

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Análisis Bibliométrico y Estructura de la Red de  
Interacciones Hospedero - Muérdago

Por:

**ENOC QUINTANA ORDAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Análisis Bibliométrico y Estructura de la Red de

Interacciones Hospedero - Muérdago

Por:

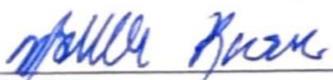
**ENOC QUINTANA ORDAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

Asesor Principal



Dr. Eliezer Cocoltzi Vásquez

Asesor Principal Externo



Dr. José Antonio Hernández Herrera

Coasesor



Dr. José Javier Ochoa Espinoza



Dr. Alberto Sanjovál Rangel

Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2024

## Derechos de Autor y Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



Est. Enoc Quintana Ordaz

Asesor principal



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

El siguiente trabajo de tesis va dedicado primeramente a mis papás, el Ing. Enoc Quintana Ramos y a la Sra. Amalia Ordaz Fuentes, que son los que siempre me han apoyado, se han preocupado y alentado a que siga estudiando, le dedico este trabajo a mi papá que fue una inspiración y unos de los mejores maestros que he tenido, gracias a él pude conocer esta bonita universidad, carrera y profesión. También le dedico este trabajo a mi hermano Francisco Quintana Ordaz que siempre me ha ayudado en los problemas que he tenido y que a pesar de todo siempre hemos estado juntos, y por último, pero menos importante le dedico esta tesis a mi esposa Dulce María Celio Gutiérrez, que siempre me ha apoyado en las buenas y en las malas, se ha preocupado por mí, y que siempre me ha alentado a que me siga preparando profesionalmente.

Agradezco primeramente a mi *Alma Terra Mater*, por brindarme un lugar dentro de esta prestigiosa institución, todos los conocimientos adquiridos, la calidez de la escuela y sus servicios, agradezco profundamente a mis asesores de tesis la Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles que aparte de apoyarme en todo el proceso de esta tesis, ha sido una excelente persona conmigo y a la cual estimo mucho, y al Dr. Eliezer Cocolletzi Vásquez que a pesar de no conocerme me ha brindado todo su apoyo. También agradezco al Dr. Alonso Méndez López, Dra. Silvia Yudith Martínez Amador, Dra. Aida Isabel Leal Robles, al Dr. José Antonio Hernández Herrera, al Dr. José Javier Ochoa Espinoza y al Dr. Antonio Juárez Maldonado por ser personas claves en mi formación como Ingeniero Agrobiólogo y por compartirme toda la información y experiencia que ellos han adquirido en toda su carrera profesional. Por último, quiero agradecer a todas las personas como secretarias, profesores, compañeros, amigos y trabajadores que no pude mencionar pero que gracias a cada uno de ellos pude terminar mi carrera profesional.

## 1. ÍNDICE GENERAL

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b> .....	<b>5</b>
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos particulares .....	5
2.3. Hipótesis .....	5
<b>3. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
3.1. Biodiversidad .....	6
<b>3.1.1.</b> Biodiversidad en México.....	7
3.2. Interacciones ecológicas.....	7
<b>3.2.1.</b> Mutualismo.....	8
<b>3.2.2.</b> Antagonismo .....	9
<b>3.2.3.</b> Depredación.....	9
<b>3.2.4.</b> Parasitismo .....	10
<b>3.2.5.</b> Tipos de parasitismo.....	10
3.3. Hospedero .....	14
<b>3.3.1.</b> Tipos de hospedero .....	14
3.4. Muérdago.....	15
<b>3.4.1.</b> Taxonomía .....	15
<b>3.4.2.</b> Ciclo de vida del muérdago.....	16
3.5. Redes de interacciones.....	17
3.6. Ecología de los muérdagos.....	18
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	<b>21</b>

4.1. Materiales y métodos .....	21
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>7. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>43</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>45</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Documentos de revisión del muérdago.....	47
Tabla 2. Diversidad de hospederos – muérdagos en México.....	51
Tabla 3. Censo de géneros de los hospederos.....	54
Tabla 4. Nombres de muérdagos y hospederos completos y abreviados.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Abeja polinizando una flor. ....	8
<b>Figura 2.</b> Muérdago parasitando un árbol. ....	8
<b>Figura 3.</b> Cuerpos brotando de una polilla muerta por el hongo Cordyceps. ....	11
<b>Figura 4.</b> Base de datos de la estadística descriptiva.....	19
<b>Figura 5.</b> Censo de géneros de muérdagos.....	21
<b>Figura 6.</b> Elaboración de artículos por estado. ....	22
<b>Figura 7.</b> Porcentajes de las finalidades de los artículos.....	22
<b>Figura 8.</b> Clasificación de trabajos encontrados. ....	23
<b>Figura 9.</b> Distribución de las interacciones hospedero-muérdago por estado.....	23
<b>Figura 10.</b> Censos de géneros de muérdagos.....	24
<b>Figura 11.</b> Censo de géneros de hospederos.....	24
<b>Figura 12.</b> Red visweb de interacciones entre hospedero – muérdago.....	25

## **Glosario**

**Abiótico:** Elementos del ecosistema que no tienen vida, pero necesitamos para vivir como lo es el agua, el oxígeno, temperatura, luz solar, etc.

**Antagonismo:** Tipo de relación entre organismos en que uno neutraliza, bloquea o inhibe la actividad del otro organismo.

**Antropogénico:** todo aquello que proviene o resulta de las actividades de los seres humanos o que es producido por ellas.

**Biomasa:** Materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía.

**Biótico:** Organismos vivos que influyen en la forma de un ecosistema.

**Cadenas tróficas:** Proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica, en la que cada una se alimenta de la precedente y es alimento de la siguiente.

**Clorofila:** Sustancia que permite a las plantas absorber luz solar y convertirla en energía utilizable.

**Ecofisiología:** Área de la biología que permite entender cómo funcionan los organismos vivos en su ambiente natural o bajo condiciones controladas en un laboratorio.

**Ecología:** Es una rama de la biología que se encarga de estudiar las interacciones entre organismos y su medio ambiente.

**Ecosistema:** Conjunto de especies de un área determinada en la que hay una diversidad de interacciones entre ellas y su entorno.

**Endoparasitismo:** Organismos pequeños que parasitan de forma interna a su hospedero.

**Ectoparasitismo:** Organismo que vive en el exterior de su hospedero y que se desarrolla a expensas de su hospedero.

**Filogenético:** Conjunto de organismos que comparte un antepasado y que puede distinguirse de otros conjuntos similares.

**Floema:** Tejido conductor encargado del transporte de nutrientes, como azúcares, producidos por la parte aérea fotosintética y autótrofa, hacia las partes basales subterráneas de la planta.

**Haustorio:** Estructuras que penetran en el tejido del hospedero estableciendo conexiones anatómicas y fisiológicas.

**Holístico:** Es algo que abarca todo, de forma global y extenso.

**Homeostasis:** Estado de equilibrio entre todos los sistemas del organismo, necesarios para sobrevivir y funcionar de forma adecuada.

**Interespecífico:** Interacción biológica que tiene lugar entre dos o más individuos de especies diferentes.

**Intraespecífico:** Organización biológica en la que los organismos que intervienen pertenecen a la misma especie.

**Meristemo:** Son los tejidos responsables del crecimiento vegetal.

**Metabolismo:** Son todos los procesos físicos y químicos del cuerpo que convierten o usan energía.

**Parasitismo:** Tipo de relación entre dos seres vivos, en la cual uno de los participantes, el parásito, depende del otro, el huésped, y obtiene algún beneficio.

**Saprófito:** Dependencia que muchos organismos, tienen para su nutrición de los residuos procedentes de otros organismos.

**Simbiosis:** Interacción entre dos o más organismos biológicos, o simbiosis, los cuales pueden o no ayudarse para sobrevivir.

**Taxonomía:** Es la clasificación ordenada y jerárquica de una especie u organismo.

**Xilema:** Tejido vascular que se encarga del transporte y reparto de agua y sales minerales provenientes fundamentalmente de la raíz al resto de la planta.

## PRÓLOGO

Las interacciones ecológicas, son acciones y procesos que van desde lo más simple hasta lo más complejo, abarcando todo organismo y espacio en el planeta Tierra. Estas interacciones son de gran importancia no solo para el ser humano, sino para todo organismo y procesos tangibles y no tangibles que se dan en la naturaleza, es por eso por lo que se le debe de dar la importancia requerida, a estos procesos, funciones e interacciones, para entender lo procesos que se presentan en la naturaleza. Desafortunadamente, comprender las relaciones y sus interacciones que hay entre especies y su entorno, es un proceso que actualmente no se ha dado por completo, y que trae grandes riesgos no solo al medio ambiente sino para el ser humano, la desinformación de estos procesos, trae grandes problemáticas para el planeta, desde el mal manejo del medio ambiente y la generación de lugares perturbados, hasta la cruda realidad de estar perdiendo especies que ni si quiera se llegaron a descubrir, de ahí el interés y la importancia de realizar un trabajo que abarque una pequeña parte del inmenso mundo de las interacciones ecológicas en el planeta.

## RESUMEN

Las relaciones interespecíficas son entre dos individuos o más de diferentes especies, éstas existen en cualquier parte de nuestro entorno, y pasan todos los días, aportando o manteniendo el equilibrio que hay en los diferentes ecosistemas. En general, se pueden dividir en dos grupos: mutualistas, en donde especies se benefician mutuamente y en antagonistas, en donde una especie se beneficia y otra se perjudica. En el caso de la relación que entre hospedero - muérdago, es una relación de tipo antagónico, debido a que el muérdago es una planta parasitaria que afecta al hospedero en este caso el árbol. En el presente trabajo se realizó un análisis bibliométrico y un análisis de redes entre las especies de hospedero-muérdago localizadas en México. Los resultados indican un aumento en el número de publicaciones científicas donde la principal temática de investigación ha sido fisiología vegetal. En la red de interacciones se identificaron 5 módulos, los cuales se denominaron: *Pinus*, importancia económica, generalista, Sierra madre occidental y muérdagos enanos. Estos resultados permiten identificar las principales tendencias, áreas de interés, vacíos en el conocimiento, así como conocer los patrones de interacción de estos dos grupos de plantas.

Palabras clave: antagonismo, biodiversidad, interacciones, muérdago.

## **Abstract**

Interspecific relationships occur between two or more individuals of different species, existing everywhere in our environment and happening daily, contributing or maintaining the balance in various ecosystems. Generally, these relationships can be divided into two groups: mutualistic, where species mutually benefit, and antagonistic, where one species benefits while the other is harmed. In the case of the host-mistletoe relationship, it is an antagonistic relationship because the mistletoe is a parasitic plant that affects the host, in this case, the tree. In the present work, a bibliometric analysis and a network analysis of host-mistletoe species located in México were conducted. The results indicate an increase in the number of scientific publications, with the main research theme being plant physiology. In the interaction network, five modules were identified and named: Pinus, economic importance, generalist, Sierra Madre Occidental, and dwarf mistletoes. These results help identify the main trends, areas of interest, knowledge gaps, and the interaction patterns between these two groups of plants.

**Keywords:** antagonism, biodiversity, interactions, mistletoe.

## 1. INTRODUCCIÓN

La diversidad de un lugar se refiere al número de individuos y especies presentes en un área. Por lo tanto, mayor diversidad produce un mayor número de interacciones, las cuales mantienen el funcionamiento de los ecosistemas y modulan la estabilidad y condiciones de éstos (Jost y González, 2012). Las interacciones ecológicas están relacionadas con la diversidad que existe en un lugar determinado debido a que estas definen la permanencia o extinción de algunas especies (Gutiérrez-Zamora, 2008). Las interacciones ecológicas son los procesos que ocurren en diferentes lugares o hábitats ya sea en niveles micros o macros, estas interacciones generan procesos evolutivos y ecológicos, procesos que determinan la permanencia de diferentes especies (Connell, 1983).

Dentro de las interacciones ecológicas existen varios tipos, entre las que se encuentran la competencia, el amensalismo, el comensalismo, el mutualismo y el antagonismo. La competencia consiste en la interacción entre dos o más organismos, compitiendo por recursos o insumos para completar su ciclo de vida (Van-Der *et al.*, 2015); el amensalismo, implica que una especie tiene un efecto negativo y la otra no tiene ningún efecto (Angelini *et al.*, 2011); el comensalismo, es lo contrario al amensalismo, una especie se ve beneficiada y la otra especie no tiene ningún efecto (Miller *et al.*, 2015); el neutralismo, implica la interacción en la que ninguna de las especies se ven afectadas positiva o negativamente (Govenar, 2010); el mutualismo, representa la interacción en la que las dos especies o más, se ven beneficiadas (Borst *et al.*, 2018); y por último, el antagonismo, donde una especie es beneficiada y la otra es afectada (Van-Der *et al.*, 2016). Dentro del antagonismo encontramos una gran cantidad de interacciones entre especies, entre ellas, al muérdago.

Los muérdagos son plantas parásitas hemiparásitas (vegetal que obtiene nutrientes a partir de otro) que afectan a diferentes especies por medio de la obtención de agua, sales y minerales, distribuyéndose en gran parte del mundo, debido a su facilidad de adaptación. Los muérdagos son plantas dicotiledóneas con un tronco corto y muchas ramas generalmente ahorquilladas (Valencia, 2009).

Dentro del antagonismo, se encuentra el parasitismo, que consiste en la interacción entre dos o más especies, donde el hospedero es afectado de forma negativa por el parásito y éste es beneficiado debido a que toma del hospedero los recursos necesarios para subsistir. Las plantas parásitas se pueden diferenciar entre hemiparásitas y holoparásitas, que se distinguen principalmente por su dependencia de la planta hospedera y su capacidad fotosintética. Las plantas hemiparásitas, poseen clorofila y pueden realizar la fotosíntesis, obteniendo así parte de sus nutrientes del sol, aunque también extraen agua y minerales de su hospedero a través de sus raíces modificadas llamadas haustorios. En contraste, las plantas holoparásitas, carecen completamente de clorofila y dependen enteramente de su huésped para todos los nutrientes, incluida la energía, ya que no pueden realizar la fotosíntesis. Esta dependencia total los convierte en parásitos obligados, mientras que las hemiparásitas son parcialmente autosuficientes (Griebel *et al.*, 2017).

Para entender mejor esta relación entre hospedero y parásitos, se han realizado diferentes tipos de estudios. Uno de los métodos más utilizados en el campo de las interacciones es el análisis de redes de interacciones. Este método permite mapear y cuantificar las relaciones entre múltiples especies dentro de un ecosistema, proporcionando una visión detallada de la complejidad y la interdependencia de las interacciones ecológicas. A través de estos análisis, se pueden identificar especies clave y entender cómo las interacciones parasíticas influyen en la resiliencia y la estabilidad del ecosistema (Dormann y Strauss, 2014).

En este contexto, una red de interacción es una representación gráfica de la interacción entre dos especies (uno a uno) o de más de una especie (interacciones multitróficas) (Girón, 2017). La representación gráfica de una matriz de redes de interacciones nos ayuda a observar estas redes de manera completa y proporciona herramientas para identificar diferentes patrones (Bascompte y Jordano, 2007). Las redes bipartitas son una de estas representaciones, mostrando las conexiones entre nodos de diferentes grupos (e.g., planta hospedera – muérdago) (Bascompte y Jordano, 2007). Dentro de las redes de interacciones, encontramos dos atributos, que son la modularidad y el anidamiento, en el anidamiento se refiere al grado de sobrepoblamiento en las relaciones de especies de alto y bajo grado (interacciones multitróficas), mientras que en la modularidad se refiere a la tendencia que tienen las especies a interactuar más entre sí, uno a uno y por lo general esto se da en interacciones antagónicas, por el grado de especialización (Mora-Ardila *et al.*, 2021).

A pesar de que el estudio de las interacciones planta-parásito empleando el método de redes complejas ha sido un área de creciente interés en la ecología, algunos estudios se han enfocado principalmente en comprender en los procesos fisiológicos y moleculares con respecto a la infección de los hospederos con plantas parásitas (e.g., género *Cuscuta*, Kaiser *et al.*, 2015; familia Orobanchaceae, Saucet y Shirasu, 2016). Sin embargo, estudios con perspectiva ecológica se han enfocado en interacciones planta-animal (e.g., Zamora, *et al.*, 2020; Vitali *et al.*, 2022) y pocos lo han abordado a nivel comunitario desde la perspectiva de la interacción planta-planta (e.g., muérdago-hospedero, Mellado y Zamora, 2017; Blick *et al.*, 2012; Zhao *et al.*, 2023).

## **Justificación**

Las interacciones ecológicas, desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas. El estudio de estas interacciones no solo nos proporciona conocimientos valiosos sobre la dinámica de los sistemas biológicos, sino que también nos brinda herramientas para la conservación y la mitigación de diversos problemas ambientales. El impacto de la interacción hospedero-muérdago puede afectar directamente a comunidades humanas y a la biodiversidad. Los muérdagos, como parásitos que dependen de sus hospederos para sobrevivir, pueden influir significativamente en la salud y la productividad de los ecosistemas al debilitar a las plantas hospederas y afectar su crecimiento y reproducción (Girón-Dolader *et al.*, 2015). Esta relación tiene consecuencias económicas importantes, especialmente en sectores como la silvicultura y la agricultura, donde la presencia de muérdagos puede resultar en pérdidas significativas de rendimiento y calidad de los cultivos (Paz-Ponce y Sánchez-Peña, 2022). A pesar de su impacto, el estudio detallado de estas interacciones ha sido relativamente limitado, especialmente en el contexto del análisis de redes complejas. La aplicación de este enfoque metodológico ofrece una oportunidad para conocer los patrones de estas interacciones, como la estructura y la dinámica de los muérdagos y sus hospederos. En el caso específico de México, un país megadiverso, el estudio de las interacciones entre hospederos y muérdagos adquiere una relevancia aún mayor. México alberga una diversidad única de especies vegetales que actúan como hospederos potenciales para una variedad de muérdagos. Comprender la diversidad y la ecología de estas especies, así como su interacción con los muérdagos, es fundamental para la conservación de los ecosistemas mexicanos y para el desarrollo de estrategias efectivas de manejo de plagas en sectores clave como la agricultura y la silvicultura.

## **2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar la interacción hospedero - muérdago en México, con un enfoque bibliométrico y de red de interacciones complejas.

### **2.2. Objetivos particulares**

1. Analizar de forma exhaustiva la información de la literatura sobre la interacción hospedero - muérdago.
2. Analizar la estructura de la red de la interacción hospedero - muérdago.

### **2.3. Hipótesis**

Hipótesis 1: Se encontrará más del 50% de los trabajos analizados enfocados en el manejo y control de muérdagos debido al interés que hay en las afectaciones a los cultivos de importancia económica.

Hipótesis 2: La estructura de la red de interacciones será de tipo modular debido a la especialización del parasitismo.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Biodiversidad

La biodiversidad es un concepto que conjunta toda organización biológica, que abarca la parte genética, los ecosistemas, su composición estructural, las funcionalidades, escalas de espacio y tiempo (Núñez *et al.*, 2003). La biodiversidad representa el número de especies, organismo o seres vivos que habitan en el planeta y esta se representa en varios niveles (genético, de especies, de interacciones, poblaciones, de comunidades y de ecosistemas). La biodiversidad toma en cuenta distintas dimensiones que van desde el nivel local, regional, nacional y global.

La conservación de la biodiversidad desempeña un papel crucial para las naciones, ya que proporciona una amplia gama de beneficios potenciales. Por ejemplo, la biodiversidad es una fuente invaluable de sustancias y compuestos químicos utilizados en la industria farmacéutica y en diversos campos de la medicina. Además, actúa como un recurso complementario clave en la promoción de la biotecnología verde y en la agricultura sostenible. Más allá de estos aspectos, la biodiversidad ofrece una serie de servicios ecosistémicos vitales, como la regulación del ciclo del agua, la mitigación de los efectos del cambio climático y el almacenamiento de carbono. Estos beneficios, entre otros, destacan la importancia crítica de conservar y proteger la diversidad biológica del planeta (Rangel, 2005).

## Biodiversidad en México

México, es el quinto país con mayor biodiversidad a nivel mundial debido a la gran riqueza biológica que tiene (Martínez-Meyer *et al.*, 2014; CONANP, 2018). Por ejemplo, se estima que entre el 8.5 y el 12% de las especies de todo el mundo pertenecen a México, esto debido a la diversidad de ecosistemas terrestres, marinos e insulares que posee (Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

### **3.2. Interacciones ecológicas**

El ecosistema se puede describir en términos de su dinámica, ya que en este ocurren los diferentes tipos de interacciones entre los diversos componentes del ecosistema, como los son los componentes bióticos (e.g., animales, plantas, hongos, bacterias y protista) y abióticos (e.g., agua, el suelo, el aire, la luz solar, la temperatura y los minerales; Squeo *et al.*, 2006). En este sentido, las interacciones ecológicas juegan un papel muy importante dentro de los ecosistemas ya que mantienen el equilibrio y el funcionamiento de estos como en el control biológico, los ciclos biogeoquímicos, asimismo, mantienen los servicios ecosistémicos y son parte de los procesos evolutivos (Martínez-Adriano *et al.*, 2019). Por lo tanto, las modificaciones abióticas o ambientales, que ocurren dentro de un ecosistema o entorno, tendrán un efecto sobre las interacciones y, en consecuencia, modificarán su dinámica y funcionalidad. Por ejemplo, el mantener la cobertura vegetal, es de suma importancia debido a que muchas de las especies que interactúan con otras, se ven favorecidas, debido a que evita la degradación del suelo, brinda refugio a diferentes organismos, aumentando la abundancia de especies, ya sea en flora o fauna, y conforme aumente la riqueza de un sitio, habrá un aumento en las interacciones (Squeo *et al.*, 2006).

Entre los diferentes tipos de diversidad, ya sea genético, de especies, de ecosistemas o de interacciones que se presentan en los diferentes tipos de

ecosistemas, hay dos formas de catalogar las interacciones: 1) entre componentes bióticos y abióticos, y 2) por su tipo de interacción ecológica (mutualismo y antagonismo) (Squeo *et al.*, 2006) que a continuación se describen:

### Mutualismo

El mutualismo es toda interacción que se presenta cuando dos organismos de esta o diferente especie interactúan y se benefician con esta interacción (+, +), por ejemplo, la relación que hay entre polinizadores y las plantas que polinizan, pudiéndose catalogar en simbiosis o protocooperación (Figura 1) (Borst *et al.*, 2018).



**Figura 1.** Abeja polinizando una flor (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020. De flor en flor alimenta una nación. JPG).

## Antagonismo

El antagonismo es una interacción en donde una especie se beneficia y la otra es afectada (+, -), teniendo implicaciones económicas, sociales, en la salud y ecológicas, un ejemplo de ellos es la relación que hay entre los muérdagos y sus árboles hospederos (Figura 2) (Van-Der *et al.*, 2016).



**Figura 2.** Muérdago parasitando un árbol (Bayón, 2022. Curiosidades sobre el muérdago. JPG).

## Depredación

La depredación es un tipo de interacción biológica, que consiste en el ataque de una especie más fuerte a otra menos fuerte (+, -), este tipo de antagonismo se puede considerar como control biológico, si es que se utiliza para fines del ser humano (Beutelspacher y Brailovsky, 2019). Dentro de un ecosistema es de suma importancia debido, a que esta interacción, regula a las poblaciones de los diferentes animales que habitan esos ecosistemas (Martínez *et al.*, 1993).

## Parasitismo

El parasitismo es uno de los tres tipos de antagonismo que existen entre las interacciones, junto con la depredación y la herbívora. El parasitismo es una relación heterotípica negativa entre dos o más especies, esta interacción es fundamental para ciertas especies, ya que, si no parasitan, no podrían sobrevivir o completar su ciclo de vida sin un hospedero (Borunda, 2019). Un parásito es aquel organismo que crece y se alimenta de su hospedero, obteniendo nutrientes y protección por parte de su hospedero, para completar su ciclo de vida, todo esto sin que el parásito llegue a matar a su hospedero (Sánchez-Contreras *et al.*, 2017).

Cuando hablamos de parásitos, nos referimos a aquel organismo que crece, se alimenta y desarrolla a partir de otro organismo, llamado hospedero, el parásito aparte de obtener nutrientes, también obtiene protección y una mejor propagación de este, por consecuencia el único que tiene desventajas o se ve afectado es el hospedero, es por eso que el parasitismo se considera antagonismo, y en casos extremos donde el parásito llega a eliminar al hospedero de forma directa o indirecta funcionando como vector de una enfermedad, a esto se le llama depredación (Sánchez-Contreras *et al.*, 2017). El parásito puede modificar el entorno del hospedero para su beneficio o afectar directamente a su hospedero (Fraume, 2014).

### Tipos de parasitismo

Clasificación de los parásitos de acuerdo con el lugar donde parasitan:

**Ectoparásito:** Los ectoparásitos crecen en el exterior de su hospedero, alimentándose de este por varios mecanismos, en el caso de los muérdagos se alimentan por medio de sus haustorios. En los ectoparásitos hay una relación inicial

simbiótica, después de la simbiosis, este pasa a ser parásito o depredador, ya que este se va alimentando poco de los nutrientes de su hospedero, se va alimentando lentamente de manera indirecta de su hospedero, hasta que este llega a morir. Dentro de los ectoparásitos existen varios tipos, como lo son el accidental, facultativo, permanente y ocasional (Rodríguez-Diego *et al.*, 2009).

Endoparásito: Los endoparásitos son organismo que viven y se alimentan dentro de su hospedero, dividiéndose en endozoos (animales) o endófitos (plantas), por lo general son de origen accidental, esto es debido a que, por los diferentes factores bióticos y abióticos, las condiciones que hay en su entorno y por las dinámicas de población que hay dentro de su ecosistema, estos organismos, tienden a volverse parásitos endoparásitos. Las diferentes interacciones entre parásitos y hospederos han provocado que estos parásitos se conviertan en endoparásitos, por medio de la ingesta u otra forma de interacción accidental entre el hospedero y el parásito. Estos viven dentro del hospedero y se va alimentando de él, un ejemplo es el de la *Tenia* y el humano (Rodríguez-Diego *et al.*, 2009).

Los parásitos se pueden categorizar de acuerdo con su grupo biológico:

Virus: Los virus son complejos que se caracterizan por tener su material genético envuelto de una capsula de material proteico. A los virus se les considera parásitos intracelulares obligados, debido a que dependen de su hospedero, en este caso de una célula, si estuvieran en vida libre, estos no podrían sobrevivir. Dentro de los virus encontramos diferentes tipos, el más importante y común es el bacteriófago que se reproducen en las bacterias e. g. VIH, Hepatitis B, virus rugoso del tomate, entre otros (Nonzioli, 2009).

Bacterias: Las bacterias funcionan como parásitos vectores de enfermedades que, al entrar al hospedero, este se desarrolla y causa varias enfermedades, terminando con el ciclo de vida del hospedero e. g. *E. coli*, *Campylobacter*, *Pseudomona*, entre otros (Lora-Suarez *et al.*, 2022).

Hongos: Los hongos parásitos son los que se desarrollan sobre tejidos vivos, dentro de los hongos parásitos encontramos dos tipos, los facultativos, que son los que crecen sobre materia muerta o en descomposición y no necesitan que su hospedero les aporte nutrientes u otros insumos, desde el punto de vista nutritivo se les puede considerar saprofitos pero ecológicamente se consideran parásitos por su comportamiento, y el otro tipo de hongo parásito es el obligado que sí se desarrollan en los organismos y dependen de su hospedero para poder desarrollarse (Cuesta, 2003). Por lo general, estos tipos de hongos son ectoparásitos, este hongo entra al cuerpo del hospedero y conforme se va desarrollando, genera un cuerpo fructífero llamado talo que emerge del cuerpo del hospedero, esto por lo general pasa en insectos e. g. *Bauveria*, *Cordyceps* (Figura 3), *Tolyptocladium*, entre otros (Santamaría, 2001).



**Figura 3.** Cuerpos brotando de una polilla muerta por el hongo *Cordyceps* (Gibbens, 2023. Hongo parásito ¿Podría evolucionar hasta convertir a los humanos en zombis? JPG).

Plantas: Las plantas parásitas se caracterizan por tener haustorios, estas estructuras se unen con las estructuras de otras plantas permitiendo una unión física y fisiológica, entre el parásito y el hospedero. Las plantas parásitas se clasifican en holoparásitas y hemiparásitas, la diferencia entre estas dos es que las plantas holoparásitas dependen completamente del hospedero, estas plantas carecen de clorofila y sus haustorios se anclan al sistema vascular de su hospedero permitiendo tomar directamente los nutrientes, agua y minerales que requiere el parásito. En el caso de los hemiparásitos, si cuentan con clorofila y pueden sintetizar por sí mismos los nutrientes necesarios, es por eso que sus haustorios solo se fijan en el xilema, tomando agua y minerales. Dentro de los hemiparásitos encontramos a los facultativos y obligados (Galván-Gonzales *et al.*, 2022).

Parásito obligado: Este tipo de parásito depende metabólicamente y genéticamente de su hospedero, por lo que han coevolucionado. El parásito establece una relación con su hospedero por medio del contacto e intercambio macromolecular, dándole ventajas nutritivas al parásito y al hospedero le ocasiona posibles acciones patógenas o modificaciones en su equilibrio homeostático y de la respuesta del sistema inmune del hospedero, favoreciendo la entrada de enfermedades e. g. la *Puccinia graminis*, nematodos, entre otros (Rodríguez-Diego *et al.*, 2009).

Parásito facultativo: Los parásitos facultativos son los que viven en vida libre, aunque en ocasiones estos llegan a parasitar a algún organismo, adoptando una vida parasitaria, pero por lo general esto es un lapso muy corto, para los parásitos facultativos la conservación de la especie no depende de su vida parasitaria, mientras que para los obligados sí (e.g., *Strongyloides stercoralis*, amebas de vida libre, entre otros; Fernández y Del-Campillo, 2002).

### 3.3. Hospedero

Un hospedero es aquel organismo que aloja o es parasitado por otro organismo ya sea de forma interna o externa. El hospedero se puede ver afectado de forma drástica hasta llegar a su muerte o por el contrario no se ve afectado por su parasito, esto dependerá del parasito y del tipo de relación que establezcan entre estos 2 organismos o más, dentro de los hospederos encontramos a los hospederos definitivos y a los intermediarios (Bautista-Hernández, 2015).

#### Tipos de hospedero

##### Hospederos definitivos

Son aquellos organismos que se desarrollan y maduran las formas adultas de un parásito, ya sea de forma directa o indirecta en el ciclo de vida del parásito (Berenguer, 2007).

Ejemplo:

Hospedero *Homo sapiens* (ser humano) – parasito (protozoo *Leishmania*)

Hospedero *Canis familiaris* (perro) – parasito (tenias del género *Echinococcus*)

##### Hospederos intermediarios

Los hospederos intermediarios albergan a parásitos en su forma inmadura o asexuadas (Berenguer, 2007).

Ejemplo:

Hospedero *Ovis aries* (borrego) – parasito (tenias del género *Echinococcus*)

Hospedero *Atlanta helicinoidea* (caracol de mar) – parásito (*Clinostomum* spp.)

Hospedero *Chirostoma estor* (pescado blanco) – parásito (*Clinostomum* spp.)

### 3.4. Muérdago

Los muérdagos son plantas hemiparásitas pertenecientes al grupo de las heterófitas (grupo que puede causar serios daños a sus hospederos), estos muérdagos realizan fotosíntesis, por lo que parte de sus necesidades energéticas son cubiertas por sí mismos, mientras que el resto es tomado de sus hospederos. Los muérdagos crecen en las ramas de los árboles y tronco principal (Ramírez-Davila y Porcayo-Camargo, 2009). Los muérdagos son plantas que se conectan a su hospedero por medio de estructuras llamadas haustorios, que permiten la unión al xilema del hospedero y de ahí obtiene agua y minerales, pero realizan fotosíntesis (Vera *et al.*, 2014).

#### Taxonomía

El grupo de los muérdagos muestran una gran diversidad, actualmente existen en el mundo entre 1,000 y 1,500 especies de muérdagos representadas en tres familias Santalaceae, Loranthaceae y Viscaceae (Valencia, 2009). Dentro del territorio mexicano, se tiene un registro de 10 de géneros y 150 especies registradas según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el 2018 afectando principalmente a las coníferas debido al hábitat en donde viven, dentro de los géneros que predominan en México están el *Arceuthobium* conocido como muérdago enano y los muérdagos verdaderos que son los géneros *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*, estos afectan principalmente a los bosques templados, que bosque nos proporcionan bienes y servicios ecosistémicos (Sosa-Díaz *et al.*, 2018).

Reino.....	Plantae
División.....	Magnoliophyta
Clase.....	Magnoliopsida
Orden.....	Santalales

### Ciclo de vida del muérdago

Los muérdagos, como la mayoría de las plantas tienen como objetivo reproducirse y dejar descendencia, el ciclo de vida de los muérdagos comienza cuando la planta madre genera frutos y por medio del viento y/o aves dispersan las semillas a diferentes lugares. Una vez que la semilla está alojada en alguna parte de su hospedero, este se empezará a adherirse al árbol por medio de la viscina, que es un pegamento natural producido por el fruto que recubre a la semilla del parásito (Ornelas, 2019; Geils *et al.*, 2002). Inmediatamente después de haberse adherido al hospedero, la semilla empieza a germinar, penetrando la corteza, estableciendo contacto con el haustorio por el cual se realizará el intercambio de agua, minerales solutos disueltos y en algunas especies azúcares. Para que el parásito se termine de establecer en su hospedero pueden pasar de cuatro a seis semanas, dependiendo si el parásito queda alojado en una rama adecuada (Ornelas, 2019). El muérdago puede madurar en uno o dos años aproximadamente, hasta producir una parte aérea reproductiva, de ahí crecen las flores que después producen polen, esto, es esparcido por diferentes polinizadores, una vez que se haya fecundado el óvulo, el desarrollo del fruto comienza y unos meses estos llegarán a la madurez, estando listos para ser consumidos por diferentes animales, esparciendo las semillas y como consecuencia inicia otro ciclo de vida (Vilchis y Martínez, 1994).

### **3.5. Redes de interacciones**

Las redes de interacciones son representaciones gráficas de matrices que nos ayudan a entender de una forma más clara, sencilla, cómoda y precisa los diferentes tipos de interacciones que ocurren dentro de un hábitat, lugar o ecosistema (Jordano *et al.*, 2007). Para ello, se han desarrollado estrategias para facilitar el entendimiento de estas interacciones, lo que ha llevado al uso de redes de interacciones (Montoya *et al.*, 2001).

El análisis de redes consiste en utilizar varios métodos que provienen generalmente de la teoría de grafos permitiendo visualizar nuestras redes de interacción, describir la estructura y resultados de nuestra red y desarrollar modelos matemáticos, estadísticos y dinámicos (Méndez-Velázquez, 1998). Los grafos son las representaciones que hay entre diferentes objetos, estos grafos se pueden representar de diferentes maneras, ya sea en forma de diagrama (conjunto puntos o vértices), graficas, nulos (no tiene vértices ni aristas), vacíos (no tiene aristas), trivial (tiene un vértice y ninguna arista) o simple (no posee bucles ni aristas paralelas) (Núñez, 2013).

Dentro de las redes de interacciones emergen dos patrones, la modularidad y el anidamiento, el anidamiento es un suceso que generalmente se presenta en las redes ecológicas teniendo consecuencias en su funcionamiento como lo son la asimetría en las especies que se ven relacionadas y la generación de estabilidad a la red implicando mayor resiliencia a la extinción de especies de otros grados más altos. Por otro lado, la modularidad consiste en una interacción más precisa entre especies que con su entorno, formando una red dividida en módulos, generalmente esto se presenta en interacciones de tipo antagónico, aunque hay veces que también se presentan en otros tipos de interacciones (Montoya *et al.*, 2001).

Las interacciones que hay entre plantas – hongos micorrízicos – bacterias son un claro ejemplo del uso de las redes de interacciones para tener un mejor entendimiento de que es lo que pasa con esa asociación que hay entre estos organismos. Gran parte de este trabajo se basó en la rizósfera que es la zona del suelo en donde hay más influencia de las raíces de las plantas, dentro de esta zona encontraremos una diversidad de organismos patógenos y benéficos, es ahí en donde entran los hongos y bacterias que forman una asociación con las raíces de las plantas y estas viven en armonía teniendo un beneficio mutuo entre estos organismos. Con la ayuda de las redes de interacciones se ha concluido que las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas (PGPR) y los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA) juegan un papel importante en la agricultura sostenible permitiendo una reducción en el uso de agroquímicos (Ochoa *et al.*, 2010).

Otro ejemplo del uso de las redes de interacciones se puede encontrar en la interacción mutualista que hay entre muérdago – marsupial, estos estudios nos permiten obtener resultados significativos para la mitigación contra la pérdida de la biodiversidad como lo son la estimación del tamaño poblacional, densidad, asignación de rangos, entre otros. Aparte de obtener resultados meramente de la metodología de estos estudios, la relación que hay entre muérdago – marsupial es de interés ecológico, debido a que el marsupial ayuda a distribuir este muérdago, los marsupiales obtienen alimentos y ayuda a tener una buena población, entre otros (Rivarola, 2009).

### **3.6. Ecología de los muérdagos**

Mucho se ha dicho sobre los efectos negativos que nos trae la presencia de un muérdago en una especie, pero así como todas las especies existentes tienen una función dentro de los ecosistemas, el muérdago también lo tiene, dentro de las

funciones o beneficios que nos puede aportar la presencia de los muérdagos esta primeramente que nos ayudan como bioindicadores de perturbación en algún lugar, ayudándonos a encontrar problemas mucho más graves, dentro de los indicadores de disturbio que podemos encontrar están, lugares con presencia de basura, árboles talados, espacios quemados, árboles muertos, presencia de boñigas (excremento de ganado) y zonas denudadas (alteración geológica) (Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2020).

La polinización y dispersión de semillas del muérdago es otro beneficio que nos otorgan estos parásitos, esto es debido a la florística de algunos muérdagos, donde encontramos una variedad de formas, colores y tamaños en flores. Todos estos atractivos, atraen a una diversidad de polinizadores como, por ejemplo, el colibrí y dentro de todos estos muérdagos, *Psittacanthus* es uno de los muérdagos más impresionantes, teniendo flores muy hermosas y con un periodo de floración extenso que atrae a un sinfín de polinizadores. Pero a los polinizadores no son los únicos a los que les llama la atención los muérdagos, también tenemos a los dispersores de semillas, científicamente se sabe que algunos muérdagos atraen dispersores de semillas, generalmente aves, y en casos extraños a marsupiales, estos dispersores de semillas, nos ayudan a preservar, mantener y aumentar la población no solo de los muérdagos, también de otras especies de plantas con las que comparte espacio los muérdagos (Rodríguez, 2016).

Los muérdagos nos ofrecen más beneficios no solo para el propio ecosistema, también directamente el ser humano, ofreciendo beneficios en contra de la mitigación al cambio climático por medio de la captura de CO<sub>2</sub> o haciendo aportes a la ciencia, en este caso, los muérdagos nos funcionan como modelos para pruebas de la teoría ecológica, evaluando los mecanismos y procesos creadores de patrones de dinámicas metapoblacionales en las plantas, considerándose a los muérdagos como metapoblacionales y esto nos ayuda al momento de restaurar y monitorear algún ecosistema que ha sido parchado con hospederos de los

muérdagos, permitiendo medir la recolonización, colonización y extinción en algún hábitat o lugar perturbado (Arruda *et al.*, 2012).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Materiales y métodos

El siguiente estudio, está compuesto de dos etapas principales las cuales son a) análisis bibliométrico del muérdago y b) análisis de la estructura de la red de interacciones.

#### 1.- Fase documental

Para la realización de este trabajo se realizó una investigación documental utilizando páginas de Internet, libros electrónicos, motores de búsqueda como lo Google.com, Scholar.google.es y Books.es, así como trabajos de tesis, artículos científicos y bases de datos como *Wiley*, *Springer*, *Science Direct* y *Redalyc*. Se utilizaron palabras clave como “muérdago; *mistletoe*” “interacciones ecológicas; *ecological interactions*” “México”. Para el manejo bibliográfico, se utilizó un gestor de referencias bibliográficas Zotero (Takats *et al.*, 2023).

#### 2.- Bases de datos

La información se ordenó y clasificó en un archivo de Microsoft Excel considerando la siguiente información: autores, temática, tipos de artículos, objetivos, hipótesis, método y cita bibliográfica.

### 3.- Análisis de la estadística descriptiva

Con ayuda de nuestra base de datos procedemos a filtrar la información en un documento de Excel en donde se obtuvo la información de 50 artículos, sacando la: zona de estudio, especies de muérdago y hospedero estudiados, el enfoque de los artículos, el año y el tipo de trabajo o artículo, con esta base de datos se buscó tener la información más destacada de la interacción entre muérdagos y hospederos en forma ordenada y facilitar su posterior análisis (Figura 4; Anexo 6).

TÍTULO	HOSPEDERO	FAM. HOSPEDERO	PARASITO	FAM. PARASITO	ÁREA DE ESTUDIO	AÑO
El género <i>Psittacanthus</i> (Loranthaceae) en Veracruz, México	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Altingiaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Loranthaceae	Veracruz	2018
El género <i>Psittacanthus</i> (Loranthaceae) en Veracruz, México	<i>Matudae trinervia</i>	Podocarpaceae	<i>Psittacanthus ramiflorus</i>	Loranthaceae	Veracruz	2018
Phloem in <i>Arceuthobium globosum</i> (Viscaceae)	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium globosum</i>	Santalaceae	Michoacán	1984
Phloem in <i>Arceuthobium globosum</i> (Viscaceae)	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium douglasii</i>	Santalaceae	Michoacán	1984
Phloem in <i>Arceuthobium globosum</i> (Viscaceae)	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium tsungense</i>	Santalaceae	Veracruz	2016
Caracterización de infestación por muérdago enano ( <i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>Grandiculae</i> ) en el bosque de <i>Pinus hartwegii</i> de la cara sur del pico de Orizaba	<i>Pinus hartwegii</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> subsp.	Santalaceae	Veracruz	2016
Conocimiento local del género <i>Arceuthobium</i> en un Área Natural Protegida del centro de México	<i>Pinus montezumae</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i>	Santalaceae	Nevado de Toluca	2018
Conocimiento local del género <i>Arceuthobium</i> en un Área Natural Protegida del centro de México	<i>Pinus montezumae</i>	Pinaceae	<i>Arceuthobium globosum</i>	Santalaceae	Nevado de Toluca	2018
Dos especies notables de <i>Phoradendron</i> (Viscaceae) de la mixteca oaxaqueña (México), una nueva y una complementada	<i>Bursera discolor</i>	Burseraceae	<i>Phoradendron perredactum</i>	Santalaceae	Oaxaca	2011
Dos especies notables de <i>Phoradendron</i> (Viscaceae) de la mixteca oaxaqueña (México), una nueva y una complementada	<i>Acacia cochiliacantha</i>	Fabaceae	<i>Phoradendron olae Kujit</i>	Santalaceae	Oaxaca	2011
Dos especies notables de <i>Phoradendron</i> (Viscaceae) de la mixteca oaxaqueña (México), una nueva y una complementada	<i>Leucaena pallida</i>	Fabaceae	<i>Phoradendron olae Kujit</i>	Santalaceae	Oaxaca	2011
True mistletoes of the trees of Mexico city	<i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.	Myrtaceae	<i>Cladocolea lonioeroides</i>	Loranthaceae	CDMX	2013

Figura 4. Base de datos de la estadística descriptiva.

### 4.- Análisis a nivel red de interacciones hospedero - muérdago

Con base en el análisis bibliométrico, se seleccionaron 18 artículos donde se identificaron especies de hospederos y muérdagos, ya que en el resto de los artículos no se mencionaban las especies de hospederos, aunque si las de muérdagos. Con los registros se construyó una matriz de adyacencia cualitativa (presencia “1” y ausencia “0”). Las filas fueron representadas por especies de plantas (nivel trófico inferior) y las columnas por los muérdagos (nivel trófico

superior). Posteriormente se llevaron a cabo análisis a nivel red como la estructura, la conectancia, la asimetría de la red y el solapamiento de nicho.

Se analizó la estructura modular de la red mediante el índice Q (QuanBiMo; Dormann y Strauss, 2014). Este índice toma valores entre 0 y 1, indicando mayor modularidad en valores cercanos a 1 y viceversa. Para analizar la significancia de Q de la red, utilizamos el modelo nulo Patefield (Patefield, 1981) con 100 aleatorizaciones. Los valores de Q se usarán para calcular el Z-score, redes con valores  $Z \geq 2$  se considerarán significativamente modulares (Dormann y Strauss, 2014).

La conectancia tiene valores de 0 a 1, se refiere a la proporción de posibles interacciones entre las especies que realmente ocurren en una red. Valores cercanos a cero indican una baja conectancia lo que puede indicar que el muérdago tiene una alta especialización, parasitando solo a ciertas especies de plantas. Esto puede implicar una dependencia de ciertas especies hospederas. En contraste, valores cercanos a 1 indican una alta conectancia, lo que sugiere que el muérdago es más generalista, interactuando con una mayor diversidad de hospederos.

La asimetría de la red tiene valores de 0 a 1, se refiere a la desigualdad en las interacciones entre las especies de muérdago y sus hospederos. Valor cercano a 0 indica baja asimetría, donde las interacciones están distribuidas de manera más uniforme entre las especies de muérdago y hospederos. En contraste, valor cercano a 1 indica alta asimetría, donde unas pocas especies dominan la mayoría de las interacciones.

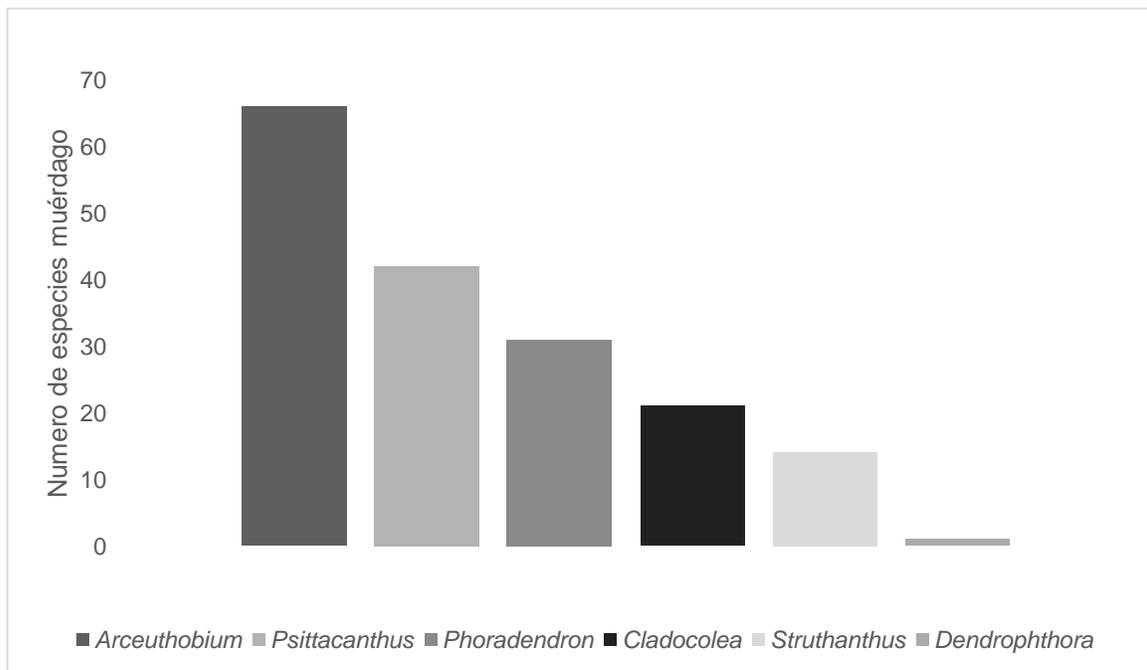
El solapamiento de nicho mide la similitud en las interacciones de las especies de un nivel trófico, se expresa en valores entre 0 y 1, donde el valor de 0 indica que

no hay un uso común de nicho y el valor 1 indica que hay un perfecto solapamiento de nicho. Todos los cálculos se llevarán a cabo con el paquete bipartite (Dormann *et al.*, 2008) en el programa R 3.4.2 (R Core Team, 2023).

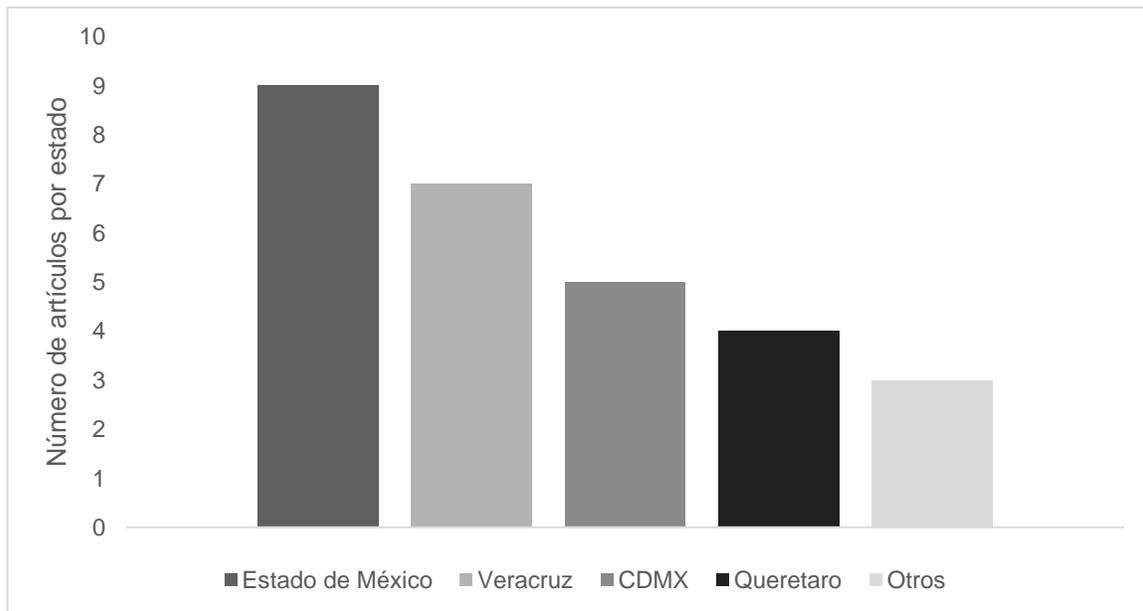
## 5. RESULTADOS

### a) Análisis bibliométrico del muérdago

El análisis bibliométrico consistió en la revisión de un total de 50 artículos (Anexo 1. Documentos de revisión del muérdago), sobre los géneros de muérdago con diferentes enfoques de investigación, que fueron publicados entre los años de 1963 y 2022, dentro de la República Mexicana. Derivado de este análisis se encontraron 177 especies de muérdagos distribuidos en 6 géneros (Figura 5) y 151 especies de hospederos ubicadas en 34 géneros. La distribución de los estudios donde se realizaron los artículos mencionados anteriormente, estuvieron mayormente representadas en el Estado de México con 9 artículos, en contraste, en Yucatán solo se elaboró un artículo (Figura 6).

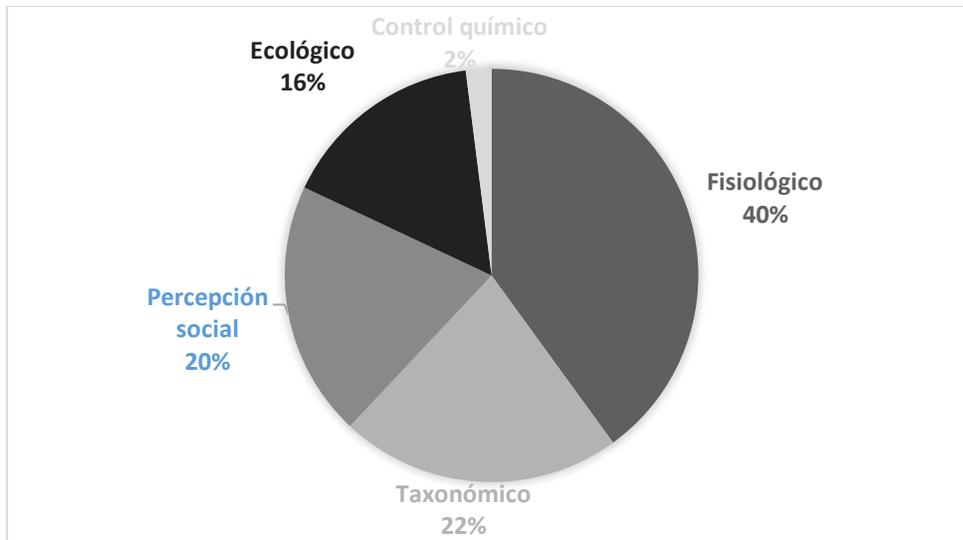


**Figura 5.** Número de especies de muérdago diferenciados por género.



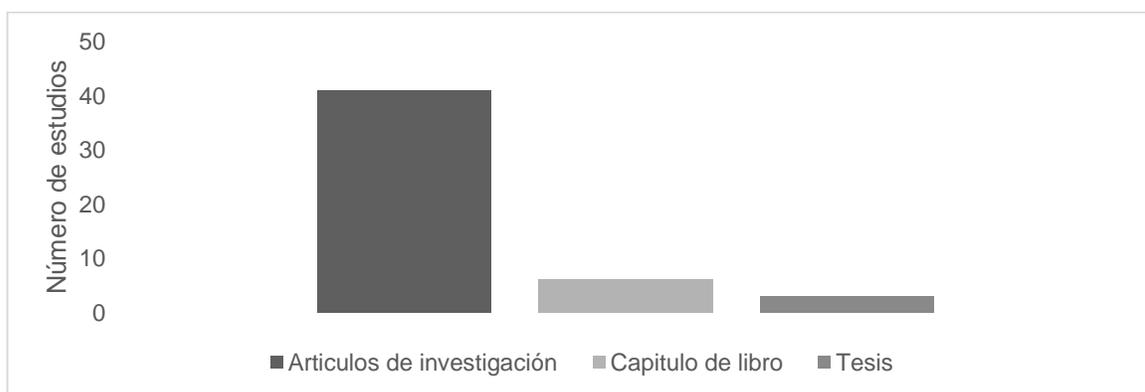
**Figura 6.** Artículos de investigación donde se hace referencia a muérdago, diferenciados por estado.

Se encontró que 20 (40%) de los artículos considerados, tuvieron como enfoque de investigación la fisiología del muérdago, en 11 (22%) artículos se analizó la taxonomía, 10 (20%) elaboraron trabajos de percepción social, 8 (16%) analizaron su ecología, y en 1 artículo se realizó un control poblacional con control químico (2%) (Figura 7).



**Figura 7.** Porcentaje de los artículos analizados diferenciados por el enfoque de investigación.

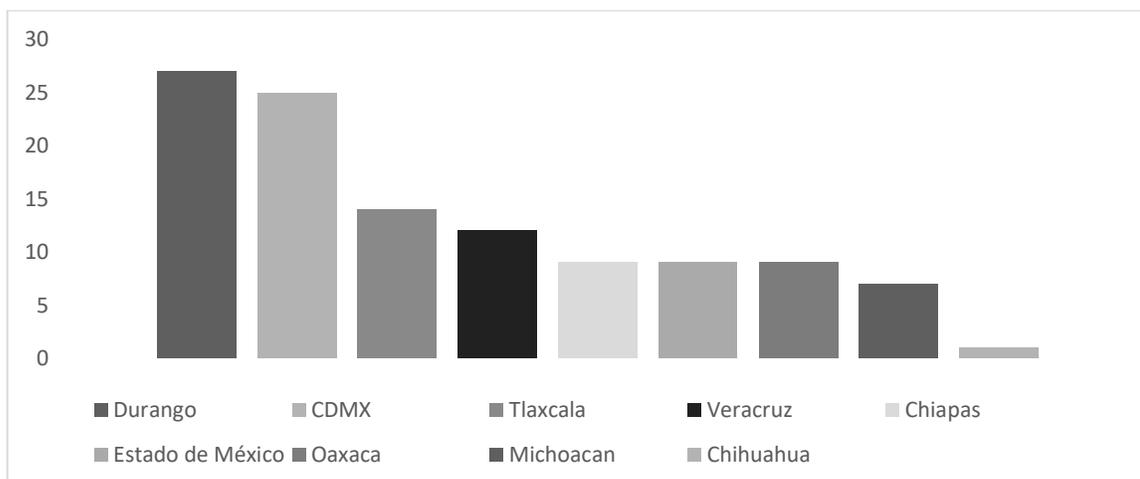
Dentro del análisis bibliométrico, los resultados se diferenciaron por el tipo de fuente bibliográfica. Se clasificaron en artículos de investigación, con el mayor número de trabajos, con un total de 41 trabajos, se encontraron 6 capítulos de libros y 3 trabajos de tesis (Figura 8).



**Figura 8.** Clasificación de tipo de investigación realizada sobre muérdago.

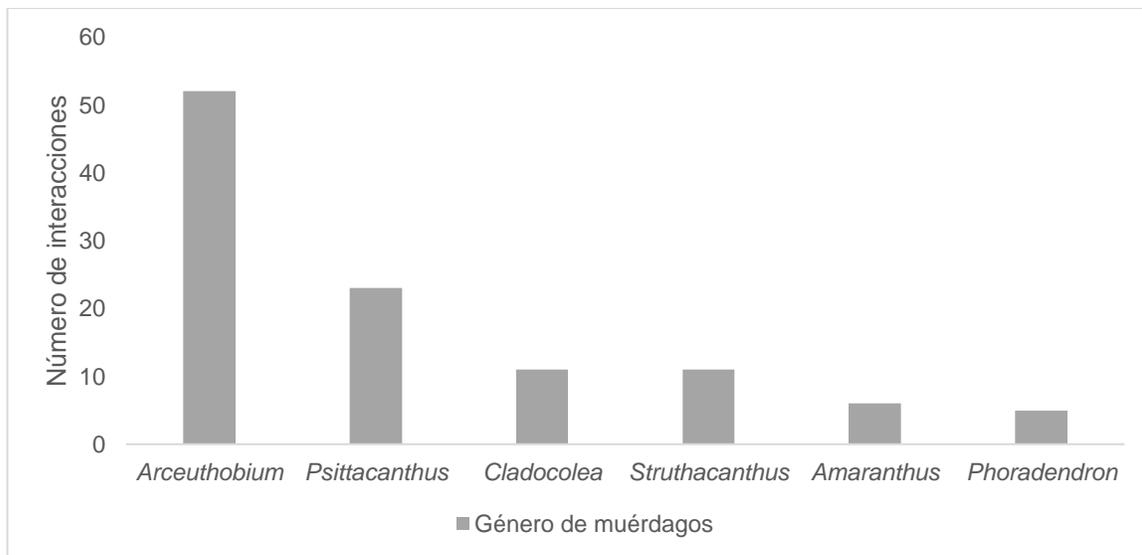
## b) Análisis de la estructura de la red de interacciones

Para el análisis de la estructura de la red de interacciones, se identificó un total de 18 artículos (Anexo 1) donde se encontraron 105 interacciones hospedero – muérdago, representadas por 61 especies de hospederos y 20 especies de muérdagos (Anexo 2). Las cuales estuvieron mayormente representadas en el estado de Durango con 27 interacciones reportadas, en contraste, en Chihuahua se reportó solamente una interacción (Figura 9).



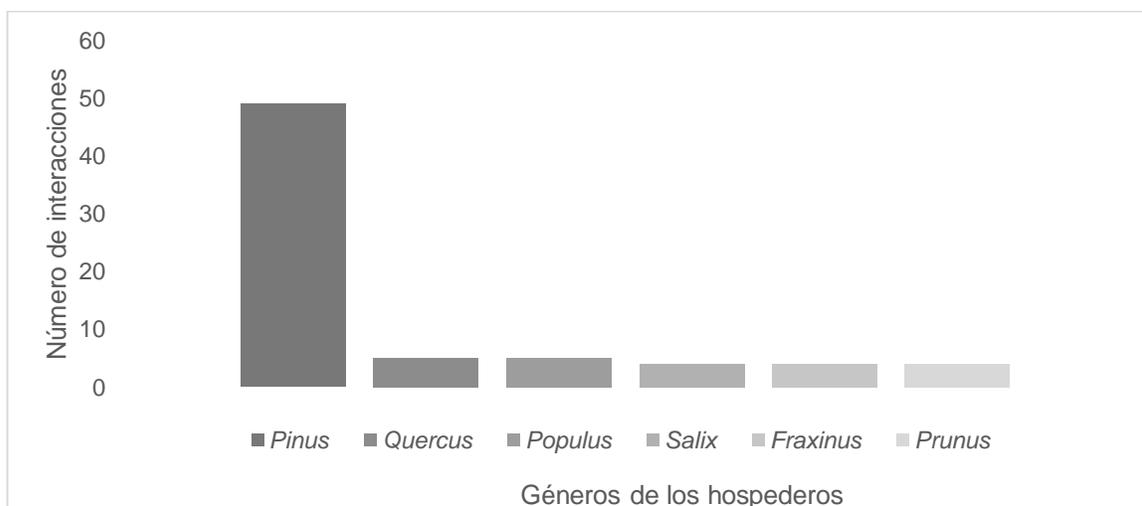
**Figura 9.** Distribución de las interacciones hospedero-muérdago por estado en México.

Se identificaron seis géneros de muérdago, donde el género *Arceuthobium* destacó por tener el mayor número de interacciones con 52, mientras que el género *Phoradendron* mostró el menor número de interacciones con cinco (Figura 10). En cuanto a los hospederos, se registraron 28 géneros de especies arbóreas y arbustivas (Figura 11).



**Figura 10.** Censo de géneros de muérdagos.

Dentro de los géneros de los hospederos, el género más representativo con 49 interacciones es el género *Pinus*, de ahí le siguen el género *Quercus* y *Populus* 5 interacciones (Anexo 3).

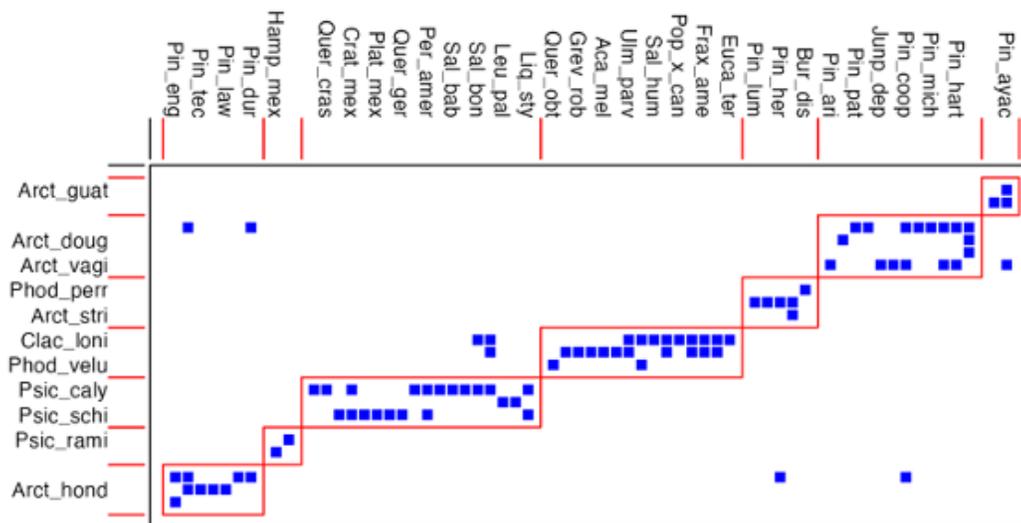


**Figura 11.** Censo de géneros de hospederos.

En el caso de las especies de muérdagos, las especies más representativas fueron *Arceuthobium globosum* con 21 interacciones con diferentes especies, *Psittacanthus calyculatus* con 14 interacciones y *Cladocolea loniceroides* y *Struthantus interruptus* con 11 interacciones cada especie, por otro lado, los hospederos con más número de interacciones fueron *Pinus hartwegii* con 8 interacciones, *P. pseudostrobus* con 6 interacciones y, por último, *P. montezumae* con 5 interacciones.

La distribución de los estudios de interacciones muérdago-hospedero estuvo centrada en el estado de Durango con 27 interacciones reportadas, en contraste, en Chihuahua se reportó solamente una interacción (Figura 12).

La estructura de la red de interacciones muérdago-hospedero fue significativamente modular ( $Q = 0.70$ ;  $P < 0.01$ ), formada por cinco módulos y dos interacciones (Figura 12).



**Figura 12.** Red visweb de interacciones de presencia / ausencia entre hospedero – muérdago, se encuentran los nombres abreviados las especies de muérdagos y hospederos (Anexo 4).

Con fines de interpretación, se asignó a cada módulo un nombre con implicaciones ecológicas, económicas o geográficas, los cuales se indican a continuación:

El primer módulo se denominó como ***Pinus***, donde encontramos interacciones entre la especie de muérdago *Arceuthobium hondunrense* con varias especies de pinos como *Pinus engelmanni*, *P. tecunumanii*, *P. lawsonii* y *P. durangensis*. El patrón de este módulo está definido principalmente por el parasitismo de una solo especie de muérdago y varias especies del género *Pinus*.

El segundo módulo el cual se denominó de **importancia económica**, las interacciones se presentaron entre los muérdagos *Psittacanthus calyculatus* y *P. schiedeana*, estos son los que más hospederos parasitan. En cuanto a los hospederos, en general, fueron especies frutales como *Crataegus mexicana* (Rosaceae), *Persea americana* (Lauraceae). Especies maderables como *Quercus crassipes*, *Q. germana* (Fagaceae), *Platanus mexicana* (Platanaceae); de importancia forrajera como *Leucaena pallida* (Fabaceae) y *Salix bonplandiana* (Salicaceae); y medicinales como *Salix babylonica* (Salicaceae), y *Ligustrum styraciflua* (Oleaceae).

El tercer módulo se consideró como **generalista**, donde se encuentran los muérdagos, *Cladocolea loniceroides* y *Phoradendron velutinum* con sus hospederos *Quercus obtusata* (Fagaceae), *Grevillea robusta* (Proteaceae), *Acacia melanoxylon* (Fabaceae), *Ulmus parvifolia* (Ulmaceae), *Salix humboldtiana* (Salicaceae), *Populus x canadensis* (Salicaceae), *Fraxinus americana* (Oleaceae) y *Eucalyptus tereticornis* (Myrtaceae), en este módulo, encontramos la mayor variedad de géneros de hospederos y la mayoría son de tipo maderable.

El cuarto módulo que se denominó **Sierra madre occidental**, que abarca las especies *Phoradendron perredactum* y *Arceuthobium strictum*, estos interactúan con *Pinus lumholtzii* (Pinaceae), *P. herrera* y *Bursera discolor* (Burseraceae), en este módulo ya encontramos una menor diversidad de especies, esto va de la mano con las condiciones externas con las que interactúan estas especies.

El quinto módulo que se denominó **muérdagos enanos**, donde encontramos a los muérdagos *Arceuthobium douglasii* y *A. vaginatum* interactuando con *Pinus patula* (Pinaceae), *P. cooperi*, *P. michoacana*, *P. hartwegii* y *Juniperus deppeana* (Cupressaceae).

Finalmente, en el análisis de redes se identificaron interacciones muy especializadas uno a uno que salen del patrón general de interacciones, como *Psittacanthus ramiflorus* que solo interactúa con *Hampea mexicana* (Malvaceae) y de *Arceuthobium guatemalense* con *Pinus ayacahuite* (Pinaceae).

La conectancia mostró valores bajos de 0.07, lo que nos indica que solamente el 7% de las interacciones posibles puede ocurrir. Con respecto a la asimetría de la red los valores fueron de -0.5, el valor negativo sugiere que hay una asimetría en las interacciones, donde el grupo de hospederos está siendo parasitado de manera desigual por los muérdagos. Esto significa que algunos hospederos están recibiendo mucha más presión de parasitismo que otros.

Con respecto al solapamiento de nicho de los muérdagos se obtuvo un valor de 0.03, lo que sugiere que hay muy poco solapamiento en los hospederos utilizados por las diferentes especies de muérdago. Por lo que, cada especie de muérdago tiende a parasitar hospederos diferentes, y hay poca competencia directa entre las especies de muérdago por los mismos hospederos. Con respecto al solapamiento de nicho de los hospederos se obtuvo un valor de 0.10 lo que sugiere que algunas especies de muérdago son compartidas por varias especies de

hospederos, pero, aun así, hay una cierta especialización o preferencia por ciertos hospederos por parte de cada especie de muérdago.

## 6. DISCUSIÓN

Con base en la presente investigación, se encontró una gran diversidad de hospederos para los muérdagos en nuestro país, esto es debido en parte a la riqueza natural con la que se cuenta. Sin embargo, se debe considerar que los diferentes tipos de perturbaciones encontrados en gran parte del país, da como resultado la proliferación de los muérdagos en los hospederos (Watson y Herring, 2012).

Hasta el momento de esta revisión bibliográfica, la literatura que aborda la interacción entre los muérdagos y sus hospederos en México ha sido relativamente limitada. Se incluyó un total de 50 artículos científicos en un rango de 59 años, desde 1963 hasta 2022, a continuación, se mencionan los años en donde se registraron más artículos con la interacción parasito-hospedero. En 2011, se publicaron cinco artículos científicos que representan una contribución significativa a la comprensión de las dinámicas entre los muérdagos y sus plantas hospederas. Estos estudios abordaron aspectos como la ecología, los mecanismos de parasitismo, los efectos del muérdago sobre la biodiversidad y la condición de los ecosistemas donde se encuentran. El número de publicaciones en este año sugiere un aumento en el interés por realizar investigaciones sobre este tema.

Durante los años 1963, 1977, 1980, 1984, 1988, 1991, 1993, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2012, 2019, 2020 y 2022 se publicó un artículo en cada uno. Cada uno de estos años marca avances importantes en la investigación de muérdagos en México, proporcionando una base de datos valiosa y diversificada. Estos estudios exploraron diferentes aspectos de la biología del muérdago, sus estrategias de

dispersión, la coevolución con sus hospederos, y las respuestas fisiológicas de los hospederos al parasitismo.

La literatura sobre la interacción de muérdagos y sus hospederos en México muestra un patrón de publicaciones dispersas a lo largo del tiempo, con un pico notable en 2011 y 2018. Cada conjunto de publicaciones en los años mencionados ha contribuido de manera significativa al entendimiento actual del tema, abarcando diversos aspectos de la biología, ecología y manejo de los muérdagos y sus hospederos. Sin embargo, el número relativamente bajo de publicaciones indica que aún hay muchas áreas por explorar y entender en esta interacción ecológica compleja, lo que sugiere la necesidad de investigaciones en este campo.

Dentro de los resultados de este trabajo se puede notar que durante los años 2011 y 2018 se registraron más trabajos de investigación sobre muérdagos, debido al interés que se está viviendo actualmente con los procesos en los diferentes tipos de interacciones. En México se cuenta con el mayor registro de muérdagos en los estados de Durango, Zacatecas, Estado de México y Puebla (Sosa-Díaz *et al.*, 2018), esto es debido a que en estas partes se encuentran la Sierra Madre Oriental y Occidental, lugar con ecosistemas de pinos.

### **Redes de interacción hospedero-muérdago**

Uno de los resultados del análisis de redes indicó que los géneros *Pinus* y *Juniperus* son parasitados por *Arceuthobium* que forman el módulo *Pinus*, lo que indica la especialización y coexistencia de estos grupos. La relación entre *Arceuthobium* y algunas de las gimnospermas en México es un ejemplo de adaptación ecológica. A lo largo de millones de años, *Arceuthobium* ha evolucionado para explotar las características específicas de sus hospederos gimnospermas (Queijeiro-Bolaños,

M., Cano-Santana, Z., y Garcia-Guzman, G., 2014). Estas coníferas, que abundan en los ecosistemas mexicanos, proporcionan una fuente accesible de recursos. Los bosques templados y las montañas de México ofrecen el clima y las condiciones ambientales ideales para ambas especies, creando las condiciones adecuadas para esta interacción parasitaria (Brandt *et al.*, 2005).

Los muérdagos del género *Arceuthobium*, también conocidos como muérdagos enanos se distribuyen en el hemisferio norte, aunque tienen mayor diversidad y distribución en Canadá, Estados Unidos y México, algunas especies habitan África oriental, Asia central y oriental, y la región del Mediterráneo (Sadowski *et al.*, 2017). Se han descrito 19 taxones para México (Hawksworth, 1980). Se ha documentado que las especies de este género aumentan la diversidad estructural del dosel sirven como sitios de alimentación para diversos grupos de artrópodos, como ácaros y arañas; y numerosos taxones de insectos son específicos de los muérdagos enanos y se alimentan de sus brotes. Algunos ejemplos son las larvas del lepidóptero *Filatima natalis* Heinrich, pero también los insectos y varias especies de coleópteros y tisanópteros (Sadowski *et al.*, 2017).

El módulo de muérdagos enanos integrado por *Arceuthobium* y sus hospederos gimnospermas, principalmente pinos, mantienen un equilibrio dinámico que asegura la supervivencia y proliferación de ambas especies. Las gimnospermas han desarrollado características que permiten el parasitismo, estableciendo una relación compleja y mutuamente influenciada con el muérdago. La dispersión de semillas de *Arceuthobium*, mediante la explosión balística de sus frutos, permite a este muérdago colonizar eficientemente nuevas áreas y expandir su presencia en los bosques de gimnospermas a nuevos hospederos (Bickford *et al.*, 2005). El ecosistema donde se encuentra *Arceuthobium* corresponde sitios con corrientes de aire fuertes, además de contar con una gran diversidad de aves que potencialmente dispersan sus semillas (Ornelas, 2019). Además, la actividad humana, como la tala y reforestación, ha influido en esta dinámica, alterando la distribución de las

gimnospermas y, en consecuencia, proporcionando nuevas oportunidades para la propagación del muérdago. Este equilibrio dinámico, resultado de millones de años de co-evolución y adaptación al entorno, permite que ambas especies continúen prosperando (Pérez-Crespo *et al.*, 2016).

En la revisión de la interacción de muérdagos y sus hospederos en México, se destacan los géneros *Cladocolea*, *Phoradendron* y *Psittacanthus* como componentes importantes dentro de los módulos generalista, Sierra madre occidental e importancia económica de la red de interacciones que se identificaron en el presente estudio. Estos géneros de muérdago son conocidos por parasitar una amplia variedad de plantas angiospermas, mostrando patrones de especialización y adaptación.

El género *Cladocolea*, del módulo generalista, comprende varias especies de muérdagos que son ampliamente distribuidas en diversas regiones de México. Estas especies son conocidas por su capacidad de parasitar una amplia gama de angiospermas. El estudio de muérdagos de este género se ha centrado en las interacciones específicas con sus hospederos, analizando aspectos como la selectividad de hospederos, las adaptaciones morfológicas y fisiológicas que facilitan el parasitismo, y los impactos ecológicos sobre las comunidades vegetales (Alvarado-Rosales *et al.*, 2009). Además, la dispersión de semillas de *Cladocolea*, a menudo facilitada por aves, lo que involucra interacciones tróficas que pueden afectar la estructura y dinámica de los ecosistemas donde están presentes (Martínez-Castruita, 2021).

El género *Phoradendron*, del módulo generalista y Sierra madre occidental, comprende muérdagos hemiparásitos, con el mayor número de especies en el continente americano, donde su distribución va desde la zona templada de América del Norte hasta la zona templada de América del Sur (Calvin *et al.*, 2009). Este

género incluye una gran diversidad de especies, muchas de las cuales tienen una amplia distribución geográfica. Los muérdagos de este género se caracterizan por parasitar principalmente angiospermas leñosas, como árboles y arbustos. Los estudios sobre *Phoradendron* han explorado diversas facetas de su biología, incluyendo la morfología de los haustorios, la fenología de la floración y fructificación, y las relaciones ecológicas con sus hospederos. Además, *Phoradendron* ha sido objeto de estudios sobre su impacto económico en la silvicultura y la horticultura, ya que algunas especies pueden causar daños significativos a los árboles comerciales. Los taxones conocidos de este género para México se encuentran: *P. bolleanum*, *P. capitellatum*, *P. densum*, *P. juniperum*, *P. libocedri*, *P. longifolium*, *P. minutifolium*, *P. pauciflorum*, *P. rhipsalinum* y *P. saltillense*. Entre los hospederos habituales se encuentran algunos pertenecientes a géneros como: *Abies*, *Arbutus*, *Calocedrus*, *Cupressus*, *Juniperus* y *Taxodium* (Geils *et al.*, 2002).

El género *Psittacanthus*, del módulo importancia económica, es otro grupo de muérdagos de gran interés, conocido por sus flores llamativas. Este grupo de muérdagos también es conocido como flor de loro o carniguela, es un parásito arbustivo de árboles y otras plantas leñosas. Su distribución va desde México hasta Argentina, se reconoce que tiene presencia en 25 estados de la República Mexicana, es común en la zona centro y sur. Han sido descritas 14 especies para México y entre sus hospederos se encuentran más de 50 géneros de angiospermas y coníferas, entre los más comunes tenemos a *Quercus*, *Acacia*, *Juglans*, *Ficus*, *Populus*, *Salix*, *Prunus*, *Prosopis*, *Annona*, *Bursera*, *Citrus*, *Nerium*, *Olea*, *Crataegus*, *Bacharis*, *Fraxinus*, *Eucaliptus*, *Persea*, *Cassuarina*, *Arbutus*, *Ulmus* y *Liquidambar* (Vázquez-Collazo *et al.*, 2002).

Las especies del género *Psittacanthus*, tienen usos en la medicina tradicional mexicana, pero a pesar de que el conocimiento popular es extenso (Gómez-Sánchez *et al.*, 2011), como lo que se ha sugerido de que las hojas tienen efectos

vaso-dilatorios, gastro-protectores y que contienen metabolitos de tipo oxidante que son benéficas a condiciones de infertilidad, enfermedades de riñón y de diabetes (Ornelas, 2019), sin embargo, aún son pocos estudios que confirman el uso que las personas le dan a este grupo de plantas.

Las investigaciones sobre *Psittacanthus* se han centrado en la ecología de su interacción con los hospederos, incluyendo la especificidad del hospedero, los mecanismos de defensa de los hospederos, y las respuestas fisiológicas al parasitismo. Además, la polinización y dispersión de semillas de *Psittacanthus*, a menudo mediada por aves y otros animales, es un área de estudio importante que destaca las complejas redes de interacción en las que están involucrados estos muérdagos.

La inclusión de los géneros *Cladocolea*, *Phoradendron* y *Psittacanthus* en los módulos de la red de interacciones ecológicas resalta la diversidad y complejidad de esta interacción parasíticas. Cada género presenta características únicas y adaptaciones que facilitan su éxito como parásitos de angiospermas.

### **Efectos negativos de la interacción hospedero-muérdago**

Los muérdagos tienen una relación compleja y a menudo perjudicial con las plantas que los hospedan. En cuanto un muérdago se establece sobre su hospedero, este árbol comienza a debilitarse. El muérdago, al extraer los recursos, deja a las plantas con menos energía para crecer, florecer y resistir enfermedades. La pérdida de vigor puede hacer que las plantas sean más susceptibles a enfermedades y otros estresores ambientales, reduciendo su capacidad de competir con otras especies y, en casos extremos, llevarlas a la muerte. Esto puede alterar la composición de la vegetación local y disminuir la biodiversidad del ecosistema (Arruda *et al.*, 2012).

A medida que el árbol decae, su capacidad para competir por la luz solar, el agua y los nutrientes del suelo se ve mermada. Esta afectación no solo modifica al árbol, sino también a las plantas vecinas, que dependen de su sombra y de los microhábitats que crea. La sombra de los árboles hospederos proporciona refugio a muchas especies de plantas y animales. Sin embargo, cuando el muérdago crece densamente, altera la estructura del árbol, modificando la distribución de la luz, creando un microclima diferente debajo de sus ramas parasitadas. Cuando un árbol hospedero es afectado, su alteración puede desencadenar una cascada de cambios, afectando la germinación, el crecimiento y la supervivencia de la flora local (Griebel *et al.*, 2017).

Los animales que dependen de los árboles parasitados también pueden resultar afectados. Aves e insectos que se alimentan del néctar, las hojas o los frutos de estos árboles encuentran menos recursos disponibles. Los cambios en la población de estos animales repercuten a su vez en otras plantas que dependen de ellos para la polinización o la dispersión de semillas, perturbando las redes tróficas de los fragmentos de vegetación (Watson y Herring, 2012). Como consecuencia, los muérdagos están asociados a sus hospederos en el borde de la vegetación conservada, esto puede desencadenar una serie de cambios ecológicos que pueden transformar significativamente el paisaje y la condición del ecosistema (Vidal-Rusell y Nickrent, 2008).

No todos los muérdagos generan efectos negativos a sus hospederos, y no todos los hospederos son afectados drásticamente por estos parásitos (Watson y Herring, 2012). En el caso de los pinos, son los hospederos que han sido afectados en mayor medida por los muérdagos y esto es debido a diferentes factores.

En las regiones de clima templado y subtropical, donde se distribuyen los pinos, las temperaturas son moderadas y las estaciones se suceden con un equilibrio entre humedad y sequía, los muérdagos se establecen favorablemente en sus hospederos. Durante la temporada de lluvias, las semillas del muérdago germinan, aprovechando la humedad que se infiltra en las ramas de los pinos (Strong y Bannister, 2002). A medida que avanza la temporada de sequía, estos parásitos establecen su red de haustorios dentro de sus hospederos, obteniendo de ellos agua y nutrientes (Escher *et al.*, 2004). Otro factor de importancia es la altitud en donde crecen los pinos, generalmente en la parte alta de las montañas, que va entre los 3,000 y 4,200 m s.n.m. altitud que le favorece al desarrollo de los muérdagos de acuerdo con Endara-Agramont en el 2022.

### **Los efectos positivos del establecimiento de los muérdagos en sus hospederos**

La interacción entre muérdagos parásitos y sus árboles hospederos desde una perspectiva positiva implica considerar las relaciones ecológicas sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas. Los muérdagos crean hábitats para una variedad de especies (Griebel *et al.*, 2017). Por ejemplo, las bayas de los muérdagos son una fuente importante de alimento para diversas aves frugívoras, las cuales, al alimentarse, dispersan las semillas de los muérdagos y de otras plantas, facilitando así la regeneración y la diversidad vegetal en el ecosistema. Además, las estructuras de los muérdagos proporcionan refugio y hábitat para insectos, mamíferos pequeños y otras aves, contribuyendo a una mayor complejidad en las interacciones biológicas dentro de los fragmentos de vegetación (Watson, 2001).

Los muérdagos contribuyen al ciclo de nutrientes del ecosistema a través de la caída de sus hojas y frutos, los cuales se descomponen y enriquecen el suelo con materia

orgánica. Este proceso incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales para otras plantas, promoviendo un suelo más fértil (Scalon *et al.*, 2016).

A pesar de su reputación como parásitos dañinos, los muérdagos desempeñan roles ecológicos complejos en los ecosistemas mexicanos. Su contribución a la biodiversidad, la polinización, el ciclo de nutrientes, la estructura del bosque y la sucesión ecológica resalta la importancia de considerar estas interacciones desde una perspectiva holística. Este trabajo sienta las bases para generar líneas de investigación a futuro, ya sea en la agronomía o en la biología. En la agronomía nos sirve como información para cultivos agrícolas afectados por los muérdagos mientras que en la biología nos ayuda a la comprensión de temas biológicos relacionados a estas especies utilizando herramientas para la restauración de ecosistemas.

## 7. CONCLUSIÓN

En la presente investigación se realizó un análisis bibliográfico y un análisis de la estructura de la red de interacciones entre hospederos – muérdagos que hay en nuestro país. Dentro del análisis bibliográfico, se obtuvieron diferentes resultados, en las que se encontraron a las especies de hospederos y muérdagos, los diferentes lugares en donde se realizaron, el año de elaboración del artículo y el tipo de metodología. Dentro de los resultados encontrados, se registraron una gran variedad de especies de plantas parásitas y de sus hospederos, esto se debe a la adaptación que tiene cada especie en las diferentes condiciones bióticas y abióticas, parasitando a una gran variedad de hospederos, a esto se le suma la gran biodiversidad con la que cuenta nuestro país. Con las condiciones climáticas idóneas y la fácil dispersión del muérdago, este llega a su hospedero, creciendo y desarrollándose gracias al hospedero, hasta invadir gran parte del hospedero. En el caso de los lugares donde se elaboraron estos trabajos, el estado en donde más estudios se hicieron fue en el Estado de México, seguido de Veracruz, hay que recalcar que lo que son el Estado de México y la CDMX, son lugares donde el manejo de la arquitectura de paisajes y manejos de flora para el embellecimiento de áreas verdes son más fuertes que en otros estados, provocando el estudio de más trabajos de infestaciones de muérdagos en los árboles. De los 50 artículos, 20 artículos se enfocaron en el estudio fisiológico de los muérdagos, teniendo más interés en esta área, de ahí le siguen los estudios taxonómicos y percepción social. En el caso del tipo de trabajo, los artículos de investigación fueron los más abundantes y en último lugar, se encontraron a los trabajos de tesis, obteniendo una menor participación de los trabajos de tesis enfocados en las interacciones ecológicas o en las especies de los muérdagos.

En el análisis de redes de la interacción hospedero – muérdago se identificaron cinco módulos *Pinus*, importancia económica, generalista, Sierra madre occidental y muérdagos enanos, en la cual cada uno se enfoca en diferentes especies y se clasificaron por los factores bióticos y abióticos, a los hábitats en donde interactúan estas especies, en la geografía de los ecosistemas y en la importancia económica y cultural que se le da a cada especie.

Como se menciona antes, los trabajos analizados tienen diferentes enfoques, destacando que más del 50% de los trabajos tuvieron el objetivo de conocer la fisiología y taxonomía de los muérdagos, rechazando la hipótesis de encontrar más trabajos dirigidos al manejo y control de los muérdagos. En el caso de los resultados de la red de interacciones, se obtuvo una red de tipo modular aceptando la hipótesis, debido al tipo de interacción antagónico que por lo general es uno a uno y de naturaleza especialista.

Se necesitan más investigaciones enfocadas en el estudio de la biología y ecología de los muérdagos para obtener herramientas de prevención, manejo de estos parásitos, en segunda, se necesitan más estudios sobre las afectaciones del muérdago en diferentes tipos de especies arbóreas y sus diferentes tipos de control y por último se necesitan estudios para el entendimiento del ciclo de vida, dinámica de la distribución de los muérdagos que presentan anemocoria e investigaciones acerca de la importancia de la cultura y tradiciones en la preservación de los muérdagos y sus beneficios en distintas áreas, así como de sus afectaciones socioeconómicas. También hacen falta el estudio de los muérdagos en la agronomía, abriéndose nuevas líneas de investigación, dirigidos al control biológico por medio de los muérdagos o a las problemáticas que esta nos causa y como se debe de manejar y controlar.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aguilera, M., y Silva, J. F. (1997). Especies y biodiversidad. *Interciencia*, 22 (6): 299 - 306.
- Alvarado-Rosales, D., Saavedra-Romero, L., y Cárdenas-Soriano, E. (2009). Anatomía de la interacción *Cladocolea Ioniceroides* (Van Tieghem) Kuijt - *Salix bonplandiana* Kunth. *Revista Forestal en México*, 34 (106): 191 - 203.
- Angelini, C., Altieri, A. H., Silliman, B. R., y Bertness, M. D. (2011). Interactions among foundation species and their consequences for community organization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 61 (10): 782 - 789.
- Arruda, R., Fadini, R. F., Carvalho, L. N., Del-Claro, K., Mourao, F. A., Jacobi, C. M., Teodoro, G. S., Van-Berg, E., Caires, C. S., y Dettke, G. A. (2012). Ecology of neotropical mistletoes: an important canopy-dwelling component of Brazilian ecosystems. *Acta Botanica Brasilica*, 26 (2): 264 - 274. <Go to ISI>://WOS:000306266300003
- Bahamonde, H. A., Gargaglione, V., Ormaechea, S., y Peri, P. (2018). Interacciones ecológicas en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en la Patagonia sur continental. *Ecosistemas*, 27 (3): 106 - 115.
- Bascompte, J., y Jordano, P. (2007). Redes mutualistas planta-animal: la arquitectura de la biodiversidad. *Annu. Revista de Ecología*, 38 (2): 567 - 593.
- Bautista-Hernández, C. E., Monks, S., Pulido-Flores, G., y Rodríguez-Ibarra, A. E. (2015). Revisión bibliográfica de algunos términos ecológicos usados en parasitología, y su aplicación en estudios de caso. *Estudios en Biodiversidad*, 1 (1): 11 - 19.
- Bayón, A. (2022). Curiosidades sobre los muérdagos. *Muy interesante*. Curiosidades que no sabías sobre el muérdago (muyinteresante.com)

- Berenguer, J. G. (2007). Manual de Parasitología. Morfología y biología de los parásitos de interés sanitario. *Edicions Universitat Barcelona*, (31): 26 - 29.
- Beutelspacher, C. R., y Brailovsky, H. (2019). Notas sobre depredación de lepidópteros por hemípteros. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, (1): 777 - 777.
- Bickford, C. P., Kolb, T. E., y Geils, B. W. (2005). Host physiological condition regulates parasitic plant performance: *Arceuthobium vaginatum* subsp. *cryptopodum* on *Pinus ponderosa*. *Oecologia*, 146 (2): 179 - 189.
- Blick, R. A. J., Burns, K. C., y Moles, A. T. (2012). Predicting network topology of mistletoe–host interactions: do mistletoes really mimic their hosts? *Oikos*, 121 (5): 761 - 771.
- Borst, A. C., Verberk, W. C., Angelini, C., Schotanus, J., Wolters, J. W., Christianen, M. J., y Van der Heide, T. (2018). Foundation species enhance food web complexity through non trophic facilitation. *PLoS One*, 13 (8): 15 - 26.
- Borunda, M. A. S. (2019). El parasitismo entre hemosporidios y aves. *Ecología y salud*, 3 (2): 117.
- Brandt, J. P., Hiratsuka, Y., y Pluth, D. J. (2005). Germination, penetration, and infection by *Arceuthobium americanum* on *Pinus banksiana*. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (8): 1914 - 1930. <https://doi.org/10.1139/x05-113>
- Calvin, C. L., y Wilson, C. A. (2009). Epiparasitism in *Phoradendron durangense* and *P. falcatum* (Viscaceae). *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 27(1): 1 – 12.
- Connell, J. H. (1983). Sobre la prevalencia e importancia relativa de la competencia interespecífica: evidencia de experimentos de campo. *El Naturalista Americano*, 122 (5): 661 - 696.
- Cuesta, J. (2003). Ecología de los hongos. *Foresta*, 23 (3): 22 - 34.
- Dormann, C. F., y Strauss, R. (2014). A method for detecting modules in quantitative bipartite networks. *Methods in Ecology and Evolution*, 5 (1): 90 - 98.

- Endara-Agramont, A. R., Heredia-Bobadilla, R. L., García-Almaraz, L. A., Luna-Gil, A. A., Franco-Maass, S., y Cibrián-Llenderal, V. D. (2022). Factores asociados con la distribución espacial de muérdagos enanos en dos poblaciones de *Pinus hartwegii* del centro de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 93 (1): 5 - 10.
- Escher, P., Eiblmeier, M., Hetzger, I., y Rennenberg, H. (2004). Seasonal and spatial variation of carbohydrates in mistletoes (*Viscum album*) and the xylem sap of its hosts (*Populus x euamericana* and *Abies alba*). *Physiologia Plantarum*, 120 (2): 212 - 219. <https://doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.0230.x>
- Fernández, A. M., y del Campillo, M. C. (2002). El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores. *Parasitología Veterinaria*, 3 (5): 22 - 38.
- Fraume, N. J. (2014). Abecedario ecológico. La más completa guía de términos ambientales. *Editorial Granía*, 1 (2): 1 – 3.
- Galván-González, L. G., Cerros-Tlatilpa, R., Flores-Morales, A., Caspeta-Mandujano, J. M., y Flores - Castorena, Á. (2022). Diversidad y riqueza de plantas parásitas del estado de Morelos, *México Botanical Sciences*, 100 (3): 729 - 747.
- Gibbens, S. (2023). ¿Podría evolucionar un hongo parásito para controlar a los humanos? *Revista Nat Geo*, 1 (9): 12 – 15.
- Girón-Dolader, A., Gómez-Gardeñes, J., y Saiz-Bustamente, H. (2015). Redes de Interacción Ecológicas. Balance y Frustración en Redes Complejas con Signo. *Universidad de Zaragoza*, (1): 25 – 28.
- Gómez-Sánchez, M., Sánchez-Fuentes, L. J., y Salazar-Olivo, L. A. (2011). Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82 (4): 1203 – 1218
- Govenar, B. (2010). Shaping vent and seep communities, habitat provision and modification by foundation species. The vent and seep biota, aspects from microbes to ecosystems, *Temas de Geobiología*, 33 (3): 403 - 432.

- Griebel, A., Watson, D., y Pendall, E. (2017). Mistletoe, friend and foe: synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection. *Environmental Research Letters*, 12 (11): 112 - 115.
- Geils, B. W., Wiens, D., y Hawksworth, F. G. (2002). *Phoradendron* in Mexico and the United States. En *Mistletoes of North American Conifers*, 1 (98) 19 – 28.
- Gutiérrez-Zamora, A. (2008). Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera oriental de Colombia. *Ornitología Colombiana*, 7 (1): 17 - 42.
- Hawksworth, F. G., y Wiens, D. (1980). A new species of *Arceuthobium* (Viscaceae) from central México. *Brittonia*, 32 (3): 348 – 352. <https://doi.org/10.2307/2806732>
- Jordano, P., Vázquez, D., y Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones planta - animal. *Editorial Universitaria*, 21 (1): 2 – 3.
- Jost, L., y González-Oreja, J. (2012). Midiendo la diversidad biológica, más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56 (2): 3 - 14.
- Kaiser, B., Vogg, G., Fürst, U. B., y Albert, M. (2015). Parasitic plants of the genus *Cuscuta* and their interaction with susceptible and resistant host plants. *Frontiers in plant science*, 45 (6): 15 - 19.
- Lora-Suarez, F. M., Sierra-Rengifo, L., y Loango-Chamorro, N. (2022). Identificación de parásitos y bacterias asociados a fuentes de agua en la zona rural del municipio de Circasia, Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 34 (4): 48 - 61.
- Martínez, D. R., Rau, J. R., Murua, R. E., y Tilleria, M. S. (1993). Depredación selectiva de roedores por zorros chillas (*Pseudalopex griseus*) en la pluviselva valdiviana, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, (66): 419 - 426.
- Martínez-Adriano, C. A. (2017). Enmarañada tela de interacciones ecológicas. *Ecofronteras* 21: 30-33.

- Martínez-Castruita, I. A., Sandoval-Ortega, M. H., Arellano-Delgado, M., y Martínez-Calderón, V. M. (2021). Infestación por *Cladocolea lonicerooides* y sus potenciales aves dispersoras de semillas en un área verde urbana de la ciudad de Aguascalientes, México. *Madera y bosques*, 27 (1): 265 - 275.
- Martínez-Falcón, A. P., Martínez-Adriano, C. A., y Dáttilo, W. (2019). Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas. La biodiversidad en un mundo cambiante. *Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*, 12 (1): 265 - 283.
- Martínez-Meyer, E., Sosa - Escalante, J. E., y Álvarez, F. (2014). The study of the biodiversity in Mexico: ¿A route with a course? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (1): 1 - 9.
- Mellado, A., y Zamora, R. (2017). Parasites structuring ecological communities: the mistletoe footprint in Mediterranean pine forests. *Functional Ecology*, 31 (11): 2167 - 2176.
- Méndez-Velázquez, A. (1998). Una breve introducción a la teoría de grafos. *Suma*, (1): 15 - 19.
- Miller, R. J., Page, H. M., y Reed, D. C. (2015). Trophic versus structural effects of a marine foundation species, giant kelp (*Macrocystis pyrifera*). *Oecologia*, 179 (1): 1199 - 1209.
- Montoya, J. M., Solé, R. V., y Rodríguez, M. A. (2001). La arquitectura de la naturaleza: complejidad y fragilidad en redes ecológicas. *Ecosistemas*, 10 (2): 1 - 3.
- Nonzioli, A. (2009). Virus en alimentos. *Dirección de Promoción de la Competitividad y Valor Agregado*, 3 (1): 59 - 68.
- Mora-Ardila, F., Martínez-Salgado, M., Martínez-Villalba, A. Y., Dáttilo, W., Tapia-McClung, R., y Pasquier-Merino, A. (2021). Introducción al análisis de redes de interacciones ecológicas entre especies. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1 (3): 119 - 122.

- Núñez, I., González-Gaudio, E., y Barahona, A. (2003). La biodiversidad, historia y contexto de un concepto. *Interciencia*, 28 (7): 387-393.
- Ochoa, M. S., Madrigal, R. P., Martínez, M. T., y Carreón, A. (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 12 (1): 65 - 71.
- Ornelas, J. F. (2019). Los muérdagos. *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación. *Biodiversitas*, 146 (1): 12 - 16.
- Patefield, W. M. (1981). An efficient method of generating random r x d; c tables with given row and column totals. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 30 (1): 91 - 97.
- Paz Ponce, M., y Sánchez Peña, S. R. (2022). Control biológico del muérdago *Phoradendron* spp por hongos Fito patógenos. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*, 7 (1): 10 - 12.
- Pérez-Crespo, M. J., Lara, C., y Ornelas, J. F. (2016). Uncorrelated mistletoe infection patterns and mating success with local host specialization in *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae). *Evolutionary Ecology*, 30 (6): 1061 - 1080.
- Queijeiro-Bolaños, M., Cano-Santana, Z., y Garcia-Guzman, G. (2014). Incidence, severity, and aggregation patterns of two sympatric dwarf mistletoe species (*Arceuthobium* spp.) in Central México. *European Journal of Forest Research*, 133 (2): 297 - 306. <https://doi.org/10.1007/s10342-013-0762-6>
- Queijeiro-Bolaños, M. E., Malda-Barrera, G. X., Carrillo-Angeles, I. G., y Suzán-Azpiri, H. (2020). Contrasting gas exchange effects on the interactions of two mistletoe species and their host *Acacia schaffneri*. *Journal of arid environments*, 173 (2): 104041.
- Ramírez-Dávila, J. F., y Porcayo-Camargo, E. (2009). Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México, utilizando el Método del SADIE. *Madera y bosques*, 15 (2): 93 - 112.
- Rangel, J. O. (2005). La biodiversidad de Colombia. *Palimpsestvs*, 1 (2): 15 – 18.

- R Core Team. (2023). R (4.3.1): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>
- Rico-Gray, V. (2005). Las interacciones ecológicas y su relación con la conservación de la biodiversidad. *Cuadernos de Biodiversidad*, 18 (2): 3 - 8.
- Rivarola, M. D. (2009). Interacción entre un muérdago y un marsupial: estructura poblacional y área de acción de *Dromiciops gliroides*, y caracterización de la remoción de frutos de *Tristerix corymbosus*. *Universidad Nacional del Comahue*, (1): 6 - 8.
- Rodríguez, A. G. R. (2016). Cambios químicos en la fenología de las flores de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) y su posible relación en la polinización. *Revista de Divulgación Científica*, 2 (3): 4 – 6.
- Rodríguez-Diego, J. G., Olivares, J. L., Arece, J., y Roque, E. (2009). Evolución de los parásitos: Consideraciones generales. *Revista de Salud Animal*, 31 (1): 13 - 17.
- Sadowski, E., Seyfullah, L. J., Wilson, C. A., Calvin, C. L., y Schmidt, A. R. (2017). Diverse early dwarf mistletoes (*Arceuthobium*), ecological keystones of the Eocene Baltic amber biota. *American Journal of Botany*, 104 (5): 694 - 718. <https://doi.org/10.3732/ajb.1600390>
- Sánchez-Contreras, L. A., González-Flores, T., Ayora-Talavera, D. R., Evangelista-Martínez, Z., y Pacheco-López, N. A. (2017). ¿Qué son los microbios? *Ciencia Academia Mexicana de Ciencias*, 68 (2): 10 – 17.
- Santamaria, S. (2001). Los Laboulbeniales, un grupo enigmático de hongos parásitos de insectos. *Lazaroa*, 22 (3): 3 - 19.
- Saucet, S. B., y Shirasu, K. (2016). Molecular parasitic plant–host interactions. *PLoS pathogens*, 12 (12): 26 - 29.
- Scalon, M. C., Wright, I. J., y Franco, A. C. (2016). To recycle or steal? Nutrient resorption in Australian and Brazilian mistletoes from three low-phosphorus sites. *Oikos*, 10(6): 26-35. <https://doi.org/10.1111/oik.03455>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). De flor en flor alimentan una nación: polinizadores. <http://www.fao.org/in-action/blending-tradition-and-science-to-protect-pollinators/es/>
- Sosa-Díaz, L., Méndez-González, J., García-Aranda, M. A., Cambrón-Sandoval, V. H., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Ruiz-González, C. G., y Montoya-Jiménez, J. C. (2018). Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9 (47): 187 - 208.
- Squeo, F., Cepeda Pizarro, J., Olivares, N., y Arroyo, M. (2006). Interacciones ecológicas en la alta montaña del Valle del Elqui. Ediciones *Universidad de La Serena*, 3 (2): 25 – 29.
- Strong, G. L., y Bannister, P. (2002). Water relations of temperate mistletoes on various hosts. *Functional Plant Biology*, 29 (1): 89 - 96.
- Takats, S., Stillman, D., Cheslack-Postava, F., Bagdonas, M., Jellinek, A., Najdek, T., Petrov, D., Rentka, M., y Venčkauskas, A. (2023). Zotero (6.0.3) [Windows 10]. Corporation for Digital Scholarship. <https://www.zotero.org/>
- Valencia, D. M. (2009). El muérdago en la Ciudad de México. *Arbolama*, 1 (2): 11 – 12.
- Van-Der Zee, E. M., Angelini, C., Govers, L. L., Christianen, M. J., Altieri, A. H., Van-Der Reijden, K. J., y Van-Der Heide, T. (2016). How habitat modifying organisms structure the food web of two coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences*, 283 (1): 48 - 55.
- Van-Der Zee, E. M., Tielens, E., Holthuijsen, S., Donadi, S., Eriksson, B. K., Van-Der Veer, H. W., y Van Der Heide, T. (2015). Habitat modification drives benthic trophic diversity in an intertidal soft bottom ecosystem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 465 (7): 41 - 48.
- Vázquez-Collazo, I., y Geils, B. W. (2002). *Psittacanthus* in México. En *Mistletoes of North American Conifers*, (1): 9 – 17.

- Vera, A., Martínez, M., Parra, Y., Maldonado, R., y Carvajal, N. (2014). Plantas hemiparásitas y hospederas presentes en el bosque xerófilo de la Ciénaga de La Palmita, estado Zulia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, (1): 213 - 223.
- Vidal-Russell, R., y Nickrent, D. L. (2008). Evolutionary relationships in the showy mistletoe family (Loranthaceae). *American Journal of Botany*, 95 (8): 1015 - 1029.
- Vilchis, L. H. G., y Martínez, J. F. R. (1994). Fenología del Muérdago Enano en el Desierto de los Leones, DF. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 19 (75): 41 - 62.
- Vitali A., Sasal Y., Vázquez D. P, Miguel M. F., Rodríguez-Cabal M. A. (2022). The disruption of a keystone interaction erodes pollination and seed dispersal networks. *Ecology*, 236 (125): 365 - 378.
- Watson, D. M., y Herring, M. (2012). Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279 (1743): 3853 - 3860.
- Zamora, R., Lázaro-González, A., y Hódar, J. A. (2020). Secondary foundation species foster novel plant–animal interactions in the forest canopy: evidence from mistletoe. *Insect conservation and diversity*, 13 (5): 470 - 479.
- Zhao, J., Li, Y., Wang, X., Li, M., Yu, W., Chen, J., y Zhang, L. (2023). Parasite-host network analysis provides insights into the evolution of two mistletoe lineages (Loranthaceae and Santalaceae). *Plant Diversity*, 45 (6): 702 - 711.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Documentos de revisión del muérdago.

Título	Familia	Hospedero	Familia	Parasito	Área de Estudio	Tipo de investigación
El género <i>Psittacanthus</i> (Loranthaceae) en Veracruz, México	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Veracruz	Artículo de investigación
Phloem in <i>Arceuthobium globosum</i> (Viscaceae)	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Endl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Michoacán	Artículo de investigación
Caracterización de infestación por muérdago enano ( <i>Arcethobium globosum</i> subsp. <i>Grandiculae</i> ) en el bosque de <i>Pinus hartwegii</i> de la cara sur del pico de Orizaba	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Veracruz	Artículo de investigación
Conocimiento local del género <i>Arcethobium</i> en un Área Natural Protegida del centro de México	Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i> Gordon y Glend.	Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler.	Estado de México	Artículo de investigación

Dos especies notables de <i>Phoradendron</i> (Viscaceae) de la mixteca oaxaqueña (México), una nueva y una complementada	Burseraceae	<i>Bursera discolor</i> Rzed.	Santalaceae	<i>Phoradendron perredactum</i> Rzed. y Calderón.	Oaxaca	Artículo de investigación
True mistletoes of the trees of México city	Myrtaceae	<i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.Blak.	Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt.	CDMX	Artículo de investigación
Reproductive Biology and Pollination of the Parasitic Plant <i>Psittacanthus calyculatus</i> (Loranthaceae ) in central México	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Tlaxcala	Artículo de investigación
Host compatibility of the cloud forest mistletoe <i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Loranthaceae) in central Veracruz, México	Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Schtdl. y Cham.) G. Don.	Veracruz	Capítulo de libro
Determinación de " tipo de sitio " para evaluar rodales infectados por muérdago enano <i>Arceuthobium globosum</i>	Pinaceae	<i>Pinus pseudostrobus</i> Endl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Michoacán	Artículo de investigación
Reducción de volumen y altura de <i>Pinus cooperi</i> infectados por <i>Arceuthobium vaginatum</i> en Durango	Pinaceae	<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco.	Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler.	Durango	Artículo de investigación
Incidencia de infestación de <i>Arceuthobium globosum</i> grandicaule (Hawksw. y Wiens) en <i>Pinus hartwegii</i>	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Estado de México	Nota de investigación
New combinations for <i>Arceuthobium aureum</i> (Viscaceae) in México and Central América	Pinaceae	<i>Pinus cooperi</i> C.E. Blanco.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Chihuahua	Artículo de investigación

Muérdagos enanos ( <i>Arceuthobium</i> spp.) en el sur de México: Distribución, hospederos y cambios en la nomenclatura	Pinaceae	<i>Pinus ayacahuite</i> C. Ehrenb. ex Schltld.	Santalaceae	<i>Arceuthobium guatemalense</i> Hawksw. Y Wiens.	Oaxaca	Capítulo de libro
Distribution of dwarf mistletoes ( <i>Arceuthobium</i> spp., Viscaceae) in Durango, México	Pinaceae	<i>Pinus strobus</i> Sweet.	Santalaceae	<i>Arceuthobium blumeri</i> A. Nelson.	Durango	Artículo de investigación
Incidence, severity, and aggregation patterns of two sympatric dwarf mistletoe species ( <i>Arceuthobium</i> spp.) in Central México	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler	Estado de México	Artículo de investigación
Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano ( <i>Arceuthobium globosum</i> y <i>A. vaginatum</i> ) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. Y Wiens.	Estado de México	Artículo de investigación
Unravelling host-mediated effects on hemiparasitic Mexican mistletoe <i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don traits linked to mutualisms with pollinators and seed dispersers	Fagaceae	<i>Quercus crassipes</i> Bonpl.	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Tlaxcala	Artículo de investigación
Flora del bajío	Anacardiaceae	<i>Bonetiella anómala</i> (I.M. Johnst.) Rzed.	Santalaceae	<i>Phoradendron perredactum</i> Rzed. y Calderón.	Queretaro	Capítulo de libro
Pollination and nectar production of <i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Lorantaceae) in central Veracruz, México			Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeanus</i> (Schltld. y Cham.) G. Don.	Veracruz	Artículo de investigación

Presencia de muérdagos en comunidades de árboles relacionada con la cercanía a alteraciones antrópicas en el Parque Nacional El Cimatario, Querétaro México

Santalaceae *Phoradendron* Nutt. Queretaro Artículo de investigación

*Dendrophthora costaricensis* (Loranthaceae), un nuevo registro para la flora de México

Loranthaceae *Dendrophthora costaricensis* Urb. Veracruz Artículo de investigación

Modelización y mapeo de la distribución del muérdago enano (*Arceuthobium*) en la ladera sur del Parque Nacional Nevado de Toluca

Santalaceae *Arceuthobium* M. Bieb. Estado de México Artículo de investigación

Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo

Santalaceae *Phoradendron forestierae* B.L. Rob. y Greenm. Queretaro Artículo de investigación

Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp) en el Nevado de Toluca, México, utilizando el método del SADIE

Santalaceae *Arceuthobium* M. Bieb. Estado de México Artículo de investigación

Análisis de la distribución espacial del muérdago (*Phoradendron californicum*) en el sur del desierto sonorense

Fabaceae *Olneya tesota* A. Gray.

Santalaceae *Phoradendron californicum* Nutt. Sonora Artículo de investigación

Floral anatomy of the plant *Psittacanthus schiedeanus*

Santalaceae *Psittacanthus schiedeanus* (Schltdl. y Cham.) G. Don. Queretaro Artículo de investigación

Epiparasitism in *Phoradendron durangense* and *P. falcatum* (Viscaceae)

Santalaceae *Phoradendron decipiens* Kuijt. Sinaloa, Durango y México Artículo de investigación

Importancia del injerto ( <i>Phoradendron</i> sp) para el venado			Santalaceae	<i>Phoradendron villosum</i> Nutt.	Durango	Artículo de investigación
Diversidad y riqueza de plantas parasitas del estado de Morelos, México			Santalaceae	<i>Phoradendron nudum</i> Kuijt.	Morelos	Artículo de investigación
<i>Phoradendron</i> in México and United State	Ericaceae	<i>Arbutus arizonica</i> (A. Gray) Sarg.	Santalaceae	<i>Phoradendron bolleanum</i> (Seem.) Hemsl.	Chihuahua	Capítulo de libro
Anatomy of Mexican species of the genera <i>Phoradendron</i> and <i>Psittacanthus</i> , endemic to the new world			Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Queretaro	Artículo de investigación
Revisión bibliográfica sobre los muérdagos (Loranthaceae) de México	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Phoradendron bolleanum</i> (Seem.) Hemsl.	Guadalajara	Tesis
<i>Arceuthobium</i> (Viscaceae) in México and Guatemala: additions and range extensions			Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Chiapas	Artículo de investigación
A new species of <i>Arceuthobium</i> (Viscaceae) from central México	Pinaceae	<i>Pinus discolor</i> D.K. Bailey y Hawksw.	Santalaceae	<i>Arceuthobium pendens</i> Hawksw. y Wiens.	San Luis Potosí y Veracruz	Artículo de investigación
Control químico del muérdago verdadero ( <i>Psittacanthus</i> sp) en la Sierra Purepecha (meseta Tarasca)	Pinaceae	<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltldl. y Cham.	Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Michoacan	Artículo de investigación

<i>Struthanthus ramiro-cruzii</i> (Loranthaceae) a new species from Guerrero, México			Loranthaceae	<i>Struthanthus ramiro-cruzii</i> Martínez-Ambr. y Soriano-Benítez.	Guerrero	Artículo de investigación
Nota sobre la familia <i>Loranthaceae</i> y el parasitismo secundario			Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Chiapas	Nota científica
Estudio taxonómico de los muérdagos (Loranthaceae) del nevado de Colima y volcan de fuego Jalisco - Colima, México	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler.	Jalisco y Colima	Tesis
<i>Psittacanthus mayanus</i> y la familia Loranthaceae en Yucatan			Loranthaceae	<i>Psittacanthus mayanus</i> Standl. y Steyerem.	Yucatan	Nota científica
Caracterización de infestación por muerdago enano ( <i>Arcethobium globosum</i> subsp. <i>Grandiculae</i> ) en el bosque de <i>Pinus hartwegii</i> de la cara sur del pico de Orizaba	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium globosum</i> Hawksw. y Wiens.	Veracruz	Artículo de investigación
Justification for subspecies in <i>Arceuthobium campylopodum</i> (Viscaceae)			Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler,	Sinaloa	Artículo de investigación
El género <i>Cladocolea</i> (Loranthaceae) en México: Muérdago verdadero o injerto	Salicaceae	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth.	Loranthaceae	<i>Cladocolea</i> Tiegh.	Estado de México	Artículo de investigación
Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre <i>Pinus hartwegii</i> en el área natural protegida "Zoquiapan y anexas" Estado de México	Pinaceae	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler.	Estado de México	Artículo de investigación

Distribución espacial del muérdago en las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt.	Ciudad de México	Tesis
Modelación de la distribución espacial del muérdago (Santalales: Loranthaceae) en las áreas verdes de la delegación Tlalpan, México	Oleaceae	<i>Fraxinus uhdei</i> (Wenz.) Lingelsh.	Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt.	Ciudad de México	Artículo de investigación
Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano ( <i>Arceuthobium</i> sp) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca México			Santalaceae	<i>Arceuthobium</i> M. Bieb.	Estado de México	Artículo de investigación
Los muérdagos verdaderos del arbolado de la Ciudad de México			Loranthaceae	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt.	Ciudad de México	Artículo de investigación
Seed dispersal of the Mistletoes			Loranthaceae	<i>Psittacanthus schiedeianus</i> (Schltdl. y Cham.) G. Don.	Veracruz	Capítulo de libro
Impacto del muérdago ( <i>Psittacanthus calyculatus</i> ) en la economía de las familias campesinas en una región del subtrópico Mexicano			Loranthaceae	<i>Psittacanthus calyculatus</i> (DC.) G. Don.	Guerrero	Capítulo de libro
Fenología del muérdago enano en el desierto de los Leones, D. F			Santalaceae	<i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler.	Ciudad de México	Artículo de investigación

---

**Anexo 2.** Diversidad de hospederos – muérdagos en México.

<b>No.</b>	<b>Hospedero</b>	<b>Muérdago</b>
1	<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
2	<i>Matudaea trinervia</i>	<i>Psittacanthus ramiflorus</i>
3	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
4	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium douglasii</i>
5	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium tsugense</i>
6	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
7	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
8	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
9	<i>Bursera discolor</i>	<i>Phoradendron perredactum</i>
10	<i>Acacia cochliacantha</i>	<i>Phoradendron olae</i>
11	<i>Leucaena pallida</i>	<i>Phoradendron olae</i>
12	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
13	<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
14	<i>Fraxinus americana</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
15	<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
16	<i>Prunus serótina</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
17	<i>Populus x canadensis</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
18	<i>Populus deltoides</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
19	<i>Salix bonplandiana</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
20	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
21	<i>Celtis occidentalis</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
22	<i>Ulmus parvifolia</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i>
23	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
24	<i>Acacia melanoxylon</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
25	<i>Buddleja cordata</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
26	<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
27	<i>Fraxinus americana</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
28	<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
29	<i>Grevillea robusta</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
30	<i>Prunus serótina</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
31	<i>Populus deltoides</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
32	<i>Populus tremuloides</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
33	<i>Ulmus parvifolia</i>	<i>Struthanthus interruptus</i>
34	<i>Quercus obtusata</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
35	<i>Celtis occidentalis</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
36	<i>Alnus acuminata</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>

37	<i>Salix babylonica</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
38	<i>Crataegus pubescens</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
39	<i>Persea americana</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
40	<i>Prunus serótina</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
41	<i>Malus domestica</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
42	<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
43	<i>Quercus germana</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
44	<i>Quercus leiophylla</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
45	<i>Platanus mexicana</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
46	<i>Persea americana</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
47	<i>Acacia pennatula</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
48	<i>Crataegus mexicana</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
49	<i>Citrus máxima</i>	<i>Psittacanthus schiedeanus</i>
50	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
51	<i>Pinus michoacana</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
52	<i>Pinus douglasiana</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
53	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
54	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
55	<i>Pinus cooperi</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
56	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
57	<i>Quercus sideroxyla</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
58	<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
59	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
60	<i>Hampea mexicana</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>
61	<i>Hampea mexicana</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>
62	<i>Hampea mexicana</i>	<i>Amaranthus palmeri</i>
63	<i>Pinus cooperi</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
64	<i>Pinus durangensis</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
65	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
66	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
67	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Arceuthobium guatemalense</i>
68	<i>Pinus devoniana</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
69	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
70	<i>Pinus lawsonii</i>	<i>Arceuthobium hondurense</i>
71	<i>Pinus montezumae</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
72	<i>Pinus maximinoi</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
73	<i>Pinus oaxacana</i>	<i>Arceuthobium hondurense</i>
74	<i>Pinus patula</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
75	<i>Pinus pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>

76	<i>Pinus tecunumanii</i>	<i>Arceuthobium hondurense</i>
77	<i>Pinus teocote</i>	<i>Arceuthobium hondurense</i>
78	<i>Pinus strobus</i>	<i>Arceuthobium blumeri</i>
79	<i>Pinus ayacahuite</i>	<i>Arceuthobium blumeri</i>
80	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	<i>Arceuthobium douglasii</i>
81	<i>Pinus chihuahuana</i>	<i>Arceuthobium gillii</i>
82	<i>Pinus herrerae</i>	<i>Arceuthobium gillii</i>
83	<i>Pinus leiophylla</i>	<i>Arceuthobium gillii</i>
84	<i>Pinus lumholtzii</i>	<i>Arceuthobium gillii</i>
85	<i>Pinus teocote</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
86	<i>Pinus cooperi</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
87	<i>Pinus cooperi</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
88	<i>Pinus durangensis</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
89	<i>Pinus engelmannii</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
90	<i>Pinus herrerae</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
91	<i>Pinus teocote</i>	<i>Arceuthobium rubrum</i>
92	<i>Pinus chihuahuana</i>	<i>Arceuthobium strictum</i>
93	<i>Pinus arizonica</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
94	<i>Pinus engelmannii</i>	<i>Arceuthobium verticilliflorum</i>
95	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
96	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
97	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
98	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
99	<i>Quercus crassipes</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
100	<i>Salix bonplandiana</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
101	<i>Populus alba</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
102	<i>Crataegus mexicana</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
103	<i>Persea americana</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
104	<i>Prunus serótina</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
105	<i>Malus domestica</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>

### Anexo 3. Censo de géneros de los hospederos.

Género	No. de interacciones
<i>Pinus</i>	49
<i>Quercus</i>	5
<i>Populus</i>	5
<i>Salix</i>	4

<i>Fraxinus</i>	4
<i>Prunus</i>	4
<i>Acacia</i>	3
<i>Crataegus</i>	3
<i>Persea</i>	3
<i>Hampea</i>	3
<i>Malus</i>	2
<i>Ligustrum</i>	2
<i>Liquidambar</i>	2
<i>Celtis</i>	2
<i>Ulmus</i>	2
<i>Jacaranda</i>	1
<i>Pseudotsuga</i>	1
<i>Bursera</i>	1
<i>Buddleja</i>	1
<i>Grevillea</i>	1
<i>Alnus</i>	1
<i>Matudaea</i>	1
<i>Eucalyptus</i>	1
<i>Platanus</i>	1
<i>Citrus</i>	1
<i>Juniperus</i>	1
<i>Leucaena</i>	1

**Anexo 4.** Nombres de muérdagos y hospederos completos y abreviados.

<b>Especie</b>	<b>Abreviatura</b>
<i>Psittacanthus calyculatus</i>	Psic_caly
<i>Psittacanthus ramiflorus</i>	Psic_rami
<i>Arceuthobium globosum</i>	Arct_glob
<i>Arceuthobium douglasii</i>	Arct_doug
<i>Arceuthobium tsungense</i>	Arct_tsu
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	Arct_vagi
<i>Phoradendron perredactum</i>	Phod_perr
<i>Phoradendron olae</i>	Phod_olae
<i>Cladocolea loniceroides</i>	Clac_loni
<i>Struthanthus interruptus</i>	Strt_inte
<i>Phoradendron velutinum</i>	Phod_velu
<i>Psittacanthus schiedeanus</i>	Psic_schi

<i>Amaranthus palmeri</i>	Amat_palm
<i>Arceuthobium guatemalense</i>	Arct_guat
<i>Arceuthobium rubrum</i>	Arct_rub
<i>Arceuthobium hondurense</i>	Arct_hond
<i>Arceuthobium blumeri</i>	Arct_blu
<i>Arceuthobium gilli</i>	Arct_gil
<i>Arceuthobium strictum</i>	Arct_stri
<i>Arceuthobium verticilliflorum</i>	Arct_vert
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liq_sty
<i>Matudaea trinervia</i>	Mat_trin
<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pin_pseu
<i>Pinus hartwegii</i>	Pin_hart
<i>Pinus montezumae</i>	Pin_mont
<i>Bursera discolor</i>	Bur_dis
<i>Acacia cochliacantha</i>	Aca_coch
<i>Leucaena pallida</i>	Leu_pal
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	Euca_ter
<i>Fraxinus uhdei</i>	Frax_uhd
<i>Fraxinus americana</i>	Frax_ame
<i>Ligustrum lucidum</i>	Ligt_luci
<i>Prunus serotina</i>	Prun_ser
<i>Populus x canadensis</i>	Pop_x_can
<i>Populus deltoides</i>	Pop_del
<i>Salix bonplandiana</i>	Sal_bon
<i>Salix humboldtiana</i>	Sal_hum
<i>Celtis occidentalis</i>	Celt_occ
<i>Ulmus parvifolia</i>	Ulm_parv
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacr_mimo
<i>Acacia melanoxylon</i>	Aca_mel
<i>Buddleja cordata</i>	Budl_cord
<i>Grevillea robusta</i>	Grev_rob
<i>Populus tremuloides</i>	Pop_trem
<i>Quercus obtusata</i>	Quer_obt
<i>Alnus acuminata</i>	Aln_acum
<i>Salix babylonica</i>	Sal_bab
<i>Crataegus pubescens</i>	Crat_pub
<i>Persea americana</i>	Per_amer
<i>Malus domestica</i>	Mal_dom
<i>Quercus germana</i>	Quer_ger
<i>Quercus leiophylla</i>	Quer_lei

<i>Platanus mexicana</i>	Plat_mex
<i>Acacia pennatula</i>	Aca_pen
<i>Crataegus mexicana</i>	Crat_mex
<i>Citrus maxima</i>	Cit_max
<i>Pinus michoacana</i>	Pin_mich
<i>Pinus douglasiana</i>	Pin_doug
<i>Pinus cooperi</i>	Pin_coop
<i>Pinus ayacahuite</i>	Pin_ayac
<i>Quercus sideroxyla</i>	Quer_sid
<i>Juniperus deppeana</i>	Junp_dep
<i>Hampea montebellensis</i>	Hamp_mex
<i>Pinus durangensis</i>	Pin_dur
<i>Pinus devoniana</i>	Pin_dev
<i>Pinus lawsonii</i>	Pin_law
<i>Pinus maximinoi</i>	Pin_maxi
<i>Pinus oaxacana</i>	Pin_oax
<i>Pinus patula</i>	Pin_pat
<i>Pinus tecunumanii</i>	Pin_tec
<i>Pinus teocote</i>	Pin_teo
<i>Pinus strobus</i>	Pin_str
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Pset_men
<i>Pinus chihuahuana</i>	Pin_chi
<i>Pinus herrerae</i>	Pin_her
<i>Pinus leiophylla</i>	Pin_lei
<i>Pinus lumholtzii</i>	Pin_lum
<i>Pinus engelmannii</i>	Pin_eng
<i>Pinus arizonica</i>	Pin_ari
<i>Quercus crassipes</i>	Quer_cras
<i>Populus alba</i>	Pop_alb