

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE GEOGRAFÍA
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS
EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN
MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:

IRMA HUERTA HERNÁNDEZ

ASESOR:

DR. SERGIO FRANCO MAASS

REVISORES:

DR. ANGEL ROLANDO ENDARA AGRAMONT

DRA. CLARITA RODRÍGUEZ SOTO

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

NOVIEMBRE 2021



DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN
REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN
MÉXICO



AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
ANTECEDENTES.....	13
Antecedentes: Herbario 1838-2003, México.....	14
Antecedentes de APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc	17
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
JUSTIFICACIÓN.....	20
HIPÓTESIS.....	21
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	22
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	25
1.1 Los bosques de alta montaña en México.....	25
1.1.1 Bosques mesófilos de montaña INEGI y CONABIO.....	25
1.1.2 Rzedowski: bosques de montaña	26
1.2 Tipos de bosques en México.....	26
1.2.1 Distribución de bosques en México.....	28
1.3 Plantas parásitas: Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus.....	29

1.3.1 Plantas parásitas en México	29
1.3.2 Género Arceuthobium.....	30
1.3.3 Género Cladocolea.....	33
1.3.4 Género Phoradendron	34
1.3.5 Género Psittacanthus.....	35
1.3.6 Género Struthanthus.....	36
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	39
2. 1 Distribución de zonas boscosas de alta montaña en México	41
2.1.1 Distribución en México de áreas de alta montaña	41
2.1.2 Delimitación de la zona de estudio	42
2.1.3 Cobertura forestal de áreas de alta montaña	44
2.2 Generación de las bases de datos de plantas parásitas de CONAFOR.....	48
2.2.1 Identificación de los géneros de plantas parásitas	48
2.2.2 Descripción de las bases de datos Proporcionadas por CONAFOR.....	48
2.2.3 Problemas en la localización de puntos de muestreo.....	49
2.2.4 Depuración de la base de datos.....	49
2.2.5 Creación de bases de datos cartográficos.....	50
2.2.6 Datos cartográficos categóricos	50
2.3. Proyecto “Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en cuatro Regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente, Centro Sur”	52
2.3.1 Método de Muestreo	52
2.3.2 Depuración de datos.....	53
2.4. Integración de bases de datos, APFF Nevado de Toluca – Monte Tláloc.....	54
RESULTADOS	57
I. DISTRIBUCIÓN DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO	57
II. Distribución de bosques de alta montaña.....	57

III. Distribución espacial nacional de plantas parásitas en coberturas forestales.....	57
IV. Distribución espacial del género Arceuthobium.....	60
V. Distribución espacial del género Phoradendron	62
VI. Distribución espacial del género Psittacanthus	64
VII. Distribución espacial del género Struthanthus	66
VIII. Distribución espacial local de plantas parásitas en APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc.....	68
IX. Cambio y evolución de registros de plantas parásitas en México	72
III.I Factores que influyeron y determinaron la presencia de plantas parásitas.....	73
III.II Análisis de presencia de plantas parásitas por provincias biogeográficas	74
IV. Relación patógeno - hospedero.....	75
DISCUSIÓN	78
DISTRIBUCIÓN NACIONAL Y LOCAL.....	78
IMPACTO DE LOS GÉNEROS: ARCEUTHOBIUM, CLADOCOLEA, PHORADENDRON, PSITTACANTHUS Y STRUTHANTHUS.....	79
LIMITANTES.....	79
CONCLUSIONES.....	80
Sobre los resultados	80
Sobre la metodología	80
Aportaciones.....	81
REFERENCIAS.....	82

Referencias textuales 82

REFERENCIAS FOTOGRÁFICAS..... 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Antecedentes de registros de plantas parásitas, 1838-2000 en México.	15
Figura 2. Sistemas montañosos de México.	22
Figura 3. Distribución de bosques en México.	28
Figura 4. <i>Arceuthobium globosum</i> en montaña la Malinche, Tlaxcala y Puebla.	30
Figura 5. <i>Arceuthobium globosum</i> en <i>Pinus hartwegii</i> , Pico de Orizaba, Puebla.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 6. <i>Cladocolea copulata</i>	33
Figura 7. <i>Phoradendron spp.</i> en ANP Pico de Orizaba, Puebla.	34
Figura 8. <i>Psittacanthus calyculatus</i>	35
Figura 9. <i>Struthanthus cassythoides</i> , Yucatán, México.....	36
Figura 10. Esquema metodológico.	39
Figura 11. Zonas de alta montaña de México.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 12. Ejemplo de polígonos menores a 1Km ²	42
Figura 13. Unidad mínima cartografiable de acuerdo con la escala de representación.....	43
Figura 14. Áreas con superficies mayores a 1 Km ²	¡Error! Marcador no definido.
Figura 15. Cobertura forestal nacional con sobre posición del área de estudio	¡Error! Marcador no definido.
Figura 16. Cobertura Forestal de alta montaña en México.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17. Nube de puntos en polígono de registros en campo por CONAFOR	49
Figura 18. Ejemplo de depuración por malla de muestreo.	51
Figura 19. Distribución espacial de puntos de muestreo, Nevado de Toluca (figura izquierda) y Monte Tláloc (figura derecha).....	53
Figura 20. Comparación de valores de dos bases de datos.....	54

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 21. Identificación de Phoradendron en *Ribes ciliatum* en Pico de Orizaba, Puebla.**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 22. Distribución de registros por sistemas montañosos de México. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 23. Distribución de los 5 géneros de plantas parásitas en México: Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus.58

Figura 24. Ejemplo de presencia de distribución general de plantas parásitas.....59

Figura 25. Distribución espacial del género Arceuthobium en bosques de alta montaña.61

Figura 26. Distribución espacial del género Phoradendron en bosques de alta montaña.63

Figura 27. Distribución espacial del género Psittacanthus en bosques de alta montaña.65

Figura 28. Distribución espacial del género Struthanthus en bosques de alta montaña.67

Figura 29. Distribución espacial local en APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc.69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI: Bosques y selvas.....	27
Tabla 2. Polígonos iniciales de alta montaña / polígonos finales.	43
Tabla 3. Categorías forestales y agrupaciones por tipo de bosque.	46
Tabla 4. Lista de hospederos de los géneros de plantas parásitas; Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus, Struthanthus.	48
Tabla 5. Campos de la base de datos resultante.	50
Tabla 6. Muestreo de Nevado de Toluca y Monte Tláloc.	52
Tabla 7. Número de sitios con registros de plantas parásitas.	53
Tabla 8. Especies del género Arceuthobium registrados en sitios de muestreo por montaña.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9. Estructura final de la base de datos de distribución de plantas parásitas.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 10. Estados que pertenecen a provincias fisiográficas.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11. Relación de patógeno hospedero en México.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Gráfico 1. Registros anuales de plantas parásitas en México.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico 2. Especies de hospederos del género Arceuthobium.....	60
Gráfico 3. Especies de hospederos del género Phoradendron.....	62
Gráfico 4. Especies de hospederos del género Psittacanthus.	64
Gráfico 5. Especies de hospederos del género Struthanthus.	66

INTRODUCCIÓN

Las plantas parásitas se presentan en gran parte de los ecosistemas forestales de México, siendo desfavorable ya que ocasionan pérdidas económicas, degradación forestal y con ello disminución de servicios forestales. Se busca identificar la presencia y distribución espacial de estos patógenos en regiones forestales de alta montaña en México con el fin de preservar, mitigar y cuidar de nuestros bosques en conjunto con dependencias públicas.

De acuerdo con distintos estudios en los últimos años los incendios forestales, la erosión del suelo y la falta de regeneración natural han provocado una mayor incidencia de plagas y enfermedades en el bosque, entre ellos las cinco principales especies de plantas parásitas siendo; *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*. En 2004 se reportó que el nivel de infestación de muérdago podría estar afectando a más del cinco por ciento del bosque a nivel mundial (PAAP, 2016).

La gestión de la información geográfica permite representar el comportamiento y nivel de infestación espacial de las plantas parásitas y cartografiar el fenómeno. Esto contribuye a la conservación de los bosques de alta montaña de México. Se pretende generar información cartográfica no solo de plantas parásitas, sino también de las zonas boscosas de alta montaña. Lo que se sabe hasta ahora de la distribución del muérdago es poco, con casos de estudio como el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Michoacán, incluso en Ciudad de México, relativamente han sido en áreas pequeñas en comparación con este estudio, mismos en los que observa la infestación de plantas parásitas.

El documento consiste en tres capítulos, el primero se basa en una sustentación teórica del estudio resaltando conceptos de bosques de alta montaña, tipos de bosques y los cinco géneros de plantas parásitas a representar, analiza y expone las investigaciones validas sobre el estudio, también se habla de efectos de los cinco géneros patógenos en los bosques de México. El segundo corresponde al desarrollo metodológico del estudio, descripción de herramientas utilizadas, geo procesos realizados y el análisis espacial de los tres insumos principales, (1) cobertura forestal de la alta montaña, (2) bases de datos nacionales de diferentes especies tomadas como plantas parásitas proporcionados por Sanidad Forestal de la CONAFOR y (3) base de datos del proyecto “Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en cuatro Regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente, Centro Sur”.

Por último, el tercer capítulo representa los resultados de la investigación, se expondrá la evolución de los registros en México por cada uno de los cinco géneros, la distribución espacial de los patógenos (*Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*) relacionada con su hospedero a través de la cobertura forestal, aspectos positivos y negativos. Además de agregar un enfoque en el caso del centro de México con tres elevaciones de tacadadas: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFFNT), Sierra de las Cruces y el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, donde veremos el ejemplo más notable de que el factor antrópico es un factor imprescindible del aumento de patógenos.

Se pretendió llegar a un alcance nacional con ayuda de información espacial, análisis de datos. Nuestros bosques necesitan protección para mantener y conservar la riqueza forestal.

OBJETIVOS

Objetivo general

Cartografiar la distribución espacial de plantas parásitas en las zonas boscosas de alta montaña en México.

Objetivos específicos

- Identificar las zonas boscosas de alta montaña en México.
- Integrar bases de datos geográficos de plantas parásitas en bosques de alta montaña.
- Obtener los mapas de distribución nacional de plantas parásitas y local en APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc.

ANTECEDENTES

Diversos estudios (Cedillo, 2017; Endara et al., s/f; Ramírez y Porcayo, 2009) demuestran que los bosques de alta montaña en México se están viendo afectados por la infestación de plantas parásitas. Los servicios ambientales como la preservación de la biodiversidad, la captura de carbono y producción de agua y suelos, constituyen bienes y servicios públicos producidos por cubierta forestal principalmente, mismos que han sido estudiados a partir de las problemáticas que afectan a los bosques, específicamente de alta montaña (SEMARNAT, 2007).

Desde principios de los 90's numerosos investigadores se han centrado en detectar y cartografiar perturbaciones en los bosques debidas a fuegos, cortas o ataques de plagas forestales (Álvarez et al., 2005). La preocupación de los ciudadanos por el desgaste y escasez de los recursos naturales, así como las degradaciones que ha realizado el ser humano en su medio ambiente a través de sus acciones irracionales, han planteado la necesidad de un mejor conocimiento de su hábitat natural y sus ecosistemas forestales.

El estudio de la distribución espacial de plantas parásitas se ha realizado a escalas pequeñas, como es el caso del estudio en 2016 por Protección Ambiental, Asesoría y Proyectos en Jalisco, en el cual se realiza un diagnóstico de áreas forestales afectadas por muérdago en el ejido San Agustín, Zapopan.

“La evaluación de las áreas afectadas se realizó con el objetivo simultáneo de disponer de referencias de validación o comparación que puedan asociarse a resultados de análisis de imágenes de satélite y de obtener la información que posteriormente realizar una intervención del saneamiento” (PAAP, 2016:34).

El estudio permitió identificar de manera detallada las áreas forestales con afectación de muérdago en el Ejido San Agustín, para ello tomaron como base el uso de imágenes y la obtención de información en campo con un criterio sistemático con sustento estadístico de sitios de muestreo, permitiendo información precisa de distribución específicamente al muérdago. Aunando lo siguiente:

“En México presentan una amplia distribución y se encuentran en casi todos los ecosistemas naturales, con alrededor de 120 especies en 10 géneros: *Antidaphne*, *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Dendrophthora*, *Ixocactus*, *Oryctanthus*, *Phthirusa*,

Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus, los tres últimos conocidos como muérdagos verdaderos” (PAAP, 2016:6).

Actualmente, debido a la magnitud e importancia de los recursos forestales, se ha hecho indispensable el uso de nuevas tecnologías de análisis geográfico como herramienta de apoyo en la planeación, ejecución e integración de inventarios, así como en el análisis ecológico, silvícola, socioeconómico y en la formulación de programas de manejo forestal (Ancira y Treviño, 2015). Para la planificación de las actividades forestales se cuenta con valiosas fuentes de información sobre los rasgos geográficos de la superficie terrestre como fotografías aéreas y mapas temáticos. Un caso de estudio es la modelación espacial del muérdago en áreas verdes de Tlalpan, México.

“El muérdago es una planta hemiparásita que, al impregnarse en el tallo de su hospedero, compete con él por agua y nutrientes e impiden su desarrollo. Modelar la distribución espacial del muérdago en parques urbanos permite establecer mejores estrategias de control de esta hemiparásita. Generar mapas que muestren los diferentes focos de agregación de este organismo parásito en las áreas verdes de la Delegación Tlalpan, Ciudad de México.” (Espinoza et al., 2019:17).

El estudio evaluó sitios de muestreo, para obtener presencia de muérdago y de esta manera modelar la distribución espacial. Otro estudio enfocado en plantas parásitas y la diversidad nacional forestal en el país fue desarrollado en la Universidad de Coahuila, aplicado a la distribución del muérdago en México tomado como el segundo agente destructor de los bosques (Cepeda, 2011).

En décadas recientes los bosques de México se han visto, seriamente deteriorados, estos cambios se han estado dando de manera alarmante, por lo tanto, se ha desarrollado el manual de sanidad forestal por SEMARNAT y CONAFOR permitiendo informar sobre tratamientos, productos y dosis recomendadas para plagas y enfermedades (SEMARNAT, 2007: CONAFOR, 2010).

Antecedentes: Herbario 1838-2003, México

En la medida en que el deterioro forestal se incrementa, la preocupación de la sociedad y el gobierno mexicano por la preservación de estos servicios es mayor, sin embargo, a pesar de tal dimensión de deterioro en los bosques de alta montaña han sido poco documentados de acuerdo con su distribución e infestación a grandes extensiones territoriales. Actualmente quien documenta mayores datos de estas afectaciones La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Biodiversidad (CONABIO) y La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) a nivel nacional, recibe datos de proyectos de investigación a través de la Gerencia de Sanidad desde el año de 2003 hasta la fecha (Alvarado y Saavedra, 2016). Uno de ellos es el proyecto “Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en cuatro Regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente, Centro Sur”, integrado en la investigación.

Los resultados de búsquedas de las anteriores fuentes fueron datos desde 1838 hasta el año 2000 en dos bases de datos: Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB) y Global Biodiversity Information Facility (GBIF: Figura 1.), datos útiles para el conocimiento y comprensión de la cantidad de registros y tipo de plantas parásitas desde hace dos décadas (REMIB, 2021: GBIF, 2021). De acuerdo con el mapa la década que ha tenido mayor registro de presencia de patógenos es en el periodo 1990-2000, esto en comparación con los otros dos lapsos de tiempo, es por la cantidad de años, además de agregar el desarrollo de estudios en la última década (Alvarado y Saavedra, 2016).

Figura 1. Antecedentes de registros de plantas parásitas, 1838-2000 en México.



Fuente: Elaboración propia con base en herbarios nacionales, 1838-2000.

El aumento y notable número de registros ha sido en áreas con mayor accesibilidad y presencia de comunidades, al centro del país y a lo largo del Eje Neo Volcánico, es notable en Guadalajara, Ciudad de México, Estado de México, Michoacán, Querétaro, Veracruz, San Luis Potosí, etc., otro análisis de su distribución son los bosques templados y de coníferas, en la mayor parte del país está infestado por alguno de los géneros de plantas parásitas. Durante los siglos XIX y XX el género *Arceuthobium* tenía una distribución muy limitada en el centro de México y no era un problema en comparación con la distribución actual. El género *Cladocolea* era escaso, sin embargo, este género no ha evolucionado, sigue estando limitado ambientalmente, caso que también comparte con el género *Struthanthus* y *Psittacanthus*. El género con más distribución siempre ha sido el *Phoradendron*, su crecimiento descontrolado durante estas últimas décadas ha generado problemas que actualmente perjudica en bosques de coníferas, bosques templados y en áreas verdes de las ciudades de México.

Antecedentes de APFF Nevado de Toluca y Monte Tlálloc

Los estudios más completos de distribución e infestación de plantas parásitas corresponden a los análisis del muérdago en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Uno de ellos titulado “Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium sp.*) en el APFF Nevado de Toluca, México, utilizando Método del SADIE” donde demuestra que el muérdago es una de las plantas parásitas que más daños genera a árboles de alta montaña. Teniendo resultados de mapas sobre densidad de infestación en el área de estudio. (Ramírez y Porcayo, 2009)

“En el Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) se encuentran diversas especies de Pino atacadas por el muérdago, una de las plantas parásitas más importantes del grupo de las heterófitas, debido a que causa serios perjuicios sobre otros vegetales a pesar de que se sabe que existe una relación parcial de alimentación entre huésped y esta nunca será beneficiosa.” (Ramírez y Porcayo, 2009:94).

Se realizó un muestreo en árboles infectados en la ladera norte en 10 parcelas experimentales, georreferenciaron árboles, conteo de muérdago e identificación científica toso para establecer el modelo espacial de Análisis Espacial por Índices de Distancia (SADIE). Se obtuvo la distribución espacial del muérdago enano, estadística espacial del método, superficie infestada, mapas de densidad y estabilidad espacial y temporal.

En 2010 se realizó un estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium globosum*) en la ladera norte del APFF Nevado de Toluca con información de 10 parcelas en el área y la aplicación de métodos geo estadísticos que permitieron generar mapas de incidencia, mapas de densidad del patógeno y centros de agregación, datos que fueron comparados como información espacial y no espacial. (Ramírez y Porcayo, 2010)

También mencionan que los problemas en el ANP son presencia patógenos y plagas, deforestación e incendios principalmente. Donde el género *Arceuthobium* es un serio problema que causa daños al bosque de coníferas: Deformación de ramas de los hospederos, ruptura de su fuste, crecimiento lento de individuos, e incluso la muerte (Ramírez y Porcayo, 2010: 29).

En el 2017 se realizó un análisis espacial de nivel de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *vaginatum*) en el APFF Nevado de Toluca donde se obtuvieron datos de nivel de infestación a través de muestreo sistemático de trabajo en campo (1622 sitios de

muestreo) y un modelo de distribución potencial del patógeno con 27 variables naturales, físicas y sociales. Siendo el estudio más aproximado de representación espacial del género *Arceuthobium* (Cedillo, 2017).

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca es un recurso natural importante para el Estado de México, pero su inadecuado aprovechamiento de recursos, disminución de cobertura forestal, pérdida de biodiversidad genética, expansión de actividades agropecuarias, presencia de enfermedades y plagas ponen en riesgo su biodiversidad.

Franco, Regil y Ordóñez mencionan que la presión antrópica sobre los recursos naturales provoca que incrementen plagas y enfermedades en su ecosistema (Franco, Regil y Ordóñez, 2006:18).

Los antecedentes de estudios de la montaña Tláloc localizada al centro de México corresponden a estudios de conservación y especies forestales de la montaña (Endara, et al., s/f).

El monte Tláloc forma parte del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl (CONANP, 2013). Un estudio reciente por el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la UAEMéx menciona que en el Monte Tláloc se presenta una fragmentación por reducción de densidad del arbolado a causa de la extracción forestal (Endara et al., s/f).

En el año 2016 se identificó el impacto ambiental de la montaña Tláloc donde se resalta que la parte alta es la más deteriorada por un inadecuado manejo forestal, sin embargo, no se desarrollan las características generales que muestran este estado negativo del bosque. (Unión Regional de Silvicultores de Tláloc, 2016)

En la Manifestación de Impacto Ambiental (Modalidad Regional), para la remoción de arbolado verde y seco de cinco núcleos agrarios, que son afectadas por contingencias ambientales. Manifiestan las medidas de saneamiento y control de plagas y enfermedades forestales para la montaña, sin embargo (Unión Regional de Silvicultores de Tláloc, 2016) estudio reciente y aproximado como evaluador de presencia de plantas parásitas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, los incendios forestales, la erosión del suelo y la falta de regeneración natural han provocado una mayor incidencia de plagas y enfermedades en los bosques de México. Entre ellos la infestación por diversas plantas parásitas que, de acuerdo con la investigación de Carrillo hacia el 2004 ya estaba afectada más del cinco por ciento del bosque (PAAP, 2016).

Con el objetivo de monitorear el avance de la infestación de plantas parásitas en las zonas de alta montaña de México, la CONAFOR, a través de los fondos sectoriales de CONACYT, otorgó financiamiento para llevar a cabo el proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente y Centro-Sur.”. Dicho proyecto se está coordinando en el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales y está generando una gran cantidad de información sobre la distribución de las plantas parásitas con un alto nivel de detalle y riqueza temática.

La generación de una base de datos geográficos tan amplia requiere, necesariamente, del uso de geo tecnologías para su gestión y representación cartográfica. Esto implica el desarrollo y aplicación de un modelo de análisis y representación en el ambiente de un Sistema de Información Geográfica que podría generar el primer ejemplo de aplicación para cartografiar la distribución de este patógeno.

JUSTIFICACIÓN

Este estudio se concentra en la cartografía de la distribución espacial de plantas parásitas en México, específicamente en zonas de alta montaña a partir de la obtención de dos fuentes de datos que han sido recolectados con el proyecto de investigación “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente y Centro-Sur” por el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) y otra con registros nacionales de plantas parásitas proporcionada por la gerencia de Sanidad Forestal por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), para que las dependencias e instituciones encargadas de la protección de los bosques conozcan, evalúen, apliquen soluciones y suministren apoyo a dichas actividades.

La viabilidad del proyecto se debió a que diversas instituciones proporcionaron información de localización de plantas parásitas, identificándolas y clasificándolas en pequeñas áreas de estudio, generando oportunidades para la elaboración de un atlas nacional, ayudando a una visualización completa e integral del problema. Además de resaltar el impacto negativo en ecosistemas forestales de la presencia de plantas parásitas ya que son la principal causa de daños a ecosistemas, sin contar que aún no se tiene la capacidad de controlar su crecimiento en bosques mexicanos (SEMARNAT, 2007).

El desarrollo de la distribución espacial de plantas parásitas permitió cartografiar el fenómeno a nivel nacional aportando al estudio y sanidad de los bosques; siendo este el primer estudio con un enfoque espacial a nivel nacional; el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten la gestión de la información geográfica ha permitido que este y otros estudios sean posibles. Aunado a lo anterior, el uso de datos los geográficos aplicados en este proyecto ayudarán a generar nuevos proyectos de investigación, siendo este la base técnica para otros estudios.

Finalmente, el interés de aprender un poco de los bosques de nuestro país lleva a el desarrollo de la presente investigación, misma que fue mi primera aportación como licenciada en geografía, el gran reto de realizar un estudio a nivel nacional me enriqueció intelectualmente, fue un aporte, teórico y práctico en la investigación, pero sobre todo en beneficio y utilidad para la sociedad.

HIPÓTESIS

Ante la creciente infestación de plantas parásitas en los bosques de alta montaña de México se está desarrollando un ambicioso proyecto de investigación que está recopilando una gran cantidad de datos geográficos. Mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica es posible gestionar la información generada y cartografiar la distribución espacial del fenómeno con un alto nivel de detalle.

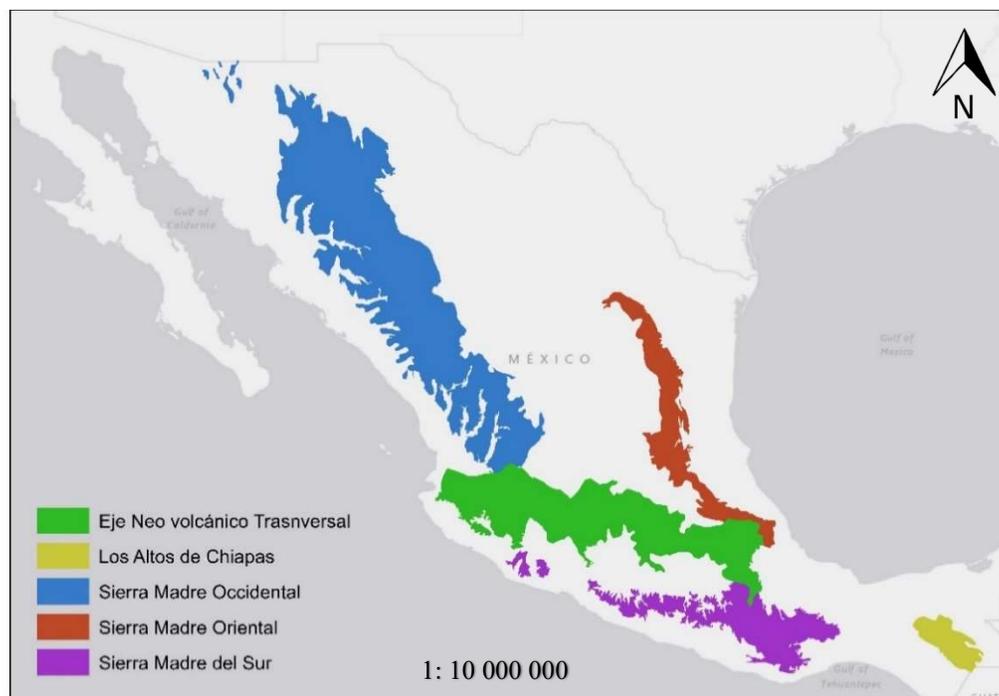
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a los bosques de alta montaña en México, y de acuerdo con la distribución de los bosques se estiman por encima de los 2,800 msnm, además de que está limitada por el área de muestreo del proyecto Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente y Centro-Sur”, ya que es a través de este en por el cual se desarrolla el producto cartográfico.

De acuerdo con el Inventario Forestal Nacional, 16.4% del territorio mexicano está cubierto por bosques de coníferas y encinos, que corresponde a 322 672.8 km². (INEGI, 2017:12).

Distribuidos en la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y el Eje Neo Volcánico (Figura 2) El estudio comprende los bosques templados, bosques de pino y encino, cadenas montañosas a lo largo y extenso del territorio mexicano, las sierras; Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Sierra madre de Chiapas, la Meseta de Chiapas al sureste de México, el Eje Neo Volcánico, así como cadenas montañosas al este y el oeste de México.

Figura 2. Sistemas montañosos de México.



Fuente: Elaboración propia con base en Provincias Fisiográficas de México (CONABIO, 2008), (Spehn y Korner, 2005) citado por (Gómez y Villalobos, 2019:8)

“Las plagas y enfermedades forestales son cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino que ponga en riesgo los recursos forestales, el medio ambiente, los ecosistemas o sus componentes” (CONAFOR, 2020: 3c)

Olivo (2018), menciona que pueden ser insectos o patógenos que ocasionan daños mecánico o fisiológico, como deformaciones, disminución del crecimiento, debilitamiento o incluso la muerte, con un impacto ecológico, económico y social desfavorable. La presencia de plantas parásitas en los bosques genera un impacto negativo. México tiene presencia de más de 200 especies patógenas en sus bosques, entre ellos plantas parásitas, identificados por causar daños en los ecosistemas forestales con actuales afectaciones a su biodiversidad, algunos bosques más afectados que otros, mismos identificados al final del estudio, provocando afectaciones a los servicios ambientales que proporcionan. (CONAFOR, 2020a)



CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Los bosques de alta montaña en México

El bosque de alta montaña es un ecosistema forestal que se desarrolla por encima de los 3500 msnm. Dicha caracterización responde al establecimiento de poblaciones de *Pinus hartwegii* encontrados desde elevaciones de 3,000 msnm, como única especie arbórea capaz de adaptarse a condiciones extremas de frío y altitud (Endara et al., 2013).

Otra referencia cercana a la definición de alta montaña corresponde a pueblos de alta montaña en el Estado de México, estos se localizan en torno a las grandes elevaciones del Eje Neo Volcánico, con una altitud aproximada de los 3,000 msnm, con climas semifríos desarrollados en bosques de coníferas, principalmente de pino y oyamel (Martínez et al., 2014).

1.1.1 Bosques mesófilos de montaña INEGI y CONABIO

Los bosques mesófilos de montaña, no son bosques de alta montaña, sin embargo, el análisis de ellos es esencial para la investigación, ya que datos cartográficos utilizados en la cobertura forestal de la investigación son intervenidos en el espacio como estos. De acuerdo con INEGI y CONABIO los bosques mesófilos de montaña en México, se encuentran sobre las vertientes donde inciden los vientos húmedos que provienen del mar y por lo general entre los 3,000 metros de altitud, zonas donde se concentra una alta humedad, existencia de lluvias durante casi todo el año, condensación de las nubes, o persistencia de niebla casi a nivel del suelo (CONABIO, 2020).

Su poca relación deriva en sus especies predominantes de pino, abeto, ciprés y enebro, que llegan a medir de 10 a 25 metros o más (INEGI, 2021). Los bosques mesófilos de montaña se localizan en cotas altitudinales por encima de las comunidades tropicales de tierras bajas, el relieve de México tiene muchas características de las regiones montañosas y frías, donde la combinación de altitud, humedad y temperatura propician su coexistencia.

El bosque mesófilo de montaña predomina suelos de tipo andosol, feozem y cambisol. Para (López, 2003, e INEGI:2017) coinciden que los suelos de tipo andosol son los más adecuados para el desarrollo de actividades forestales, debido a que son derivados de cenizas volcánicas.

Aunque se ha identificado que los suelos montañosos de México se caracterizan por ser de origen volcánico (INEGI, 2017).

1.1.2 Rzedowski: bosques de montaña

Rzedowski (1978) menciona que los ecosistemas de montaña, la altitud, el clima son los factores principales que crean las comunidades vegetales. Particularmente, el bosque mesófilo de montaña, conocido también como bosque de niebla en México, y en inglés como *Tropical Montane Cloud Forest*, el cual alberga elementos de distinta afinidad biogeográfica, microambiente, clima, cambios en la estructura de la vegetación y su composición florística. (Guerrero et al., 2019)

El bosque de montaña en México, ya sea con esta o alguna otra de sus denominaciones por distintos autores, ha sido retomado pocas veces en México. Existen semejanzas de lo que se puede llamar “Bosque alta montaña”, como son características biológicas, altitud, pendientes, clima, lluvias etc. De acuerdo con la revisión conceptual, los territorios montañosos son un medio donde abundan elevaciones, en este estudio, la zona de alta montaña se retomará a partir de los 2,800 msnm.

Sin embargo, para el caso de la investigación se retomó un concepto diferente, debido a presencia y utilidad de datos hacia el proyecto en trabajo, por lo tanto, las características generales a retomar para el bosque de alta montaña son las siguientes: (1) Altitudes mayores a 2800 msnm. (2) No existencias de asentamientos humanos; localidades, agricultura, etc. Y (3) Localizados en cobertura forestal

1.2 Tipos de bosques en México

Los bosques de México son un recurso importante por su potencial de producción maderable y no maderable, son fuente de empleo e ingreso para la población, son fuente de recursos alimentarios, relevantes por su importante variedad de especies, además de que nos proporcionan servicios ambientales indispensables para la vida. La serie VI de INEGI presenta los datos de suelo y vegetación en México (Tabla 1) en específico la riqueza de bosques y selvas de México. (INEGI, 2016)

Tabla 1. Datos de Uso del Suelo y Vegetación, Serie VI: Bosques y selvas.

Tipo de vegetación y Uso del Suelo	
Bosque De Coníferas	Bosque de Ayarín
	Bosque de cedro
	Bosque de oyamel
	Bosque de pino
	Bosque de pino-encino
	Bosque de táscate
	Matorral de coníferas
Bosque De Encino	Bosque de encino
	Bosque de encino - pino
Bosque Mesófilo De Montaña	Bosque mesófilo de montaña
Bosque Cultivado	Bosque cultivado
Selva Perennifolia	Selva alta perennifolia
	Selva alta subperennifolia
	Selva mediana perennifolia
	Selva mediana subperennifolia
	Selva baja perennifolia
Selva Caducifolia	Selva mediana subcaducifolia
	Selva baja subcaducifolia
	Selva mediana caducifolia
	Selva baja caducifolia
	Matorral subtropical
	Selva baja espinosa
	Selva baja subperennifolia
Selva Espinosa	Mezquital
Vegetación Hidrófila	Selva de galería
	Bosque de galería
	Petén
	Manglar
	Vegetación de galería
	Vegetación halófila hidrófila

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2016.

Los bosques y selvas de México se han reducido notablemente en los últimos años, su extensión es amenazada por el cambio de uso de suelo a causa de la distribución agraria, caso mundial, la grave devastación de bosques y selvas impacta directamente en la diversidad biológica de México, ya que estos bosques templados mexicanos contienen 50% de especies de pinos del mundo y cerca del 33% de encinos (CONABIO, 2020). Los usos de suelo del bosque templado de México corresponden a los tipos de vegetación agrupados por INEGI: Bosque de coníferas, bosque de encino y bosque mesófilo de montaña (Tabla 1)

predominantes en zonas montañosas de México, distribuidos a partir de los 2500 msnm hasta los 4, 100 msnm en algunos casos. Mientras que las selvas de México tienen un límite altitudinal de 2200 msnm (Beltrán, s/f).

1.2.1 Distribución de bosques en México

Para México los bosques son comunidades de pinos, oyamel, encinos y otras especies en zonas montañosas con clima templado a frío, contienen cerca de 7,000 especies de plantas, ya que son comunidades siempre verdes. Su distribución: al norte en las Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental, al centro el Eje Neo Volcánico y al sur en la Sierra Madre del Sur y en menor proporción en la Sierra Madre de Chiapas (CONABIO, 2020).

Figura 3. Distribución de bosques en México.



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI, 2016

Chápela (2012) menciona que México se debería caracterizar como un “país forestal” ya que un tercio de la superficie terrestre de México está cubierto con bosques o selvas en comparación con otros países (Figura 3). Los ecosistemas forestales del país están conformados en mayoría por los bosques de coníferas, los comprenden el bosque de Ayarín, bosque de cedro, bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, matorral de coníferas, bosque de encino, bosque de encino – pino, bosque mesófilo de montaña y bosque cultivado. Todos ellos distribuidos en las montañas (INEGI, 2017).

1.3 Plantas parásitas: Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus

Una planta parásita sobrevive a través de otra, ha desarrollado hábitos parasitarios, por lo que depende parcial o completamente de su hospedante para satisfacer su soporte físico, de carbohidratos, agua y sales minerales. Produce alteraciones fisiológicas, metabólicas y morfológicas al hospedante, y dependiendo el grado de infección que presentan en el individuo le pueden ocasionar la muerte (Red Temática en Salud Forestal, 2021).

Las plantas parásitas más peligrosas para los bosques de coníferas pertenecen a la familia Viscaceae o subfamilia viscoidea, entre sus miembros dos de estos géneros son *Arceuthobium* y *Phoradendron* (Geils et al., 2002; Citado por Sánchez et al., 2007). De acuerdo con Tolosa el parasitismo se define como una relación entre dos organismos que conviven, en la que uno obtiene recursos a expensas del otro, captando nutrientes de los tejidos del organismo en el cual habita el hospedero (Tolosa, s/f).

De acuerdo con Nickrent, las plantas parásitas representan alrededor del 1% de la flora mundial, con aproximadamente 4200 especies en 82 géneros. Se estima que existen un total de 4500 especies distribuidas en 280 géneros para todo el mundo (Nickrent, 2002).

1.3.1 Plantas parásitas en México

Para el caso de México el número de plantas parásitas es alrededor de 383 especies de plantas parásitas, con 3 subespecies: divididas en 40 géneros y 17 familias (Cházaro, 2006). Para el año 2005 en México, los órdenes Santalales y Scrophulariales, las familias Scrophulariaceae y Viscaceae, y los géneros *Phoradendron*, *Castilleja* y *Cuscuta* eran los más diversos, mientras que para el año 2020 los cinco géneros más importantes de plantas parásitas, divididos en dos grupos: Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y muérdagos verdaderos (*Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Cladocolea* y *Struthanthus*; CONAFOR, 2018). Estos se distribuyen en todas las regiones forestales del mundo, casi también de México causando daños considerables como retardar el crecimiento del hospedero, afectación de la calidad de madera, incluso matar el árbol (Agrios, 1985; Citado por Sánchez et al., 2007).

Existen pocos estudios sobre plantas parásitas de México, la mayoría en estudios sobre genética de poblaciones de plantas parásitas, y dos estudios nacionales de distribución. Uno

de los objetivos del estudio es generar una base de datos geográfica de las plantas parásitas, el proyecto está en conjunto con CONABIO, por lo tanto, los cinco géneros más importantes retomados del portal y su base de datos son los posibles a generar, entre ellos destacan las únicas y siguientes plantas parásitas:

1.3.2 Género *Arceuthobium*

1.3.2.1 Características generales

Es una planta heterofilia que se alimenta de otros vegetales (Ramírez y Porcayo, 2009). Su sistema de reproducción del género *Arceuthobium* es muy explosiva, por aves, y viento principalmente. Son gimnospermas de color amarillo, rojo y negro, de 8 a 50 cm de alto, con fruto estilo baya (Rzedowski et al., 1978; citado por Colín, 2017)

Korstian (1922), menciona que las especies del género *Arceuthobium* requieren para su desarrollo de abundante luz solar, se adhieren en zonas donde han sido explotadas, son más susceptibles al contagio los árboles jóvenes y poseen una alta capacidad de resistencia a cambios de temperatura (Gill y Hawksworth, 1961; citado por Ramírez y Porcayo, 2009).

Figura 4. *Arceuthobium globosum* en montaña la Malinche, Tlaxcala y Puebla.



Fuente: Tomada en campo, Malinche, junio del 2021.

1.3.2.2 Distribución geográfica

Existen tres especies principales de muérdago enano a nivel nacional, *Arceuthobium abietis Religiosae*, *Arceuthobium globosum* (Figura 4), y *Arceuthobium vaginatum* (Rodríguez, 1983). La especie *Arceuthobium globosum* es la que se distribuye en mayor proporción al centro de México en comparación con las otras dos, mientras que *Arceuthobium vaginatum* se distribuye en todo el país, de los 1500 a 3900 msnm de acuerdo con los últimos registros (Ramírez y Porcayo, 2009).

1.3.2.3 Daños

El género *Arceuthobium* es un agente biológico en los bosques de coníferas que más genera pérdidas económicas en producción de madera en el continente americano (Sotero et al., 2018). Debido a que genera grandes y numerosos nudos además de que reduce el crecimiento en diámetro y altura, de los árboles infectados (Rodríguez, 1983; citado por Colín, 2017). Cuando el nivel de infestación es alto o ataca a árboles juveniles puede provocar la muerte.

Figura 5. *Arceuthobium globosum* en *Pinus hartwegii*, Pico de Orizaba, Puebla.



Fuente: Tomada en campo, Pico de Orizaba, mayo del 2021.

1.3.3 Género Cladocolea

1.3.3.1 Características generales

El género Cladocolea es conocido como muérdago verdadero, es una planta hemiparásita con cerca de 20 especies en México. Planta que solo extrae agua de su hospedante, provoca altos niveles de daño provocando la susceptibilidad y ataque de otros agentes. Es un arbusto con tallos cilíndricos (Figura 6), con una alta periodicidad de tiempo en reproducción de su semilla distinguido por sus flores pequeñas y terminales (Kuijt, 1992; citado por Alvarado y Saavedra, 2007).

Figura 6. *Cladocolea copulata*.



Fuente: Cladocolea [Fotografía] tomado de Naturalista, 2019.

1.3.3.2 Distribución geográfica

Cada vez adquieren mayor importancia al afectar el vigor y estética de sus hospedantes, de acuerdo con Kuijt (1992) el género cuenta más o menos con 19 especies y se encuentra aproximadamente en 11 estados de México abundando en el bosque caducifolio del pacífico, la vertiente del golfo y el centro del país. Su distribución altitudinal abarca desde los 50 a 1850 msnm. (Kuijt, 1992; citado en Cházaro et al., 2005).

1.3.3.3 Daños

Es una especie con escasa información de daños en campo, sus daños son lentos, en niveles bajos de infestación provoca que los árboles sean susceptibles al ataque de otros agentes, en niveles altos pueden provocar la muerte del hospedero (Cházaro et al., 2005).

1.3.4 Género *Phoradendron*

1.3.4.1 Características generales

Es una planta aérea, hemiparásita que crece sobre otras especies, es el género en su familia, con aproximadamente 234 especies (Gómez et al., 2011). Sus hospederos incluyen varias especies arbóreas del bosque de coníferas y arbustos (Cepeda, 2011). El género *Phoradendron* con sus diversas especies incluye arbustos con flores, es de color verde a amarillento, su fruto es una baya blanquecina, ovoide a globosa, con una semilla con altura de pocos centímetros hasta un metro o más (Gómez et al., 2011).

1.3.4.2 Distribución geográfica

Se encuentra únicamente en el continente americano, distribuyéndose desde el sur de Estados Unidos hasta Brasil e incluye cerca de 250 especies, que se encuentran en zonas tropicales y templadas de América (Gómez et al., 2011). Para el caso de México se tienen registradas 37 especies de *Phoradendron* (Figura 7), siendo el género de plantas parásitas más diverso en nuestro país, muchos de ellos en coníferas. De acuerdo al gradiente altitudinal se localiza entre los 1750 a 2600 msnm. (García, 1998).

Figura 7. *Phoradendron spp.* en ANP Pico de Orizaba, Puebla.



Fuente: Foto de *Phoradendron spp.* en *Ribes ciliatum* tomada en campo, ANP, Pico de Orizaba, Puebla.

1.3.4.3 Daños

El género *Phoradendron* ataca principalmente a árboles de sombra, frutales y forestales de madera dura que producen pérdidas económicas considerables (Agrios, 2005; citado por García, 2010). Causa la reducción del vigor del árbol por escasos y competencia de nutrientes y agua con el patógeno, debilitan al árbol y aumenta el riesgo de desplome por el viento (Agrios, 2005) Este género debilita el tronco, mata solo ramas infectadas, sin embargo, es hasta 5 a 10 años requeridos para que el parasito alcance daños altos y solo ciertas especies pueden provocar la muerte del hospedero (Scharpf y Hawksworth, 1974).

1.3.5 Género *Psittacanthus*

1.3.5.1 Características generales

El género *Psittacanthus* pertenece a la familia Loranthaceae, es un patógeno endémico, y cuenta con un número aproximado de 119 especies, 11 de ellas identificadas en México (Cházaro, 2006). Consta de flores de más de 3 cm de largo, rojas o anaranjadas muy vistosas (Figura 8), no inmersas en el eje de la inflorescencia, tiene un ciclo de vida de 5 años, 3 años crece vegetativamente, 7 meses dura su flor y 16 más para esparcir sus frutos y semillas (Protección Ambiental, Asesoría y Proyectos, 2016).

Figura 8. *Psittacanthus calyculatus*.



Fuente: *Psittacanthus* [Fotografía] tomado de Naturalista, 2018.

1.3.5.2 Distribución geográfica

El género *Psittacanthus* a nivel mundial se conocen entre 75 y 80 especies, tiene una distribución desde México hasta Venezuela. Con exploraciones en la mayoría de zonas tropicales y templadas, en el caso de México se tiene registros en los estados de Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, México, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas. (PAAP, 2016; EncicloVida, 2021). Tiene un amplio rango altitudinal desde el nivel del mar hasta los 3,300 msnm. (Fomento Ecológico y Social, 2017:5).

1.3.5.3 Daños

“Las especies del género *Psittacanthus* provocan pérdida de volumen maderable, disminución de capacidad reproductiva por la baja producción de conos y semillas, reducción del porcentaje de germinación y muerte del hospedero” (Vázquez et al., 2006; citado por PAAP, 2016).

Las especies que mayores afectaciones presentan son pinos o encinos, extraen sus nutrientes y en algunos casos ocasionan la muerte, prueba de su descontrolada extensión son las notificaciones desde el Centro América y México con afectaciones a miles de hectáreas de pinos (Cházaro, 2006).

1.3.6 Género *Struthanthus*

1.3.6.1 Características generales

El género *Struthanthus* agrupa 218 especies aproximadamente, es una planta hemiparásita arbustiva que afecta a las coníferas y especies leñosas. Son de raíces largas que recorren al hospedante, sus hojas son simples con ramas comprimidas (Figura 9), su fruto crece en el mes de noviembre a enero, para dispersar sus semillas en marzo a septiembre (CTSFEM, 2017; Calderón, 2010). Un número importante a nivel nacional de árboles está en riesgo a causa de este género parasito.

Figura 9. *Struthanthus cassythoides*, Yucatán, México.



Fuente: Struthanthus [Fotografía] tomado de Naturalista, 2021.

1.3.6.2 Distribución geográfica

El género *Struthanthus*, tiene una amplia distribución en América, desde el norte de Argentina hasta el norte de México. Su distribución nacional se localiza principalmente al centro y sur del país, estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán al sur, Estado de México, Querétaro, Michoacán, Puebla, Colima. Y su distribución altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 3,300 msnm. (PAAP, 2016; Enciclovida, 2021).

1.3.6.3 Daños

Ocasiona alteraciones fisiológicas y estructurales, en algunos casos la muerte del hospedante (Contreras et al., 2018). “Una especie del género *Struthanthus*, en Brasil, provocó hasta un 95% de reducción en la cobertura foliar de los árboles y un 25% de disminución en la producción de frutas” (Mourão et al., (2009) citado por Fomento Ecológico y Social (2017).

Sin embargo, es fácil desprender la planta parásita del hospedero sin rebrote teniendo la posibilidad de eliminación del parásito cuando se encuentra en su crecimiento inicial, es un problema mayor para el hospedero cuando se encuentra en una etapa adulta ya que se convierte en maraña ocasionando heridas al árbol (Marchal, 2009).



CAPÍTULO II.

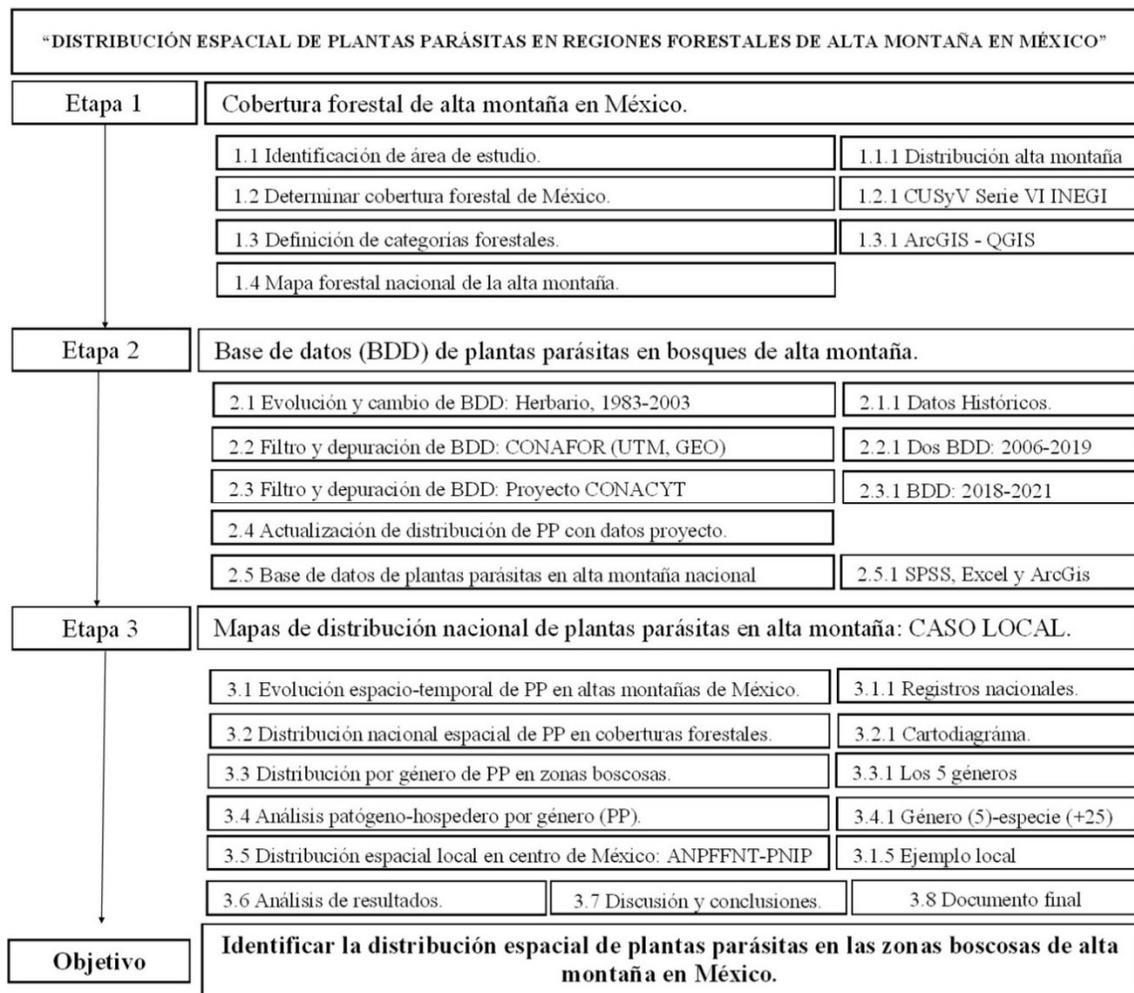
METODOLOGÍA

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La metodología se basó en tres etapas de tal manera que se cumpliera con el objetivo general y los particulares del estudio, la primera etapa correspondió al primer objetivo particular concerniente a la integración de las bases de datos de plantas parásitas; Herbario, CONAFOR y proyecto, la segunda etapa correspondió a identificar la cobertura forestal de alta montaña a través de datos del Uso de suelo Serie VI que corresponde al INEGI 2016 a nivel nacional mientras a escala local con el uso de Cobertura forestal de CONAFOR basada en Uso de suelo Serie V que corresponde también a INEGI.

Por último, la tercera consiste en obtener mapas de distribución de plantas parásitas, donde la sobre posición de los resultados de la etapa 1 y la etapa 2 generaran la tres. (Figura 10).

Figura 10. Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el análisis geoespacial de los bosques de alta montaña en función del cumplimiento de los objetivos e instructivo base para otros estudios de análisis espaciales.

Etapa 1: Identificación de las zonas forestales de alta montaña de México. Mediante la delimitación de la zona de estudio y de cada una de las montañas que conforman el Eje Neo Volcánico Transversal y demás elevaciones que cumplan con las características de alta montaña. A partir de la agrupación de la cobertura forestal de serie VI de INEGI, depurando los datos sobre cobertura forestal, es decir, el desarrollo de la investigación se basa solamente sobre la superficie forestal. Por otro lado, se integró también la revisión documental para realizar un análisis espacial y de esta manera determinar las categorías de la leyenda del mapa con la finalidad de obtener un mapa de tipos de bosques. Producto final mapa nacional de áreas forestales escala de 1:250,000.

Etapa 2: Integración y construcción de dos bases de datos geográficos espaciales de plantas parásitas: (1) la Base de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) con base en notificaciones de Saneamiento Forestal por afectación de Plantas parásitas, (2) información recopilada en el proyecto de investigación “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente y Centro-Sur.” Obtenida a partir de trabajo en campo. Dichos datos retomados a partir del herbario de 1983 al 2003, debido a la utilidad de los datos históricos que en este caso resultan de gran importancia, con las características más relevantes de las especies arbóreas presentes en estos bosques de las zonas de estudio.

Etapa 3: Obtención de los mapas de distribución de plantas parásitas a partir de las dos bases de datos procesadas en el software ArcGIS 10.8 y de la integración de la base de datos geográficos espaciales de estas especies, a través de una interpolación espacial con el mapa de áreas forestales y de los puntos de levantamiento para conocer la propagación de las plantas parásitas. Los posibles resultados se basan en o siguiente: (1) Analizar la base de datos y contrastarla con la distribución de ecosistemas forestales en México a través de sobre posición de información de puntos de levantamiento para determinar zonas de presencia. (2) Analizar la disposición de información y fechas de localización de las plantas parásitas a partir de datos de controles biológicos de las plagas con la finalidad de reducir o eliminar errores en el área de estudio.

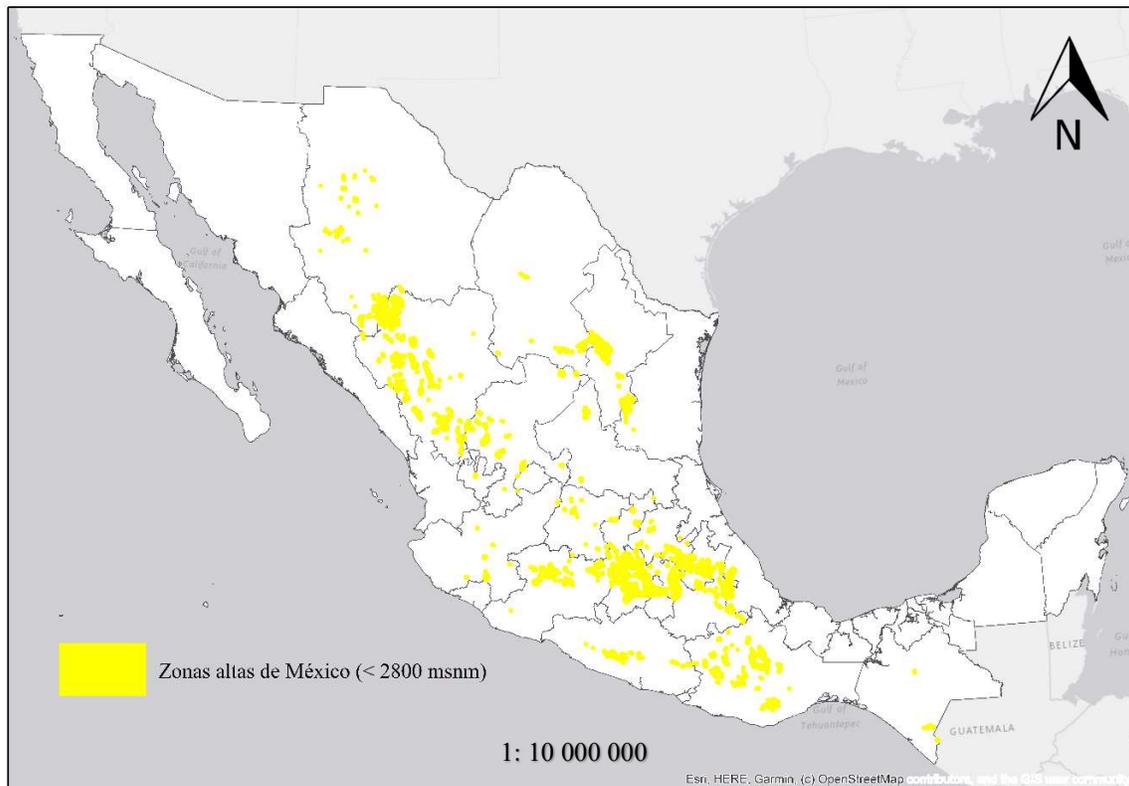
2. 1 Distribución de zonas boscosas de alta montaña en México

2.1.1 Distribución en México de áreas de alta montaña

De acuerdo con la CONABIO (2014), los bosques de alta montaña se desarrollan a partir de los 2800-3000 msnm, es por ello que, para la delimitación de la zona de estudio, se considera dicha cota. La presencia de plantas parásitas se ve favorecida por este factor geográfico debido a que los bosques templados que corresponden a las mayores altitudes están conformados, por las principales especies hospederas de los cinco géneros de plantas parásitas representados: *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y *Quercus sp.*

Para la delimitación de la zona de estudio se obtuvo el conjunto de datos vectoriales de información topográfica nacional, escala 1:250 000, de CONABIO (CONABIO, 2021). Esto permitió un primer acercamiento de aquellas entidades federativas con altitudes iguales o mayores a 2800 msnm (Figura 11), para lo cual se utilizaron las herramientas de Split by attributes (1), Merge (2) Feature to polygon (3) del Software ArcGIS 10.8.

Figura 11. Zonas de alta montaña de México.



Fuente: Elaboración propia con base en Datos altitudinales CONABIO (2021) e Información topográfica INEGI, 2021.

2.1.2 Delimitación de la zona de estudio

Como resultado de la extracción de las zonas de alta montaña, se generaron una gran cantidad de polígonos pequeños (menores a 1 km²), sin embargo, al aplicar el criterio de unidad mínima cartografiable, fue necesario eliminarlos para obtener el área final de estudio (Figura 12).

Figura 12. Ejemplo de polígonos menores a 1Km².



Fuente: Elaboración propia con base en Datos altitudinales CONABIO, 2021.

De acuerdo con Büttner (2004), los rasgos a ser cartografiados como elementos reales deben tener una dimensión superior a 0.2 mm a la escala del mapa, valor conforme al límite de percepción visual humana que permite diferenciar objetos a partir de separaciones de 0,2 mm. Se recomienda que la unidad mínima cartografiable no sea menor a 4 mm (Lencinas, 2009). La escala de representación elegida fue de 1:250 000, por lo tanto, el área mínima cartografiable debe ser mayor a 1 km² (Lencinas y Siebert, 2009: Figura 13).

Figura 13. Unidad mínima cartografiable de acuerdo con la escala de representación.

Escala	Área mínima Cartografiable (m ²)
1:500	4
1:1.000	16
1:2.000	64
1:5.000	400
1:10.000	1.600
1:20.000	6.400
1:25.000	10.000
1:50.000	40.000
1:100.000	160.000
1:250.000	1.000.000
1:500.000	4.000.000
1:1.000.000	16.000.000
1:2.000.000	64.000.000
1:5.000.000	400.000.000

Fuente: Rossiter, 1994.

Así, mediante el cálculo del área de cada polígono fue posible seleccionar y eliminar aquellos con áreas menores a la UMC (*Delete selected*; Tabla 2).

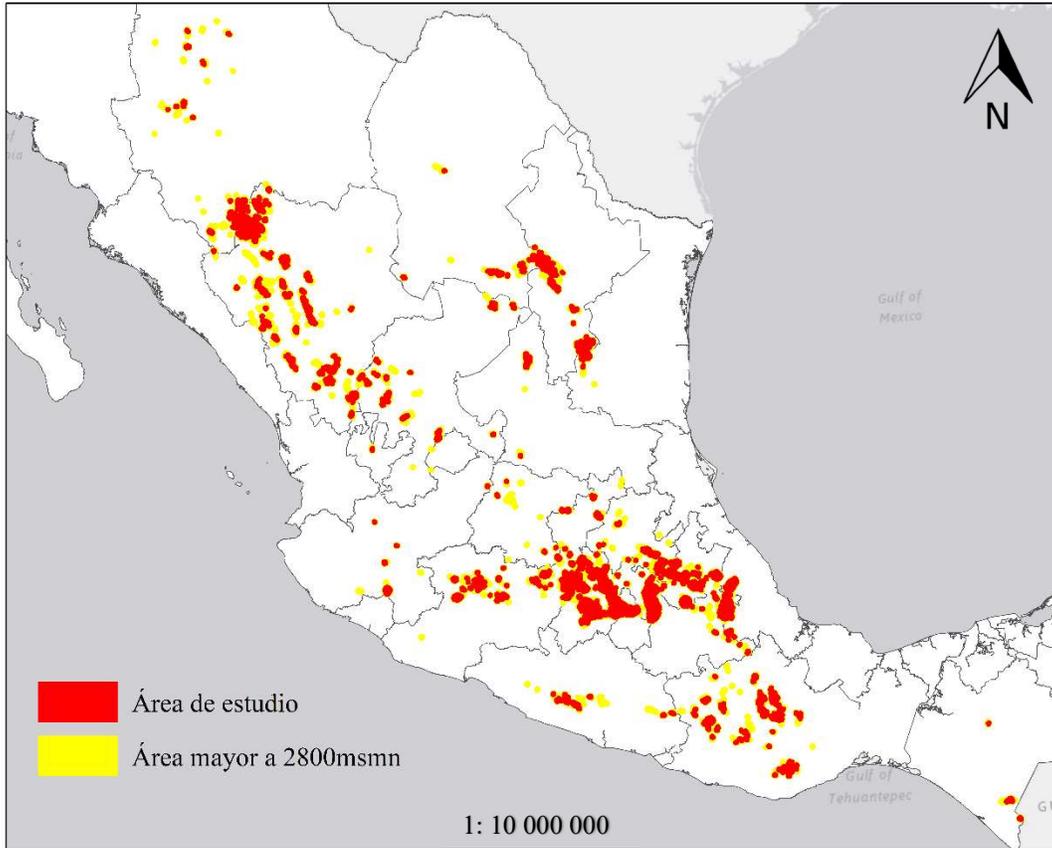
Tabla 2. Polígonos iniciales de alta montaña / polígonos finales.

Número total de polígonos	Polígonos menores a 1 Km ²	Polígonos mayores a 1 Km ²
3564	3116	448

Fuente: Elaboración propia con base en Datos altitudinales CONABIO, 2021.

Se encontraron 3564 polígonos de superficie forestal de alta montaña, 3116 correspondieron a polígonos pequeños, poco viables de representar en la investigación. Así mismo, se obtuvieron 448 polígonos con superficies superiores a 1 Km², que, en conjunto, abarcan una superficie de 13,276 Km² (Figura 14).

Figura 14. Áreas con superficies mayores a 1 Km².



Fuente: Elaboración propia con base en datos altitudinales CONABIO, 2021.

2.1.3 Cobertura forestal de áreas de alta montaña

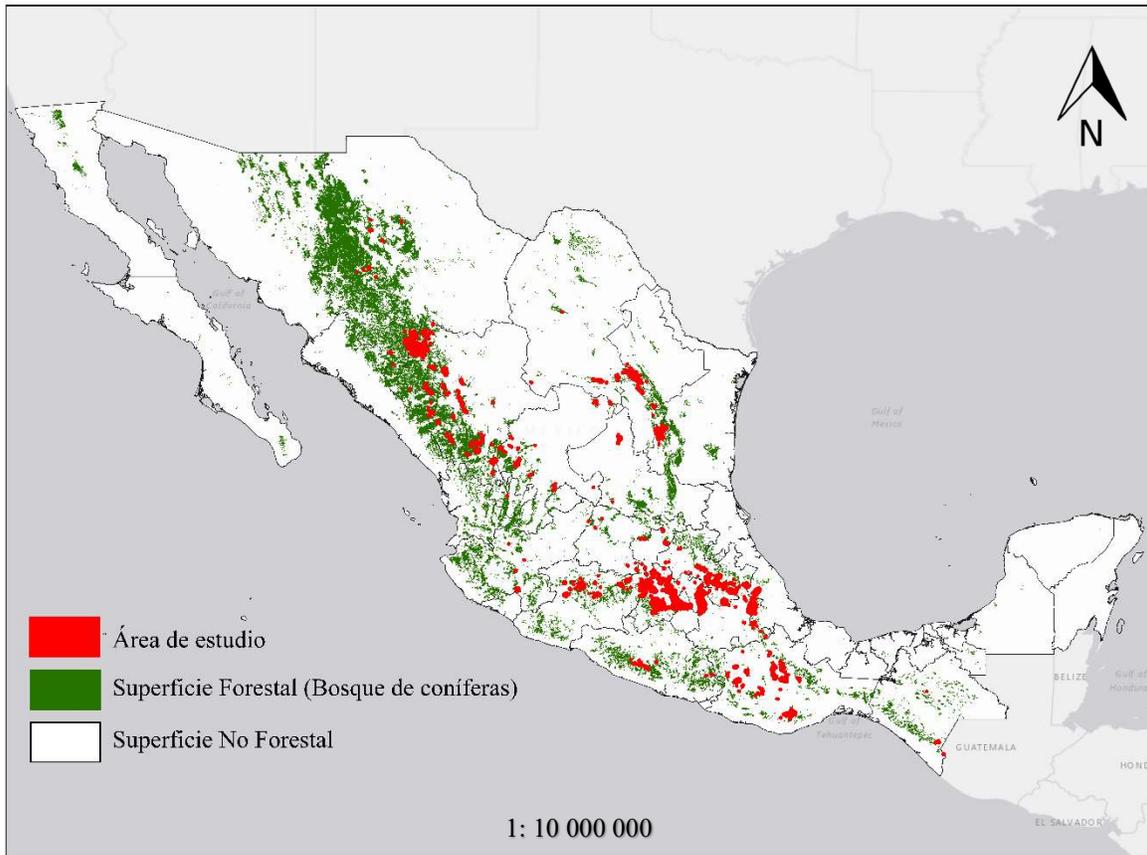
El mapa de cobertura forestal se obtuvo a partir de la serie VI de INEGI de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1: 250,000. Se trata de la serie publicada en 2016, más reciente y elaborada con base en información de los años 2014-2015. Corresponde a la información nacional más actual, el nivel de detalle, de acuerdo con sus características, es adecuado para la representación de bosques. A pesar de que existen casos de estudio particulares como es el APFF Nevado de Toluca con información más reciente y detallada, no es posible considerar ese nivel de detalle para todo el país.

La reclasificación de la cartografía de uso del suelo y vegetación con la herramienta de Geo proceso (Clip) de Cobertura forestal nacional sobre el área de estudio en el software ArcGIS 10.8, permitió obtener la distribución de bosques y selvas en toda la república mexicana. Esto representa 32 % del territorio nacional.

2.1.3.1 Definición de Categorías de la Leyenda

La Serie VI tiene un total de 56 categorías que describen los usos del suelo más representativos del país, incluyendo usos agrícolas, forestales, selvas y zonas urbanas. En la zona de estudio prevalecen 33 categorías, pero no todas son de cobertura forestal. Por ello, fue necesario aplicar un primer procesamiento (Geo proceso Merge) para agrupar las 33 categorías forestales en tan solo 13 categorías (Tabla 3).

Figura 15. Cobertura forestal nacional con sobre posición del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia con base en Serie VI INEGI, 1: 250,000, 2016.

La agrupación se realizó con base en la descripción y conceptos del diccionario de datos de Uso del Suelo y Vegetación (Versión 3; INEGI, 2010) y la Guía para la interpretación de cartografía y de uso de suelo (INEGI, 2014). De acuerdo con la serie VI existen 33 usos de suelo forestales diferentes a partir de los 2800 msnm.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Tabla 3. Categorías forestales y agrupaciones por tipo de bosque.

Descripción	Categorías de la leyenda
Bosque Cultivado	Bosque Cultivado
Bosque De Ayarín	Bosque De Ayarín
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Ayarín	
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Ayarín	
Bosque De Cedro	Bosque De Cedro
Bosque De Encino	Bosque De Encino
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Encino	
Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Encino	
Bosque De Encino-Pino	Bosque De Encino-Pino
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino-Pino	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Encino-Pino	
Bosque De Oyamel	Bosque De Oyamel
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Oyamel	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Oyamel	
Bosque De Pino	Bosque De Pino
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Pino	
Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Pino	
Bosque De Pino-Encino	Bosque De Pino-Encino
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino-Encino	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Pino-Encino	
Bosque De Táscate	Bosque De Táscate
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Táscate	
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Táscate	

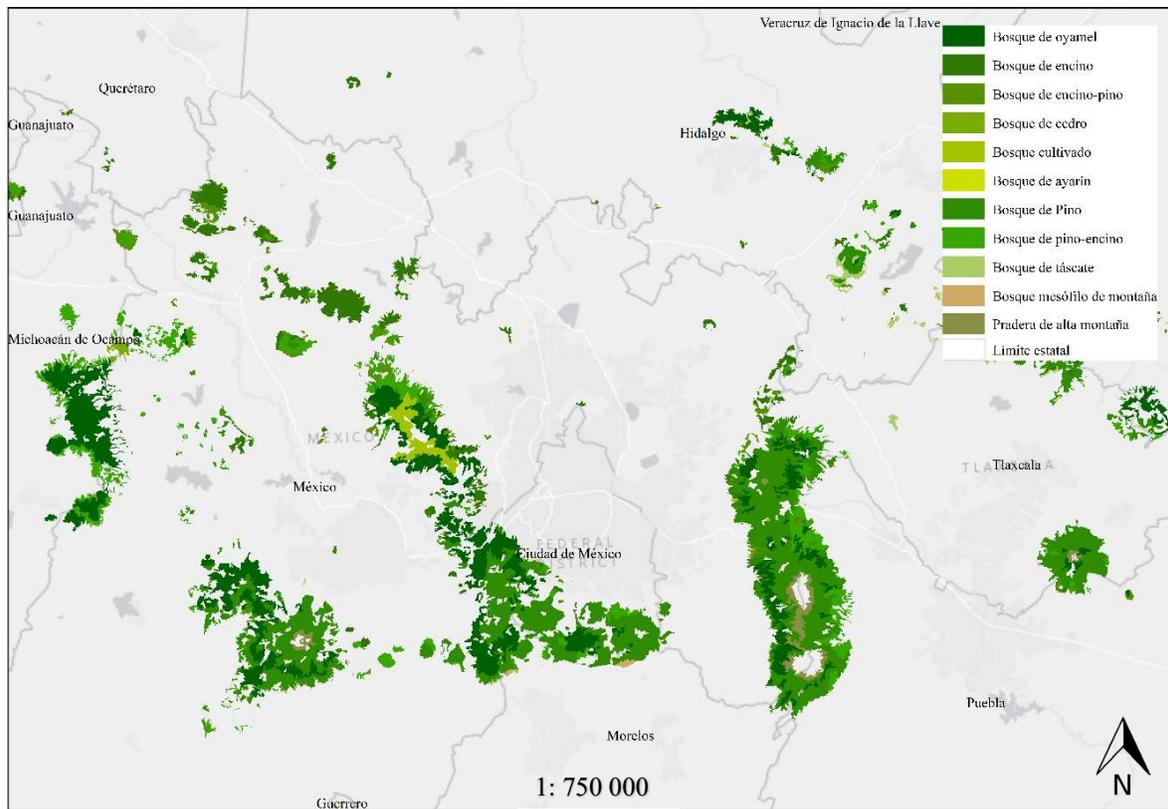
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Táscate	
Bosque Mesófilo De Montaña	
Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque Mesófilo De Montaña	Bosque Mesófilo De Montaña
Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque Mesófilo De Montaña	
Chaparral	Chaparral
Vegetación Secundaria Arbustiva De Chaparral	
Pradera De Alta Montaña	Pradera De Alta Montaña
Vegetación Secundaria Arbórea De Selva Alta Perennifolia	Vegetación Secundaria

Fuente: Elaboración propia con base en Serie VI INEGI, 1: 250,000, 2016.

La agrupación de categorías permitió generar la cobertura forestal nacional (Figura 16). Muestra un ejemplo del resultado de la cobertura forestal nacional, corresponde al Eje Neo Volcánico, principal región fisiográfica del país y que cuenta con una superficie importante de bosques de montaña alta.

Figura 16. Ejemplo de cobertura Forestal de alta montaña en México (Zona Centro).



Fuente: Elaboración propia con base en Serie VI INEGI, 1: 250,000, 2016.

2.2 Generación de las bases de datos de plantas parásitas de CONAFOR

2.2.1 Identificación de los géneros de plantas parásitas

En los bosques de montaña alta de México se presentan cinco géneros de plantas parásitas: *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*. Estos constituyen el tercer factor biológico de destrucción de zonas boscosas. (Colín, 2017), y se encuentran presentes en más del 10% de superficie forestal, afectando principalmente a especies de *Pinus*, *Alnus*, *Quercus*, *Abies*, *Juniperus* (Tabla 4).

Tabla 4. Lista de hospederos de los géneros de plantas parásitas; *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Struthanthus*.

Hospederos.
<i>Pinus</i>
<i>Alnus</i>
<i>Quercus</i>
<i>Juniperus</i>
<i>Abies</i>
<i>Arbutus</i>
<i>Arctostaphylos</i>
Otros (<i>Prunus</i> , <i>Tilia</i> , <i>Crataegus</i> , <i>Cupressus</i> , <i>Callaeum</i> , <i>Eysenhardtia Scana</i>)

Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019.

2.2.2 Descripción de las bases de datos Proporcionadas por CONAFOR

Fueron proporcionadas dos bases de datos con base en registros de ejemplares por afectación de plantas parásitas y Notificaciones de Saneamiento Forestal del año 2006-2019, por la Gerencia de Sanidad Forestal, perteneciente a la Comisión Nacional Forestal. La Comisión Nacional Forestal realiza su recolección de datos por parcelas, áreas o bien sitios con afectación de plantas parásitas. Las bases de datos, por lo tanto, presentan inconsistencias importantes.

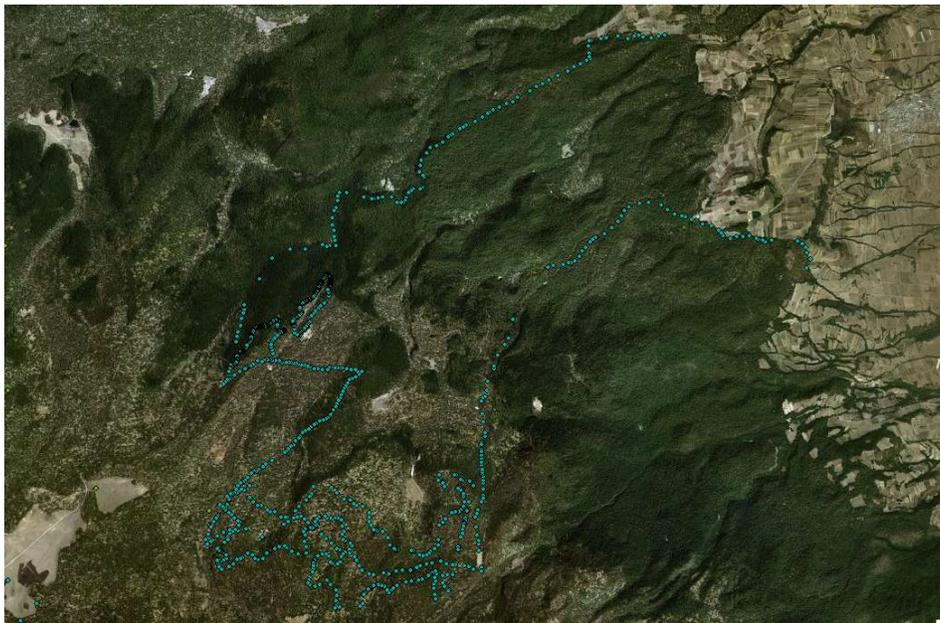
Un aspecto para destacar es que la información oficial puede tener sesgos debido a que la recolección de datos se realiza mediante recorridos sistemáticos por los principales accesos a las áreas forestales que, por lo general, presentan mayor nivel de deterioro. El método es

menos preciso en el caso de áreas muy grandes y con pocos caminos. Otra falencia de la información de CONAFOR es que carece de información por sitio.

2.2.3 Problemas en la localización de puntos de muestreo

El método de muestreo de recorridos sistemáticos por caminos de acceso a áreas forestales realizados por CONAFOR puede generar nubes de puntos o, caso contrario, escasos de puntos. En algunos casos se cuenta zonas muy grandes sin datos y en otros casos existe un exceso de registros en un mismo punto, datos repetitivos o duplicados. A manera de ejemplo, en la figura 17 es posible observar la distribución del género *Arceuthobium* a lo largo de los caminos. Resolver estos problemas implicó realizar un filtrado de los datos.

Figura 17. Nube de puntos en polígono de registros en campo por CONAFOR



Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019.

2.2.4 Depuración de la base de datos

La base de datos proporcionada por CONAFOR contenía información duplicada, sin ubicación geográfica e incluía inconsistencias en la información de los géneros de plantas parásitas. Por ello, fue preciso depurar la base de datos. En primera instancia se aplicó un filtro de columnas para obtener únicamente la información de los cinco géneros considerados (*Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*). En un segundo proceso se eliminaron los datos no georreferenciados. Finalmente se eliminaron registros duplicados para evitar redundancia en la información (Tabla 5).

2.2.5 Creación de bases de datos cartográficos

Se utilizó un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS 10.8) para llevar a cabo la integración de las dos bases de datos CONAFOR, la primera base de datos contaba con 51,478 registros de presencia de los cinco géneros de plantas parásitas mientras la segunda con 62,709 registros. Se utilizó la herramienta Merge de geo procesamiento obteniendo un total de 114, 187 registros dentro del área de estudio.

Tabla 5. Campos de la base de datos resultante.

Código por columna
Año
Mes
Número de bitácora
Entidad Federativa
Municipio
Descripción de la plaga
Agente Causal
Plaga Género/Especie
Género
Hospedante Especie
Nombre de conjunto
Datum
Zona UTM
Número de coordenada
Latitud (X)
Longitud (Y)

Fuente: Elaboración propia.

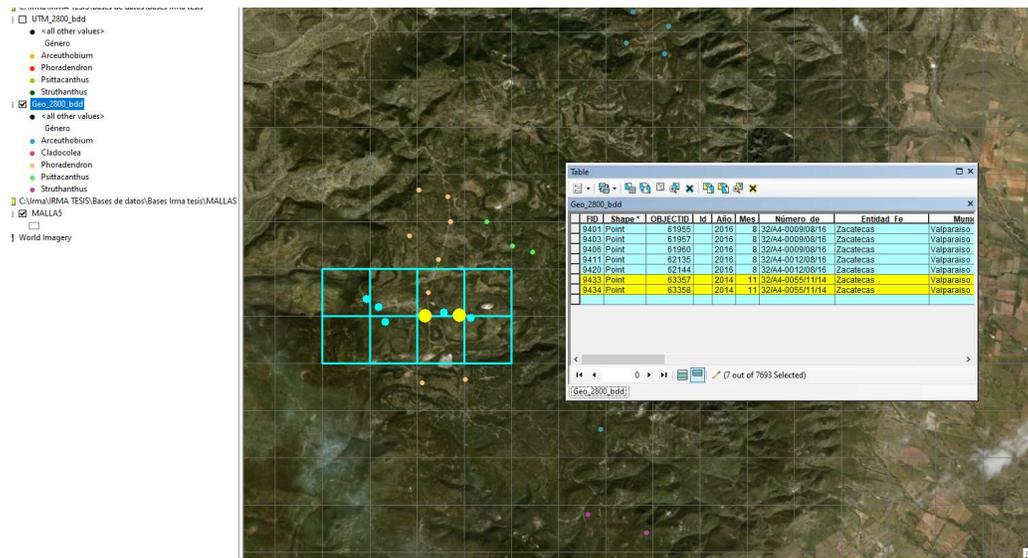
2.2.6 Datos cartográficos categóricos

Una vez integrada la base de datos cartográficos fue preciso llevar a cabo una última depuración con la finalidad de reducir el numero de puntos en zonas saturadas de muestreo. Se aplicó una malla de muestreo cuadrangular de 25 km² (Figura 18), generada con la extensión Create Fishnet en el Software ArcGIS 10.8. Las variables de depuración de datos

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

fueron: (1) Uso de suelo (eliminación de registros fuera de cobertura forestal), (2) Género de planta parásita, (3) Localización de puntos en caminos, (4) Fechas de registro repetidas o nulas, (5) Número de sitios por celda.

Figura 18. Ejemplo de depuración por malla de muestreo.



Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019.

Con base en esta última depuración por malla de muestreo se obtuvieron 1,160 puntos de distribución de plantas parásitas en las zonas boscosas de la alta montaña.

2.3. Proyecto “Identificación, Evaluación y Manejo Integrado de Plantas Parásitas en cuatro Regiones de México: Noroeste, Centro-Occidente, Oriente, Centro Sur”

Los datos más recientes del ataque de plantas parásitas a bosques de Coníferas corresponden al monitoreo de montaña alta del sistema Eje Neo Volcánico: caso particular el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca y Monte Tláloc. Los datos obtenidos de estas dos elevaciones en el proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: noroeste, centro-occidente, oriente, centro sur de México” permitieron corroborar y actualizar la base Nacional de CONAFOR con información altamente confiable y detallada a nivel local.

2.3.1 Método de Muestreo

El método de muestreo del proyecto fue el inventario forestal sistemático de reconocimiento. Ya que el muestreo sistemático es el que se aplica en el muestreo forestal, es simple, regular, e implica un buen margen de seguridad (Dauber, 1995). La intensidad mínima de muestreo tomada para cada montaña dependió de la superficie total a representar, según el caso de cada montaña (Cedillo, 2017).

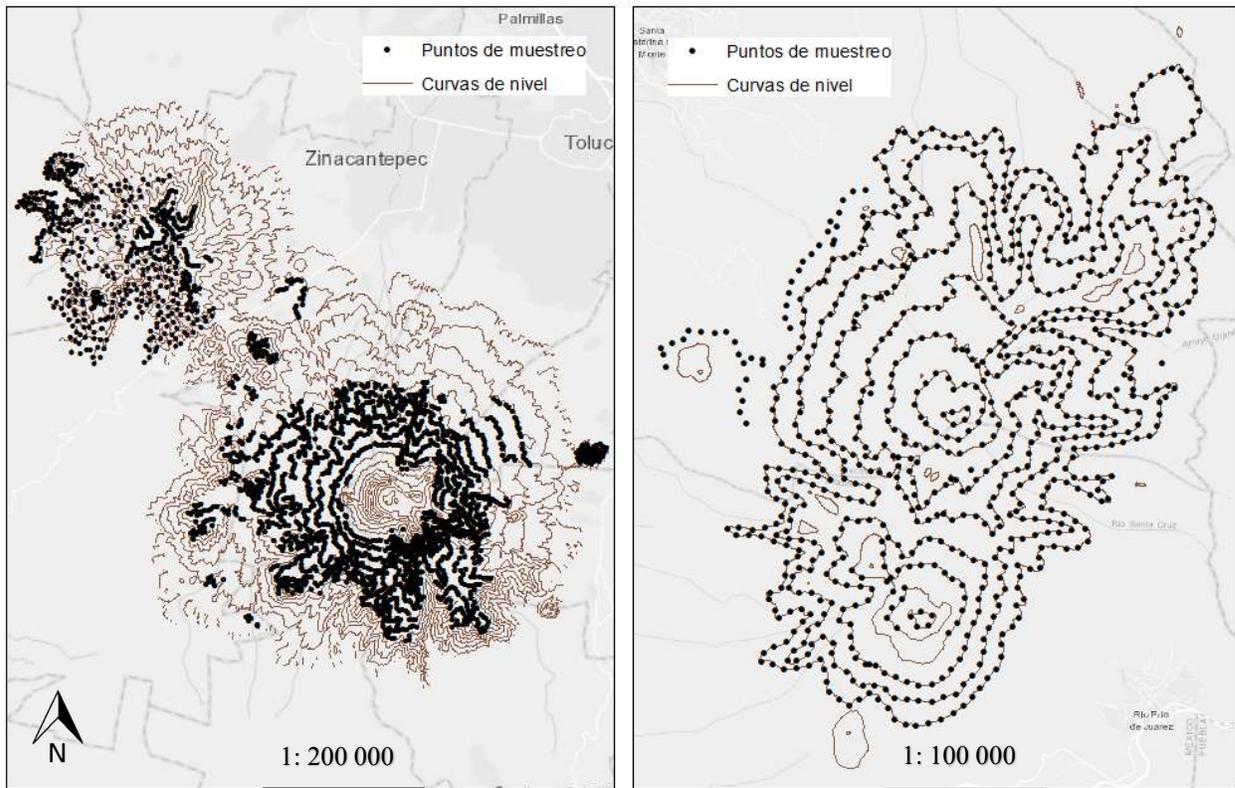
En el desarrollo del método de muestreo se utilizaron las curvas de nivel con una separación altitudinal de 200 m para el APFF Nevado de Toluca y 250 m en Monte Tláloc (Tabla 6).

Tabla 6. Muestreo de Nevado de Toluca y Monte Tláloc.

Nevado de Toluca	Monte Tláloc
Curvas de nivel muestreadas	
3000 msnm. - 4000 msnm.	3500 msnm. - 4100 msnm.
Distancia en metros de las unidades métricas de muestreo.	
200 metros	250 metros
Número de sitios de muestreo	
2370 sitios	896 sitios

Fuente: Elaboración propia con base en Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Figura 19. Distribución espacial de puntos de muestreo, Nevado de Toluca (figura izquierda) y Monte Tláloc (figura derecha).



Fuente: Elaboración propia con base en Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

2.3.2 Depuración de datos

El resultado de este muestreo en los últimos 4 años fue de 719 nuevos registros con el género *Arceuthobium* (Tabla 7).

Tabla 7. Número de sitios con registros de plantas parásitas.

ANP/APFF	Nevado de Toluca	Monte Tláloc
Sitios	2158	896
Sitios con plantas parásitas	719	257

Fuente: Elaboración propia con base Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

2.4. Integración de bases de datos, APFF Nevado de Toluca – Monte Tlálloc

Una vez generadas las bases de datos con la información de CONAFOR y del proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: noroeste, centro-occidente, oriente, centro sur”, fue posible integrarlos en una sola base de datos (Figura 20; Tabla 8).

Figura 20. Comparación de valores de dos bases de datos.

(1)	(2)																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Año</td></tr> <tr><td>Número de registro</td></tr> <tr><td>Entidad</td></tr> <tr><td>Municipio</td></tr> <tr><td>Descripción</td></tr> <tr><td>Agente</td></tr> <tr><td>Plaga</td></tr> <tr><td>Género</td></tr> <tr><td>Hospedante</td></tr> <tr><td>Datum</td></tr> <tr><td>Zona UTM</td></tr> <tr><td>Y</td></tr> <tr><td>X</td></tr> </table>	Año	Número de registro	Entidad	Municipio	Descripción	Agente	Plaga	Género	Hospedante	Datum	Zona UTM	Y	X	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sitio</td></tr> <tr><td>Fecha</td></tr> <tr><td>X</td></tr> <tr><td>Y</td></tr> <tr><td>Z</td></tr> <tr><td>Pendiente</td></tr> <tr><td>Exposición</td></tr> <tr><td>Asociación arbórea</td></tr> <tr><td>Total de individuos (Por especie)</td></tr> <tr><td>Fragmentación</td></tr> <tr><td>Tipo de muérdago</td></tr> <tr><td>Descortezador (Presencia/ nivel)</td></tr> <tr><td>Observaciones</td></tr> <tr><td>Incendio</td></tr> <tr><td>Árboles quemados</td></tr> <tr><td>Especies herbáceas (% x especie)</td></tr> <tr><td>Especies arbustivas (% x especie)</td></tr> <tr><td>Excretas</td></tr> <tr><td>Fauna</td></tr> <tr><td>Perturbación</td></tr> <tr><td>Datos de referencia</td></tr> </table>	Sitio	Fecha	X	Y	Z	Pendiente	Exposición	Asociación arbórea	Total de individuos (Por especie)	Fragmentación	Tipo de muérdago	Descortezador (Presencia/ nivel)	Observaciones	Incendio	Árboles quemados	Especies herbáceas (% x especie)	Especies arbustivas (% x especie)	Excretas	Fauna	Perturbación	Datos de referencia	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td rowspan="10" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Individuo</td><td>Especie</td></tr> <tr><td>Categoría</td></tr> <tr><td>Diámetro</td></tr> <tr><td>Calidad</td></tr> <tr><td>Altura total / comercial</td></tr> <tr><td>Tipo de muérdago (1T, 2T, 3T)</td></tr> <tr><td>Nivel de infestación</td></tr> <tr><td>Descortezador.</td></tr> <tr><td>Muerto, quemado, ocoteado, sin ápice, semillero, resistente, etc.</td></tr> <tr><td></td></tr> <tr><td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Regeneración</td><td>Plántulas</td></tr> <tr><td>Brinzales</td></tr> <tr><td>Latizales</td></tr> <tr><td rowspan="3" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Tocones</td><td>Sitio</td></tr> <tr><td>Tocones</td></tr> <tr><td>Árboles caídos.</td></tr> </table>	Individuo	Especie	Categoría	Diámetro	Calidad	Altura total / comercial	Tipo de muérdago (1T, 2T, 3T)	Nivel de infestación	Descortezador.	Muerto, quemado, ocoteado, sin ápice, semillero, resistente, etc.		Regeneración	Plántulas	Brinzales	Latizales	Tocones	Sitio	Tocones	Árboles caídos.
Año																																																							
Número de registro																																																							
Entidad																																																							
Municipio																																																							
Descripción																																																							
Agente																																																							
Plaga																																																							
Género																																																							
Hospedante																																																							
Datum																																																							
Zona UTM																																																							
Y																																																							
X																																																							
Sitio																																																							
Fecha																																																							
X																																																							
Y																																																							
Z																																																							
Pendiente																																																							
Exposición																																																							
Asociación arbórea																																																							
Total de individuos (Por especie)																																																							
Fragmentación																																																							
Tipo de muérdago																																																							
Descortezador (Presencia/ nivel)																																																							
Observaciones																																																							
Incendio																																																							
Árboles quemados																																																							
Especies herbáceas (% x especie)																																																							
Especies arbustivas (% x especie)																																																							
Excretas																																																							
Fauna																																																							
Perturbación																																																							
Datos de referencia																																																							
Individuo	Especie																																																						
	Categoría																																																						
	Diámetro																																																						
	Calidad																																																						
	Altura total / comercial																																																						
	Tipo de muérdago (1T, 2T, 3T)																																																						
	Nivel de infestación																																																						
	Descortezador.																																																						
	Muerto, quemado, ocoteado, sin ápice, semillero, resistente, etc.																																																						
Regeneración	Plántulas																																																						
	Brinzales																																																						
	Latizales																																																						
Tocones	Sitio																																																						
	Tocones																																																						
	Árboles caídos.																																																						

Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Tabla 8. Estructura final de la base de datos de distribución de plantas parásitas.

Registro
Base
Año
Fecha
Número de registro
Entidad
Municipio
Descripción
Agente
Plaga
Género
Hospedante
Datum
Zona UTM
Y
X
Latitud X
Longitud Y
Z

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Nivel Infestación
Nivel Descortezador

Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

La integración de dos bases de datos con información local y nacional permitirá complementar el registro espacial de cada género de planta parásita que daña a los bosques de alta montaña.

Se considera que la agrupación y representación de datos proporcionados por el Sistema Nacional de Gestión Forestal y el Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105 proporcionen una visualización nacional de áreas afectadas a tratar.



RESULTADOS

RESULTADOS

I. Distribución de alta montaña en México

Hay en el país, 24 entidades federativas que tienen elevaciones iguales o mayores a 2800 msnm, abarcando 9.2% del territorio nacional. Los estados son: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Colima, Michoacán, Estado de México, Ciudad de México, Tlaxcala Veracruz, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Chiapas.

II. Distribución de bosques de alta montaña

La cobertura forestal de montaña alta del país se encuentra en el Eje Neo Volcánico, la Sierra Madre Occidental, en los estados de Tamaulipas, Sinaloa, y Durango, en la Sierra Madre Oriental y, en menor medida, en la Sierra Madre del Sur y un área pequeña en Sierra de Chiapas y Guatemala. Al norte se presentan los bosques de Chaparral y Tásate, y al sur Selva Alta Perennifolia en los límites altitudinales de 2800 msnm, mientras que en las mayores altitudes (Nevado de Toluca, Popocatepetl, Malinche, Monte Tláloc), por encima de los 3500 msnm, predominan los bosques de pino y en las zonas bajas prevalecen los bosques de pino-encino y oyamel.

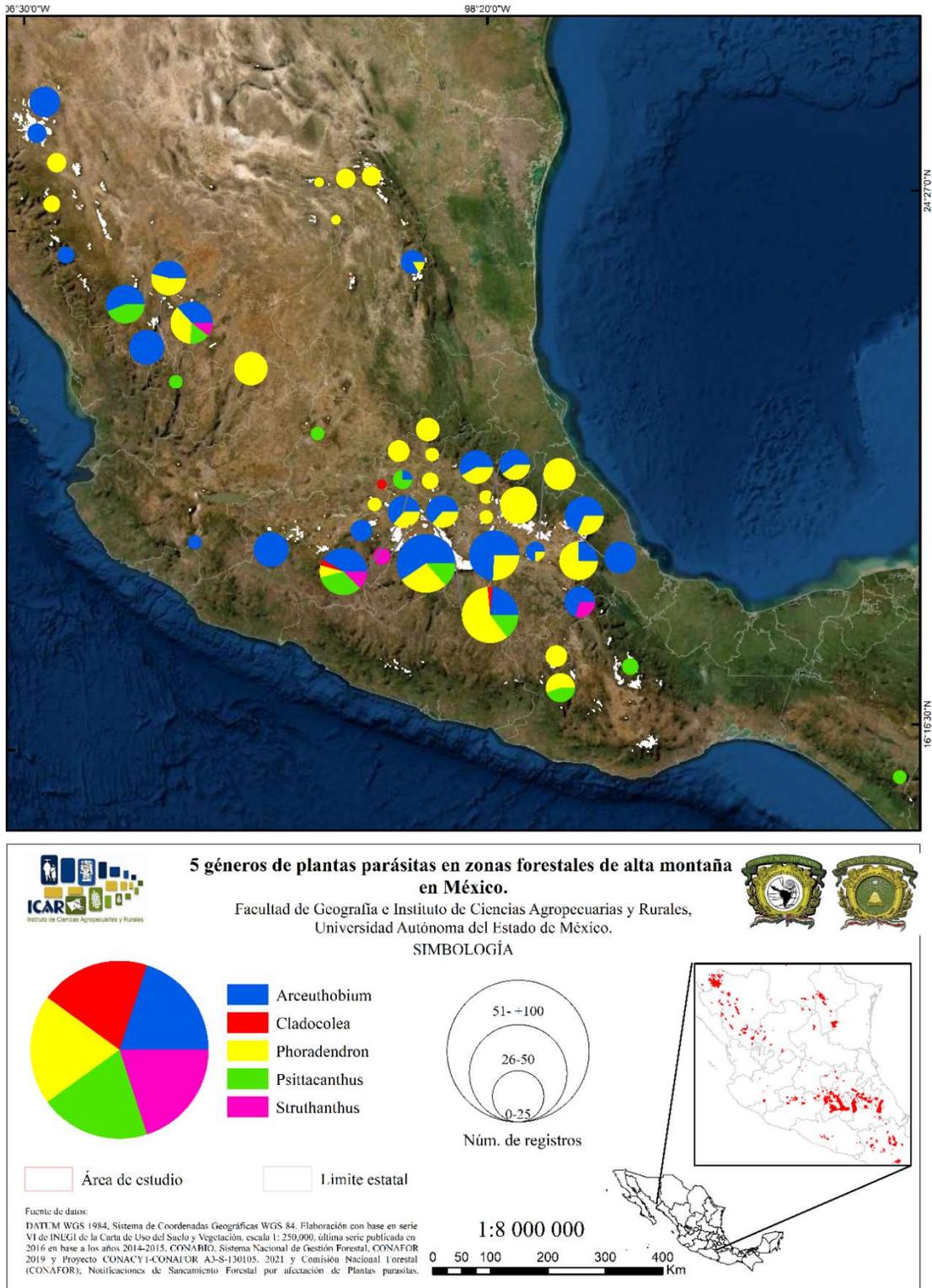
III. Distribución espacial nacional de plantas parásitas en coberturas forestales

En la mayoría de los bosques de alta montaña existen registros de patógenos, particularmente del género *Arceuthobium* y *Phoradendron*. El género *Cladocolea* se cuenta únicamente con ocho registros en el límite norte del Eje Neo volcánico, una causa de pocos registros es la identificación en campo. Si bien las plantas parásitas forman parte natural de los ecosistemas forestales, su presencia es una plaga en bosques de montaña.

La distribución de los patógenos se encuentra a nivel nacional, de acuerdo con los registros resultantes nacionales (Figura 23) se podría deducir que al menos un 50% de la cobertura forestal presenta un registro de los cinco géneros de plantas parásitas. El dato más alarmante es que su distribución nacional se basa en dos de los géneros que mayormente afectan al hospedero; (1) género *Arceuthobium* y (2) género *Psittacanthus*. Existe una excepción con presencia de patógenos en México.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 22. Distribución de los cinco géneros de plantas parásitas en México: *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*.



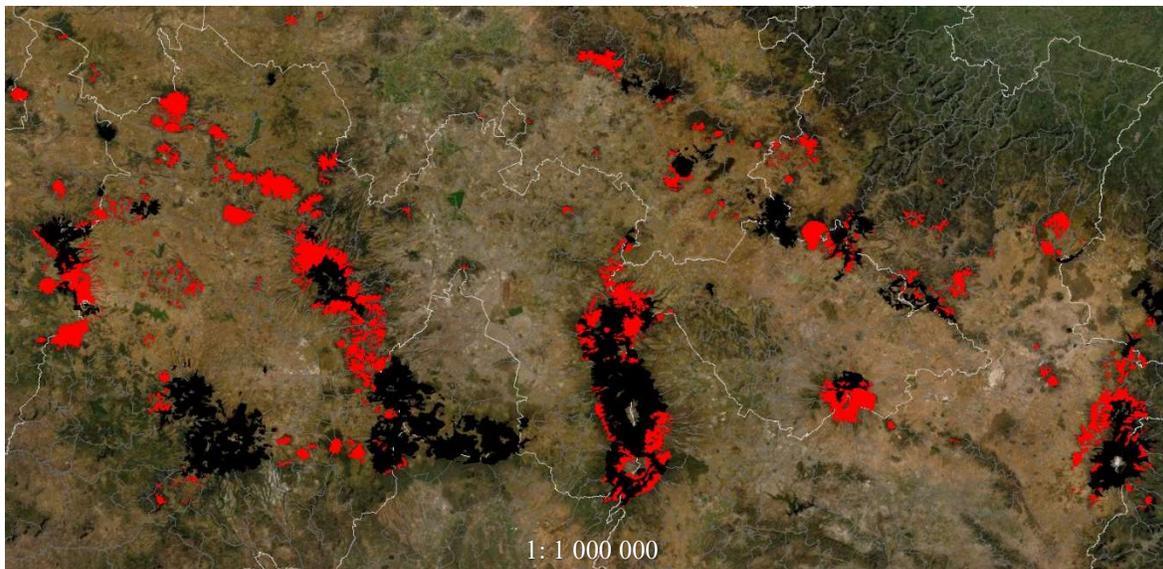
Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105, 2021.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

En la Sierra Madre del sur se tienen no más de 25 registros de *Struthanthus*, esto quiere decir que el estado de sanidad de sus bosques es positivo. El Eje Neo Volcánico Transversal en la región fisiográfica donde se presentan los cinco géneros por la biodiversidad de especies forestales.

Su distribución sobre los sistemas montañosos también funciona como barrera natural de dispersión, la zona Norte y Centro de México predomina el género *Arceuthobium*, a pesar de ser el segundo patógeno es quien tiene mayor adaptación en otros individuos forestales, mientras que *Phoradendron* es el patógeno con más problemas en México y no solo en sus bosques, sino en áreas verdes en ciudades, se limita a una distribución en el Eje Neo Volcánico y en la Sierra Madre Occidental.

Figura 23. Ejemplo de presencia de distribución general de plantas parásitas.



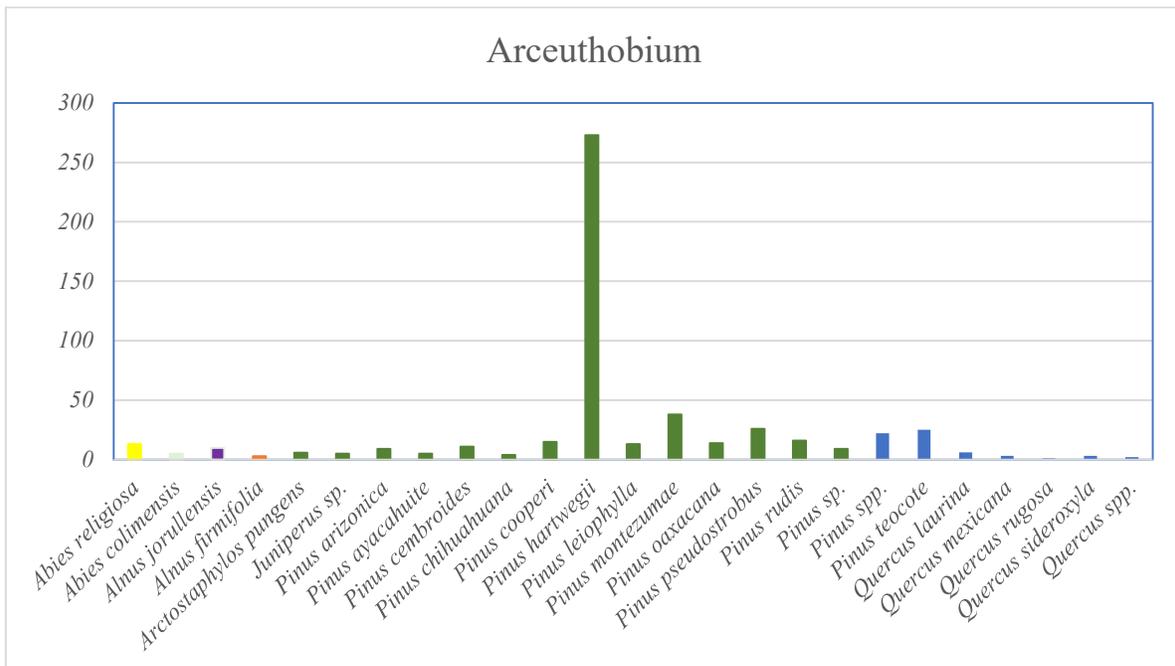
Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

La figura anterior representa la presencia de plantas parásitas en zonas forestales de alta montaña, el color rojo son las zonas forestales de la zona representando mayormente a los bosques de coníferas, mientras el color negro son aquellas zonas infectadas por los cinco géneros de plantas parásitas, su distribución es imitada por tipo de bosque, aquel bosque ajeno de hospedantes es poco probable su infestación o distribución del patógeno.

IV. Distribución espacial del género *Arceuthobium*

El género *Arceuthobium* es el segundo agente patógeno con mayores registros en México de acuerdo con la base de datos generada y está afectando, fundamentalmente, los bosques de Pino (Figura 25). Los principales hospederos del género *Arceuthobium* son las especies de *Pinus*, *Abies* y *Quercus* principalmente, afectando en mayor medida a las especies de pino tales como, *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis* y *pinus teocote* (Gráfico 2). De ellos, el pino más severamente afectado es el *Pinus hartwegii*, seguido del *Pinus montezumae*.

Gráfico 2. Especies de hospederos del género *Arceuthobium*.

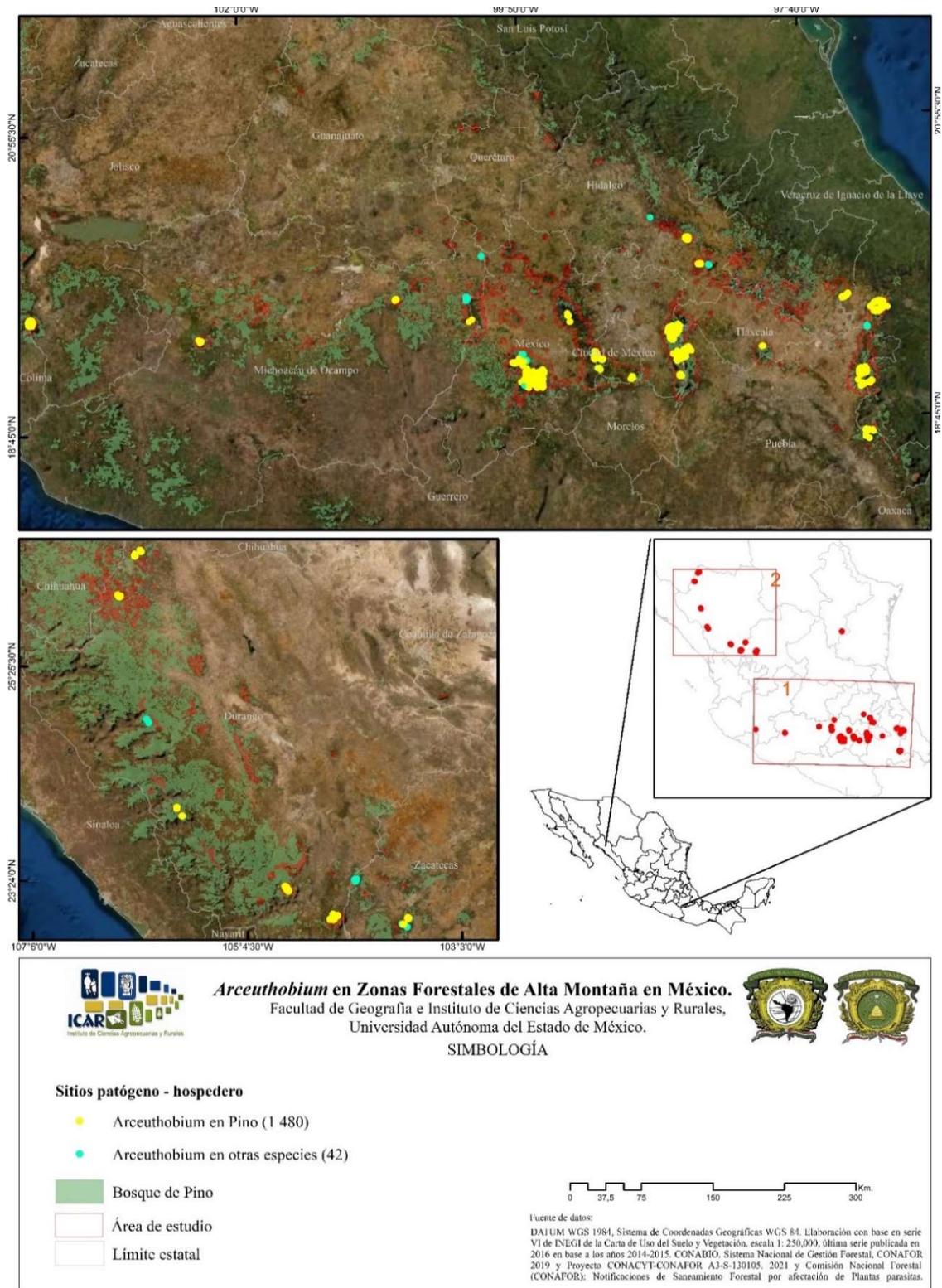


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Su distribución depende del pino y del oyamel, especies mega diversas en los bosques de México, he allí su presencia en casi todas las zonas montañosas de México, su distribución principal se encuentra en: APFF Nevado de Toluca, PN Iztaccíhuatl-Popocatépetl, Sierra del Monte de las Cruces, Paso de Cortés, Pico de Orizaba, Sierra Negra y en menor proporción Nevado de Colima, mientras que, al norte en la Sierra de Durango, áreas boscosas de Pino.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 24. Distribución espacial del género *Arceuthobium* en bosques de alta montaña.

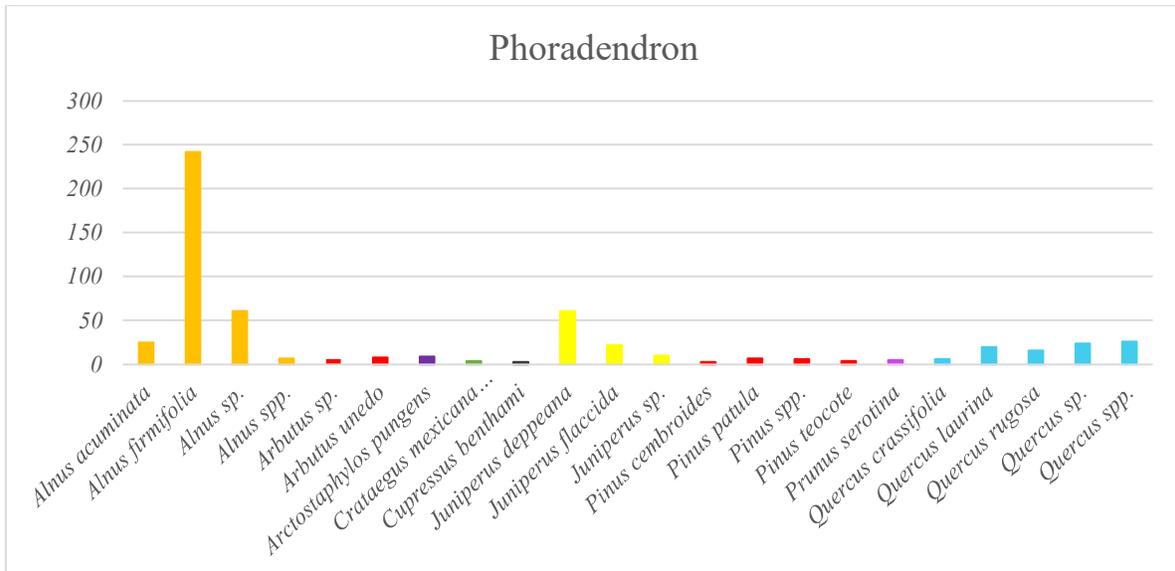


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105, 2021.

V. Distribución espacial del género *Phoradendron*

Por su parte, el género *Phoradendron* es la planta parásita que registra mayor presencia para las especies de *Alnus* (aile) de acuerdo con la base de datos generada, específicamente para *Alnus acuminata*, *Alnus firmifolia* y *Alnus sp* registrando mayor porcentaje de incidencia para *Alnus firmifolia*, así como también existen algunos registros significativos presentes en *Juniperus deppeana*, y *Juniperus flaccida*. Esto debido a que el rango altitudinal que favorece las condiciones biológicas y geográficas de sus hospederos es relativamente bajo, ubicándose entre los 1750 y 2600 msnm. Cuya cobertura forestal para este rango altitudinal es característica del *Alnus* especialmente, por lo que el *Phoradendron* se ve altamente beneficiado para su dispersión.

Gráfico 3. Especies de hospederos del género *Phoradendron*.

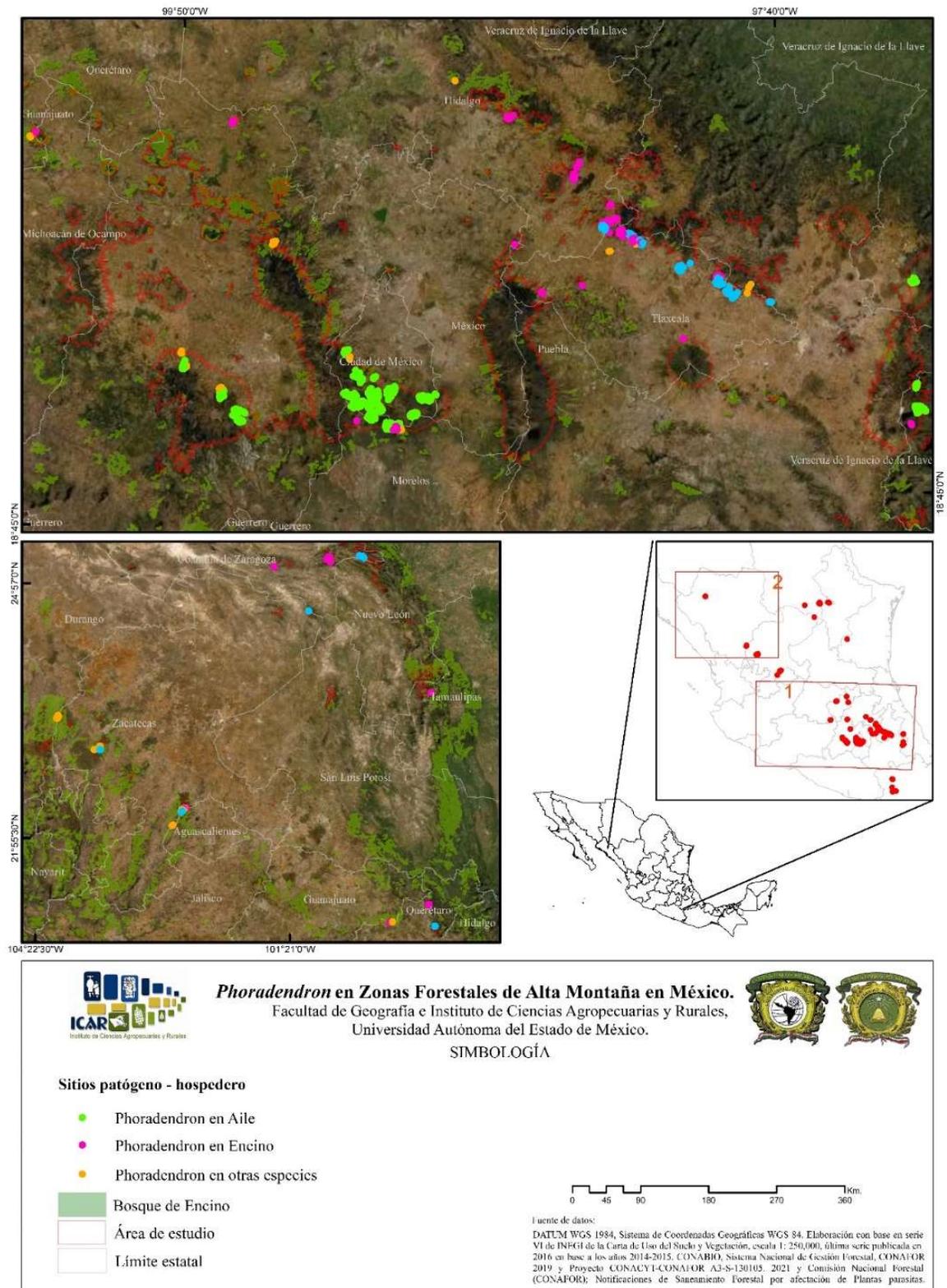


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Representa el primer género patógeno por número mayor de registros nacionales, con tres distribuciones importantes en el Eje Neo Volcánico, la primera en la ladera del Nevado de Toluca, por su impacto con la Ciudad de Toluca, la segunda en el Ajusco hasta el Parque Nacional del Tepozteco, área estrechamente relacionada por factores antrópicos, la Ciudad de México y la última área es la cara oeste del Pico de Orizaba, se tienen diversos registros por estudios científicos.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 25. Distribución espacial del género *Phoradendron* en bosques de alta montaña.

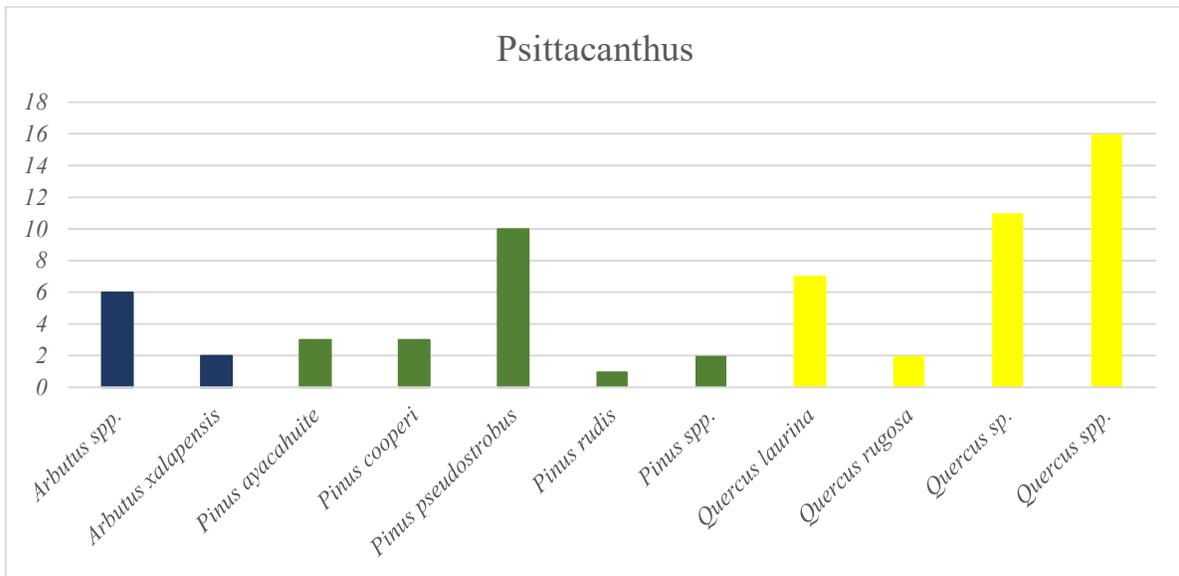


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

VI. Distribución espacial del género *Psittacanthus*

La planta parásita del género *Psittacanthus* tiene presencia en especies de pino como *P. ayacahuite*, *P. cooperi*, *P. pseudostrobus* principalmente. Mientras que en las especies de *Quercus* destacan *Quercus laurina*, *Quercus rugosa* y especialmente registra mayor porcentaje de incidencia para *Quercus spp.* Siendo estas especies sus principales hospederos pues se distribuyen en un rango altitudinal que va desde el nivel mar hasta los 3300 msnm, ideal para el desarrollo de *Psittacanthus*.

Gráfico 4. Especies de hospederos del género *Psittacanthus*.

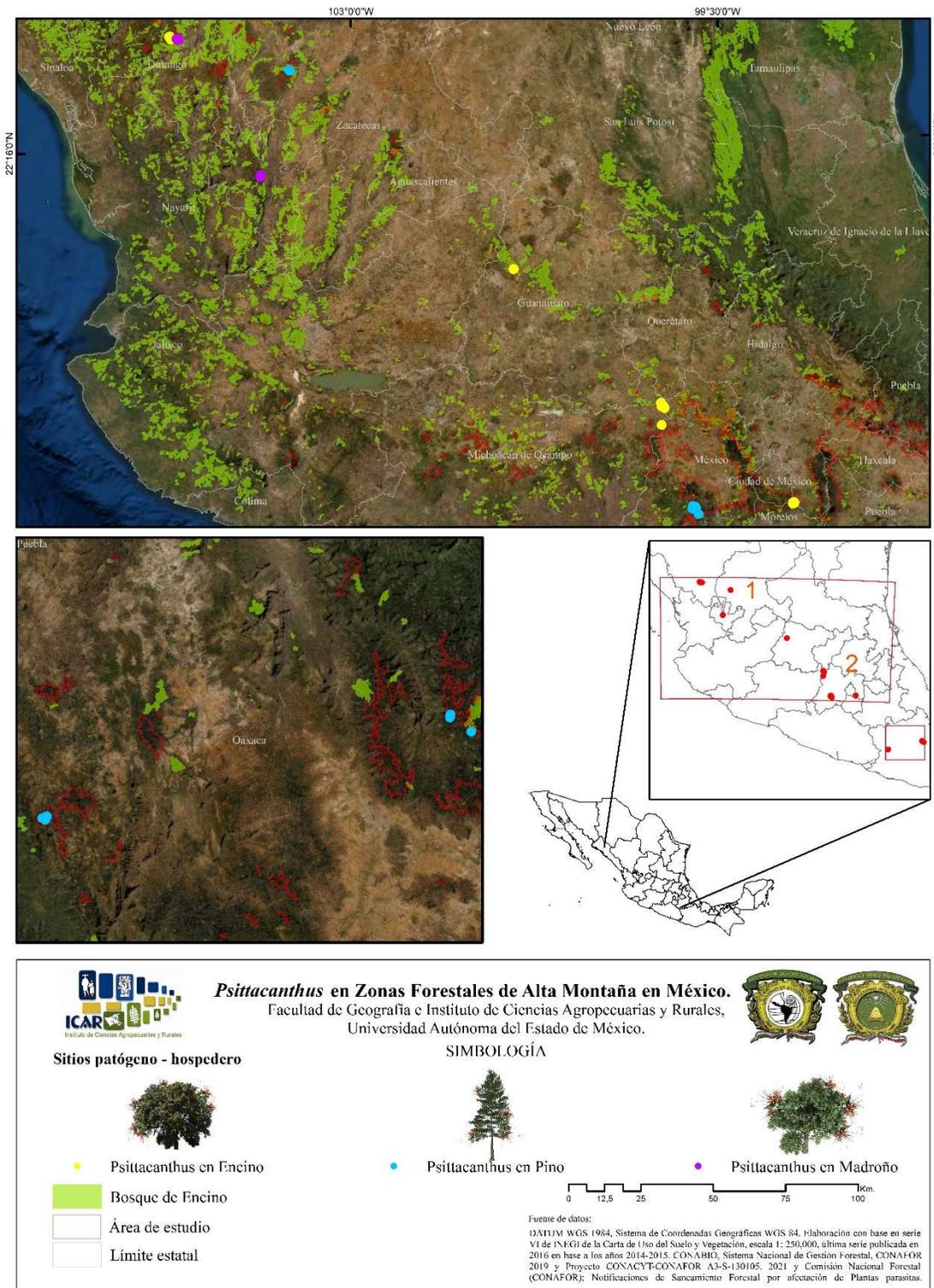


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

La distribución de *Psittacanthus* no es un patógeno que pueda generar un riesgo forestal, ya que de acuerdo con su revisión es uno de los más aprovechados por fauna silvestre en época de secas y por actividades humanas, tiene un aprovechamiento adecuado, que genera una limitación restringida. Durante el desarrollo de la investigación se analizó que se limitaba a los estados de Veracruz y Puebla, sin embargo, los resultados fueron distintos, ya que también se presenta en la Sierra Madre Occidental y un registro más en los altos de Chiapas, se menciona también que es una planta endémica, por lo tanto, estará limitada a la región del centro y norte de México.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 26. Distribución espacial del género *Psittacanthus* en bosques de alta montaña.

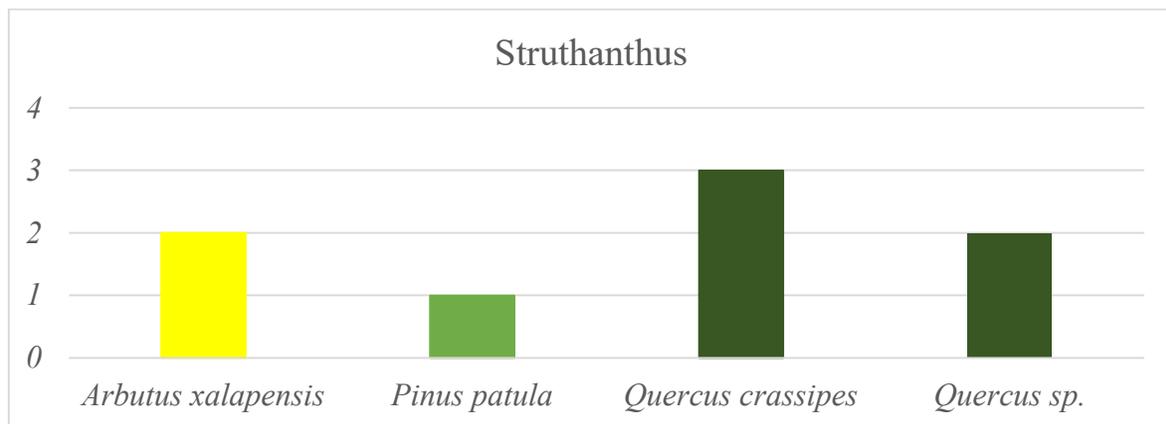


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

VII. Distribución espacial del género *Struthanthus*

La existencia de plantas parásitas del género *Struthanthus* es extremadamente baja y su presencia en los ecosistemas forestales no puede considerarse como plaga (Gráfico 5 y Figura 27). De igual modo, el género *Cladocolea* presenta muy pocos registros. Es la planta parásita menos diversa en cuanto a especies de hospederos, según los registros obtenidos en la base de datos, el género *Struthanthus* se presenta en especies de *Quercus* como *Quercus crassipes*, especialmente. Teniendo también presencia en *Arbutus xalapensis* con menor incidencia en relación a *Quercus* y *Pinus Patula*. Sin embargo, el rango altitudinal en el que se desarrolla es amplio, abarcando altitudes desde el nivel del mar hasta los 3300 msnm.

Gráfico 5. Especies de hospederos del género *Struthanthus*.

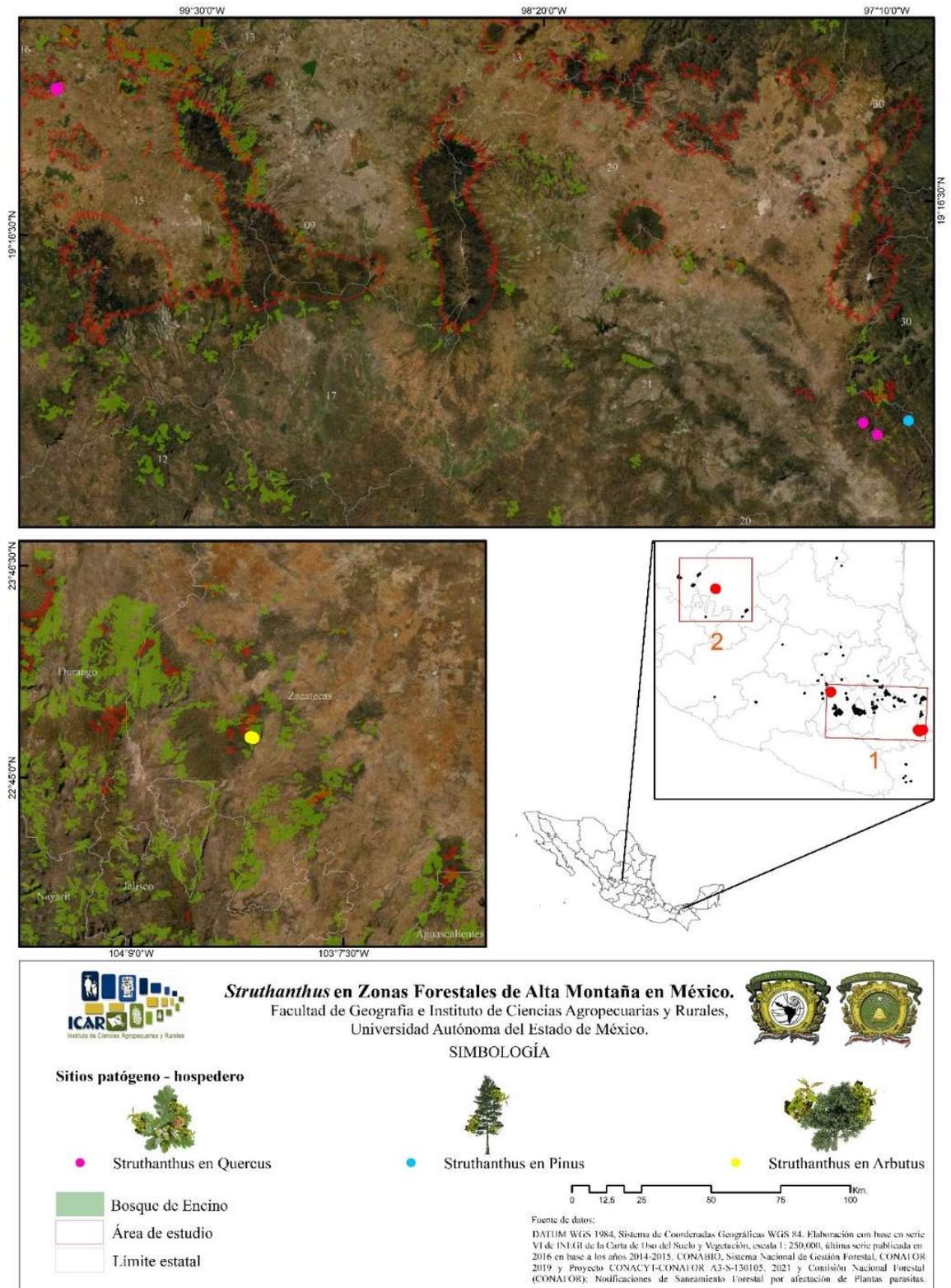


Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Su distribución en los bosques de México se reduce a solo 4 áreas, al sur de Veracruz, elevaciones cercanas al Pico de Orizaba, dos registros en la Reserva de la biosfera Santuario de la Mariposa Monarca y una más en la parte sur de una elevación cercana al Parque Nacional Sierra de Órganos en Zacatecas.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Figura 27. Distribución espacial del género *Struthanthus* en bosques de alta montaña.



Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105, 2021.

VIII. Distribución espacial local de plantas parásitas en APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc.

El trabajo de campo realizado por la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) y las bases de datos resultantes de dicho trabajo de campo junto con lo realizado y obtenido en el proyecto “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noreste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala)” permitió agregar, contrastar y mejorar la estructura de toda la información obtenida por parte de los dos trabajos en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. Con lo cual, la intensidad de muestreo, las variables analizadas y, en general la información levantada en campo como parte del proyecto de investigación del cual deriva esta investigación, permitió complementar y retroalimentar lo realizado por la CONAFOR.

Cuyo muestreo intensivo realizado por el cuerpo de investigación que aporta al proyecto se complementa con el realizado por la CONAFOR, mejorando las metodologías del levantamiento de datos con base en lo establecido por dicha institución. Llegando a sitios antes inexplorados, obteniendo resultados más semejantes a la realidad para conocer a fondo el contexto que rodea a los bosques, mejorando los resultados y obteniendo mapas precisos y de calidad de las plantas parásitas. En donde se aprecia la distribución espacial de dichos agentes patógenos de forma amplia y abarcando áreas mayores de muestreo. Para darlos a conocer a los tomadores de decisiones, y tomar alternativas para la solución del problema por las autoridades competentes. Es el caso de todas y cada una de las áreas de estudio, los mapas finales corresponden a un muestreo intensivo y complementario del trabajo realizado por la CONAFOR. En el que los resultados obtenidos reflejan el esfuerzo de ambas instituciones CONAFOR y UAEMéx a través del proyecto de investigación para estudiar las problemáticas de sanidad forestal que se están presentando en los bosques de alta montaña en México. Cuyo esfuerzo compartido arroja resultados impactantes e interesantes. Tal como se aprecia en los siguientes mapas, la distribución de los sitios de muestreo con presencia de plantas parásitas en el APFF Nevado de Toluca, Monte Tláloc, Nevado de Colima y Pico de Orizaba derivado de este muestro intensivo.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

Los resultados del levantamiento de información de campo muestran que, en los sistemas montañosos del Eje Neo Volcánico prevalece los géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron* (Tabla 9). El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca un 33.32% del total de sitios muestreados estuvieron infectados por las especies *Arceuthobium globosum*, *Arceuthobium vaginatum* y *Arceuthobium abietis Religiosae* del género *Arceuthobium*, mientras que el Monte Tláloc solo presentó un 28.7% de infestación del total de sus sitios muestreados con las mismas 3 especies del género *Arceuthobium*.

Tabla 9. Especies del género *Arceuthobium* registrados en sitios de muestreo por montaña.

Espece	Tipo de muérdago	APFF Nevado Toluca	Monte Tláloc
Número de registros por especie			
Género <i>Arceuthobium</i>			
<i>Arceuthobium abietis Religiosae</i>	Muérdago rojo	5	17
<i>Arceuthobium globosum</i>	Muérdago amarillo	355	118
<i>Arceuthobium vaginatum</i>	Muérdago negro	354	122

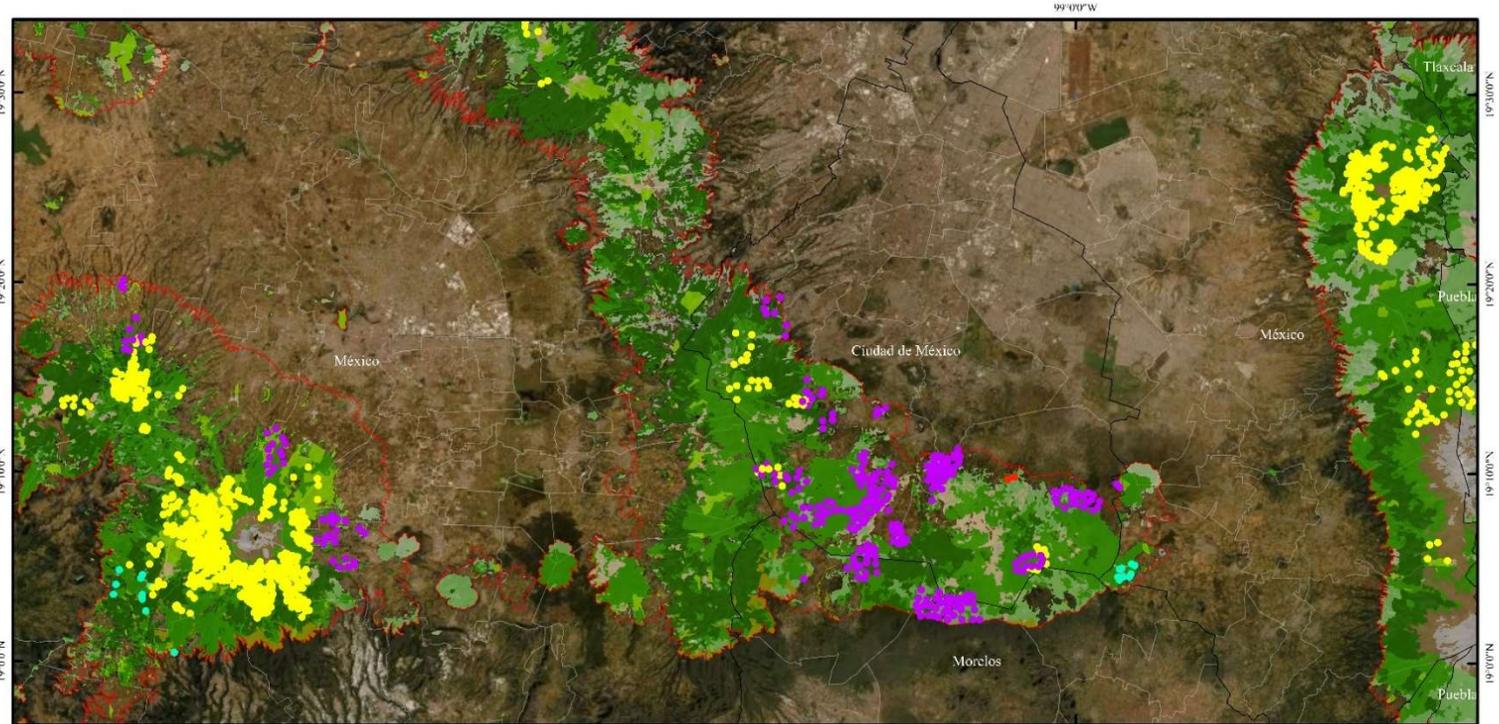
Fuente: Elaboración propia con base en Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Se generó una base de datos cartográficos con 976 registros nuevos de plantas parásitas con datos de referencia básicos, retomados del trabajo en campo, como: localización, fecha de recolección, género de patógeno, especie del patógeno, entre otros datos.

El aumento de registro de patógenos en los últimos años es complementario para el análisis y distribución de los 5 géneros de plantas parásitas, pero negativo para los bosques de México.

Figura 28. Distribución espacial local en APFF Nevado de Toluca y Monte Tláloc.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO



Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

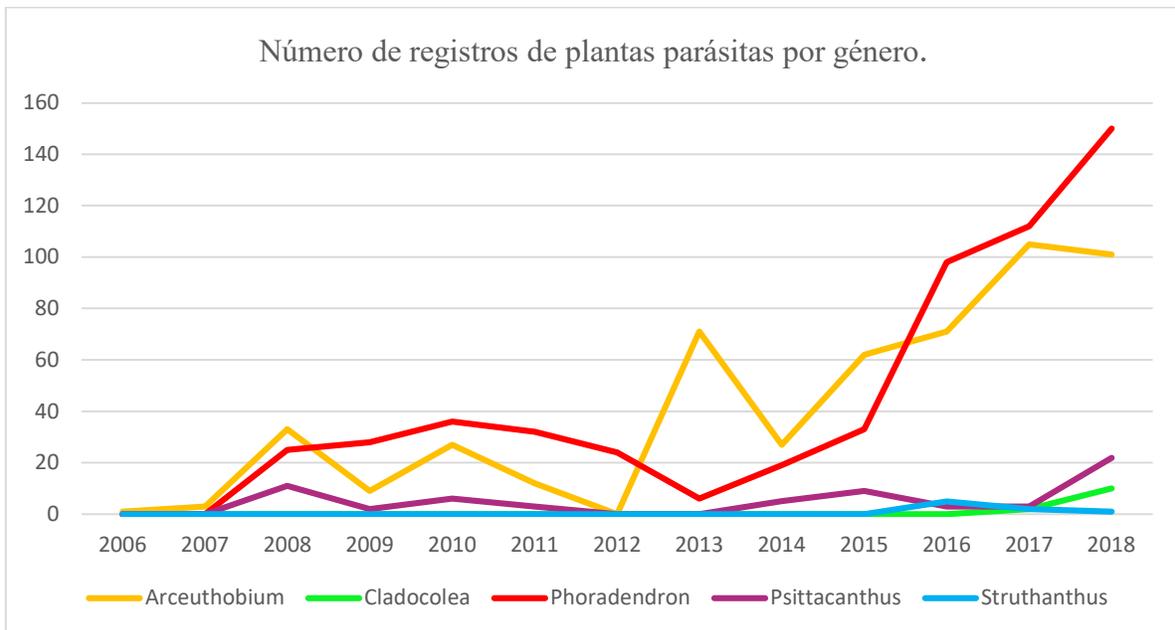
La zona central del mapa anterior es el ejemplo más concreto de la presencia y distribución de los 4 géneros de plantas parásitas (*Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron* y *Psittacanthus*). Representadas en Nevado de Toluca, Sierra del Monte de las Cruces, y Monte Tláloc en Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl. Abundando en mayor medida el género *Arceuthobium* en las partes altas del Nevado de Toluca sobre el bosque de pino y oyamel debido al límite altitudinal en el cual se distribuye, llegando a superar los 3900 msnm. Para el caso de Monte Tláloc el género *Arceuthobium* al igual que en el Nevado de Toluca es el que en gran medida afecta a los bosques de pino y oyamel. Mientras que en la Sierra del Monte de las Cruces el género predominante es *Phoradendron* sobre el bosque de pino. Asociado directamente a factores antrópicos que ejerce la Zona Metropolitana de México (Figura 29).

IX. Cambio y evolución de registros de plantas parásitas en México

La integración de la base de datos geográficos permitió obtener un panorama detallado sobre el proceso de registro de plantas parásitas, la incidencia de las principales especies de muérdago y el comportamiento espacial del fenómeno.

En los últimos años diversas investigaciones científicas se han enfocado en el estado de conservación de los bosques, estado de sanidad, cuidado y protección. Esto ha dado pie a investigaciones especializadas en géneros y especies patógenas que dañan los bosques de México. El trabajo científico y los reportes técnicos de organismos gubernamentales han permitido contar con un registro histórico (Gráfico 1). En el presente siglo el registro de presencia de los géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron* se ha venido incrementando significativamente.

Gráfico 1. Registros anuales de plantas parásitas en México.



Fuente: Elaboración propia a Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

El aumento de los registros de plantas parásitas en México se debe tanto al deterioro que han venido sufriendo los ecosistemas forestales como al incremento de estudios científicos. Existe un creciente interés por conocer su distribución, infestación, presencia, y demás tipo de información de utilidad, con miras a determinar el estado fitosanitario de los bosques. El trabajo de técnicos y científicos que vienen reportando la incidencia de las plantas parásitas

ha posibilitado el planteamiento de estrategias y programas de recuperación y control fitosanitario (Cedillo, 2017; Endara et al., s/f; Ramírez y Porcayo, 2009).

Los registros no solo indican el aumento en la plaga sino un incremento en el interés por controlar la plaga. Conocer la distribución de estos patógenos conduce a mejores tomas de decisiones por parte de las instituciones y organizaciones encargadas de la protección de nuestros bosques.

III.I Factores que influyeron y determinaron la presencia de plantas parásitas

Con base al trabajo de campo realizado en el APFF Nevado de Toluca y el Monte Tláloc, al recorrer los sitios de muestreo para el levantamiento de datos, así como de la revisión de literatura, se observa y comprueba que los factores principales que determinan la presencia de plantas parásitas en los ecosistemas forestales son; la incidencia de incendios forestales, actividades antrópicas como la deforestación que dejan al descubierto dichos ecosistemas, aislando los individuos presentes provocando un aumento en la vulnerabilidad al ataque de estos agentes patógenos.

Presión antrópica. Es una realidad que cada vez más se pierde la riqueza diversidad natural de bosques y selvas en el mundo, el aumento poblacional provoca mayor incidencia en los recursos naturales, aumentando cada vez más la pérdida de la riqueza forestal. La presión antrópica es vista como la principal amenaza a sistemas naturales con sus extracciones inadecuadas, pastoreo en bosques, cambio de uso de suelo forestal por uso agrícola, detonante para que un patógeno tenga la posibilidad de esparcirse.

Por otro lado, las actividades de pastoreo y el cambio de uso de suelo, promoviendo la reducción de la cubierta forestal por pastizal para el ganado aportan también a la presencia de enfermedades dentro de nuestros bosques. Aunado a las actividades silvícolas mal encaminadas realizadas por parte de los actores locales, tales como brechas corta fuego, quemas controladas para propiciar la regeneración que realmente no lo son. Y que dichas actividades aportan al cambio climático, factor irreversible en los ecosistemas forestales (FAO, 2011).

Deforestación e incendios forestales. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales un incendio provoca que los árboles en los sistemas forestales queden

desprotegidos ante enfermedades y plagas (CONAFOR, 2010). Lo mismo sucede con la deforestación ante la pérdida de especies controladoras del patógeno, por ejemplo. Está comprobado por Valdivia (1964) que posterior a que un bosque presenta el género *Arceuthobium* es más propenso a un incendio forestal por incremento de ramas/conos en la cobertura (Colín, 2017).

Fragmentación. Snuder et al. (1991), así como Bustamante y Grez (1995) concuerdan que la fragmentación, ocasiona extinción de especies, pérdida de recursos genéticos, procesos de formación de suelos y aumento de plagas y enfermedades provocando deterioros forestales, citado por (Navarro et al., 2015). Esto quiere decir que un bosque fragmentado provoca que predomine y compitan las plantas parásitas con otras especies por alimento, en este caso individuos, limitando su crecimiento y supervivencia.

III.II Análisis de presencia de plantas parásitas por provincias biogeográficas

El análisis nacional con base en la distribución geográfica de los cinco géneros de plantas parásitas en las provincias biogeográficas, refleja su presencia en zonas montañosas de México, destacando la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Eje Neo Volcánico, Sierra Madre del Sur y los altos de Chiapas.

Tabla 10. Estados que pertenecen a provincias fisiográficas.

Provincia biogeográfica	Estados
Sierra Madre Occidental	Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Nayarit, Zacatecas, Jalisco y Aguascalientes.
Sierra Madre Oriental	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Puebla.
Eje Neo Volcánico	Nayarit, Jalisco, Colima, Zacatecas, Michoacán de Ocampo, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Ciudad de México, Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y Oaxaca.
Sierra Madre del Sur	Michoacán, Guerrero, Puebla y Oaxaca.
Los altos de Chiapas	Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en CONABIO.

IV. Relación patógeno - hospedero

De acuerdo con las bases de datos analizadas y depuradas tanto de la base de CONAFOR como del proyecto de investigación se obtuvo lo siguiente. La planta parásita frecuente y diversa en cuanto a hospederos es la del género *Arceuthobium*, presente en especies forestales tales como *Abies*, *Alnus*, *Arctostaphylos*, *Juniperus* y *Pinus* (Tabla 11) debido al rango altitudinal en que se presentan sus hospederos, que van desde los 2800 msnm hasta los 4100 msnm. Siendo el pino su principal hospedero. Estas especies forestales conforman la mayor extensión de los bosques de coníferas.

Existe una relación entre el hospedero y el género de la planta patógena. Destaca el género *Arceuthobium* que tiende a afectar fundamentalmente los bosques de pino y, en menor medida las especies de coníferas. El género *Phoradendron* es menos específico y, aunque tiene mayor incidencia en los bosques de aile (*Alnus sp.*) puede afectar a coníferas y latifoliadas.

El género *Phoradendron* posee gran variedad de hospederos, presentándose en gran diversidad de especies forestales tales como, *Alnus*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Quercus*, *Arbutus* (Tabla 11), principalmente. Afectando con mayor severidad al *Alnus* debido al bajo nivel altitudinal en el que se encuentra distribuido y al *Juniperus*, según registros de la base de datos final. Presentándose en rangos altitudinales de los 1750 msnm a los 2600. Sin embargo, en los recorridos de campo, se notó la presencia de *Phoradendron* en *Ribes ciliatum*.

Tabla 11. Relación de patógeno hospedero en México.

Hospedero / patógeno	Arceuthobium	Cladocolea	Phoradendron	Psittacanthus	Struthanthus
<i>Abies</i>	53	1			
<i>Alnus</i>	8	4	335		
<i>Arbutus</i>			14	8	2
<i>Arctostaphylos</i>	6		9		
<i>Callaeum</i>			2		
<i>Crataegus</i>			4		
<i>Cupressus</i>			3		
<i>Eysenhardtia</i>			1		
<i>Juniperus</i>	5		73		
<i>Pinus</i>	1714		20	27	4

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA MONTAÑA EN MÉXICO

<i>Prunus</i>			5		
<i>Quercus</i>	15	3	76	29	2
<i>Scana</i>	1		5		

Fuente: Elaboración propia con base en Sistema Nacional de Gestión Forestal, CONAFOR 2019 y Proyecto CONACYT-CONAFOR A3-S-130105. 2021.

Los géneros *Cladocolea*, *Psittacanthus* y *Struthanthus* registraron menor variedad de hospederos. Siendo únicamente el pino y encino los principales hospederos de *Psittacanthus* y *Struthanthus*. Mientras que el género *Cladocolea* únicamente se presenta en la especie *Abies* y *Aile*. Abarcando rangos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 3300 msnm para los tres géneros.

Figura 21. Identificación de *Phoradendron spp.* en *Ribes ciliatum* en Pico de Orizaba, Puebla.



Fuente: Tomada en campo Pico de Orizaba, *Phoradendron spp.* en *Ribes ciliatum*, agosto del 2021.



DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

DISCUSIÓN

Esta investigación tuvo como propósito identificar la distribución espacial de cinco géneros de plantas parásitas (*Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*) en zonas forestales de alta montaña en México. Además de analizar la zona central caracterizada por presentar un alto reporte de plantas parásitas. Los principales hallazgos de este estudio fueron los siguientes.

Distribución nacional y local.

De los resultados de la investigación indicaron el alto problema de distribución de *Arceuthobium* y *Psittacanthus* en las coberturas forestales, muérdagos verdaderos en bosques y selvas, y muérdagos enanos en bosques de coníferas. Problemas derivados del cambio climático, factores antropogénicos. El ejemplo más claro se detalló en la zona central del Eje Neo Volcánico transversal.

De acuerdo con los resultados la parte más afectada y con mayores registros de presencia de plantas parásitas es en la parte central del Eje Neo Volcánico transversal esto a causa de mayores niveles de contaminación, fragmentación de bosques, explotación forestal, incluso valores altos de temperaturas causados por el cambio climático, datos que concuerdan con las últimas investigaciones de Cedillo, 2017; Ramírez y Porcayo, 2009 para el caso de Nevado de Toluca y Endara et al., s/f: en Monte Tláloc.

Para el caso de la Sierra del Monte de las Cruces se encuentran distribuidos los 4 géneros de plantas parásitas, bosques de latifoliadas. Que, debido a la cercanía de la Ciudad de México, la Zona Metropolitana del Valle de México y parte del estado de Morelos este complejo forestal se ve afectado por fenómenos asociados a la urbanización que se presenta en la zona. Siguiendo un patrón de deterioro forestal de diversos aspectos, asociado al aprovechamiento irregular de diversos productos forestales. Lo cual propicia la presencia de esta diversidad de patógenos que encuentran las condiciones favorables para su distribución, desde niveles bajos de altitud hasta niveles altos. En contraste con el Nevado de Toluca, que, si bien el género *Arceuthobium* se encuentra en mayor medida disperso, es el único patógeno que se ubica en esta zona.

Impacto de los géneros: Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus

De los datos obtenidos se puede concluir que el impacto de los géneros Arceuthobium y Phoradendron en mayor proporción son negativos para el bosque, comunidades forestales y económicamente en la extracción de madera y otros recursos forestales (Gómez et al., 2011), sin embargo, los otros tres géneros de plantas parásitas poco reportadas, no siempre su presencia es negativa, tal es el caso del género Psittacanthus, Francisco en el 2019 reportó el aprovechamiento de la planta en comunidades de los valles centrales de Oaxaca para fines farmacéuticos y medicinales, como fuente de alimentación para el ganado. Menciona que las flores del Psittacanthus funciona como buen alimento de aves en tiempos de sequía cuyas especies consumen sus frutos.

Limitantes

La calidad de análisis de distribución del patógeno dependió de la calidad de los datos recolectados en campo, el análisis realizado al centro de México fue completo y eficaz, mientras que casos poco muestreados como la Sierra Madre Occidental comprenderán de mayor información para un acercamiento a la realidad.

CONCLUSIONES

Sobre los resultados

En las últimas décadas se ha registrado un incremento de plantas parásitas en los sistemas montañosos de México. Independientemente de que ha aumentado el interés por su identificación y registro, es evidente que los ecosistemas se encuentran sujetos a fuertes presiones antrópicas, lo que está propiciando la proliferación de las plantas parásitas, principalmente en el Sistema Neovolcánico Transversal, causado por las principales ciudades, desde la Ciudad Guadalajara, hasta ciudades de Puebla.

La distribución espacial de las plantas parásitas en los sistemas montañosos de México se encuentra altamente relacionada con factores antropogénicos, pero también por la distribución de los árboles hospederos. Por esta razón, en las zonas más elevadas, dominadas por el pino de las alturas, ha venido proliferando el género *Arceuthobium*. Las zonas de menores altitudes se encuentran cubiertas por especies forestales de abeto aile y encino, lo que determina la presencia del género *Phoradendron*.

En esta investigación se determinó la distribución espacial de los cinco géneros de plantas parásitas en zonas boscosas de alta montaña en México, en el cual se obtuvo una base de datos como base para análisis de distribución de cada patógeno.

Sobre la metodología

Existen en el país diversas fuentes de información sobre el registro de plantas parásitas. Las bases de datos disponible varían significativamente en el nivel de detalle y en la precisión de la información. Evidentemente es importante establecer los procedimientos metodológicos apropiados para aprovechar la información disponible.

La cartografía de la distribución de plantas parásitas implica, necesariamente la aplicación de sistemas de información geográfica, incluyendo la generación de bases de datos espaciales. Esto conlleva la aplicación de técnicas para la validación de los datos en campo. Un elemento fundamental que permitió conocer el patrón de distribución que siguen estos patógenos es el trabajo de campo en un área local. Pues, a través del muestreo intensivo que se llevó a cabo en el Nevado de Toluca y Monte Tláloc permitió entender la realidad que experimentan los bosques actualmente.

Aportaciones

Un producto cartográfico que refleja la distribución nacional de plantas parásitas, específicamente en alta montaña, ayudar a generar y gestionar el manejo de los recursos forestales nacionales para dependencia públicas a nivel nacional y estatal.

Generar las bases espaciales por patógeno para priorizar conservación en áreas con principal atención de sanidad, ya que las montañas son vitales por sus servicios ambientales que nos benefician, dependemos directamente de estas, de lo contrario el riesgo ambiental perjudicaría no solo a la población, sino a diversas especies que habitan en ellas. Las plantas parásitas se encuentran directamente relacionadas con las prácticas humanas que se desarrollan sobre los recursos forestales. Por tanto, su distribución depende directamente con aspectos antrópicos y biológicos.

Importancia de los componentes biológicos que integran los ecosistemas, y conociendo a fondo las relaciones naturales que se dan dentro de ellos permite el establecimiento de un diagnóstico oportuno que a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se representa el fenómeno para ser tomado en cuenta por los tomadores de decisiones y tomar acciones que eviten el progreso acelerado de la incidencia de estos patógenos.

REFERENCIAS

Referencias textuales

- Agrios, G. N. (1985). Plant pathology. Elsevier Academic Press. 1ª ed. San Diego, California, USA. 583- 595 p.
- Agrios, G.N. (2005) Plant pathology. Elsevier Academic Press. 5ª ed. San Diego, California, USA.
- Alvarado Rosales, D. y Saavedra Romero, L. de L. (2007) El género Cladocolea (Loranthaceae) en México: muérdago verdadero o injerto. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Vol. 11, núm. 1. Chapingo: México
- Alvarado, R. Saavedra, L. (2007) El género Cladocolea (Loranthaceae) en México: Muérdago verdadero o injerto. Revista Chapingo: Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Pp. 5-9
- Alvarado Rosales, Dionicio y Saavedra Romero, Luz de Lourdes, (2016) Memorias del Foro Nacional: Las plantas parásitas en México. Red temática en Salud Forestal. Texcoco: Estado de México, 52 p.
- Álvarez Taboada, María Flor, Lorenzo Cimadevila, Henrique, Rodríguez Pérez, José Ramón, Picos Martín, Juan y Gutiérrez del Olmo, Enrique Valero (2005). "Detección en áreas forestales afectadas por el ataque de insectos empleando teledetección y SIG, aplicación a las masas de eucalipto afectadas por *Gonipterus Scutellatus* en Galicia". *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, Vol. 19, (27-33). España: Universidad de León. ISSN: 1575-2410.
- Ancira Sánchez, Lucia y Treviño garza, Eduardo Javier, (2015) Utilización de imágenes de satélite en el manejo forestal del noreste de México. Departamento de Ecología y Recursos naturales, Universidad de Guadalajara. Madera y Bosques Vol. 21 No. 1, Xalapa: México. Pp. 78-80. ISSN 1405-0471
- Barton Bray, David, Merino Pérez, Leticia y Barry, Deborah, (2007) "El manejo comunitario en sentido estricto: las empresas forestales comunitarias de México", en David Bray, Leticia Merino y Deborah Barry (editores): Los bosques

- comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales, 21-23. Ciudad de México: SY G. ISBN 978-968-817-841-6, 443 p.
- Beltrán, Enrique, (s/f) *Selva alta perennifolia (Bosque tropical perennifolio)*, México. Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. 19 p.
- Büttner, G.; Feranec J.; G. Jaffrain; L. Mari; G. Maucha y T. Soukup. 2004. "The CORINE Land Cover 2000 Project". EARSeL e proceedings. Vol.3, Núm. 3, 331-346, Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/233986917_The_CORINE_land_cover_2000_project el día 11-08-2021, 12:31hrs
- Calderón, G. (2010) Loranthaceae. In: Rzedowski, J. y G. Calderón (eds). Flora Fanerogámica del Valle de México. Edición digital. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 98-102 p.
- Cedillo, Alonso, (2017) *Análisis espacial del nivel de infestación por muérdago enano en el bosque de Pino del Área de Protección de Flora y Fauna del Nevado de Toluca*, México. Tesis. Maestra en Análisis Espacial y Geo informática, Universidad Autónoma del Estado de México. 121 p.
- Cepeda Puente, María Guadalupe (2011) *Identificación, incidencia y severidad del muérdago Phoradendron spp. En la Sierra de Arteaga, Coahuila*. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila; México. pp. 12
- Chápela, Francisco, (2012) Estado de los bosques de México. Consejo Civil mexicano para la silvicultura sostenible. Ciudad de México: México.
- Cházaro Basáñez, Miguel de Jesús, Oliva Rivera, Héctor, Ramón Farías, Feliza y Vázquez García, José Antonio, (2005) Cladocolea Oligantha (Loranthaceae) un nuevo registro para Veracruz, México, y datos generales sobre este Taxón. Revista Polibotánica, Núm.20, pp.1-15. México, ISSN 1405-2768. Pp. 2-10
- Cházaro, M. (2006) *Las Plantas Parásitas de México: Florística y Fitogeografía*. Tesis de Maestría, Universidad de Guadalajara. Departamento de Botánica y Zoología.

- Cházaro, M., Huerta, R. M., Patiño, R., Sánchez, E. Lomelí y A. Flores. (1992). Los muérdagos (Loranthaceae) de Jalisco, parásitas poco conocidas. *Ciencia y Desarrollo*. Vol. 27, Núm. 102. 70-85 p.
- Colín Medina, Sandy Inés (2017) *Determinación de las especies de la familia Loranthaceae y Santalaceae en el bosque del Nevado de Toluca, México*. Tesis de ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca: México. 10-25 p.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), (2010) Incendio Forestales. Guía práctica para comunidades. Jalisco: México. 56 p.
- ____ CONAFOR, (2018) Agente Causal, Plantas Parásitas. Comisión Nacional Forestal. Consultado el 22 noviembre 2020 en <https://www.gob.mx/conafor/documentos/agente-causal-plantas-parasitas>
- ____ (CONAFOR), (2020a) Diagnóstico Fitosanitario del Estado de Tamaulipas. Gerencias Estatal de Tamaulipas. CONAFOR. 48 p.
- ____ (CONAFOR), (2020b) Inventarios estatales forestales de México, consultado en <https://www.conafor.gob.mx/transparencia/t-map-inventario.html>
- ____ (CONAFOR), (2020c) Informe de actividades realizadas en Viveros Forestales con base en la norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Gerencia de Sanidad, enero-junio, 2020. México. 11 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (2008) Provincias fisiográficas de México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- ____ (CONABIO), (2014) Bosques mesófilos de montaña. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gual Díaz, Martha y Rendón Correa, Alejandro (Compiladores). Primera Edición, México. ISBN: 978-607-8328-07-9. Pp. 32-40
- ____ (CONABIO), (2020) Bosques Templados, Biodiversidad Mexicana. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Consultado

el 2 de julio del año 2020 en:
<https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado>

____ CONABIO, (2021) Curvas de nivel para la República Mexicana. Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad, 1998. Consultado en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> 10/08/2021 a las 14:30 horas.

Comité Técnico de Sanidad Forestal Estatal de Morelos (CTSFEM), (2017) Diagnóstico estatal de sanidad forestal del estado de Morelos 2017. Comité Técnico de Sanidad Forestal Estatal de Morelos. Morelos, México. 16 p.

Consejo Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), (2013) Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tlalpan: México. 190 p.

Contreras Ruíz, Claudia, Alvarado Rosales, Dionicio, Cibrián Tovar, David y Valdovinos Ponce, Guadalupe Valdovinos, Ponce (2018) Control químico con etefón (Ácido 2-Cloroetil fosfónico) del muérdago verdadero *Struthanthus interruptus* (Kunth) G. Don. Universidad Autónoma de Chapingo. Estado de México: México ISSN: 52 741-755 pp. 1-10

Dauber, Erhard (1995) Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. (Documento técnico) BOLFOR. Bolivia. 53 p.

Enciclovida, (2021) Género *Struthanthus* en México. Consultado en: <https://enciclovida.mx/busquedas/resultados?utf8=%E2%9C%93&busqueda=basica&id=&nombre=struthanthus&button=> el día 10-08-2021, a las 11:33hrs.

Endara Agramont, Angel Endara, Franco Maass, Sergio, Gabino Nava, Bernal, Valdez Hernández, Ignacio y Todd's S, Frederickson (2012) Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forest Research*.

Endara Agramont, Angel Rolando, Calderon Contreras, Rafael, Nava Bernal, Gabino, Franco Maass, Sergio, (2013) Analysis of Fragmentation Processes in High-

Mountain Forests of the Centre of Mexico. American Journal of Plant Sciences. Mexico. Four, 697-704 doi:10.4236/ajps.2013.43A088 Published Online.

Endara Agramont, Angel Rolando, Aguirre González, Noé Antonio, López García, Lose Luis y Franco Maass, Franco, (s/f) Manejo adaptativo en bosques de alta montaña, México. México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Universidad Autónoma del Estado de México. 12 p.

Espinoza Zúñiga, Pablo, Ramírez, Dávila, José Francisco, Cibrián Tovar, David, Morales Villanueva, Antonio, Cibrián Llanderal, Víctor David, Figueroa y Martínez Rivera, Roberto, (2019) Modelación de la distribución espacial del muérdago (Santalales: Loranthaceae) en las áreas verdes de la delegación Tlalpan, México. Revista BOSQUE. Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma el Estado de México, Toluca: México. Pp. 17-28

Fomento Ecológico y Social A. C. (2017) Plan de monitoreo y control del muérdago (*Struthanthus* sp. y *Psittacanthus calyculatus*) en la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas. Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional” consultado en: Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fwww.biodiversidad.gob.mx%3A9999%2Fmedia%2F1%2Fespecies%2FInvasoras%2Ffiles%2Fcomp2%2F7_Plan_de_myc_de_muérdago_RBTuxtlas.pdf&clen=1369103&chunk=true (10/08/2021, 11:19 horas.)

Francisco Ornelas, Juan, (2019) Los muérdagos *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación. Biodiversitas, Núm. 146. CONABIO: México. p. 16. ISSN: 1870-1760

Franco Maass, Sergio, Regil García, Héctor Hugo y Ordóñez Díaz, José Antonio Benjamín, (2006) Dinámica de perturbación- recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca. Madera y Bosques, Vol. 12, Núm. 1. (17-28) México: CICA. ISSN: 2448-7597

- García Franco, José Luis (2010) *Identificación, incidencia y severidad del muérdago Phoradendron sobre Quercus spp. y Juniperus spp. En los cañones Jamé y los lirios de la Sierra de Arteaga, Coahuila*. Tesis. Universidad Autónoma Agraria. Coahuila; México, 15 p.
- García Regalado, Gerardo (1998) La familia Loranthaceae (injetos) del estado de Aguascalientes, México. Departamento de Biología, Universidad de Aguascalientes. Revista Poli botánica Núm. 7. Aguascalientes: México. ISSN: 1405-2768 11 p.
- Geils, B. W, J. Cibrián T. y B. Moody, (2002) Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.
- Gill, Lake S. y Hawksworth, Frank G. (1961) The Mistletoe: a literature review U.S.D.A. Technical Bulletin No. 1242:87. Washington, D. C.: USA.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF), (2021) 39 proyectos de 5 géneros: Arceuthobium, Cladocolea, Phoradendron, Psittacanthus y Struthanthus en México. Consultado en <https://www.gbif.org/> enero del 2021.
- Gómez Díaz, Jorge Antonio y Villalobos, Fabricio, (2019) "Montañas: cómo se definen y su importancia para la biodiversidad y la humanidad". CIENCIA ergo-sum. Vol. 27, Núm. 2. (1-8). México: Universidad Autónoma del Estado de México. ISSN: 1405-0269. 5, 6 p.
- Gómez Sánchez, Maricela, Sánchez Fuentes, Liliana y Salazar Olivo, Luis. (2011) Anatomía de las especies mexicanas de los géneros Phoradendron y Psittacanthus, endémicos del Nuevo Mundo. Universidad Autónoma de Querétaro. Revista Mexicana de Biodiversidad No. 82. ISSN: 1203-1218.
- Guerrero Hernández, Ricardo, Muñiz Castro, Miguel Ángel, Vázquez García y Ruiz Corral, Ariel J. (2019) Estructura del bosque mesófilo de montaña y su reemplazo por bosque de Abies en dos gradientes altitudinales del occidente de México. Instituto de Botánica, Revista Botanical Sciences. Jalisco; México. Vol. 97 No. 3 ISSN 2007-4298. Pp. 2

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), (2010) Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000 Serie VI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

____ INEGI (2014) Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, Serie VI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

____ INEGI, (2016) Uso de suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie VI (Continuo nacional) Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Publicado en Geo portal CONABIO. Consultado en varias fechas del año 2020 y 2021 en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

____ INEGI, (2017) Guía para la interpretación de cartografía: Uso de suelo y vegetación: Escala 1:250 000 Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

____ INEGI, (2021) Bosque húmedo de montaña, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Consultado el 05 de enero del año 2021 en <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/vegetacion/bh.aspx>

Korstian, C.F. y Long, (1922) The Western Yellow Pine mistletoe. U.S.D.A. Bulletin No. 1112:35.

Kuijt, Job (1992) Two New Species of Cladocolea (Loranthaceae) from Mexico and Surinam. Departamento of Biology, Victoria: Canadá. Pp. 2-4

Lencinas, J. D. y Siebert, A. (2009) Relevamiento de bosques con información satelital: Resolución espacial y escala. Revista Quebracho, Vol. 17 (1,2). Argentina. Consultado en: Chrome - extension://efaidnbmnnnibpcajpcglefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Ffcf.unse.edu.ar%2Farchivos%2Fquebracho%2Fv17a11.pdf&cflen=90138&chunk=true el día 11-08-2021, 14:12hrs.

- López García, José Luis (2013) *Identificación de zonas aptas para la recuperación del bosque de alta montaña del Estado de México*, México. Tesis de maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca; México.
- Marchal Valencia, Diana (2009) *El muérdago en la Ciudad de México*. ARBOLAMA. México. 22 p.
- Martínez Anastasio, Diana Nancy, Nava Bernal, Gabino, y Franco Maass, Franco, (2014) “El desarrollo agropecuario de los pueblos de alta montaña. La peñuela, Estado de México”. *Economía, sociedad y territorio*. Vol. 14, Núm. 45 (397-418). México: Universidad Autónoma del Estado de México. 398 p.
- Mourão, F. A., Jacobi, C. M., Figueira, J. E. C. & Batista, E. K. L. 2009. Effects of the parasitism of *Struthanthus flexicaulis* (Mart.) Mart. (Loranthaceae) on the fitness of *Mimosa calodendron* Mart. (Fabaceae), an endemic shrub from rupestrian fields over ironstone outcrops, Minas Gerais State, Brazil. *Acta Botánica Brasilica*. 23 (3): 820-825
- Navarro Rodríguez, María del Carmen, González Guevara, Luis Fernando, Flores Vargas, Ramiro y Amparan Salido, Rocío Teresa, (2015) *Fragmentación y sus implicaciones, Análisis y reflexión documental*. Jalisco: Universidad de Guadalajara. ISBN: 978-607-742-177-1 64 p.
- Nickrent, Daniel L. (2002). Parasitic plants of the world, in JA Lopez-Saez, P Catalan, and L Saez (editors.). *Parasitic plants of the Iberian Peninsula and Balearic Islands*. Mundi press. Madrid: España. Pp. 8-9.
- Oliva, Rivera H. (1983). *Contribución al conocimiento de la Familia Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla*, México. Tesis profesional, Facultad de Biología, U universidad de Veracruz. Xalapa, Veracruz. México.
- Olivo Martínez, Juan Antonio (2018) *Proyecto de diagnóstico fitosanitario y de combate y control de plagas y enfermedades forestales*. CONAFOR, SEMARNAT. México.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), (2011) Medir la degradación del bosque. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales, Vol. 62, No. 2. 76. ISSN: 0251-1584.
- Protección Ambiental, Asesoría y Proyectos, S. C. (PAAP), (2016) Diagnostico de las áreas forestales con afectación de muérdago en el ejido San Agustín, dentro del área de protección de flora y fauna la primavera, tomando como base el uso de imágenes de sensores remotos y validación en campo. Informe final. Bosque la primavera. Zapopan; Jalisco. Pp. 7-14.
- Ramírez Dávila, José Francisco, y Porcayo Camargo, Elvia. (2009) Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México utilizando el método SADIE. Revista madera y bosques. Instituto de Ecología, A. C. Vol. 15, No. 2, Xalapa; México. Pp. 93-112. ISSN: 14050471.
- Ramírez Dávila, José Francisco y Porcayo Camargo, Elvia, (2010) Estudio comparativo de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en la ladera norte del Parque Nacional Nevado de Toluca, México. BOSQUE, Vol. 31, Núm. 1 (28-38) México: UAEMéx. ISSN: 0717-9200.
- Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), (2021) Familia Loranthaceae: Géneros *Psittacanthus*, *Cladocolea* y *Struthanthus*, en México. Consultado en http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html enero del 2021.
- Red Mundial de Información sobre Biodiversidad (REMIB), (2021) Familia Santalaceae: Géneros *Arceuthobium* y *Phoradendron*, en México. Consultado en http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html enero del 2021.
- Red Temática en Salud Forestal, (2021) Plantas parásitas. CONACYT, CONAFOR. Consultado en: <https://redsaludforestal.com/temas.php?id=5> 07-01-2021
- Rodríguez, A. (1985) Infestación del muérdago enano *Arceuthobium vaginatum* (Hill) Presl., en el repoblado de *Pinus hartwegii* Lindl. del Parque Nacional Zoquiapan,

Estado de México, Biol. Téc. Núm. 122. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, México.

Rodríguez, A. 1983. Muérdago enano sobre Abies, Pinus y Pseudotsuga de México. Revista Ciencias Forestales 45(8)

Ruíz Jiménez, Carlos Alberto y Téllez Valdés, Oswaldo (2012) Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. Universidad Nacional Autónoma de México. Rev. Mex. Biodiv. Vol. 83 No. 4, México. ISSN 1870-3453

Rzedowski Jerzy, (1978) Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 1ª. Edición digital.

Sánchez Salas, José Alfredo, Torres Espinosa, Luis Mario y Castillo Quiroz, David, (2007) Principales plantas parásitas y epífitas e insectos que atacan a los bosques de coníferas del Estado de Nuevo León. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas y Pecuarias) y CIRNCES (Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Saltillo). Folleto Técnico Núm. 36, Coahuila; México, ISSN 978-970-43-0309-9 pp. 9

Scharpf, Robert F. y Hawksworth, Frank G. (1974) Mistletoes on hardwoods in the United States (FIDL). Forest and Range Experimental Station, Ft. Collins, Colorado; USA.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2007) Manual de Sanidad Forestal. Comisión Nacional Forestal. Primera Edición, Zapopan; Jalisco.

Sotero García, Alma, Arteaga Reyes, Tizbe, Martínez Campos, Ángel y Leopoldo García (2018) Efecto de las podas sobre *Arceuthobium* spp. en bosques densos y semidensos de *Pinus hartwegii* (Lindl.) Universidad Autónoma del Estado de México. Revista Madera y Bosques, Vol. 24 No. 2. Xalapa: México.

- Spehn, E. M., & Körner, C. (2005). Global Mountain Biodiversity Assessment. Assessment. Consultado en: <http://www.mountainbiodiversity.org/explore> el día 06/04/2021.
- Tolosa Palacios, José, Chiaretta, Alicia y Lovera, Hernán, (s/f) Capítulo II. El parasitismo. El parasitismo. Una asociación interespecífica. Universidad Nacional del Río Cuarto. Argentina.
- Unión Regional de Silvicultores de Tlálloc, (2016) Manifestación de impacto ambiental nivel regional. Estudios, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales (EMARF A.C.) y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 233 p. Consultado en https://www.conafor.gob.mx/EstudiosRegionalesForestales/MIA_Nivel_Regional_para_la_remocion_de_arbolado_verde_y_seco_afectado_por_contingencias_ambientales_Tlaloc.pdf 13/06/2021 a las 12:55 horas.
- Valdivia, (2018) Definición de montaña. Fundación plantae. Consultado en https://fundacionplantae.cl/sustrato/wp-content/uploads/Definici%C3%B3n-de-Monta%C3%B1a_Fundaci%C3%B3n-Plantae.pdf 19-02-2021
- Vázquez C I., Villa R. A, Madrigal H. S. (2006). Los Muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Libro Técnico No 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, División Forestal, Uruapan, Michoacán. 93 p.

Referencias fotográficas

- Naturalista. (2019) *Cladocolea cupulata*. Muérdago verdadero en pinos (*Pinus jaliscana* y *Pinus oocarpa*) en el predio de Villas de Cacona, en el municipio de Villa Purificación. *Cladocolea cupulata* [Fotografía]. Consultado en <https://www.naturalista.mx/observations/20184691> el día 10/03/2021, 14:15 horas.
- Naturalista. (2018) *Psittacanthus calyculatus*. Injerto de Huizache, Localidad de Concordia, Sinaloa. *Psittacanthus calyculatus* [Fotografía]. Consultado en

*DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN REGIONES FORESTALES DE ALTA
MONTAÑA EN MÉXICO*

<https://www.naturalista.mx/observations/10063175> el día 22/03/2021, 21:25
horas.

Naturalista. (2021) Género *Struthanthus*. [Fotografía] Consultado en
<https://www.naturalista.mx/taxa/182383-Struthanthus> el día 05/03/2021, 12:52
horas.