aumento de la producción maderera y la rentabilidad económica, mientras que a otros servicios del ecosistema no se les da la misma importancia (Galicia y Zarco Arista, 2014; Aguirre Calderón, 2015; Torres Rojo et al., 2016).

En términos de biodiversidad, los bosques templados contribuyen con aproximadamente 10,000 especies, lo que representa casi un tercio de la flora nacional (Rzedowski, 1991). Uno de los principales servicios ecosistémicos que ofrecen estos bosques es la captación de agua, al facilitar su infiltración hacia los mantos acuíferos. Otro ejemplo del impacto que el aprovechamiento causa en los bosques y su diversidad podría ser el caso de los aclaraos, dependiendo de su intensidad y del tipo de bosque, pueden

tener un impacto negativo en la diversidad vegetal (Monárrez González et al., 2018). La biodiversidad vegetal desempeña roles clave en la provisión de servicios ecosistémicos, ya sea como regulador de procesos ecológicos, como un servicio en sí mismo o como un bien ecosistémico con valor económico o no (Mace et al., 2012).

Los estudios muestran que los efectos del manejo forestal sobre la biodiversidad vegetal varían ampliamente. Algunos autores han encontrado una relación positiva entre el manejo forestal y la diversidad de árboles (Alanís Rodríguez et al., 2010; Leyva López et al., 2010), mientras que otros han observado una relación negativa (Graciano Luna, 2001; Hernández Salas et al., 2013). Las diferencias encontradas pueden explicarse por el tipo de manejo, el tamaño del área y la participación de los gestores forestales.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se desarrolló en el predio denominado Rancho Sangre de Cristo, localizado en el municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México (Figura 1). Se encuentra dentro del área de influencia de la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) 1309, con coordenadas geográficas de  $98^{\circ}26'59.475''$  N y  $20^{\circ}02'26.519''$  O, a una altitud promedio de 2,450 m s. n. m.

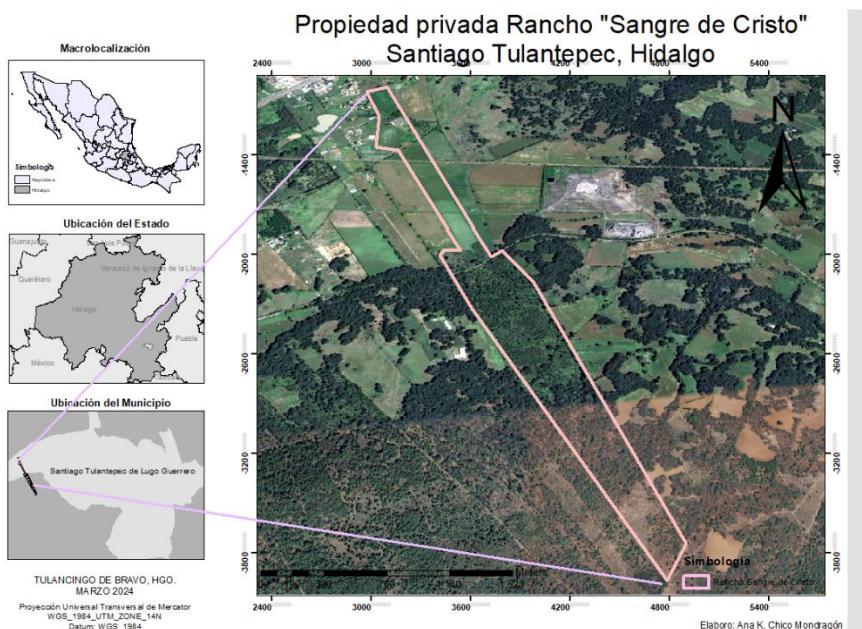


Figura 1. Localización del Predio Rancho Sangre de Cristo, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo.

### 4.2. Descripción física del área de estudio

#### 4.2.1. Clima

En el estado de Hidalgo se pueden distinguir tres grupos de climas bien definidos; según la clasificación climática de Köppen modificado por Enriqueta García de Miranda (1989), y con base en la información climatológica del Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo el Ejido particularmente se ubica en el grupo de climas C, de la sierra madre oriental y partes altas del sistema volcánica transversal la cual incluye 3 subgrupos localizándose en el subgrupo de climas templado C, que son los más extendidos en el estado ya que ocupan más del 38% de la superficie estatal en este grupo se distinguen 4 tipos y el que se localiza en este ejido es el grupo 3 correspondiente a los templados subhúmedos con lluvias en verano; en este tipo de clima se puede observar escasez de lluvias en los meses de enero, febrero y marzo; (su lluvia invernal es menor del 5%) así

misma, la concentración de la precipitación entre los meses de mayo a septiembre con la presencia de canícula en el mes de agosto. Se presenta anualmente 752.3 mm de precipitación total y 15.2° C, de temperatura media anual. Manifiesta un verano fresco y largo, con temperaturas medias entre 15 y 18 ° C, en los meses de mayo a septiembre su oscilación térmica anual es de 6.3° C (Figura 2). Cuya clave cartográfica es C (W1) (w.).

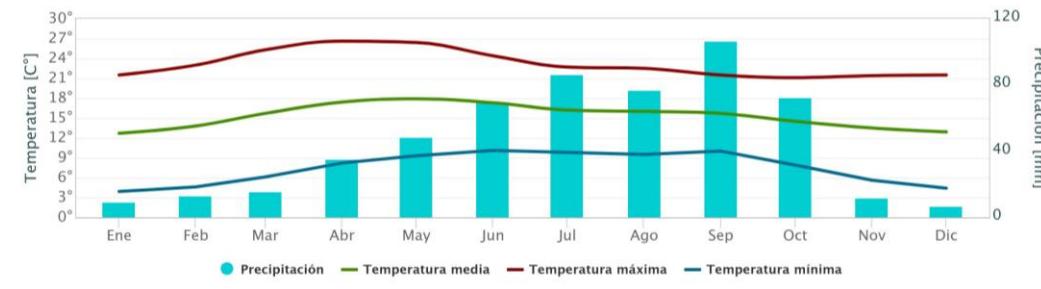


Figura 2. Climograma de la estación Presa La Esperanza (1981-2010).

#### 4.2.2. Topografía

El predio se localiza en la provincia fisiográfica de nomenclatura X13 L1, que corresponde a la del eje Neovolcánico, a la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, con sistema de topo formas de lomerío suave de origen sedimentario continental erosionado, con orientación y rasgos geológicos de Este –Oeste. Litología arenosa toba.

En modalidad particular, la conformación natural del terreno describe perfiles topográficos de laderas con pendientes suaves que varían de 5 a 20%, y las exposiciones más frecuentes son Norte (NW) encontrándose a una altura media sobre el nivel del mar de 2460 metros.

#### 4.2.3. Suelo

Con base a la clasificación de la FAO/UNESCO 1970, los tipos de suelo que se localizan en el predio en cuestión presenta la unidad (Bh + Rd + I /2), con predominancia del Cambisol humico, como suelo principal y como segundo orden el Regosol districo, con una clase textura fina en los primeros 30 cm de suelo, la descripción de cada uno de estos en orden de importancia es como se describe a continuación.

- CAMBISOL HUMICO

HORIZONTE A1: Profundidad de 0-22 cm, color negro en húmedo, separación de contraste abrupto y forma plana, reacción nula al HCl diluido, textura franca, consistencia muy friable en húmedo, adhesividad y plasticidad ligeras, estructura en forma de bloques subangulares

de tamaño fino y desarrollo débil, porosidad moderada. Raíces muy finas frecuentes, finas escasas, medias y gruesas muy escasas. Perfil drenado. Denominación del horizonte: Umbrico

- REGOSOL DISTRICO

HORIZONATE A1: Profundidad del 0-34 cm. Color pardo oscuro en húmedo. Separación de contraste abrupto y de forma discontinua. Textura de migajón arcillo-arenoso. Reacción nula al HCl, diluido. Consistencia friable en húmedo. Adhesividad y plasticidad ligeras. Estructura en forma de bloques subangulares, de tamaño fino y desarrollo débil. Porosidad moderada. Raíces muy finas y finas escasas, medias muy escasas. Perfil drenado. Denominación del horizonte: Ocrico.

#### **4.2.4. Hidrología**

El predio se ubica en la región hidrológica número 26 (RH26) del Río Panuco, en la cual se encuentra la cuenca D del río Moctezuma que a su vez tiene la subcuenca b del Río Metztitlán. Así mismo en el predio no se localizan escurrimientos, cuerpos de agua o manantiales de importancia salvo pequeños escurrimientos de carácter temporal poco considerables.

#### **4.2.5. Vegetación**

En la superficie del predio se identifican, de manera general un tipo de vegetación, que de acuerdo con la clasificación de INEGI, corresponden a: bosque de Pino – Encino, en el cual, se tiene la presencia de tres estratos bien definidos: superior, medio e inferior que corresponden, el primero al estrato arbóreo con presencia de los géneros *Pinus* y *Quercus*, un escaso segundo piso conformado por los géneros *Arbutus* y *Juniperus* y el tercero corresponde al sotobosque constituido por especies arbustivas y herbáceas. El estrato arbóreo llega a alcanzar alturas que rebasan en ocasiones los 25 m y diámetros de más de 65 cm., características que conjugadas a las especies que se presentan hacen a este macizo forestal sea, susceptible al cultivo comercial.

En este tipo de vegetación se aprovechan especies como: *Pinus montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. patula* (especie introducida), *Quercus rugosa*, *Q. crassipes* y *Q. laeta*. El predio se encuentra bajo el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) con tratamientos que incluyen las cortas de regeneración y cortas de liberación en un turno de 50 años y ciclos de cortas de 10 años. Esto con la finalidad de producir, aprovechar, conservar, restaurar y proteger la superficie arbórea.

### 4.3. Selección de áreas de estudio

Para realizar la presente investigación se seleccionaron tres áreas intervenidas con el tratamiento de árboles padre de los años 2016 (9 años de intervención), 2018 (7 años de intervención), 2022 (3 años de intervención) y un área sin intervención considerada como testigo o de conservación, se identificó que se ha establecido la diversidad florística en cada una de ellas. Las áreas seleccionadas se describen a continuación.

#### 4.3.1 Área de conservación

Esta condición corresponde a un área que no ha sido intervenida con tratamientos silvícolas, por lo que conserva la estructura y composición del bosque original de la zona. La especie más representativa de las coníferas es *Pinus teocote* cuyos árboles llegan a alcanzar alturas promedio de 10 metros, los cuales se asocian con diversas especies del género *Quercus*. El estrato arbustivo tiene alturas promedio de 5 metros, mientras que el estrato herbáceo lo componen diferentes especies anuales. Consta de 1.147 hectáreas siendo una pequeña fracción a comparación de otras áreas ya intervenidas, sin embargo, aparentemente tiene un bosque con gran riqueza y diversidad florística en comparación con otras áreas ya intervenidas (Figura 3).



Figura 3. Vista general del área de conservación (testigo) del Rancho “Sangre de Cristo”.

#### 4.3.2. Área 2016

Es la primera área que se intervino dentro del predio y después de la elaboración de su primer Programa de Manejo Forestal (PMF) en el año 2016 (Figura 4). Tiene la superficie de 2.322 hectáreas, en las que se han aplicado cortas de aclareo. El estrato arbustivo y los árboles de regeneración natural están empezando a hacerse notar con alturas que van de 6 m a 8 m con buena densidad dificultando el ingreso al interior del área.



*Figura 4. Vista general del área intervenida en el año 2016 del Rancho “Sangre de Cristo”.*

#### **4.3.3. Área 2018**

El área fue intervenida en el año 2018 con la corta de regeneración (Figura 5) y cuenta con la superficie de 2.460 ha, se han realizado acciones de saneamiento por plaga en el año 2024.



*Figura 5. Vista general del área intervenida en el año 2018 del Rancho “Sangre de Cristo”.*

#### **4.3.4. Área 2022**

Corresponde a la última área con intervención (Figura 6) hasta el momento de levantamiento de datos, la intervención fue en el año 2022 y cuenta con la superficie 5.389 ha, a pesar de que es la última área que tuvo el tratamiento se nota una amplia diversidad de plantas.



*Figura 6. Vista general del área intervenida en el año 2022 del Rancho “Sangre de Cristo”.*

#### **4.4. Colecta e identificación de especies**

En el presente estudio se aplicó el método de barrido florístico que consistió en recolectar muestras botánicas de todas las plantas existentes en cada una de las áreas de estudio. La actividad se realizó en el mes de junio del año 2024 (Figura 7), de cada planta se recolectó una porción terminal de la rama, conformada por hojas y la estructura reproductiva y, se tomaron fotos de las especies para su posterior identificación taxonómica.



*Figura 7. Colecta de muestras botánicas en el área de estudio.*

Todas las muestras botánicas de las plantas fueron prensadas (Figura 8) y guardadas para su identificación posterior en laboratorio. A cada una de ellas se les colocó una etiqueta de identificación, con datos del área donde fue colectada, el estrato (árbol, arbusto o herbácea) y una primera aproximación del nombre de la especie, por ejemplo,

poner el nombre de la familia, el género o la propia especie, de lo contrario se marcaba solamente como especie 1,2, etc.



*Figura 8. Prensado de las muestras botánicas recolectadas en las áreas a evaluar.*

Posteriormente las muestras se llevaron al laboratorio de botánica del Instituto de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (Figura 9). La identificación se realizó con la ayuda de claves dendrológicas, herbarios virtuales y mediante la consulta de estudios florísticos realizados en la zona más cerca al área del proyecto, corroborando la distribución natural de la especie en la página de EncicloVida de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).



*Figura 9. Identificación taxonómica de especies en laboratorio.*

Con los datos obtenidos de las muestras colectadas en el área de investigación y la identificación de especies en laboratorio se elaboró un catálogo virtual de las especies en

donde se colocó una foto de la muestra botánica, nombre científico y común, así como una imagen de referencia de la base de datos de CONABIO con el fin de identificar las especies en la segunda salida a campo para el levantamiento de datos en cada área y por estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. Esto con el fin de facilitar la identificación de especies en esta actividad (ver anexo).

## **4.5 Método y diseño de muestreo**

### **4.5.1 Método de cuadrados**

El método de cuadrados es una de los métodos más usados en el muestreo de vegetación. Este método hace los muestreos más homogéneos y sobre todo tiene menos impacto de borde en comparación al método de transectos. Este método es el que se aplicó para la toma de datos ecológico-cuantitativos de la vegetación, consistió en realizar un cuadrado sobre el área de estudio o la vegetación, con el fin de determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas de los diferentes estratos. El tamaño de los cuadrados se estableció según sea la facilidad de muestreo, la forma de vida y la densidad de los individuos. Para muestrear en el estrato herbáceo, el tamaño del cuadrado fue de 1 m<sup>2</sup> (1x1m); para los arbustos, el tamaño fue 25 m<sup>2</sup> (5x5) y para el estrato arbóreo fue de 100 m<sup>2</sup> (10x10); (Mostacedo et al., 2000).

## **4.6 Muestreo**

Se realizó un muestreo dirigido, que consistió en el levantamiento de 5 sitios en cada una de las áreas seleccionadas (área testigo, área 2016, área 2018 y área 2022). En cada uno se procedió al conteo de las especies encontradas dentro de los respectivos sitios en donde se establecieron y delimitaron los siguientes cuadrados

para cada uno de los estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo) de 1x1 m<sup>2</sup> para las herbáceas, 5x5 m<sup>2</sup> para los arbustos y 10x10 m<sup>2</sup> para los árboles (Figura 10).



**Figura 10.** Sitio de muestreo de 10m X 10m para el estrato arbóreo.

Los materiales y herramientas que se utilizaron para la recolección de muestras botánicas en las área evaluadas fueron: tijeras para poda en la recolecta de muestras para el método de barrido, etiquetas identificadoras para las muestras colectadas con el fin marcar área de recolecta y alguna característica de la especie; prensa botánica empleada para la colocación y resguardo de las muestras con papel periódico a fin de ayudar al secado y transporte del material botánico para su posterior identificación taxonómica. En el levantamiento de los sitios de muestreo se utilizó cinta métrica y flexómetro para la delimitación de los sitios y determinación de cobertura de copas (Figura 11).



**Figura 11.** Uso de cinta métrica y flexómetro para la delimitación de los sitios del estrato arbustivo y herbáceo.

#### 4.7. Variables estudiadas

Con el fin de contar con la información necesaria para calcular los índices de diversidad y abundancia de especies florísticas de cada una de las áreas de estudio, para cada estrato se tomaron sitios de muestreo donde se recabo información sobre la especie, número de individuos por especie y porcentaje de cobertura de copa para los ejemplares de una misma especie presentes en cada sitio. Con esta información fue posible medir la

diversidad florística de cada área de estudio utilizando los índices de valor de importancia, de Shannon-Wienner, de Simpson, de Sorensen e índice de Margalef.

#### 4.8. Estimación de los índices de biodiversidad

A partir de los valores tomados en el muestreo de campo se realizaron los siguientes cálculos para la extracción de los índices de biodiversidad.

**Índice de Valor de Importancia (IVI):** Define cuáles de las especies presentes aporta más en el carácter y estructura del ecosistema.

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} * 100$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Nº de individuos de la especie}}{\text{Nº total de individuos}} * 100$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia de la especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} * 100$$

$$IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

**Índice de Shannon-Wienner (H):** este índice necesita que los individuos sean muestreados totalmente al azar y que todas las especies de la comunidad estén presentes en la muestra. Es uno de los más criticados, pero a la vez uno de los más utilizados por todas las investigaciones sobre gradientes de diversidad o causas de la diversidad.

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Se encuentra un negativo porque el  $\log_2 p_i$  da valor negativo y de este modo saldrá un valor positivo al final.  $S$  son todas las especies de la comunidad,  $p_i$  es la proporción de individuos de cada una de las especies de la comunidad. Es decir, número de individuos de la especie ( $n$ ) entre el número total de individuos de la comunidad ( $N$ ) (Garmendia et al., 2008).

$$p_i = \frac{n}{N}$$

**Índice de Simpson ( $D_s$ ):** mide la posibilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a la misma especie. Es muy adecuado para

comparar las especies muy abundantes porque es poco sensible a las especies poco comunes de la comunidad.

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

$p_i$  es la proporción de individuos de cada una de las especies de la comunidad (descrito en índice de Shannon-Wiener). El valor de D oscila entre 0 y 1, siendo el 0 el valor con mayor diversidad y el 1 el menor. Esto intuitivamente puede ser confuso por lo tanto se aplica que a D se le reste 1 “1 - D” de este modo cuanto mayor es el valor mayor es la diversidad de la muestra (Ruiz Cortez, 1993).

Índice de Margalef: Este índice mide de forma sencilla la biodiversidad pues proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por el número de individuos especificados o bien la cantidad de especies por área en una muestra (Margalef, 1996).

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

Donde:

S=n° de especies

N= n° de individuos

Índice de Sorensen: Este índice relaciona el número de especies que tienen en común 2 áreas o sitios muestreados, con la medida aritmética de las zonas a comparar (Magurran, 1988).

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Donde:

a= n° de especies presentes en el sitio A

b= n° de especies presentes en el sitio B

c= n° de especies presentes en los 2 sitios

#### 4.9. Análisis estadísticos

Para el cálculo del índice de valor de importancia se consideran los datos estadísticos recolectados y su interpretación se basa en describir la importancia relativa de las especies de una comunidad.

El índice de Shannon proporciona una medida de la diversidad de especies, basándose en la teoría de la información y la probabilidad de seleccionar una especie al azar de un conjunto de especies.

Simpson da una medida cuantitativa de la diversidad de especies, tomando en cuenta la riqueza de especies y la uniformidad en la abundancia relativa de cada una de las especies dentro de una comunidad.

Margalef tiene la capacidad de mostrar la riqueza de especies dentro de un área, tomando en cuenta el número total de especies dentro del área.

Sorensen mide la similitud entre dos áreas o comunidades basándose en la teoría de conjuntos y la relación entre la intersección de elementos y el tamaño total del área.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Composición florística

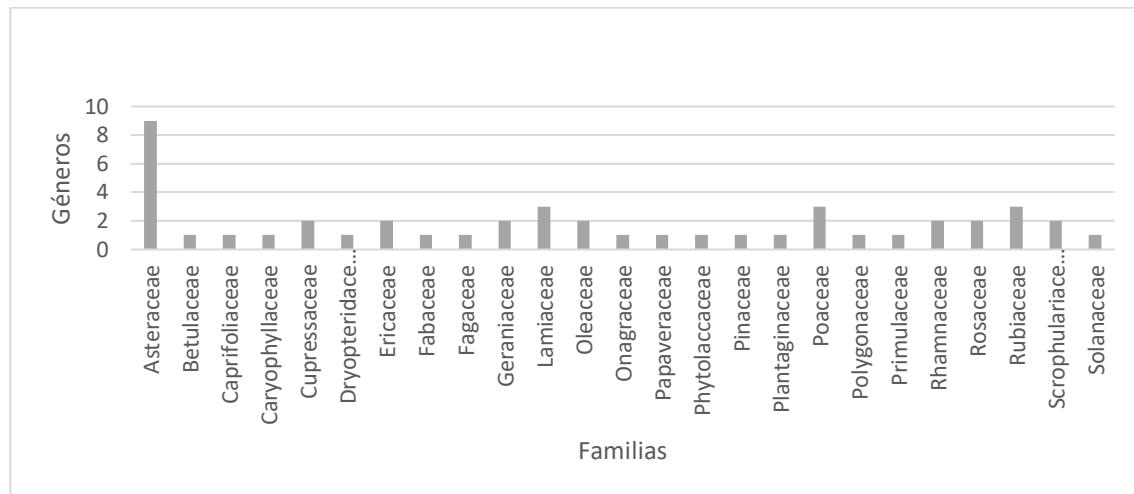
Como resultado de la recolecta e identificación de las especies florísticas de las cuatro áreas de estudio en el rancho “Sangre de Cristo” se identificaron 67 especies que corresponden a 25 familias, las cuales se muestran en el Cuadro 1. En el presente estudio se encontraron menos especies (21) que las registradas por Rendón Pérez y otros (2015) para un bosque de pino-encino en Epazoyucan, Hidalgo y 17 menos que en el estudio realizado por Martínez (2020) en el Estado de México en un bosque de pino-encino. Por lo que las especies registradas en el estudio se encuentran dentro de los rangos (10-33 especies) registrados en otros estudios realizados en bosques templados al norte del país y en estudios realizados en el estado de Oaxaca 12-49 especies registradas en bosque de pino y pino-encino (Bautista, 2014; Luna Bautista et al., 2015; Ruiz Aquino et al., 2025).

*Cuadro 1. Familias identificadas en el Rancho "Sangre de Cristo".*

Nº	Familia	Género
1	Asteraceae	9
2	Betulaceae	1
3	Caprifoliaceae	1
4	Caryophyllaceae	1
5	Cupressaceae	2
6	Dryopteridaceae	1
7	Ericaceae	2
8	Fabaceae	1
9	Fagaceae	1
10	Geraniaceae	2
11	Lamiaceae	3
12	Oleaceae	2
13	Onagraceae	1
14	Papaveraceae	1
15	Phytolaccaceae	1
16	Pinaceae	1
17	Plantaginaceae	1
18	Poaceae	3
19	Polygonaceae	1
20	Primulaceae	1
21	Rhamnaceae	2
22	Rosaceae	2
23	Rubiaceae	3
24	Scrophulariaceae	2
25	Solanaceae	1
<b>TOTAL</b>		46

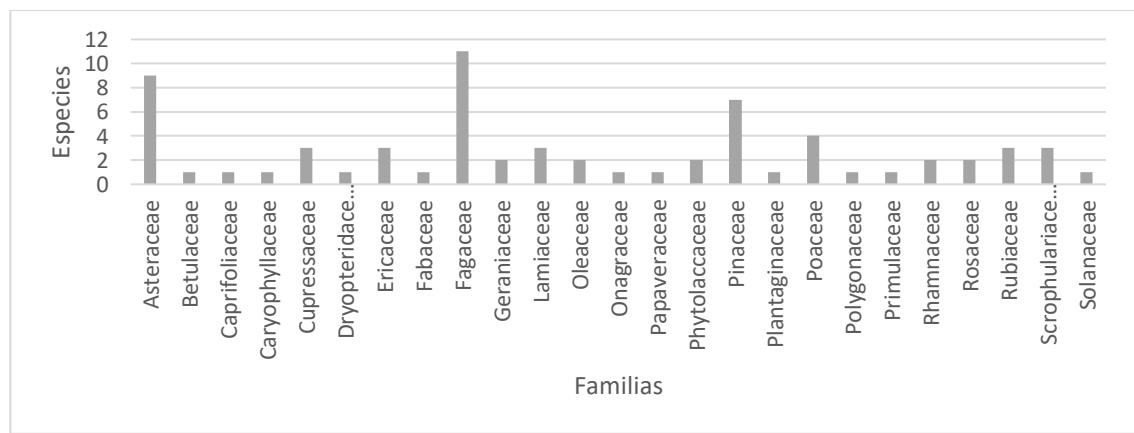
Cabe mencionar la importancia de las familias que se destacan por la presencia de sus géneros encontrados como es el caso de la familia Asteraceae con 9 géneros encontrado, seguido de Lamiaceae, Rubiaceae y Poaceae con 3 géneros cada una (Figura 12). La familia mejor representada registrada por Rendón Pérez (2021) también fue

Asteraceae, así mismo en el trabajo realizado por Ruiz Aquino y otros (2025) registraron a la familia Asteraceae como una de sus familias con mayor dominancia dentro de su estudio.



**Figura 12.** Géneros identificados por familia en el rancho “Sangre de cristo”.

Las familias que destacaron por su número de especies son: Fagaceae con 11 especies, Asteraceae con 9 especies y Pinaceae con 7 especies. Dos de estas familias pertenecen al estrato arbóreo y son de importancia forestal (Figura 13). Situación que es similar a lo reportado por (González y Ramírez, 2015) en un estudio realizado en el municipio de Epazoyucan, Hidalgo, Ruiz Aquino y colaboradores, (2025) para un bosque de pino en Oaxaca y Silva González y otros (2021) para un ecosistema similar en el estado de Durango. también registro 7 especies de la familia Pinaceae. Los resultados de este estudio también concuerdan con la abundancia de especies del género *Quercus* en los estudios realizados en Nuevo León (Alanís Rodríguez et al., 2008) y Oaxaca (Bautista, 2014), donde se reporta un mayor número de especies para dicho género.



**Figura 13.** Especies identificadas por familia en el predio rancho “Sangre de Cristo”.

En la Figura 14 se observa la relación de géneros y especies identificadas en las áreas a evaluadas. Se observa que la familia de Asteraceae es la que mayor número de géneros tiene, sin embargo, Fagaceae es la más representativa en especies identificadas del género *Quercus* por lo que hay gran diversidad de encinos dentro de estas áreas. Al igual que lo registrado por Alanís Rodríguez y otros (2008) y Luna Bautista (2014) en cuanto a la presencia del género *Quercus* en sus áreas evaluadas.

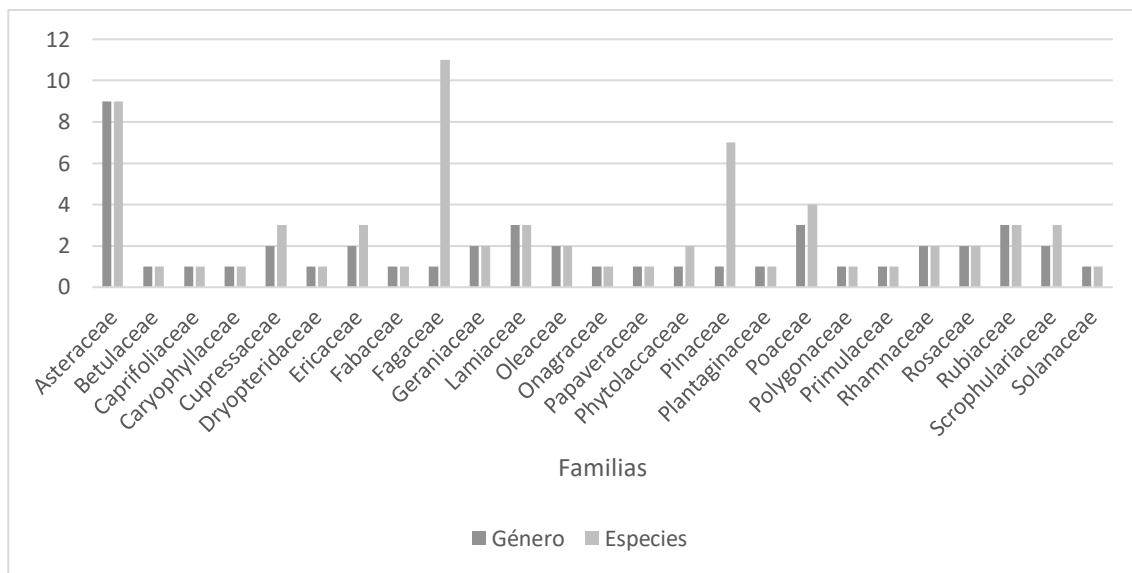


Figura 14. Relación de géneros y especies por familias identificadas en el rancho “Sangre de Cristo”.

## 5.2. Diversidad de especies en las áreas evaluadas

Las cuatro áreas evaluadas presentaron diversidad en las especies identificadas en cada una de ellas, algunas especies se presentaron en todas las áreas y otras solo se presentaron en un área. En el área testigo se identificaron 46 especies, 32 en el área 2016, 33 en el área 2018 y en el área 2022 se encontraron 37 especies. La diversidad florística de cada área se describe a continuación:

### 5.2.1. Área testigo

El área testigo se encontró mayor diversidad florística, en la que se identificaron 46 especies distribuidas en los tres estratos de la siguiente manera: 16 en el estrato arbóreo, 15 en el estrato arbustivo y en el estrato herbáceo 15 especies.

#### Estrato arbóreo

*Alnus jorullensis*

*Alnus jorullensis*

*Alnus jorullensis*

<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>lindleyi</i> **	<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>lindleyi</i> **	<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>lindleyi</i> **
<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Pinus leiophylla</i>
<i>Pinus montezumae</i>	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Pinus montezumae</i>
<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>
<i>Pinus teocote</i>	<i>Pinus teocote</i>	<i>Pinus teocote</i>

\*\*Son especies introducidas

#### Estrato arbustivo

<i>Acourtia cordata</i>	<i>Bouvardia terniflora</i>	<i>Piqueria trinervia</i>
<i>Ageratina glabrata</i>	<i>Buddleja cordata</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>
<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Ceanothus caeruleus</i>	<i>Rubus pringlei</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Comarostaphylis arguta</i>	<i>Senecio salignus</i>
<i>Baccharis conferta</i>	<i>Fuchsia thymifolia</i>	<i>Symporicarpos microphyllus</i>

#### Estrato herbáceo

##### 5.2.2. Área 2016

<i>Argemone ochroleuca</i>	<i>Geranium potentillifolium</i>	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>
<i>Demosium molliculum</i>	<i>Lepechinia mexicana</i>	<i>Poa annua</i>
<i>Digitalis purpurea</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Arenaria lycopoides</i>
<i>Dryopteris patula</i>	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	
<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Rumex crispus</i>	
<i>Eupatorium petiolare</i>	<i>Taraxacum officinale</i>	

Es el área donde se registró la menor cantidad de especies identificadas, pero con abundante presencia de especies pertenecientes al género *Quercus* del estrato arbóreo en donde se enlistan las siguientes especies:

#### Estrato arbóreo

<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>Pinus teocote bentahamii</i> **	<i>Quercus greggii</i>
<i>Fraxinus uhdei</i> **	<i>Quercus laeta</i>
<i>Pinus montezumae</i>	<i>Quercus crassifolia</i>
	<i>Quercus microphylla</i>

<i>Pinus patula</i> **	<i>Quercus crassipes</i>
<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Quercus deserticola</i>
**Son especies introducidas	

#### **Estrato arbustivo**

<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>
<i>Bouvardia terniflora</i>	<i>Fuchsia thymifolia</i>	<i>Phytolacca octandra</i>
<i>Buddleja cordata</i>	<i>Helianthemum glomeratum</i>	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>

#### **Estrato herbáceo**

##### **5.2.3. Área 2018**

El área 2018 se intervino hace 7 años de acuerdo a la colecta de muestras se encontraron las especies siguientes:

#### **Estrato arbóreo**

<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>Pinus teocote bentahamii</i> **	<i>Pinus</i>	<i>Quercus greggii</i>
<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Prunus serotina</i>	<i>Quercus laeta</i>
<i>Pinus montezumae</i>	<i>Quercus crassifolia</i>	<i>Quercus obtusata</i>
<i>Pinus patula</i> **	<i>Quercus crassipes</i>	<i>Quercus peduncularis</i>
<i>Pinus greggii</i> **	<i>Quercus deserticola</i>	<i>Quercus rugosa</i>

\*\* Son especies introducidas

#### **Estrato arbustivo**

<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Ceanothus caeruleus</i>	<i>Ageratina glabrata</i>
<i>Baccharis conferta</i>	<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Solanum nigrescens</i>
<i>Bouvardia terniflora</i>	<i>Fuchsia thymifolia</i>	
<i>Buddleja cordata</i>	<i>Rhamnus microphylla</i>	
<i>Buddleja parviflora</i>	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	

#### **Estrato herbáceo**

<i>Demosdium molliculum</i>	<i>Galium aschenbornii</i>	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>
<i>Eupatorium petiolare</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Poa annua</i>

#### 5.2.4. Área 2022

Corresponde a la última área intervenida en el año 2022, en donde se encontraron 37 especies, lo que la hace la segunda área con mayor presencia de especies aún a pesar de los pocos años que tiene de haber sido intervenida. Las especies encontradas se enlistan por estrato a continuación:

##### Estrato arbóreo

<i>Fraxinus uhdei</i> **	<i>Pinus patula</i> **	<i>Quercus crassipes</i>
<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Pinus teocote</i>	<i>Quercus greggii</i>
<i>Pinus ayacahuite</i> **	<i>Prunus serotina</i>	<i>Quercus laeta</i>
<i>Pinus montezumae</i>	<i>Quercus crassifolia</i>	<i>Quercus microphylla</i>
<i>Ligustrum lucidum</i>		

\*\*Son especies introducidas

##### Estrato arbustivo

<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Buddleja parviflora</i>	<i>Senecio salignus</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Comarostaphylis arguta</i>	<i>Symporicarpos</i> <i>microphyllus</i>
<i>Baccharis conferta</i>	<i>Fuchsia thymifolia</i>	<i>Hyptis</i> sp.
<i>Bouvardia terniflora</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>	<i>Hedeoma palmeri</i>
<i>Buddleja cordata</i>	<i>Phytolacca octandra</i>	

##### Estrato herbáceo

<i>Anagallis arvensis</i>	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	<i>Achillea millefolium</i>
<i>Eupatorium petiolare</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Poa annua</i>
<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Pseuderociocoma constricta</i>	
<i>Geranium potentillifolium</i>	<i>Lepechinia mexicana</i>	

De acuerdo con el inventario florístico realizado para las cuatro áreas de estudio, se puede observar que el área testigo presento la mayor cantidad de especies y un mayor número de especies registradas del género *Quercus*; predominando las especies arbóreas de mayor tamaño y especies arbustivas y herbáceas propias de este tipo de vegetación.

Los resultados de este estudio difieren con los obtenidos en un bosque de pino-encino de Oaxaca, donde Luna Bautista (2014) para una área sin manejo reporta 30

especies para los tres estratos, mientras que Hernández López (2007) menciona la presencia de 3 especies mas de árboles que los encontrados en este estudio.

### 5.3 Análisis de diversidad por estratos en las áreas estudiadas

Las especies se clasificaron de acuerdo a tres estratos: arbóreo, arbustivo y herbáceo. En el estrato arbóreo se identificaron 25 especies, 21 en el arbustivo y 21 en el estrato de las herbáceas. La familia Fagaceae y Pinaceae fueron las que predominaron en el estrato arbóreo, en el arbustivo Asteraceae y en el herbáceo Asteraceae y Poaceae.

La Figura 15 muestra la presencia de especies por estratos de las cuatro áreas elegidas en donde se observa que el estrato arbóreo predomino en especies, en donde el estrato arbustivo presento mayor número de especies y así mismo fue también el área con más especies arbustivas y el estrato herbáceo tuvo una presencia importante de especies en el área testigo.



Figura 15. Especies por estrato de las 4 áreas evaluadas en el rancho “Sangre de Cristo”.

#### 5.3.1 Estrato arbóreo

El análisis del estrato arbóreo reveló que las especies más representativas fueron *Pinus teocote*, *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. greggii*, *Q. laeta* y *Prunus serotina*. Estas especies se encuentran ampliamente distribuidas en bosques templados y presentan una alta importancia ecológica por su participación en la estructura vertical y dinámica del bosque.

Se identificaron 25 especies que corresponden al estrato arbóreo, este fue el estrato con mayor número de especies identificadas y en donde las familias Fagaceae y Pinaceae

tuvieron a los géneros *Quercus* y *Pinus* como los géneros más abundantes como se muestra a continuación.

<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Quercus greggii</i>
<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>Pinus montezumae</i> <i>benthamii</i> **		<i>Quercus laeta</i>
<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>Pinus patula</i> ** <i>lindleyi</i> **		<i>Quercus microphylla</i>
<i>Fraxinus uhdei</i> **	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Quercus obtusata</i>
<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Pinus teocote</i>	<i>Quercus confertifolia</i>
<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>Quercus candicans</i>	<i>Quercus rugosa</i>
<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i>	<i>Quercus crassifolia</i>	<i>Quercus peduncularis</i>
<i>Pinus ayacahuite</i> **	<i>Quercus crassipes</i>	
<i>Pinus greggii</i> **	<i>Quercus deserticola</i>	

\*\*Son especies introducidas

En el presente estudio se registran 67 especies, 5 especies más que las identificadas por Rendón y colaboradores (2021) en Epazoyucan, Hidalgo. Mientras que en un bosque de pino-encino del Estado de México se registraron 17 especies para este estrato (Juan Martínez, 2020). En bosques de pino (Ruiz Aquino et al., 2025) se encontraron 11 especies arbóreas y 26 especies en un bosque de *Pinus patula* (Castellanos Bolaños et al., 2008) en el estado de Oaxaca. Por otro lado, en el norte del país se registraron 10 y 11 especies en bosques de pino-encino en Nuevo León (Alanís Rodríguez et al., 2008; Manzanilla Quijada et al., 2020), Tamaulipas en un bosque mesófilo de montaña 33 especies (Corral Rivas et al., 2005) y en Durango 20 especies reportadas por (Silva González et al., 2021) en un bosque mixto. De las 67 especies encontradas 25 pertenecen al estrato arbóreo y dentro de este estrato se encontraron 6 especies introducidas, esto derivado de las actividades de reforestación que se efectuaron en el predio.

De las 25 especies de árboles 11 pertenecen al género de *Quercus*, seguido de Pinaceae que registró 7 especies (Figura 16). De acuerdo con Rendón Pérez y otros (2015) y al igual que Hernández López (2007) encontraron a estos géneros como los mejor representados en sus respectivas investigaciones.

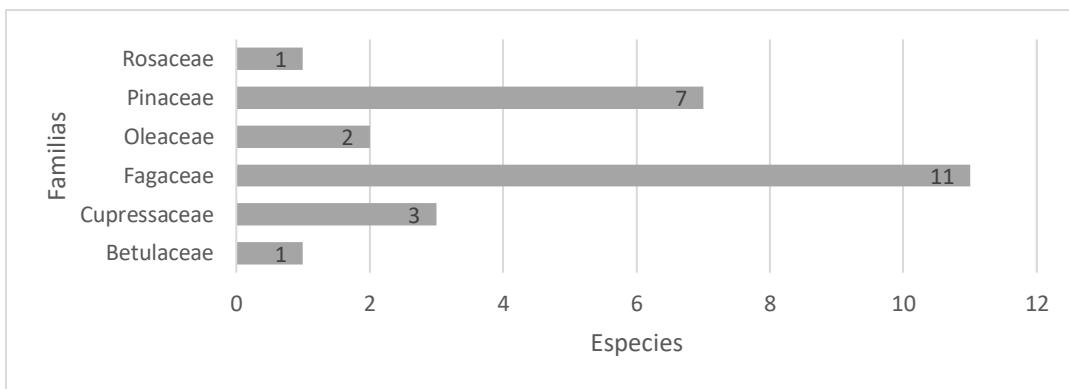


Figura 16. Presencia de especies por familia en el estrato arbóreo.

### 5.3.2. Estrato arbustivo

Se identificaron 21 especies en este estrato, es el segundo estrato con mayor presencia de familias identificadas, solo esta una familia abajo que las herbáceas que fue el estrato con más familias identificadas.

Las especies identificadas que conforman el estrato son:

<i>Acourtia cordata</i>	<i>Buddleja parviflora</i>	<i>Hyptis sp.</i>
<i>Ageratina glabrata</i>	<i>Ceanothus caeruleus</i>	<i>Phytolacca icosandra</i>
<i>Arbutus glandulosa</i>	<i>Comarostaphylis arguta</i>	<i>Rhamnus microphylla</i>
<i>Arbustus xalapensis</i>	<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Rubus pringlei</i>
<i>Baccharis conferta</i>	<i>Fuchsia thymifolia</i>	<i>Senecio salignus</i>
<i>Bouvardia terniflora</i>	<i>Hedeoma palmeri</i>	<i>Solanum nigrescens</i>
<i>Buddleja cordata</i>	<i>Helianthemum glomeratum</i>	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>

En el municipio de Epazoyucan, Hidalgo Rendón y otros (2015) reportaron 10 especies pertenecientes a este estrato para un bosque de pino-encino. Por otro lado, en el Estado de México se registraron 29 especies (Juan Martínez, 2020) y un bosque de pino evaluado en Oaxaca se registraron 7 especies para este estrato (Ruiz Aquino et al., 2025).

Este estrato se distribuye en 12 familias, en donde Asteraceae tiene 4 especies, seguido de Ericaceae y Scrophulariaceae con 3 especies cada una (Figura 17).

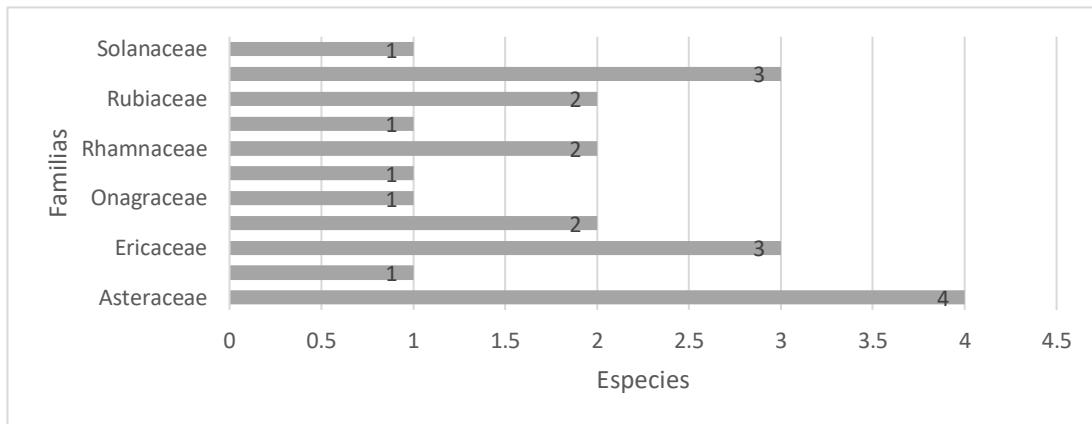


Figura 17. Presencia de especies por familia en el estrato arbustivo del rancho “Sangre de cristo”.

### 5.3.3. Estrato herbáceo

Se registraron 21 especies de herbáceas distribuidas en 13 familias del total encontradas para todos los estratos por lo que lo hace el estrato con mayor número de familias identificadas.

En la composición vegetal de este estrato se identificaron las especies:

<i>Achillea millefolium</i>	<i>Galium aschenbornii</i>	<i>Piqueria trinervia</i>
<i>Argemone ochroleuca</i>	<i>Geranium potentillifolium</i>	<i>Poa annua</i>
<i>Arenaria lycopoides</i>	<i>Lepechinia mexicana</i>	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>
<i>Demosium molliculum</i>	<i>Lysimachia arvensis</i>	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>
<i>Digitalis purpurea</i>	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	<i>Rumex crispus</i>
<i>Dryopteris patula</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Taraxacum officinale</i>
<i>Erodium cicutarium</i>	<i>Muhlenbergia macroura</i>	<i>Phytolacca octandra</i>
<i>Eupatorium petiolare</i>	<i>Phytolacca octandra</i>	

En los resultados encontrados por Rendón Pérez y colaboradores (2021) reportaron 58 especies de herbáceas en el estado de Hidalgo en un bosque de pino-encino. Mientras que, en el Estado de México en un ecosistema similar se identificaron 25 especies (Juan Martínez, 2020) así mismo, en un bosque de pino en Oaxaca se encontraron 31 especies (Ruiz Aquino et al., 2025).

Las familias Asteraceae y Poaceae son las familias con más presencia de especies identificadas en el rancho, el resto de las familias solo registran una especie (Figura 18).

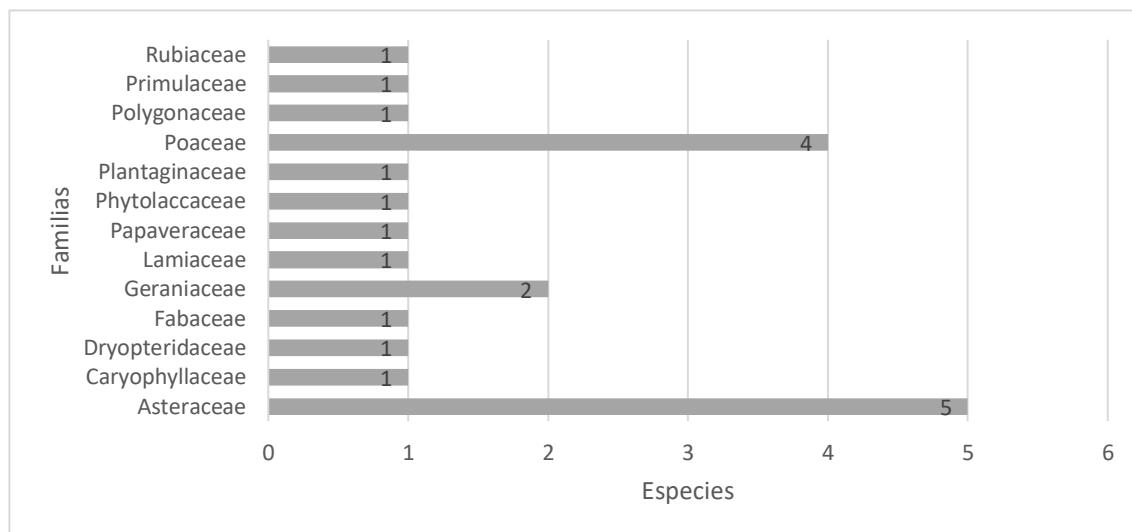


Figura 18. Presencia de especies por familia en el estrato herbáceo del rancho “sangre de cristo”.

El sotobosque conformado por los estratos arbustivo y herbáceo son clave en los bosques templados que concentran una alta diversidad (Luna Bautista et al., 2015; Mejía Canales et al., 2018), además de ser su participación en el ciclo de nutrientes debido a la incorporación de materia orgánica al suelo, como hábitat y alimento para la fauna o protección física al suelo (Gilliam , 2007). En el estrato arbustivo se encontraron algunas especies pioneras que aparecen y se desarrollan posteriormente a un disturbio, por ejemplo, *Baccharis conferta* (Márquez Linares et al., 1999). Las diferencias en la composición del sotobosque están relacionadas con las características del dosel, ya que este impacta en la cantidad de luz que entra y, por lo tanto, en las especies que pueden proliferar (Ross et al., 1986). Por otro lado, la aparición de disturbios, como las cortas de regeneración y los aclareos, tiene efectos sobre estos estratos; del mismo modo las características topográficas del sitio (como la pendiente y la exposición), se relacionan con su abundancia (Stephen y Chen, 2008). Estos resultados son consistentes con la composición, la riqueza y la diversidad de las especies, así como con el valor de importancia de los estratos en cada área evaluada (Gónzalez y Ramírez, 2015).

#### 5.4. Índices de biodiversidad

Con los datos obtenidos en campo se realizaron los índices de biodiversidad a fin de conocer la importancia ecológica, diversidad, dominancia y riqueza de especies, así

como la similitud que hay entre en área testigo y las áreas bajo aprovechamiento silvícola del rancho. A continuación, se describen los resultados obtenidos de cada uno de estos índices.

El análisis de los índices de diversidad permitió identificar diferencias significativas en la composición y estructura florística entre las áreas de estudio.

#### **5.4.1 Índice de Valor de Importancia (IVI)**

##### **5.4.1.1. Estrato arbóreo**

Se muestran los valores del IVI de las cuatro áreas evaluadas del estrato arbóreo. En el área testigo y al igual que el área 2016 se registró *Pinus teocote* y *Pinus montezumae* con los porcentajes más altos en valor de importancia ecológica (Cuadro 2) con un 38.01% y 35.10% respectivamente en el área testigo mientras que en el área 2016 *P. teocote* tuvo 45% y *P. montezumae* 29%. Las áreas 2018 y 2022 tuvieron en común el porcentaje más alto en la especie de *Pinus patula* (especie introducida), el área 2022 registró las dos especies con mayor valor de importancia a *P. patula* con 38% y *Prunus serotina* con 32% la única área donde tuvo mayor valor de importancia estas especies, mientras que el área 2018 tuvo el 31% para *P. patula* y el 15% para *Quercus crassifolia* y *Q. obtusata* siendo esta área en donde mayor valor presento el género *Quercus*.

Algunos estudios realizados en bosques de clima templado bajo manejo en Oaxaca (Leyva López et al., 2010; Bautista, 2014; Luna Bautista et al., 2015; Ruiz Aquino et al., 2025), al norte del país en bosques con condiciones similares al presente estudio, en los estados de Durango (Flores Morales et al., 2022), Nuevo León (Alanís Rodríguez et al., 2008; Manzanilla Quijada et al., 2020) y Chihuahua (Hernández Salas et al., 2013) han reportado que los géneros *Pinus* y *Quercus* se presentan en todas sus áreas evaluadas en donde *Pinus* presentó los valores más altos de IVI, al igual que en un estudio realizado en un parque estatal en el Estado de México (Juan Martínez, 2020).

Los altos valores de IVI en el género *Pinus* se debe a que son áreas donde el aprovechamiento de los bosques favorece al establecimiento de regeneración natural de pinos y en menor cantidad a otras especies según Ruiz Aquino (2025).

**Cuadro 2.** Valores del Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbóreo en el Rancho "Sangre de Cristo".

A. Testigo		2022		2018		2016	
Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)
<i>Pinus teocote</i>	38.01	<i>Pinus patula</i> **	38.07	<i>Pinus patula</i> **	31.06	<i>Pinus teocote</i>	45.56

<i>Pinus montezumae</i>	35.10	<i>Prunus serotina</i>	32.81	<i>Quercus crassifolia</i>	15.90	<i>Pinus montezumae</i>	29.10
<i>Quercus laeta</i>	7.31	<i>Pinus montezumae</i>	6.50	<i>Quercus obtusata</i>	15.75	<i>Fraxinus uhdei**</i>	13.07
<i>Quercus rugosa</i>	5.97	<i>Quercus laeta</i>	4.65	<i>Prunus serotina</i>	8.72	<i>Pinus patula**</i>	7.01
<i>Alnus jorullensis</i>	4.89	<i>Quercus crassifolia</i>	3.44	<i>Quercus crassipes</i>	6.64	<i>Pinus pseudostrobus</i>	5.26
<i>Pinus pseudostrobus</i>	4.63	<i>Ligustrum lucidum</i>	3.02	<i>Pinus greggii**</i>	6.57	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>
<i>Quercus crassifolia</i>	4.09	<i>Pinus teocote</i>	3.02	<i>Quercus greggii</i>	4.22		
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<i>Pinus ayacahuite**</i>	3.02	<i>Pinus teocote</i>	2.56		
		<i>Juniperus deppeana</i>	2.74	<i>Quercus deserticola</i>	2.29		
		<i>Quercus greggii</i>	2.74	<i>Quercus rugosa</i>	2.29		
		<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<i>Pinus montezumae</i>	2.01		
				<i>Quercus peduncularis</i>	2.01		
					<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	

\*\*Especies introducidas

El Índice de Valor de Importancia (Figura 19) mostró que *Pinus teocote* alcanzó el valor más alto con 45.5 %, lo que la posiciona como la especie dominante. Este resultado coincide con estudios realizados en comunidades de pino-encino, donde *P. teocote* suele ser una de las especies mejor adaptadas a las condiciones del clima templado y suelos volcánicos (Mostacedo et al., 2000).

En relación con lo anterior Rendón Pérez (2015) encontró que *P. montezumae* y *P. patula* son 2 de las especies con mayor valor de importancia en al menos 3 de sus áreas evaluadas en Hidalgo y en Oaxaca se registraron índices de valor de importancia altos en *Pinus patula* en 2 de las tres áreas evaluadas (Ruiz Aquino et al., 2025).

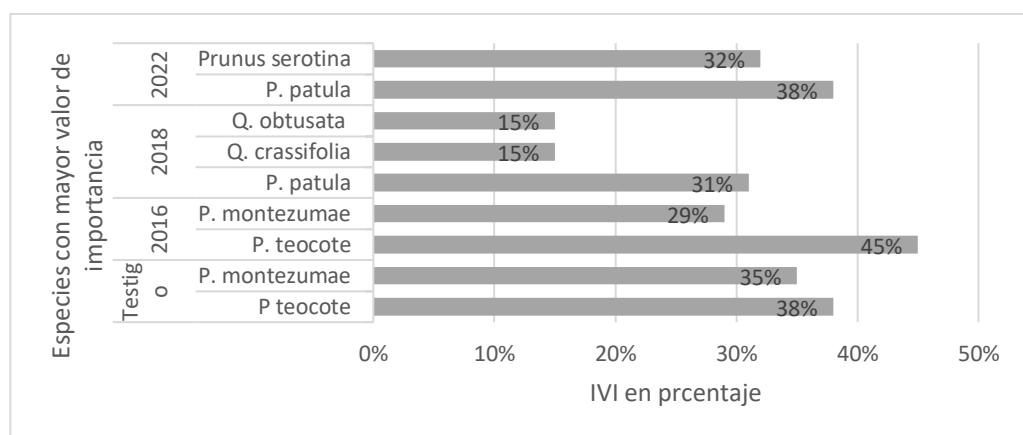


Figura 19. Especies del estrato arbóreo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho "Sangre de cristo".

La dominancia de *Pinus teocote* se asocia con su capacidad de regeneración natural y su resistencia a condiciones de estrés, lo cual favorece su persistencia tras las intervenciones silvícolas. No obstante, el mantenimiento de la diversidad florística requiere promover la coexistencia con especies del género *Quercus*, cuya participación contribuye a la estabilidad ecológica y a la mejora del suelo mediante la acumulación de materia orgánica.

#### 5.4.1.2. Estrato arbustivo

En el estrato arbustivo, la especie con mayor valor ecológico fue *Prunus serótina* (familia Rosaceae), que alcanzó un IVI de 39.3 %, seguida de *Buddleja cordata* y *Syphoricarpos microphyllus*. Estas especies desempeñan un papel importante en la regeneración natural del bosque, al ofrecer sombra, retención de humedad y protección para plántulas de especies arbóreas (Cuadro 3).

Rendón Pérez y colaboradores (2021) encontró los IVI más altos en el estrato arbustivo y con importancia ecológica a las especies: *Ageratina glabrata* (68.3), *Baccharis conferta* (49.9-71.4) y (24.5) sin embargo, en este estudio el valor de importancia es más bajo que lo reportado por Rendón (2015) para un estudio similar en el estado de Hidalgo.

*Cuadro 3. Índice de valor de importancia (IVI) del estrato arbustivo en el Rancho "Sangre de Cristo".*

A. Testigo	2022		2018		2016		
	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	
<i>Q. crassipes</i> renuevo	32.26	<i>Q. microphylla</i> ren	26.41	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	30.07	<i>P. serótina</i> ren	39.36
<i>Q. crassifolia</i> renuevo	17.11	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	25.09	<i>Bouvardia thymifolia</i>	17.70	<i>Q. crassipes</i> ren	12.53
<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	16.46	<i>Baccharis conferta</i>	11.57	<i>Ageratina glabrata</i>	16.39	<i>A. xalapensis</i> ren	11.63
<i>Ageratina glabrata</i>	15.80	<i>Hedeoma palmeri</i>	8.91	<i>A. glandulosa</i> ren	12.05	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	11.11
<i>P. montezumae</i> ren	15.15	<i>Q. greggii</i> renuevo	5.96	<i>Rhamnus microphylla</i>	11.93	<i>Q. crassifolia</i> ren	8.76
<i>Q. greggii</i> renuevo	14.50	<i>B. parviflora</i> ren	3.73	<i>Solanum nigrescens</i>	6.22	<i>Q. greggii</i> ren	7.02
<i>A. jorullensis</i> ren	13.84	<i>Bouvardia thymifolia</i>	3.43	<i>Baccharis conferta</i>	5.65	<i>Q. obtusata</i> ren	5.70
<i>A. glandulosa</i> ren	13.19	<i>Hyptis sp.</i>	2.38	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<i>Q. confertifolia</i> ren	3.89
<i>A. xalapensis</i> ren	12.54	<i>Comarostaphylis arguta</i>	2.29			<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

<i>P. serotina</i> ren	11.88	<i>A. xalapensis</i> ren	2.29
<b>TOTAL</b>	<b>162.74</b>	<i>Phytolocca icosandra</i>	2.12
		<i>F. uhdei</i> ren	1.95
		<i>P. serotina</i> ren	1.95
		<i>A. glandulosa</i> ren	1.95
		<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

La única área que presento porcentajes por arriba del 34% fue el área 2016 con una sola especie, *Prunus serotina* con 39.36% por lo que vemos que es la especie con una importancia ecológica dentro de este estrato (Figura 20).

La dominancia de *Prunus serotina* sugiere una respuesta positiva a las condiciones de apertura generadas por los tratamientos silvícolas, ya que esta especie muestra una alta capacidad de rebrote y tolerancia a la exposición solar. Resultados similares han sido reportados en otros estudios realizados en bosques templados de la Sierra Madre Oriental (González y Ramírez, 2015).

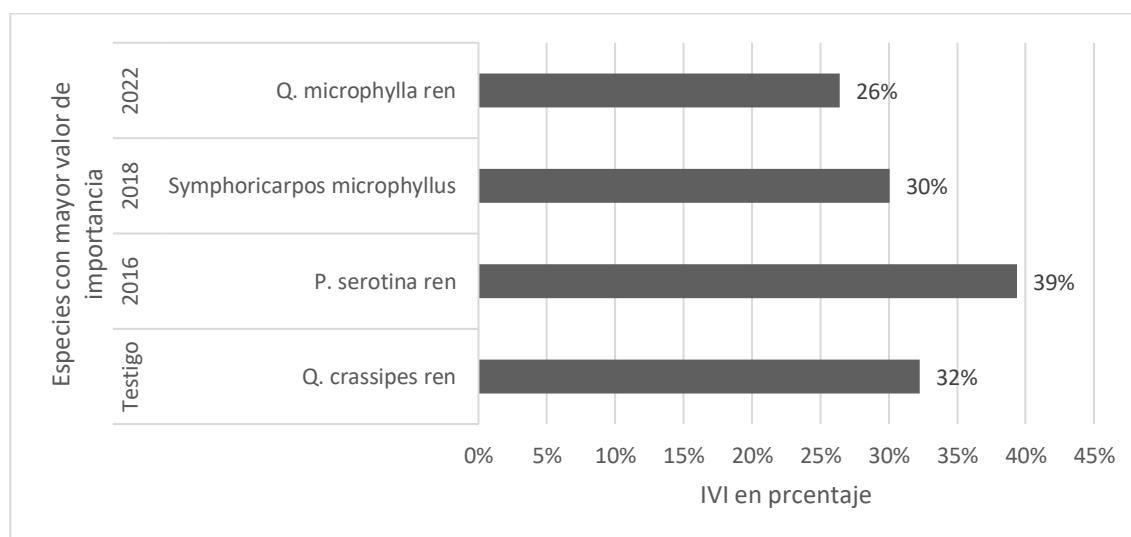


Figura 20. Especies del estrato arbustivo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho “Sangre de cristo”.

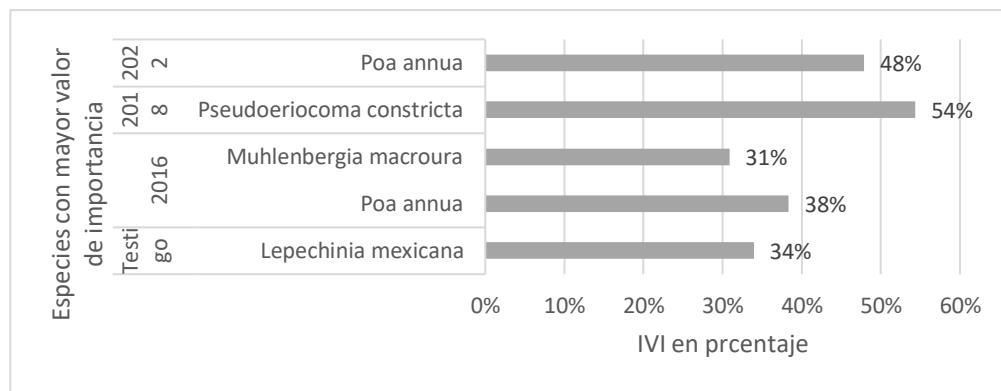
#### 5.4.1.3. Estrato herbáceo

El estrato herbáceo presentó una composición diversa, dominada por *Pseudoeriocoma constricta*, que obtuvo el IVI más alto (54.3 %), seguida por *Muhlenbergia macroura* y *Poa annua*. Estas especies son típicas de zonas abiertas o perturbadas, donde aprovechan el aumento de luminosidad y la reducción de competencia por recursos como se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Índice de valor de importancia (IVI) del estrato herbáceo en el Rancho "Sangre de Cristo".**

A. Testigo	2022		2018		2016		IVI (%)
	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	Especie	IVI (%)	
<i>Lepechinia mexicana</i>	33.92	<i>Poa annua</i>	47.86	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	54.32	<i>Poa annua</i>	38.35
<i>Muhlenbergia macroura</i>	15.65	<i>Lepechinia mexicana</i>	28.10	<i>Poa annua</i>	20.78	<i>Muhlenbergia macroura</i>	30.86
<i>Poa annua</i>	11.79	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	7.92	<i>Demosdium molliculum</i>	19.63	<i>Erodium cicutarium</i>	9.18
<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	10.24	<i>Achillea millefolium</i>	5.06	<i>Muhlenbergia macroura</i>	5.26	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	6.99
<i>Acourtia cordata</i>	4.21	<i>Lysimachia arvensis</i>	4.11	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<i>Lepechinia mexicana</i>	6.59
<i>Lysimachia arvensis</i>	3.73	<i>Erodium cicutarium</i>	3.75			<i>Piqueria trinervia</i>	4.02
<i>Piqueria trinervia</i>	3.51	<i>Geranium potentillifolium</i>	3.21			<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	4.01
<i>Dryopteris patula</i>	2.85	<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>			<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>
<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	2.35						
<i>Erodium cicutarium</i>	2.02						
<i>Digitalis purpurea</i>	2.02						
<i>Rubus pringlei</i>	2.02						
<i>Arenaria lycopoides</i>	2.02						
<i>Taraxacum officinale</i>	1.84						
<i>Geranium potentillifolium</i>	1.84						
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>						

Las áreas 2016, 2018 y 2022 presentaron especies con importancia ecológica dentro del estrato en donde se observó a *Poa annua* con un porcentaje de 38.35% en el área 2016, *Pseudoeriocoma constricta* con 52.322% en el área 2018 y nuevamente en el área 2022 *Poa annua* con 47.86% además de tener un valor importante en el estrato también presenta esta importancia ecológica en 2 de las áreas evaluadas. El área testigo tiene a *Lepechinia mexicana* con un valor de 33.92% muy cerca del rango considerado como importante (Figura 21).



**Figura 21.** Especies del estrato herbáceo con mayor IVI en las áreas evaluadas del rancho “Sangre de cristo”.

El área de conservación y el área 2022 presentaron el mayor número de especies del sotobosque (arbustivo y herbáceo), *Pseudoeriocoma constricta* fue la especie con mayor IVI en el área 2018 mientras que *Muhlenbergia macroura* tuvo valores significativos de IVI al igual que presencia, así como lo registrado por Rendón Pérez (2015) en el estado de Hidalgo.

La elevada presencia de gramíneas indica un proceso de regeneración activo tras la intervención forestal. La cobertura herbácea cumple una función ecológica relevante al proteger el suelo de la erosión, mejorar la infiltración de agua y favorecer la acumulación de materia orgánica, lo cual contribuye al restablecimiento del ecosistema.

En conjunto, los resultados de los tres estratos muestran que, a pesar de la intervención, la estructura vegetal conserva una diversidad notable, lo que sugiere que los tratamientos silvícolas aplicados permiten la regeneración de la vegetación sin afectar significativamente la composición florística general.

#### 5.4.2 Índice de Shannon- Wiener

El índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) registró su valor más alto en el área testigo ( $H' = 1.71$ ), seguido del área 2018 ( $H' = 1.63$ ), mientras que el área 2016 presentó el valor más bajo ( $H' = 1.44$ ) (Figura 22). Estos resultados reflejan una diversidad media, de acuerdo con la escala propuesta por Aguirre Mendoza (2013), donde valores entre 1.5 y 3.5 indican comunidades con diversidad moderada.

El mayor valor en el área testigo sugiere que la ausencia de intervención permitió una estructura más equilibrada entre las especies, con una distribución relativamente uniforme de individuos. En contraste, las áreas aprovechadas presentaron una ligera

reducción en la diversidad, atribuida a los efectos de los tratamientos silvícolas recientes, aunque sin evidencia de pérdida significativa de especies.

Resultados similares se encontraron por otros autores en donde sus áreas testigo (sin manejo) presentaron valores mayores respecto a las otras áreas con manejo. En los estados de Oaxaca (Bautista, 2014; Leyva López et al., 2010), Durango (Flores Morales et al., 2022)

En Oaxaca evaluaron áreas bajo aprovechamiento y áreas sin manejo en un bosque (Bautista, 2014) donde registraron los valores más altos en las áreas sin manejo forestal. Mientras que Leyva López y colaboradores (2010) seleccionaron 3 rodales donde se aplicó el método de regeneración de árboles padre y tres rodales sin tratamiento, donde los valores más altos se obtuvieron en los rodales sin tratamientos ( $H'=0.823$ ,  $H'=1.703$  y  $H'=2.140$ )

Por otro lado, en el estado de Durango en bosques bajo manejo se encuentran valores de  $H'=2.85$  (Flores Morales et al., 2022), Solís y otros (2006) encontraron en una comparación de dos tratamientos silvícolas valores de  $H'=0.72$ -  $H'=1.21$ .

Corral Rivas y otros (2005) en el estado de Tamaulipas se seleccionaron 2 parcelas: P1 en donde no se notan tantos disturbios en el bosque y P2 en la cual se hallaron rastros de aprovechamiento forestal, siendo la Parcela 1 la que mayor valor mostro ( $H'=2.46$ ) en la cual no se registraron rastros de aprovechamiento forestal.

Por otro lado, Alanís y otros (2008) en nuevo león realizaron la comparativa en tres áreas en donde el ecosistema no restaurado tuvo el valor más alto ( $H'=1.60$ )

De acuerdo con la investigación realizada en Chihuahua por Hernández y otros (2013) las áreas que evaluaron tuvieron valores por debajo de los valores encontrados en este estudio.

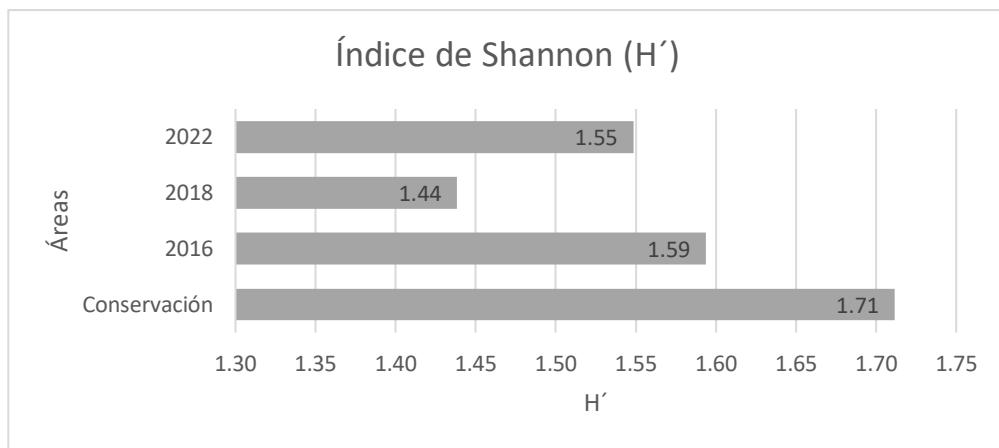


Figura 22. Valores del índice de Shannon por área en el rancho "Sangre de Cristo".

Se aplicó el índice de Shannon en las mismas áreas evaluadas, pero por estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo) como se muestra en la Figura 23. Según Mendoza Aguirre (2013) en su interpretación de los valores obtenidos para el índice de Shannon, el estrato arbóreo presenta diversidad baja ( $H'=0$ -  $H'=1.35$ ) en el área testigo, área 2016, 2022 mientras que el área 2018 obtuvo una diversidad media ( $H'=1.36$ -  $H'=3.5$ ). El estrato arbustivo presenta diversidad baja en el área testigo por lo que las áreas 2016, 2018 y 2022 presentan diversidad media. El estrato de las herbáceas presento diversidad media en el área testigo y área 2016 mientras que en las áreas 2028 y 2022 presentan diversidad baja.

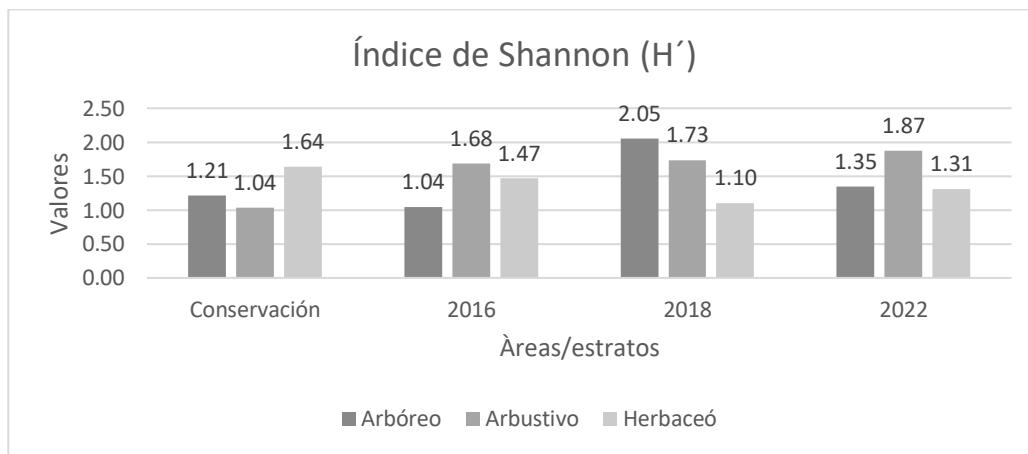


Figura 23. Valores del índice de Shannon de las cuatro áreas por estratos en el rancho "Sangre de cristo".

Resultados similares fueron reportados por Ruiz Aquino y colaboradores (2025) en donde encontraron que el tratamiento de árboles padre tuvo los valores más altos en el estrato arbóreo ( $H'=2.25$ ) al igual que los valores obtenidos para este estudio en los estratos arbóreos de áreas bajo aprovechamiento.

Los resultados de este estudio en donde los estratos arbóreo y arbustivo presentan índices altos en áreas bajo aprovechamiento y el estrato de las herbáceas tiene el índice más alto en el área sin manejo de este estudio es contrario a lo reportado por Luna Bautista (2014) en donde los estratos arbóreo y arbustivo del área sin manejo presentaron los valores más altos ( $H'=1.58$  y  $H'=1.54$ ) mientras que el estrato herbáceo del área con manejo presento el valor más alto respecto al área sin intervención ( $H'=2.37$ ) en Oaxaca.

#### 5.4.3 Índice de Simpson

Los valores del índice de Simpson oscilan entre 0 y 1, siendo el 0 el valor con mayor diversidad y el 1 con menor diversidad. De las cuatro áreas evaluadas el índice de Simpson mostró los valores más altos en el área 2018 ( $D = 0.73$ ), seguido del área testigo ( $D = 0.67$ ) y del área 2016 ( $D = 0.69$ ). Este patrón indica que las comunidades presentan una dominancia intermedia, donde pocas especies concentran la mayor proporción de individuos (Figura 24).

La menor dominancia observada en el área testigo sugiere una comunidad más equilibrada, mientras que el valor más alto en el área 2018 refleja una mayor presencia de especies dominantes, posiblemente debido a la regeneración temprana posterior al aprovechamiento. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Mostacedo y otros (2000), quienes destacan que las áreas en proceso de recuperación suelen mostrar una estructura con menor equitatividad y mayor dominancia temporal.

En la interpretación de los valores obtenidos de Mendoza Aguirre (2013) los valores arriba de 0.67 se consideran como diversidad alta, por lo que todas las áreas entran dentro de este rango presentando todas dominancia alta.

Bautista (2014) evaluó este índice para dos áreas en Oaxaca una sin manejo y la otra bajo manejo en donde el bosque sin manejo presentó los valores más altos.

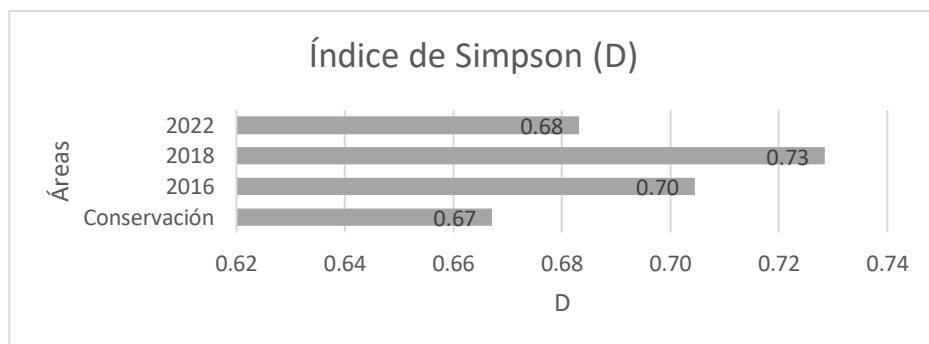
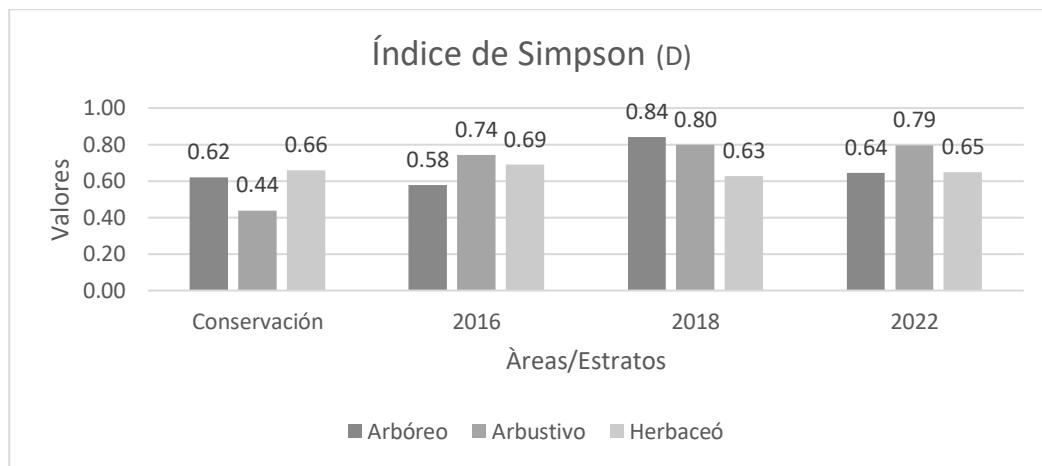


Figura 24. Valores del índice de Simpson por área evaluadas en el rancho "Sangre de cristo".

En la Figura 25 se muestran los valores obtenidos del índice de Simpson aplicado en las cuatro áreas por estrato cada una (Mendoza Aguirre, 2013) en su interpretación de significancia de valores observamos que el estrato arbóreo presenta diversidad media (0.34-0.66) en el área testigo, área 2016 y 2022, el área 2018 tiene diversidad alta (>0.67) en este estrato. En el estrato arbustivo solo presento diversidad media en el área testigo y las tres áreas diversidad alta siendo el área 2018 la que mayor valor presenta en este estrato. El estrato herbáceo tiene diversidad media en todas las áreas excepto en el área 2016 donde se observa diversidad alta.



**Figura 25.** Índice de Simpson en las áreas evaluadas por estratos en el rancho "Sangre de cristo".

En la comparación de los tres estratos se encontró que los estratos del área sin manejo tienen valores más altos respecto a los que se encuentran en un área bajo aprovechamiento (Bautista, 2014).

De las cuatro áreas evaluadas el área de conservación presento el valor más alto en el estrato arbóreo (0.65), área de asociación *Pinus patula* registro el valor más alto en el estrato arbustivo (0.39) y el estrato herbáceo (0.62) se presentó en la asociación *Pinus pseudostrobus* (González y Ramírez, 2015).

#### 5.4.4 Índice de Margalef

La interpretación de los valores para el índice de riqueza de Margalef se clasifica: valores <2 es baja riqueza específica, si se encuentra en un rango de 2 a 4 se considera como una riqueza intermedia y valores >4 es una riqueza alta.

El índice de Margalef evidenció una tendencia similar a la observada en Shannon, con el valor más alto en el área testigo ( $D_{mg} = 4.98$ ), seguida del área 2018 ( $D_{mg} = 4.12$ ) y

del área 2016 ( $D_{mg} = 3.72$ ) (Figura 26). Estos resultados reflejan una riqueza de especies media a alta, indicando que, a pesar del aprovechamiento, el bosque mantiene un número considerable de especies vegetales.

La ligera disminución de la riqueza en las áreas bajo manejo puede atribuirse a la extracción selectiva de individuos maduros, lo que reduce temporalmente la densidad de ciertas especies, aunque sin afectar de manera drástica la regeneración natural.

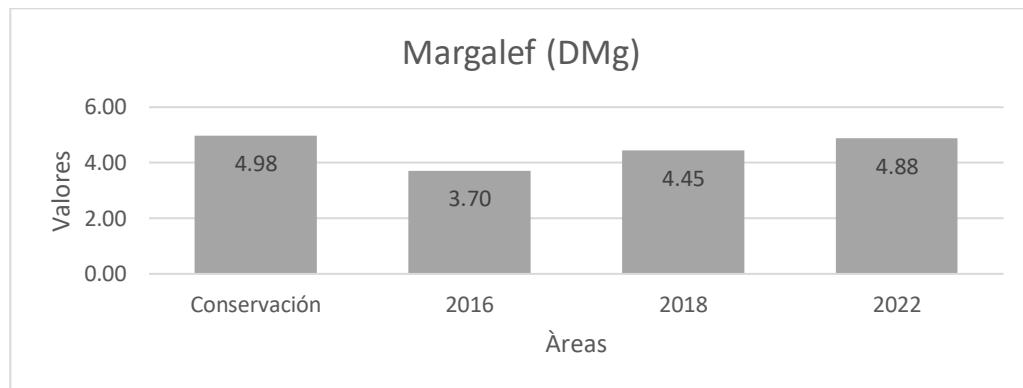


Figura 26. Índice de Margalef de las áreas 2016, 2018, 2022 y área de conservación del rancho "Sangre de Cristo".

#### 5.4.5 Análisis de presencia y ausencia de especies

En el cuadro 5 se muestra el listado de las especies identificadas en las áreas evaluadas en donde se registró un total de 67 especies de los tres estratos. El área con mayor presencia de especies fue la testigo en donde se encuentran 46 de las 67 especies encontradas, en el área 2016 la cual fue la primera área intervenida con el tratamiento de árboles padre se identificaron 32 especies, el área 2018 presenta 33 especies y la 2022 tienen un total de 37 especies identificadas siendo la segunda con más especies presentes. Las especies que tuvieron presencia en las cuatro áreas son: *Prunus serotina subdp. capuli*, *Pinus montezumae*, *P. teocote*, *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. greggii*, *Q. laeta*, *Bouvardia terniflora*, *Buddleja cordata*, *Fuchsia thymifolia*, *Simphoricarpos microphyllus*, *Eupatorium petiolare*, *Muhlenbergia macroura* y *Poa annua*.

**Cuadro 5.** Análisis de presencia-ausencia de especies en las cuatro áreas del rancho “Sangre de cristo”.

Estrato	N°	Nombre científico	Testigo	2022	2018	2016
Arbóreo	1	<i>Alnus jorullensis</i>	X			
	2	<i>Cupressus lusitánica</i> var. <i>Bentahamii</i> **			X	X
	3	<i>Cupressus lusitánica</i> var. <i>lindleyi</i> **	X			
	4	<i>Fraxinus uhdei</i> **		X		X
	5	<i>Juniperus deppeana</i>		X		
	6	<i>Ligustrum lucidum</i>		X		
	7	<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i>	X	X	X	X
	8	<i>Pinus ayacahuite</i> **		X		
	9	<i>Pinus greggii</i> **			X	
	10	<i>Pinus leiophylla</i>	X		X	
	11	<i>Pinus montezumae</i>	X	X	X	X
	12	<i>Pinus patula</i> **		X	X	X
	13	<i>Pinus pseudostrobus</i>	X			X
	14	<i>Pinus teocote</i>	X	X	X	X
	15	<i>Quercus candicans</i>	X			
	16	<i>Quercus crassifolia</i>	X	X	X	X
	17	<i>Quercus crassipes</i>	X	X	X	X
	18	<i>Quercus deserticola</i>	X		X	X
Arbustivo	19	<i>Quercus greggii</i>	X	X	X	X
	20	<i>Quercus laeta</i>	X	X	X	X
	21	<i>Quercus microphylla</i>	X	X		X
	22	<i>Quercus obtusata</i>	X		X	X
	23	<i>Quercus confertifolia</i>				X
	24	<i>Quercus rugosa</i>	X		X	
	25	<i>Quercus peduncularis</i>			X	
	26	<i>Ageratina glabrata</i>	X		X	
	27	<i>Arbutus glandulosa</i>	X	X	X	
	28	<i>Arbutus xalapensis</i>	X	X		X
	29	<i>Baccharis conferta</i>	X	X	X	
	30	<i>Bouvardia terniflora</i>	X	X	X	X
	31	<i>Buddleja cordata</i>	X	X	X	X
	32	<i>Buddleja parviflora</i>		X	X	
	33	<i>Ceanothus caeruleus</i>	X		X	
	34	<i>Comarostaphylis arguta</i>	X	X		
	35	<i>Crataegus pubescens</i>			X	X
	36	<i>Fuchsia thymifolia</i>	X	X	X	X
	37	<i>Hedeoma palmeri</i>		X		
	38	<i>Helianthemum glomeratum</i>				X
	39	<i>Hyptis sp.</i>				
	40	<i>Phytolacca icosandra</i>	X	X		X

41	<i>Rhamnus microphylla</i>				X
42	<i>Rubus pringlei</i>	X			
43	<i>Senecio salignus</i>	X	X		
44	<i>Solanum nigrescens</i>			X	
45	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	X	X	X	X
46	<i>Acourtia cordata</i>	X			
47	<i>Argemone ochroleuca</i>	X	X		
48	<i>Arenaria lycopoides</i>	X			
49	<i>Demosdium molliculum</i>	X		X	X
50	<i>Digitalis purpurea</i>	X			
51	<i>Dryopteris patula</i>	X			
52	<i>Erodium cicutarium</i>	X	X		
53	<i>Eupatorium petiolare</i>	X	X	X	X
54	<i>Galium aschenbornii</i>			X	
55	<i>Geranium potentillifolium</i>	X	X		
56	<i>Lepechinia mexicana</i>	X	X		X
57	<i>Lysimachia arvensis</i>		X		
58	<i>Muhlenbergia capillaris</i>		X		
59	<i>Muhlenbergia macroura</i>	X	X	X	X
60	<i>Phytolacca octandra</i>		X		X
61	<i>Piqueria trinervia</i>	X			X
62	<i>Achillea millefolium</i>		X		
63	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	X	X	X	X
64	<i>Rumex crispus</i>	X			
65	<i>Taraxacum officinale</i>	X			
66	<i>Poa annua</i>	X	X	X	X
67	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	X			X
<b>TOTAL</b>		<b>46</b>	<b>37</b>	<b>33</b>	<b>32</b>

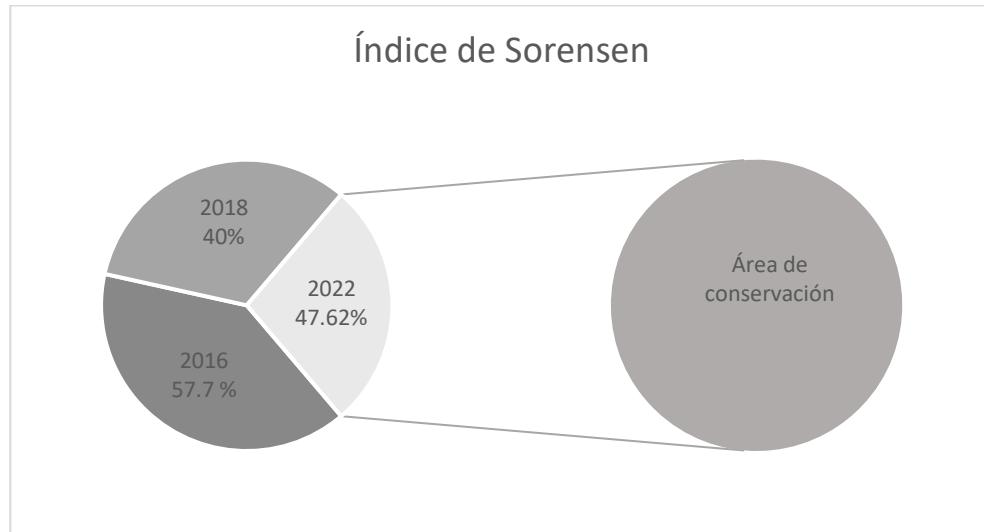
Especies introducidas\*\*

#### 5.4.6. Índice de Sorenson

La interpretación de los valores para el índice Sorenson está en los rangos de 0 a 0.25 en donde se considera una similitud baja, de 0.25 a 0.5 es una similitud intermedia, 0.5 a 0.75 es una similitud alta y de 0.75 a 1 es una similitud alta.

El índice de similitud de Sorenson mostró un 57.7 % de coincidencia entre el área 2016 y el área testigo, lo que indica una composición florística parcialmente compartida. La similitud entre áreas manejadas de diferentes años fue ligeramente menor, lo cual es consistente con las variaciones naturales asociadas al tiempo transcurrido desde la intervención (Figura 27).

Estos resultados evidencian que el bosque mantiene una base florística común, con diferencias graduales asociadas a la regeneración y a las condiciones microambientales derivadas del manejo. De acuerdo con Rendón Pérez y otros (2021), valores de similitud superiores al 50 % indican comunidades con composición comparable, aunque con variaciones estructurales o de dominancia.



**Figura 27.** Índice de similaridad de Sorensen entre las áreas con respecto al área de conservación en el rancho "Sangre de cristo".

## VI. CONCLUSIONES

El análisis de la diversidad florística en las áreas bajo manejo forestal del predio Rancho Sangre de Cristo permitió determinar que los tratamientos silvícolas aplicados no afectaron significativamente la composición ni la estructura de la vegetación. Las comunidades vegetales conservan una diversidad media y una riqueza de especies estable, lo que indica que las prácticas de manejo implementadas favorecen la regeneración natural del bosque.

El área testigo presentó los valores más altos en los índices de Shannon y Margalef, lo que refleja una estructura más equilibrada y una mayor riqueza específica. Sin embargo, las áreas aprovechadas también mostraron niveles considerables de diversidad, lo que sugiere que la intervención forestal, cuando se realiza de forma planificada y bajo criterios técnicos, puede ser compatible con la conservación de la biodiversidad.

Las especies *Pinus teocote*, *Prunus serotina* y *Pseudoeriocoma constricta* se identificaron como las de mayor valor ecológico en los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, respectivamente, evidenciando su papel clave en la dinámica de regeneración del ecosistema.

El análisis de similitud de Sorensen indicó que las áreas bajo manejo mantienen más del 50 % de coincidencia florística con el área testigo, lo que demuestra la permanencia de una base estructural común y la resiliencia del ecosistema ante la intervención.

En conclusión, el manejo forestal aplicado en el área de estudio cumple con los principios de sustentabilidad, al equilibrar el aprovechamiento de los recursos con la conservación de la diversidad florística. Los resultados obtenidos aportan información relevante para fortalecer las estrategias de manejo en bosques templados y promover prácticas que aseguren la conservación de los recursos naturales a largo plazo.

## VII. LITERATURA CITADA

- Acosta Hernández, C. C., Luna Rodríguez, M., Octavio Aguilar, P., Morales Romero, Z., Galindo González, J., Noa Carranza, J. C., y Iglesias Andreu, L. G. (2011). Efecto del aprovechamiento forestal sobre la variación morfológica de *Juglans pyriformis* Liebm. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVII(3), 379-388.  
<https://doi.org/10.10154/r.rchscfa2011.04.033>
- Aguirre Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*(21), 17-29.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>
- Aguirre Mendoza, Z. (2013). *Guia de Metodos para Medir la Biodiversidad*. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Espinoza Vizcarra, D., Jurado Ybarra, E., Aguirre Calderón, O., y González Tagle, M. (2008). Evaluación del estrato arbóreo en un área restaurada post-incendio en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 113-118.
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Pando Moreno, M., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., y García Galindo, P. C. (2010). Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques*(16), 39-54.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2010.1641159>
- Alfonso Conrado, C., Campos Contreras, J., Sánchez García, G., Monsalvo Reyes, A., y Clark Tapia, R. (2014). Manejo forestal y diversidad genética de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, en Sierra Juárez, Oaxaca Madera. *Madera y Bosques*, XX(2), 11-22.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2014.202160>
- Aparicio, G. M. (2009). *Efecto del manejo forestal sustentable sobre la abundancia y distribución de bromelias epífitas en Capulalpam de Méndez, Oaxaca, México*. España: Tesis de Licenciatura Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca-Tulancingo, A. (2017). *Modificación al Programa de Manejo Forestal de Carácter Intermedio que rige el Aprovechamiento de los recursos Forestales maderables en el predio particular denominado "Sin Nombre" (ubicado en el rancho Sangre de Cristo fracc. de la hacienda de Paxtepec. Tulancingo, Hidalgo : Asociación de Silvicultores de la Región Forestal Pachuca-Tulancingo, A.C.*
- Austin, M. P. (1990). *Community theory and competition in vegetation*. New York: Academic Press.
- Avery, T. E., y Burkhardt, H. E. (1994). *Forest Measurements*. New York: McGraw-Hill.
- Bastida Tapia, A., y Flores Escobar, G. (2018). *Los Sistemas Silvícolas Maderables y la Silvicultura Comunitaria Sustentable*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Bautista, L. (2014). *Aprovechamiento forestal y su impacto en la vegetación y propiedades físicas del suelo en Santa Catarina Ixtépeji, Oaxaca*. Colegio de Posgraduados campus Montecillo.

- Begon, M., Townsed, C. R., y Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (Cuarta ed.). Blackwell Publishing.
- Campo, A. M., y Duval, V. S. (3 de Noviembre de 2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. *Revistas Científicas Complutenses*, 25-42. [https://doi.org/10.5209/rev\\_AGUC.2014.v34.n2.47071](https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071)
- Castellanos Bolaños, J. F., Treviño Garza, E. J., Aguirre Calderón, O. A., Jiménez Pérez, J., Musalem, S. M., y López Aguillón, R. (2008). Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques*, XIV(2), 51-63. <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1421212>
- Clements, F. E. (1916). *Plant succession: An analysis of the development of vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington.
- CONABIO. (25 de Noviembre de 2021). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. La biodiversidad en Hidalgo: Estudio de estado: <http://www.biodiversidad.gob.mx>
- CONABIO. (27 de Agosto de 2023). *Biodiversidad mexicana*. México megadiverso: [biodiversidad.gob.mx](http://biodiversidad.gob.mx)
- CONAFOR. (2008). *Programa de Desarrollo Forestal del Estado de Hidalgo*. Hidalgo: SEMARNAT.
- CONAFOR. (2009). Restauración de ecosistemas forestales. En C. N. Forestal, *Guía básica para comunicadores*. Zapopan, Jalisco, México: CONAFOR.
- CONAFOR. (2018). *Programa de manejo forestal y regeneración de bosques en México*. CONAFOR.
- Corral Rivas, J. J., Aguirre Calderón, O. A., Jiménez Pérez, J., y Corral Rivas, S. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, (14), 217-228.
- Cottam, G., y Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3), 451-460.
- FAO. (2018). El estado de los bosques del mundo. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Flores Morales, E. A., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., González Tagle, M. A., Alanís Rodríguez, E., Angeles Pérez, G., y Huizar Amezcua, F. (2022). *Diversidad y estructura arbórea de un bosque templado bajo manejo en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México*. Polibotanica. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.54.2>
- Gadow, K. V., Sánchez, O. S., y Aguirre Calderón, Ó. A. (2004). *Manejo Forestal con bases científicas*. Madera y Bosques. <https://doi.org/10.21829/myb.2004.1021271>
- Galicia, L., y Zarco Arista, A. E. (2014). Multiple ecosystem services, possible trade-offs and synergies in a temperate forest ecosystem in Mexico: a review. *International Journal of*

- Biodiversity Science, Ecosystem Services y Management*, 275-288.  
<https://doi.org/10.1080/21513732.2014.973907>
- García, D., y López, A. (2017). Métodos de monitoreo de la biodiversidad. *Revista de Ecología*, 45-59.
- Garibay Orijel, R., Córdova , J., Cifuentes, J., Valenzuela , R., Estrada Torres , A., y Kong, A. (2009). Integrating wild mushrooms use into a model of sustainable management for indigenous community forests. *Forest Ecology and Management*, 122-131.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.051>
- Garmendia , A., Samo, A., y Delgado, J. A. (2008). *Introducción Práctica a la Ecología*. España: Pearson Prentice Hall.
- Gilliam , F. S. (2007). The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *BioScience*, 57(10), 845-858. <https://doi.org/10.1641/B571007>
- Gómez, F. J., y Ramírez, C. R. (2015). Regeneración natural en bosques templados de la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 77-91.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.271212>
- Gotelli, N. J., y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 379-391.  
<https://doi.org/10.1046/1461>
- Graciano Luna, J. d. (2001). *Técnicas de evaluación dasométrica y ecológica de los bosques de coníferas bajo manejo de la Sierra Madre Occidental del Centro Sur de Durango*, México. Linares, Nvo León: Tesis de Maestría. Universidad Autonómica de Nuevo León.
- Granados Sánchez, D., López Ríos, G. F., y Hernández García, M. A. (2007). Ecología y Silvicultura en Bosques Templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 67-83.
- Hebert, P. D., y Gregory, T. R. (2005). DNA barcoding: A tool for biodiversity monitoring and conservation. *BioScience*, 684-692.
- Hernández López, I. (2007). *Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la Comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca*, México. Costa Rica: Tesis de Maestría Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Hernández Salas, J., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Treviño Garza, E. J., González Tagle, M. A., . . . Domínguez Pereda, L. A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, (19), 189-199.  
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Jiménez, B. L., Damona, A., Ochoa Gaona, S., y Clark , T. R. (2014). Impact of silvicultural methods on vascular epiphytes (ferns, bromeliads and orchids) in a temperate forest in Oaxaca, Mexico. *Forest*, 10-20.

- Juan Martínez, D. (2020). *La vegetación y flora como indicadores ecológicos y su relación con los disturbios antrópicos del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlamanalco, Estado de México*. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Krebs, C. J. (2001). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. Benjamin cummings.
- Leyva López, J. C., Velázquez Martínez, A., y Ángeles Pérez, G. (2010). Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XVI(2), 227-240. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.06.038>
- López, G., Hernández, J., y Gómez, M. (2010). El manejo forestal sostenible en México: Retos y oportunidades. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 301-309.
- Luna Bautista, L., Hernández De La Rosa, P., Velázquez Martínez, A., Gómez Guerrero, A., y Acosta Mireles, M. (2015). El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales*(2), 109-121. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.08.037>
- Luna, R., y Barrera , M. (2005). *Ecología de los bosques templados de México*. CONABIO.
- Mace, G. M., Norris, K., y Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends in Ecology and Evolution*, 19-25. <https://doi.org/doi:10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*. John Wiley & Sons.
- Manzanilla Quijada, G. E., Mata Balderas, J., Treviño Garza, E., Aguirre Calderón, Ó. A., Alanís Rodríguez, E., y Yerena Yamallel, J. I. (2020). Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61), 95-123. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i61.703>
- Margalef, F. (1996). El Ecosistema pelágico del Mar Caribe. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales*(29), 5-36.
- Márquez Linares, M. A., González Elizondo, S., y Alvarez Zagoya, R. (1999). Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Méx. . *Madera y Bosques*, 5(2), 67-78. <https://doi.org/10.21829/myb.1999.521348>
- Mejía Canales, A., Franco Maass, S., Endara Agramont, A. R., y Ávila Akerberg, V. (2018). Caracterización del sotobosque en bosques densos de pino y oyamel en el Nevado de Toluca, México. *Madera y Bosques*, 24(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431656>
- Mendoza Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 37). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Monárrez González, J. C., Pérez Verdín, G., López González, C., Márquez Linares, M., y González Elizondo, M. (2018). *Efecto del manejo forestal sobre algunos servicios ecosistémicos en los bosques templados de México*. México: Madera y Bosques.

- Monge Nájera, J., y Gómez Figueroa, P. (2003). El parasitismo y el comensalismo en los ecosistemas tropicales. En *Biocenosis* (pp. 38-40). Costa Rica: Dirección de Producción Académica UNED.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T Manuales y Tesis SEA.
- Mostacedo, B., Fredericksen, T., y BOLFOR. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. El País.
- Müller, F., González, L., y Rodríguez, P. (2017). Estrategias para la conservación y manejo de los bosques en México. *Ecología Mexicana*, 137-145.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (Tercera ed.). Saunders.
- Ovington, J. D. (1983). *Ecosystems of the World, Temperate Broad-Leaved Evergreen Forests* (Vol. 10). New York: Elsevier.
- Pickett, S. A., y White, P. S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press.
- Ramírez Santiago, R. (2006). *Efectos de la aplicación de dos métodos de regeneración sobre la estructura, diversidad y composición de un bosque de pino-encino en la Sierra de Juárez de Oaxaca, México*. Costa Rica: Tesis de Maestría Centro de Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza (CATIE).
- Rendón Pérez, M. A., Hernández de la Rosa, P., Velázquez Martínez, A., Alcántara Carbajal, J., y Reyes Hernández, V. J. (2021). Composición, diversidad y estructura de un bosque manejado del centro de México. *Maderas y Bosques*, 27(1).  
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712127>
- Ross, M. S., Flanagan, L. B., y La Roi, G. H. (1986). Seasonal and sucessionl changes in light quality and quantity in the understory of boreal forest ecosystems. *Canadian Journal of Botany*, 64(11), 2792-2799. <https://doi.org/10.1139/b86-337>
- Ruiz Aquino, J., Jiménez, P. J., Aguirre Calderón, O. A., Alanís Rodríguez, E., y Rodríguez Ortiz, G. (2025). Efecto del manejo forestal maderable sobre la estructura y diversidad del bosque de *Pinus L.* en Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 16(87), 101-126.  
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i87.1492>
- Ruiz Cortez, C. (1993). *El Sector forestal mexicano:¿entre la economía y la ecología?*. Comercio exterior.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*, 3-21. <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- Sala, O. E., Stuart Chapin, F., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., . . . Wall, D. H. (10 de Marzo de 2000). Global Biodiversity Scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774.  
<https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Silva González, E., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., Alanís Rodríguez, E., y Corral Rivas, J. J. (2021). Efecto de *Madera y Bosques tratamientos silvícolas en la diversidad y estructura*

- forestal en bosques templados bajo manejo en Durango, México*, 27(2).  
<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2722082>
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*.
- Solís, M. R., Aguirre, C. O., Treviño, G. E., Jiménes P. J., Jurado, Y. E., y Corral , R. J. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 49-64. <https://doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>
- Stephen, A. H., y Chen, J. Y. (2008). Fire, logging, and overstory affect understory abundance, diversity, and composition in boreal forest. *Ecological Monographs*, 78(1), 123-140. <https://doi.org/10.1890/06-2140.1>
- Torres Rojo, J. M., Moreno Sánchez, R., y Mendoza Briseño, M. A. (2016). Sustainable Forest Management in Mexico. *Current Forestry Reports*, 93-105. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0033-0>
- Valdés, M., Córdova, J., Gómez , M., y Fierros, M. A. (2003). Understory vegetation and ectomycorrhizal sporocarp diversity response to pine regeneration methods in Oaxaca, Mexico. *Western Journal of Applied Forestry*(18), 101-108. <https://doi.org/10.1093/wjaf/18.2.101>
- Valdés, M., Pereda, V., Ramírez, P., Valenzuela , R., y Pineda , R. M. (2009). The ectomycorrhizal community in a *Pinus oaxacana* forest under different silvicultural treatments. . *Journal of Tropical Forest* , 88-97.
- Vázquez, G., y Méndez, M. (2007). *Vegetación y flora de los bosques de pino-encino en el sureste de México*. Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas.
- Villanueva Jiménez, E., Villegas Ríos, M., Cifuentes Blanco, J., y León Avendaño, H. (2006). Diversidad del género Amanita en dos áreas con diferente condición silvícola en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*(77), 17-22.
- Wolf, J. H. (2005). The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, México. *Forest Ecology and Management*, 376-393. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.027>

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Datos del muestreo de campo

8.1.1 Datos registrados en campo de los sitios del área testigo del rancho “Sangre de cristo”.

Área de conservación				
Nº de ind.				
Sitio	Estrato		Especie	Cobertura
1	Arbóreo	4	<i>Pinus teocote</i>	5%
		2	<i>Pinus montezumae</i>	3%
		1	<i>Quercus rugosa</i>	10%
		1	<i>Quercus laeta</i>	15%
		3	<i>Pinus montezumae</i> renuevo	3%
	Arbustivo	1	<i>Arbutus xalapensis</i>	1%
		1	<i>Prunus serotina renuevo</i>	1%
		1	<i>Quercus crassipes</i> renuevo	1%
		1	<i>Quercus crassifolia</i> renuevo	2%
		2	<i>Quercus greggii</i> renuevo	2%
2	Herbáceo	10	<i>Muhlenbergia macroura</i>	80%
		37	<i>Lepechinia mexicana</i>	10%
		7	<i>Piqueria trinervia</i>	5%
		2	<i>Pinus teocote</i>	6%
	Arbóreo	3	<i>Pinus montezumae</i>	8%
		1	<i>Quercus crassifolia</i>	3%
		4	<i>Quercus crassipes</i> renuevo	2%
		4	<i>Quercus crassifolia</i> renuevo	3%
		35	<i>Lepechinia mexicana</i>	40%
		11	<i>Lysimachia arvensis</i>	2%

	1	<i>Taraxacum officinale</i>	1%
	3	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	2%
Herbáceo			
	2	<i>Acourtia cordata</i>	1%
	1	<i>Geranium potentillifolium</i>	1%
	14	<i>Poa annua</i>	8%
Arbóreo			
	4	<i>Pinus teocote</i>	8%
	7	<i>Pinus montezumae</i>	10%
	8	<i>Ageratina glabrata</i>	3%
	3	<i>Quercus crassipes</i>	4%
		<i>renuevo</i>	
Arbustivo	1	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	1%
3	1	<i>Alnus jorullensis ren</i>	2%
	3	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	40%
Herbáceo			
	3	<i>Acourtia cordata</i>	1%
	7	<i>Pinus teocote</i>	30%
Arbóreo			
	2	<i>Pinus montezumae</i>	10%
	1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	5%
	3	<i>Quercus crassifolia</i>	4%
		<i>renuevo</i>	
Arbustivo	1	<i>Syphoricarpos microphyllus</i>	2%
4	1	<i>Quercus crassipes</i>	3%
		<i>renuevo</i>	
	5	<i>Dryopteris patula</i>	3%
	12	<i>Poa annua</i>	3%
	1	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	2%
Herbáceo			
	2	<i>Erodium cicutarum</i>	1%
	12	<i>Lepechinia mexicana</i>	3%
	2	<i>Digitalis purpurea</i>	1%
	2	<i>Rubus pringlei</i>	1%

		1	<i>Pinus montezumae</i>	5%
Arbóreo	1		<i>Alnus jorullensis</i>	6%
	5		<i>Quercus crassipes</i>	10%
			<i>renuevo</i>	
	1		<i>Arbustus glandulosa</i>	2%
Arbustivo	6		<i>Symporicarpos</i>	5%
			<i>microphyllus</i>	
	2		<i>Arenaria lycopoides</i>	1%
Herbáceo	22		<i>Lepechinia mexicana</i>	8%
	5		<i>Poa annua</i>	1%

8.1.2 Datos registrados en campo de los sitios del área 2016 del rancho “Sangre de cristo”.

Área 2016					
	Sitio	Estrato	Nº de ind	Especie	Cobertura
		Arbóreo	10	<i>Pinus teocote</i>	12%
			3	<i>Pinus montezumae</i>	5%
		Arbustivo	1	<i>Prunus serotina ren</i>	1%
			3	<i>Muhlenbergia</i>	8%
1				<i>macroura</i>	
		Herbáceo	2	<i>Piqueria trinervia</i>	1%
			8	<i>Lepechinia mexicana</i>	2%
		Arbóreo	6	<i>Pinus teocote</i>	10%
			4	<i>Pinus montezumae</i>	5%
		Arbustivo	1	<i>Quercus crassifolia ren</i>	1%
2			2	<i>Muhlenbergia</i>	40%
				<i>macroura</i>	
		Herbáceo	3	<i>Poa annua</i>	1%
			7	<i>Pinus teocote</i>	15%
		Arbóreo	9	<i>Pinus montezumae</i>	15%
3		Arbustivo	5	<i>Arbutus xalapensis ren</i>	10%
			15	<i>Erodium cicutarium</i>	1%

	Herbáceo	9	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	2%
		7	<i>Poa annua</i>	4%
		2	<i>Pinus teocote</i>	10%
	Arbóreo	3	<i>Pinus patula</i>	5%
		1	<i>Pinus pseudostrobus</i>	4%
		2	<i>Quercus crassipes ren</i>	7%
		5	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	8%
		2	<i>Prunus serotina ren</i>	3%
4	Arbustivo	1	<i>Quercus crassifolia ren</i>	3%
		1	<i>Quercus confertifolia ren</i>	1%
	Herbáceo	2	<i>Muhlenbergia macroura</i>	50%
	Arbóreo	1	<i>Fraxinus uhdei</i>	30%
		15	<i>Prunus serotina ren</i>	30%
		1	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	2%
		1	<i>Quercus crassipes ren</i>	3%
5	Arbustivo	3	<i>Quercus greggii ren</i>	4%
		2	<i>Quercus obtusata ren</i>	3%
		32	<i>Poa annua</i>	60%
	Herbáceo	1	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	3%

8.1.3 Datos registrados en campo de los sitios del área 2018 del rancho “Sangre de cristo”.

Área 2018				
Sitio	Estrato	Nº de ind.	Especie	Cobertura
1	Arbóreo	7	<i>Pinus patula</i>	70%
		1	<i>Pinus greggii</i>	5%

	3	<i>Quercus crassifolia</i>	10%
	3	<i>Quercus greggii</i>	8%
	4	<i>Arbutus glandulosa ren</i>	3%
	1	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	2%
	4	<i>Bouvardia thymifolia</i>	3%
	1	<i>Baccharis conferta</i>	1%
	12	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	50%
	3	<i>Poa annua</i>	2%
	3	<i>Demosdium molliculum</i>	1%
	3	<i>Pinus patula</i>	10%
	4	<i>Pinus greggii</i>	5%
	1	<i>Pinus montezumae</i>	1%
	2	<i>Prunus serotina</i>	3%
	2	<i>Quercus crassifolia</i>	10%
	1	<i>Quercus deserticola</i>	3%
2	3	<i>Quercus obtusata</i>	5%
	1	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	8%
	1	<i>Ageratina glabrata</i>	20%
	1	<i>Solanum nigrescens</i>	2%
	8	<i>Demosdium molliculum</i>	5%
	7	<i>Poa annua</i>	5%
	1	<i>Pinus teocote</i>	5%
	1	<i>Pinus patula</i>	2%
	4	<i>Quercus obtusata</i>	20%
	3	<i>Quercus crassifolia</i>	15%
3	4	<i>Prunus serotina</i>	1%
	1	<i>Quercus rugosa</i>	3%
	5	<i>Quercus crassipes</i>	5%
	1	<i>Bouvardia thymifolia</i>	1%
	1	<i>Muhlenbergia macroura</i>	5%

		<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	5%
	3	<i>Pinus patula</i>	40%
	7	<i>Quercus crassifolia</i>	5%
	2	<i>Quercus obtusata</i>	10%
	7	<i>Quercus crassipes</i>	2%
	1	<i>Quercus peduncularis</i>	1%
	1	<i>Prunus serotina</i>	1%
4	2	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	10%
	3	<i>Rhamnus microphylla</i>	9%
	3	<i>Demosdium molliculum</i>	2%
	12	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	50%
	3	<i>Poa annua</i>	3%

### 8.1.3 Datos registrados en campo de los sitios del área 2022 del rancho “Sangre de cristo”.

Área 2022				
Sitio	Estrato	Nº ind.	de Especie	Cobertura
1	Arbóreo	8	<i>Pinus patula</i>	40%
		1	<i>Pinus teocote</i>	5%
		1	<i>Pinus ayacahuite</i>	5%
		4	<i>Baccharis conferta</i>	8%
		5	<i>Quercus greggii</i>	5%
	Arbustivo	28	<i>Quercus microphylla</i>	50%
		1	<i>Fraxinus uhdei</i>	1%
		6	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	4%
		1	<i>Prunus serotina ren</i>	1%
		1	<i>Arbutus glandulosa</i>	1%

		2	<i>Geranium potentillifolium</i>	1%
		25	<i>Lepechinia mexicana</i>	20%
	Herbáceo	5	<i>Achillea millefolium</i>	5%
		9	<i>Poa annua</i>	3%
		4	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	5%
		7	<i>Pinus patula</i>	40%
		3	<i>Quercus laeta</i>	10%
	Arbóreo	11	<i>Prunus serotina</i>	15%
		1	<i>Ligustrum lucidum</i>	5%
		1	<i>Juniperus deppeana</i>	3%
		1	<i>Baccharis conferta</i>	3%
2	Arbustivo	6	<i>Bouvardia thymifolia</i>	2%
		2	<i>Buddleja parviflora</i>	10%
		2	<i>Hyptis sp.</i>	2%
		1	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	2%
	Herbáceo	2	<i>Lepechinia mexicana</i>	2%
		5	<i>Lysimachia arvensis</i>	1%
		5	<i>Pinus patula</i>	20%
	Arbóreo	1	<i>Pinus montezumae</i>	5%
		1	<i>Quercus crassifolia</i>	8%
		3	<i>Prunus serotina</i>	2%
		5	<i>Baccharis conferta</i>	15%
3	Arbustivo	1	<i>Comarostaphylis arguta</i>	3%
		1	<i>Quercus microphylla</i>	2%
		1	<i>Quercus greggii</i>	3%
		9	<i>Lepechinia mexicana</i>	5%
	Herbáceo	3	<i>Poa annua</i>	3%
		3	<i>Erodium cicutarium</i>	2%
		4	<i>Pinus patula</i>	8%
4	Arbóreo	13	<i>Prunus serotina</i>	45%
		1	<i>Quercus greggii</i>	3%

		1	<i>Quercus microphylla</i>	10%
	Arbustivo	22	<i>Syphoricarpos</i> <i>microphyllus</i>	50%
	Herbáceo	20	<i>Poa annua</i>	50%
		3	<i>Pinus patula</i>	8%
	Arbóreo	2	<i>Pinus montezumae</i>	5%
		6	<i>Prunus serotina</i>	10%
		5	<i>Quercus microphylla</i>	4%
		1	<i>Arbutus xalapensis</i>	3%
5	Arbustivo	1	<i>Phytolocca icosandra</i>	2%
		9	<i>Syphoricarpos</i> <i>microphyllus</i>	10%
		23	<i>Hedeoma palmeri</i>	8%
	Herbáceo	20	<i>Poa annua</i>	40%
		4	<i>Lepechinia mexicana</i>	1%

---

8.2. Listado florístico de especies registradas. Los nombres científicos se encuentran en orden alfabético, se incluye el nombre común según la plataforma de enciclovida, familia y se registra el estrato al que pertenece la especie.

Nº	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estrato
1	Betulaceae	<i>Alnus jorullensis</i>	Aile	Arbóreo
2	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>benthamii</i>	Teotlate	Arbóreo
3	Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> var. <i>lindleyi</i>	Ciprés mexicano	Arbóreo
4	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i>	Fresno mexicano	Arbóreo
5	Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i>	Sabino	Arbóreo
6	Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i>	Trueno	Arbóreo
7	Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i>	Capulín	Arbóreo
8	Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino ayacahuite	Arbóreo
9	Pinaceae	<i>Pinus greggii</i>	Pino prieto	Arbóreo
10	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i>	Pino chimonque	Arbóreo
11	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	Pino chamaite	Arbóreo
12	Pinaceae	<i>Pinus patula</i>	Ocote colorado	Arbóreo
13	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino lacio	Arbóreo
14	Pinaceae	<i>Pinus teocote</i>	Pino azteca	Arbóreo
15	Fagaceae	<i>Quercus candicans</i>	Encino ancho	Arbóreo
16	Fagaceae	<i>Quercus crassifolia</i>	Encino colorado	Arbóreo
17	Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i>	Encino temolillo	Arbóreo
18	Fagaceae	<i>Quercus deserticola</i>	Encino blanco	Arbóreo
19	Fagaceae	<i>Quercus greggii</i>	Encino blanco	Arbóreo
20	Fagaceae	<i>Quercus laeta</i>	Roble blanco	Arbóreo
21	Fagaceae	<i>Quercus microphylla</i>	Encino enano	Arbóreo
22	Fagaceae	<i>Quercus obtusata</i>	Encino blanco	Arbóreo
23	Fagaceae	<i>Quercus confertifolia</i>	Encino blanco	Arbóreo
24	Fagaceae	<i>Quercus rugosa</i>	Encino quiebra hacha	Arbóreo
25	Fagaceae	<i>Quercus peduncularis</i>	Encino avellano	Arbóreo
26	Asteraceae	<i>Acourtia cordata</i>	Coapatli	Arbustivo
27	Asteraceae	<i>Ageratina glabrata</i>	Chamisa	Arbustivo
28	Ericaceae	<i>Arbutus glandulosa</i>	Madroño	Arbustivo
29	Ericaceae	<i>Arbustus xalapensis</i>	Madroño	Arbustivo
30	Asteraceae	<i>Baccharis conferta</i>	Azoyate	Arbustivo
31	Rubiaceae	<i>Bouvardia terniflora</i>	Trompetilla	Arbustivo
32	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>	Tepozán	Arbustivo
33	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>	Tepozán	Arbustivo
34	Rhamnaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i>	Chaquira	Arbustivo
35	Ericaceae	<i>Comarostaphylis arguta</i>	Comarostaphylis arguta	Arbustivo
36	Rubiaceae	<i>Crataegus pubescens</i>	Tejocote	Arbustivo

37	Onagraceae	<i>Fuchsia thymifolia</i>	campanita	Arbustivo
38	Lamiaceae	<i>Hedeoma palmeri</i>	Poleo	Arbustivo
39	Scrophulariaceae	<i>Helianthemum glomeratum</i>	Cenicillo amarillo	Arbustivo
40	Lamiaceae	<i>Hyptis sp.</i>	Hyptis sp.	Arbustivo
41	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i>	Jaboncillo	Arbustivo
42	Rhamnaceae	<i>Rhamnus microphylla</i>	Granjeno	Arbustivo
43	Rosaceae	<i>Rubus pringlei</i>	Frambuesa	Arbustivo
44	Asteraceae	<i>Senecio salignus</i>	Jarilla	Arbustivo
45	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>	Tomatillo del diablo	Arbustivo
46	Caprifoliaceae	<i>Symporicarpos microphyllus</i>	Perlita	Arbustivo
47	Asteraceae	<i>Achillea millefolium</i>	Milenrama eurasíatica	Herbáceo
48	Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i>	Cardo santo	Herbáceo
49	Caryophyllaceae	<i>Arenaria lycopoides</i>	Arenaria lycopoides	Herbáceo
50	Fabaceae	<i>Demosdium molliculum</i>	Amor seco	Herbáceo
51	Plantaginaceae	<i>Digitalis purpurea</i>	Dedalera	Herbáceo
52	Dryopteridaceae	<i>Dryopteris patula</i>	Helecho	Herbáceo
53	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Aguja del pastor	Herbáceo
54	Asteraceae	<i>Eupatorium petiolare</i>	Amargocilla	Herbáceo
55	Rubiaceae	<i>Galium aschenbornii</i>	Guajaleche	Herbáceo
56	Geraniaceae	<i>Geranium potentillifolium</i>	Moradillo chico	Herbáceo
57	Lamiaceae	<i>Lepechinia mexicana</i>	Lepechinia mexicana	Herbáceo
58	Primulaceae	<i>Lysimachia arvensis</i>	Jabonera europea	Herbáceo
59	Poaceae	<i>Muhlenbergia capillaris</i>	Hairawn Muhly	Herbáceo
60	Poaceae	<i>Muhlenbergia macroura</i>	Zacatón	Herbáceo
61	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca octandra</i>	Mazorquilla	Herbáceo
62	Asteraceae	<i>Piqueria trinervia</i>	Altarreina	Herbáceo
63	Poaceae	<i>Poa annua</i>	Zacate azul	Herbáceo
64	Poaceae	<i>Pseudoeriocoma constricta</i>	Pseudoeriocoma constricta	Herbáceo
65	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	Manzanilla	Herbáceo
66	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	Herbáceo
67	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Herbáceo

8.3. Catalogo ilustrativo de especies identificadas en el barrido florístico y utilizado para el levantamiento de sitios en campo.

 <i>Alnus jorullensis</i>	 <i>Achillea millefolium</i>
 <i>Ageratina glabrata</i>	 <i>Arbutus glandulosa</i>
 <i>Arbutus xalapensis</i>	 <i>Arenaria lycopoides</i>



*Argemone ochroleuca*



*Baccharis conferta*



*Bouvardia terniflora*



*Buddleja cordata*



*Buddleja parviflora*



*Ceanothus caeruleus*



*Comarostaphylis arguta*



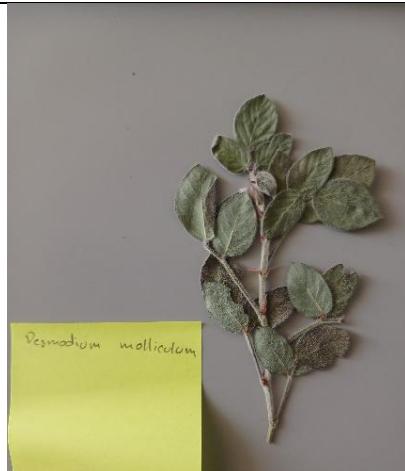
*Crataegus pubescens*



*Cupressus lusitanica* var. *benthamii*



*Cupressus lusitanica* var. *lindleyi*



*Desmodium molliculum*



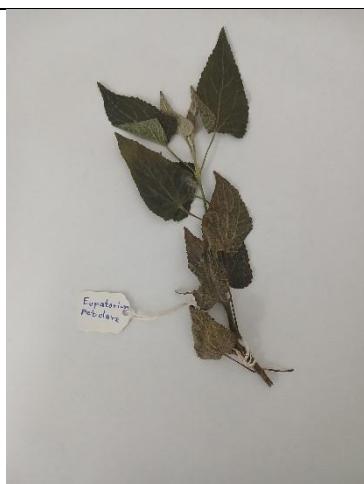
*Digitalis purpurea*



*Dryopteris patula*



*Erodium cicutarium*



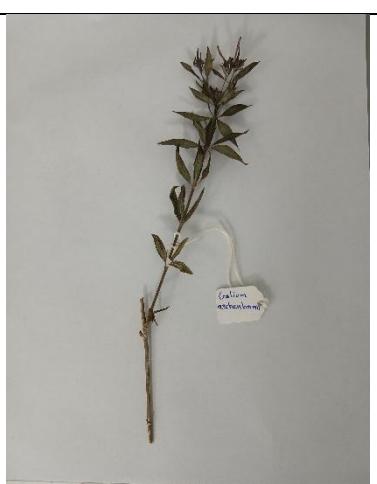
*Eupatorium petiolare*



*Fraxinus uhdei*



*Fuchsia thymifolia*



*Galium aschenbornii*



*Geranium potentillifolium*



*Hedeoma palmeri*



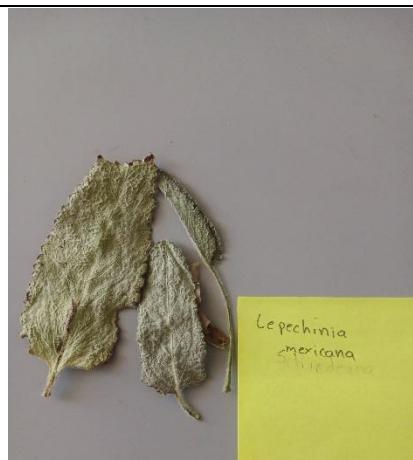
*Helianthemum glomeratum*



*Hyptis* sp.



*Juniperus deppeana*



*Lepechinia mexicana*



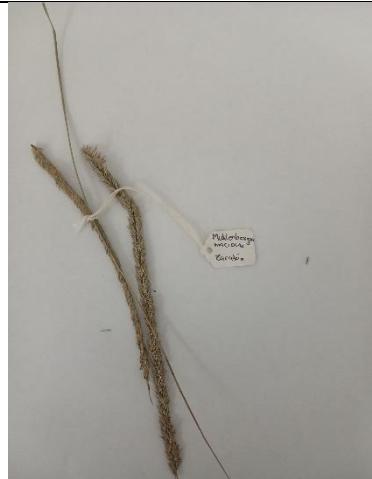
*Ligustrum lucidum*



*Lysimachia arvensis*



*Muhlenbergia capillaris*



*Muhlenbergia macroura*



*Phytolacca icosandra*



*Phytolacca octandra*



*Pinus ayacahuite*



*Pinus greggii*



*Pinus leiophylla*



*Pinus montezumae*



*Pinus patula*



*Pinus pseudostrobus*



*Pinus teocote*



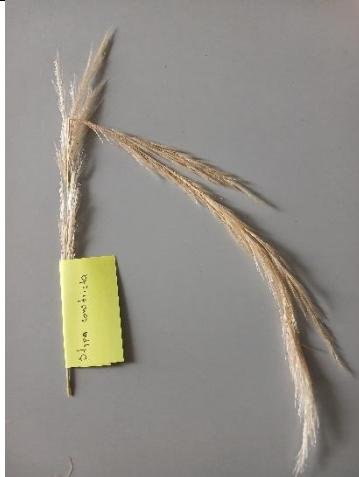
*Piqueria trinervia*



*Poa annua*



*Prunus serotina* subsp. *capuli*



*Pseudoeriocoma constricta*



*Quercus obtusata*



*Quercus candicans*



*Quercus confertifolia*



*Quercus crassifolia*



*Quercus crassipes*



*Quercus deserticola*



*Quercus greggii*



*Quercus laeta*



*Quercus microphylla*



*Quercus peduncularis*



*Quercus rugosa*



*Rhamnus microphylla*



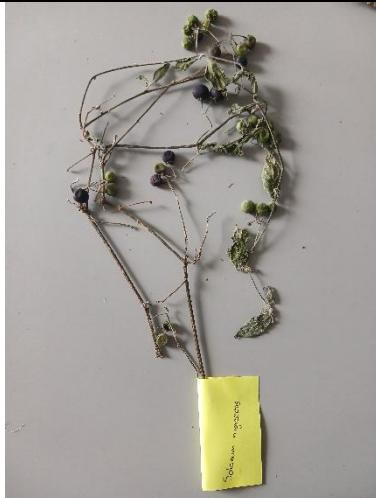
*Rubus pringlei*



*Rumex crispus*



*Senecio salignus*



*Solanum nigrescens*



*Symphoricarpos microphyllus*



*Taraxacum officinale*



*Pseudognaphalium viscosum*

