



Atlas de plantas parásitas en bosques templados de México

Angel Rolando Endara Agramont
José Jonathan Aguirre Zúñiga
Alma Abigail Luna Gil
Miriam Alejandra Rosas Sánchez
Rebeca Dennise Varo Rodríguez
Luis Antonio García Almaraz



ALDVS

*ATLAS DE PLANTAS PARÁSITAS
EN BOSQUES TEMPLADOS DE MÉXICO*

E558a Endara Agramont, A.R., Aguirre Zúñiga, J.J., Luna Gil, A. A., Rosas Sánchez, M.A.,
2023 Varo Rodríguez, R.D. y García Almaraz, L.A.
Atlas de plantas parásitas en bosques templados de México
1a edición – Ciudad de México: Aldus, 2023
224 pp., 20.5 x 27.5 cm
Texto para nivel superior.
ISBN: 978-607-99873-0-5
Materia: 580-Plantas
Clasificación Thema: PSTB - Biología vegetal

Este libro fue financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR-CONAHCYT, bajo el proyecto titulado “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: noroeste (Durango), centro-occidente (Michoacán y Jalisco), oriente (Puebla y Veracruz), centro-sur (Estado de México y Tlaxcala) 130105”.

Atlas de plantas parásitas en bosques templados de México

Primera edición: 2 de noviembre de 2023

D.R. © Angel Rolando Endara Agramont, José Jonathan Aguirre Zúñiga, Alma Abigail Luna Gil,
Miriam Alejandra Rosas Sánchez, Rebeca Dennise Varo Rodríguez y Luis Antonio García Almaraz

D.R. © 2023, Aldus
Cerrada Mártires de Tacubaya 1 Bis, Col. Escandón
C.P. 11800, Ciudad de México

ISBN: 978-607-99873-0-5

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores.

Impreso y hecho en México

ATLAS DE PLANTAS PARÁSITAS EN BOSQUES TEMPLADOS DE MÉXICO



Angel Rolando Endara Agramont

José Jonathan Aguirre Zúñiga

Alma Abigail Luna Gil

Miriam Alejandra Rosas Sánchez

Rebeca Dennise Varo Rodríguez

Luis Antonio García Almaraz



ALDVS

México, 2023





CONTENIDO

Introducción, 13

1. Plantas parásitas, 17

- 1.1. Muérdagos enanos, 18
 - 1.1.1. *Arceuthobium*, 18
- 1.2. Muérdagos verdaderos, 22
 - 1.2.1. *Phoradendron*, 22
 - 1.2.2. *Psittacanthus*, 26
 - 1.2.3. *Cladocolea*, 29
 - 1.2.4. *Struthanthus*, 32

2. Distribución espacial de plantas parásitas en México, 35

- 2.1. Distribución del género *Arceuthobium*, 36
- 2.2. Distribución del género *Phoradendron*, 36
- 2.3. Distribución del género *Psittacanthus*, 37
- 2.4. Distribución del género *Cladocolea*, 37
- 2.5. Distribución del género *Struthanthus*, 38

3. Ecosistemas forestales en bosques templados, 39

- 3.1. Bosques de pino, 39
- 3.2. Bosques de oyamel, 40
- 3.3. Bosques de encino, 41
- 3.4. Bosques de pino-encino, 42

4. Hospederos en los ecosistemas forestales de alta montaña, 43

- 4.1. Género *Pinus*, 43
 - Pinus hartwegii* Lindl., 43
 - Pinus montezumae* Lamb., 43
 - Pinus pseudostrobus* Lindl., 43
 - Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., 44
 - Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schltdl., 44
 - Pinus devoniana* Lindl., 44
 - Pinus durangensis* Martínez, 45
 - Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., 45
 - Pinus lumholtzii* B. L. Rob & Fernald, 45
- 4.2. Género *Abies*, 47
 - Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham., 47
 - Abies colimensis* Rushforth & Narave, 47
- 4.3. Género *Quercus*, 49

Quercus castanea Née, 49
Quercus crassipes Bonpl., 49
Quercus rugosa Née, 49
Quercus obtusata Bonpl., 49
Quercus laurina Bonpl., 50
Quercus coccolobifolia Trel., 50
Quercus resinosa Liebm., 50
4.4. Género *Alnus*, 52
Alnus acuminata Kunth, 52
Alnus jorullensis Kunth, 52
4.5 Género *Arbutus*, 54
Arbutus tessellata P. D. Sorensen, 54
Arbutus xalapensis Kunth, 54

5. Materiales y Métodos, 57

5.1. Sitios de muestreo, 57
5.2. Zona de estudio, 62
5.3. Distribución espacial e instalación de sitios de muestreo, 63
5.4. Métodos de evaluación de los niveles de infestación por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.), 65
5.5. Método de evaluación de niveles de infestación por muérdago verdadero, 66
5.6. Determinación de nivel de infestación por sitio de muestreo, 67
5.7. Mapeo de los niveles de infestación, 67
5.8. Modelación de distribución potencial de muérdago, 67
5.9. Parcelas permanentes de monitoreo, 68

6. Resultados, 69

6.1. Nevado de Toluca, 69
6.1.1. Cobertura forestal en Nevado de Toluca, 71
6.1.2. Tipos de muérdago en Nevado de Toluca, 73
6.1.3. Nivel de Infestación de muérdago en Nevado de Toluca, 73
6.2. Monte Tláloc, 77
6.2.1. Cobertura forestal en Monte Tláloc, 78
6.2.2. Tipos de muérdago en Monte Tláloc, 80
6.2.3. Nivel de Infestación de muérdago en Monte Tláloc, 80
6.3. Nevado de Colima, 84
6.3.1. Cobertura forestal del Nevado de Colima, 85
6.3.2. Tipos de muérdago en Nevado de Colima, 87
6.3.3. Nivel de Infestación de muérdago en Nevado de Colima, 87
6.4. Pico de Orizaba, 91
6.4.1. Cobertura forestal de Pico de Orizaba, 92

6.4.2. Tipos de muérdago en Pico de Orizaba,	94
6.4.3. Nivel de Infestación de muérdago en Pico de Orizaba,	94
6.5. La Malinche,	98
6.5.1. Cobertura forestal de La Malinche,	99
6.5.2. Tipos de muérdago en La Malinche,	101
6.5.3. Nivel de Infestación de muérdago en La Malinche,	101
6.6. Parque Nacional Cofre de Perote,	105
6.6.1. Cobertura forestal de Cofre de Perote,	106
6.6.2. Tipos de muérdago en Cofre de Perote,	108
6.6.3. Nivel de Infestación de muérdago en Cofre de Perote,	105
6.7. Área de protección de flora y fauna de Sierra de Quila,	112
6.7.1. Cobertura forestal de Sierra de Quila,	113
6.7.2. Tipos de muérdago en Sierra de Quila,	114
6.7.3. Nivel de infestación de muérdago de Sierra de Quila,	114
6.8. Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca,	119
6.8.1. Cobertura forestal de la RBMM,	120
6.8.2. Tipo de muérdago en RBMM,	121
6.8.3. Nivel de infestación en RBMM,	121
6.9. Pueblo Nuevo, Durango,	126
6.9.1. Cobertura forestal en Pueblo Nuevo,	127
6.9.2. Tipos de muérdago en El Salto y Chavarria Viejo,	127
6.9.3. Niveles de infestación en El Salto y Chavarria Viejo,	128

7. Parcelas permanentes de monitoreo, 133

8. Acciones de germoplasma, 135

9. Distribución potencial de muérdagos enanos en México, 139

Conclusiones, 143

Bibliografía, 145

Anexos, 157

INTRODUCCIÓN

México por su ubicación geográfica y relieve cuenta con una gran diversidad de ecosistemas terrestres y marinos. La complejidad de los paisajes de montaña confiere diversidad de ambientes, suelos y climas; al respecto, México es eminentemente montañoso (CONABIO, 2020a; CONABIO, 2020b).

El país está ubicado en el área de transición entre la zona templada y tropical del hemisferio norte de América, situación que justifica su diversidad de bosques; destacan los de coníferas, latifoliadas y mixtos. Aproximadamente el 70% del territorio nacional cuenta con vegetación forestal (138 millones de ha), de este porcentaje, el 24.24% pertenece a bosques templados. Es en estos ecosistemas forestales (tropicales y templados) donde se concentra la mayor parte de la riqueza de diversidad genética que existe en el país (FAO, 2004).

Los ecosistemas forestales proporcionan servicios ambientales, por ejemplo, la captación de agua y almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad y del suelo, formación de materia orgánica, conservación de acervos genéticos, belleza escénica, filtración de contaminantes del aire, suelo y agua, regulación del clima, mantenimiento de ciclos minerales de gases y agua; así como los productos forestales no maderables que proporcionan alimentos, medicinas y fibras naturales (CONABIO, 2020b).

Los bosques templados comprenden el 16% del territorio mexicano. Se ubican principalmente en el norte y sur de Baja California, a lo largo de las Sierras Madre Occidental y Oriental, en el Sistema Volcánico Transmexicano (SVT), la Sierra Norte de Oaxaca y en el sur de Chiapas entre los 2000 y 3400 msnm con climas de templado a frío (CONABIO, 2020b).

En estos bosques existe gran diversidad de árboles, como pinos, encinos y oyameles. Es necesario destacar que México concentra el 50% de especies de pinos del mundo y el 33% de encinos (López, 2016; CONABIO, 2020b). Las especies del género *Pinus* que se encuentran en estos bosques son ocote blanco (*Pinus montezumae*), ocote chino (*Pinus oocarpa*), ocote pardo (*Pinus hartwegii*), pino cedrón (*Pinus pringlei*), acahuite (*Pinus acahuite*), pino chimonque (*Pinus leiophylla*), pino chino (*Pinus teocote*), pino lacio (*Pinus pseudostrobus*), hortiguillo (*Pinus lawsoni*), pino loco (*Pinus cembroides*) y ocote colorado (*Pinus patula*) (CONABIO, 2020b). El segundo género más diverso es *Abies*; las especies presentes en estos bosques son: *Abies religiosa*, *A. colimensis*, *A. jaliscana* y *A. flinckii*; las áreas más extensas y continuas de oyamel se encuentran en las serranías que circundan el Valle de México (Sánchez *et al.*, 2006; CONABIO, 2020b).

La distribución del género *Quercus* abarca regiones montañosas de clima templado y se encuentra formando bosques mixtos con las coníferas; las especies de encinos presentes son: barcino (*Q. magnoliifolia*), blanco (*Q. candicans*), colorado (*Q. castanea*), cucharo (*Q. urbanii*), laurelillo (*Q. laurina*), quebracho (*Q. rugosa*), prieto (*Q. laeta*, *Q. glaucoides*), tesmilillo

(*Q. crassipes*), escobillo (*Q. mexicana*), roble (*Q. crassifolia*) y encino rojo (*Q. scytophylla*) (López, 2016 y CONABIO, 2020b). Otras especies de árboles presentes en los bosques templados son el madroño (*Arbutus xalapensis*), tepozán (*Buddleja americana*), jaboncillo (*Clethra mexicana*) y saucillo (*Salix paradoxa*); y las especies de matorrales que se pueden encontrar son manzanita (*Arctostaphylos pungens*), arrayán (*Gaultheria acuminata*), palo de rosa (*Bejaria aestuans*), jara (*Baccharis heterophylla*), tlaxistle (*Amelanchier denticulata*), laurel (*Litsea glaucescens*), lentrisco (*Rhus virens*), cabellos de ángel (*Calliandra grandiflora*), capulincillo (*Miconia hemenostigma*), nanchillo cimarrón (*Vismia camparaguey*), y varias hierbas como la de carranza (*Alchemilla pectinata*), najicoli (*Lamourouxia viscosa*), alfalfa (*Lupinus montanus*), hierba dulce (*Stevia lucida*), helechos (*Dryopteris* spp.), cantaritos (*Penstemon* spp.), hierba del sapo (*Eryngium* sp.), entre otras (CONABIO, 2020b).

Los bosques templados también albergan gran diversidad de fauna silvestre, como: venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), lince (*Lynx rufus*), puma (*Puma concolor*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), mapache (*Procyon lotor*), conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), teporingo (*Romerolagus diazi*), ardilla voladora (*Glaucomys volans*), ardilla gris (*Sciurus aureogaster*) y coatí nortero (*Nasua narica*); además de ajolote (*Ambystoma* spp.), serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.), aves e insectos, por mencionar algunos de los más representativos (CONABIO, 2020b).

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son una estrategia de conservación en todo el mundo pues proveen espacios de protección de la biodiversidad e integridad de los ecosistemas, en México existen diferentes ANP que albergan bosques templados y están distribuidas en todo el país. Los ecosistemas templados albergan a bosques de alta montaña, mismos que se caracterizan por establecerse por encima de los 3500 msnm (Endara *et al.*, 2013) y se distribuyen a lo largo del Sistema Volcánico Transmexicano, donde se ubican los edificios volcánicos de mayor elevación en México: Pico de Orizaba (5610 msnm), Popocatepetl (5465 msnm), Iztaccíhuatl (5230 msnm), Nevado de Toluca (4690 msnm), Sierra Negra (4585 msnm), Malinche (4430 msnm), Cofre de Perote (4220 msnm), Monte Tlaloc (4125 msnm), Telapón (4065 msnm), Ajusco (3930 msnm), y el Cerro Papayo con (3640 msnm) (Montero, 2004).

El Sistema Volcánico Transmexicano (SVT) junto con la Sierra Madre del Sur cruzan la República mexicana de oeste (Océano Pacífico) a este (Golfo de México) sobre dos fracturas primordiales que cortan la corteza terrestre (la fractura Clarión y la fractura Chapala-Acambay, ramal de la de San Andrés), dichas fracturas crearon fracturas menores de carácter tensional que a su vez provocaron la formación de un eje de elevaciones que constituyen una franja de 130 kilómetros (CONANP, 2016a; Montero, 2004).

En los bosques de alta montaña predominan las poblaciones de *Pinus hartwegii*, también conocido como el pino de las alturas, porque es la única especie de pino que requiere de manera natural condiciones de frío todo el año; destacan también bosques de *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis*, *Quercus laurina* y las diferentes asociaciones entre especies, lo que se traduce en una diversidad importante de ecosistemas forestales (Endara *et al.*, 2013).

La vegetación del SVT está directamente asociada a la altitud, entre los 3500-4100 msnm se pueden apreciar poblaciones de *Pinus hartwegii*; entre los 4100-4500 msnm se encuentran zacatonales, poblaciones aisladas de *Juniperus monticola* (de hábito rastrero) y epífitas (Montero, 2004).

La fauna de los bosques semifríos y fríos de alta montaña se caracterizan por ser mamíferos nocturnos como el puma, ya casi extinto al igual que el venado cola blanca, otros como el coyote (*Canis latrans*), el lobo (*Canis lupus*), la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*); sobre los mamíferos pequeños se encuentran el cacomixtle, tejón, comadrejas y tlacoyotes que habitan en los bosques de pino y encino. También hay presencia de varias especies de ardillas, ratones y ratas, estos últimos habitan hasta los 4000 msnm. En la región boscosa hay presencia de conejo mexicano, sin embargo, el animal distintivo de la alta montaña es el conejo teporingo (*Romerolagus diazi*), también llamado zacatuche o conejo de los volcanes (CONANP, 2016a; Montero, 2004).

Debido a la gran diversidad de ecosistemas forestales en el país y a su importancia ambiental, México cuenta con gran potencial para designar más y mayores áreas de bosques que proporcionan servicios ambientales como captura de carbono, almacenamiento de agua y biodiversidad.

La importancia de los bosques también contiene el componente sociocultural y económico, derivado del aprovechamiento forestal maderable y no maderable, el primero corresponde a la extracción de madera y el segundo a los bienes y servicios adicionales que nos proveen los bosques como la fauna silvestre, el forraje, productos comestibles, materiales de construcción, plantas medicinales, tierra de monte, resinas, gomas, leña combustible, materia orgánica para artesanías de ocoxal (acícula) y piñas (estróbilos) de los pinos, entre otros (FAO, 2004).

Los productos forestales no maderables (PFNM) se obtienen de los diferentes ecosistemas del país: tropical, templado y árido; sin embargo, la producción de PFNM en los bosques de clima templado abarca poco más del 50% de la producción nacional, ubicada a lo largo de las serranías más importantes del territorio nacional como la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas.

En general los bosques mexicanos presentan diversos factores de perturbación generados, en orden de incidencia, por los incendios forestales, por insectos descortezadores y por la infestación de plantas parásitas (López, 2016). Particularmente los principales agentes de disturbio de los bosques de clima templado son las plagas y enfermedades. De acuerdo con CONAFOR (2021), la superficie afectada por plagas y enfermedades es de 52,164.37 ha, distribuidas en los siguientes agentes causales de daño: plantas parásitas 21,894.96 ha (41.97%), insectos descortezadores 13,840.46 ha (26.53%), insectos defoliadores 11,942.42 ha (22.03%), enfermedades como cancro resinoso, pudrición de raíz y roya 2,466.93 ha (4.73%), insectos barrenadores 1,717.84 ha (3.3%) y otras plagas 751.77 ha (1.44%).

Aunado a lo anterior es importante mencionar que los efectos del cambio climático repercuten en los principales ecosistemas y su biodiversidad, aumentando su vulnerabi-

lidad; en el caso de las especies forestales, las hace más propensas al ataque de plagas o enfermedades; entre las más importantes destacan las plantas parásitas, ya mencionadas, que se han convertido en una problemática común de los bosques mexicanos, generando alteraciones diversas en ellos (Saenz *et al.*, 2020).

Las plantas parásitas han sido estudiadas desde el enfoque cultural y científico, este último indica que las plantas parásitas dependen parcial o totalmente de su hospedante para satisfacer sus demandas de soporte físico, carbohidratos, agua y sales minerales, a través de sus haustorios (raíces modificadas); cuya unión, origina alteraciones fisiológicas, metabólicas y morfológicas; y dependiendo el grado de infección que provocan, pueden causar la muerte del hospedante (Alvarado y Saavedra, 2016).

Históricamente existen múltiples estudios de plantas parásitas a nivel mundial, en México, diversos autores han retomado el tema desde diferentes perspectivas, la socio-cultural y científica, en esta última los temas más abordados son sobre el impacto de los muérdagos en los bosques y el arbolado urbano; la contribución de los muérdagos a los ciclos biológicos; estudios histopatológicos, y estrategias de control de muérdagos (Alvarado y Saavedra, 2016).

A pesar de los variados estudios acerca del muérdago, existe un vacío sobre la información respecto a la identificación, distribución, hospederos y niveles de infestación de plantas parásitas en los bosques, por lo que se desconoce con exactitud la superficie real infestada y el grado de afección en México, razón por la cual se han comenzado a realizar inventarios en el noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz) y Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala) del país.

1. PLANTAS PARÁSITAS

Las plantas parásitas están presentes en los ecosistemas más importantes del mundo, desde la tundra a los desiertos, y de la sabana a los bosques templados y selvas (Press y Phoenix, 2005). Pertenecen al orden Santalales con 1400 especies agrupadas en las familias: Apterandraceae, Coulaceae, Erythropalaceae, Loranthaceae, Misodendraceae, Octonemaceae, Olacaceae, Opiliaceae, Santalaceae, Viscaceae, Schoepfiaceae, Srombosiaceae y Ximeniaceae (Aeukema, 2003; Restrepo *et al.*, 2002; Rzedowski y Calderón, 2011b).

El grado de parasitismo de este grupo varía entre géneros al igual que la diferencia en el tamaño de sus brotes aéreos y los mecanismos de dispersión. La forma en que se dispersan sus semillas suele ser particular, por ejemplo, la familia Loranthaceae tiene una dispersión por aves (zoocoria), la familia Misodendraceae por viento (anemocoria), y en la familia Santalaceae, específicamente los del género *Arceuthobium*, por explosión hidráulica (balistosporía). Específicamente, los muérdagos enanos, viven sobre las ramas y troncos de sus hospederos y los efectos que causan sobre su hospedero pueden llegar a ser letales (Vázquez, 1993).

Los muérdagos verdaderos, conocidos como lirios, injertos, matapalos o secapalos pertenecen a la familia Loranthaceae, los principales géneros son *Cladocolea*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*. Por otra parte, está el género *Phoradendron* que pertenece a la familia Santalaceae (Villaseñor, 2016); la presencia de estos es amplia en México.

La presencia de muérdago enano (*Arceuthobium*: Santalaceae) es importante en los bosques pues ocupan nichos importantes en el ecosistema: sitios de anidación, fuente de alimento, generan también microclimas para otros componentes de bosque. Sin embargo, cuando sus poblaciones se salen de control, afectan la producción de conos y semillas, el crecimiento de los árboles respecto a su diámetro y altura; son considerados el segundo agente biológico de perturbación en los bosques de clima templado, se estima que provocan pérdidas mayores a los 2 millones de m³ de madera por año (Vázquez *et al.*, 2006). Aunado a lo anterior, la presencia de muérdago en el árbol hace a este más propenso al ataque de plagas y enfermedades forestales, debido a que reduce el vigor del árbol al repartir el agua y nutrientes con la planta parásita.

Por esta razón los muérdagos enanos son considerados dentro de los patógenos más agresivos en coníferas (Quiñones *et al.*, 2016), su presencia ha ido incrementado en los últimos años debido a la perturbación antrópica y el incremento de la temperatura en los bosques de alta montaña de La Malinche, Monte Tláloc, Cofre de Perote, Pico de Orizaba, Nevado de Colima y Nevado de Toluca (López, 2016).

1.1. MUÉRDAGOS ENANOS

Son plantas hemiparásitas de las familias Pinaceae y Cupressaceae, estas dependen de su hospedero para obtener minerales, nutrientes, agua y parte del carbono que requieren, ocupan el segundo lugar como agente destructor de los bosques templados después de los descortezadores (Shaw *et al.*, 2004; Shamoun *et al.*, 2003).

Su presencia en los bosques de coníferas es natural, sin embargo, el aumento de sus poblaciones pone en peligro a especies forestales pues las predispone al ataque de otras plagas y enfermedades que terminan matando a los individuos afectados.

1.1.1. *Arceuthobium*

Dentro de la familia botánica Santalaceae se encuentra el género *Arceuthobium* o comúnmente llamado “muérdago enano”, “flor de ocote” o “mata palo” (Figura 1.1), cuenta con 42 especies, es considerado el segundo agente causal de enfermedades en coníferas, siendo especialistas de los géneros *Pinus*, *Abies* y *Pseudotsuga*.

Su distribución se limita al hemisferio boreal, en los bosques templados de México se reportan 23 especies (Hawksworth y Wiens, 1996; Geils y Hawksworth, 2002; Nickrent *et al.*, 2004; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011c; Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 2011b; Villaseñor, 2016; González *et al.*, 2017) (Tabla 1.1).

DESCRIPCIÓN

Son plantas herbáceas, dioicas de diversas coloraciones que van desde amarillo, amarillo-verdosas, naranjas hasta negruzcas; tallos quebradizos, angulosos y glabros; hojas escumiformes, inflorescencias solitarias y axilares, las flores masculinas son trímeras y las femeninas dímeras, los frutos son ovoides, cuando maduran se dispersan mediante un mecanismo balístico y la semilla se adhiere a su hospedero mediante una sustancia mucilaginosa llamada viscina; solo *Arceuthobium verticilliflorum* es dispersado por aves (Rzedowski y Calderón, 2011c; Geils *et al.*, 2002).

CICLO DE VIDA

Se divide en cuatro fases: 1) el fruto maduro expulsa la semilla con su mecanismo balístico y se dispersa por medio del aire; 2) empieza la germinación y brota la radícula; la incubación empieza a desarrollar el sistema endofítico y los primeros brotes; 3) comienza el crecimiento de los tallos aéreos con las estructuras reproductoras; 4) se desarrollan las estructuras reproductoras. Es un proceso largo de cuatro a seis años desde la germinación hasta la producción de semillas (Mathiasen *et al.*, 2008; Geils *et al.*, 2002).

Tabla 1.1. Plantas parásitas del género *Arceuthobium*

Especies de <i>Arceuthobium</i>	Hospederos	Especies de <i>Arceuthobium</i>	Hospederos
<i>A. abietinum</i>	<i>Abies durangensis</i>	<i>A. apacheum</i>	<i>Pinus strobiformis</i>
<i>A. abietis-religiosae</i>	<i>Abies. religiosa</i> <i>A. vejari</i>	<i>A. pendens</i>	<i>Pinus discolor</i> <i>P. cembroides</i> subsp. <i>orizabensis</i>
<i>A. gillii</i> subsp. <i>nigrum</i>	<i>Pinus herrerae</i> <i>P. leiophylla</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. globosum</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. engelmannii</i> <i>P. hartwegii</i> <i>P. moctezumae</i> <i>P. teocote</i>
<i>A. blumeri</i>	<i>Pinus strobiformis</i> <i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> <i>P. strobiformis</i> var. <i>potosiensis</i>	<i>A. globosum</i> subsp. <i>aureum</i>	<i>Pinus montezumae</i> <i>P. oaxacana</i> <i>P. pseudostrobus</i>
<i>A. campylopodium</i>	<i>Pinus ponderosa</i> var. <i>ponderosa</i> <i>P. jeffreyi</i> <i>P. coulteri</i>	<i>A. globosum</i> subsp. <i>globosum</i>	<i>Pinus cembroides</i> <i>P. discolor</i> <i>P. quadrifolia</i> <i>P. monophylla</i>
<i>A. divaricatum</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. engelmannii</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. douglasii</i>	<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i> <i>Pinus engelmannii</i>
<i>A. rubrum</i>	<i>Pinus cooperi</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. engelmannii</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. strictum</i>	<i>Pinus leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> <i>P. teocote</i> <i>P. engelmannii</i>
<i>A. oaxacanum</i>	<i>Pinus lawsonii</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. oaxacana</i>	<i>A. verticilliflorum</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. engelmannii</i>

Especies de <i>Arceuthobium</i>	Hospederos	Especies de <i>Arceuthobium</i>	Hospederos
<i>A. gillii</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. leiophylla</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. globosum</i> subsp. <i>peteronii</i>	<i>Pinus patula</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. oaxacana</i> <i>P. oocarpa</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. michoacana</i>
<i>A. durangense</i>	<i>Pinus douglasiana</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. oocarpa</i>	<i>A. guatemalense</i>	<i>Pinus ayacahuite</i> var. <i>ayacahuite</i>
<i>A. globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i>	<i>Pinus douglasiana</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. hartwegii</i> <i>P. lawsonii</i> <i>P. maximinoi</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. patula</i> <i>P. pringlei</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. rudis</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. yecoreense</i>	<i>Pinus leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> <i>P. engelmannii</i>
<i>A. nigrum</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. lawsonii</i> <i>P. leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i> <i>P. leiophylla</i> var. <i>leiophylla</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. oaxacana</i> <i>P. patula</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. teocote</i>	<i>A. vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i>	<i>Pinus arizonica</i> <i>P. arizonica</i> var. <i>stormiae</i> <i>P. cooperi</i> <i>P. durangensis</i> <i>P. engelmannii</i> <i>P. hartwegii</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. lawsonii</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. patula</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. rudis</i>

Elaboración propia con base en: Hawksworth y Wiens, 1996; Geils y Hawksworth, 2002; Nickrent *et al.*, 2004; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007; Rzedowski y Calderón, 2011c; Rzedowski y Calderón, 2011b; Villaseñor, 2016; González *et al.*, 2017.



Figura 1.1 *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*

1.2. MUÉRDAGOS VERDADEROS

Los géneros *Cladocolea*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus* concentran cerca de 670 especies, pertenecen al grupo de plantas parásitas que afectan a angiospermas y gimnospermas.

1.2.1. Phoradendron

El género *Phoradendron* o “muérdago verdadero” (Figura 1.2) al igual que *Arceuthobium*, está clasificado dentro de la familia Santalaceae; su distribución es amplia, se ha documentado desde Estados Unidos hasta Sudamérica en zonas de clima cálido y templado. Afecta a un amplio número de hospederos de maderas duras, particularmente a géneros *Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus*, e incluso existen reportes de *Phoradendron* parasitando a otra parásita (hiperparasitismo), un ejemplo *Phoradendron carneum* a *Psittacanthus calyculatus* (Tabla 1.2).

El género contempla a más de 490 especies, de las cuales 235 se distribuyen en el continente americano, mayormente presentes en zonas intertropicales. En México se reportan 60 especies (Geils *et al.*, 2002b; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007; Alvarado-Cárdenas, 2010; Rzedowski y Calderón, 2011d; Rzedowski y Calderón, 2011b).

Descripción

Son arbustos perennes, monoicos o dioicos, con hábito aéreo, tallos generalmente glabros, comprimidos y ramificados, desde hojas escumiformes hasta hojas simples en pares y textura coriácea; inflorescencias en forma de espigas, axilares y con flores sumidas en el mismo eje, formadas en hileras. Flores unisexuales, sésiles, de color verde-amarillento. El fruto es ovoide, de color blanquecino, contiene viscina; cada baya o fruto consta de una semilla (Gómez *et al.*, 2011; Rzedowski y Calderón, 2011a).

La dispersión es llevada a cabo por zoocoria, favorecida por la intervención de las aves como las eufonias, papamoscas, pájaros azules y petirrojos, estas se alimentan, defecan o regurgitan las semillas, las cuales caen en ramas o en corteza y una vez establecidas empieza la germinación, desarrollando el sistema endofítico y el crecimiento de los primeros brotes, tiempo después la formación de las inflorescencias, para finalmente entrar en la fase de fructificación, es un proceso que tarda cinco años (Rzedowski *et al.*, 2011b; Geils *et al.*, 2002a).

Tabla 1.2 Plantas parásitas del género *Phoradendron*

Especies de <i>Phoradendron</i>	Hospederos	Especies de <i>Phoradendron</i>	Hospederos
<i>A. abietinum</i>	<i>Abies durangensis</i>	<i>A. apacheum</i>	<i>Pinus strobiformis</i>
<i>A. abietis religiosae</i>	<i>Abies. religiosa</i> <i>A. vejari</i>	<i>A. pendens</i>	<i>Pinus discolor</i> <i>P. cembroides</i> subsp. <i>Orizabensis</i>
<i>P. annulatum</i>	<i>Clethra</i> sp. <i>Liquidambar</i> sp. <i>Quercus</i> spp.	<i>P. libocedri</i>	<i>Calocedrus decurrens</i> <i>Abies concolor</i>
<i>P. bolleanum</i>	<i>Abies</i> spp. <i>Arbutus arizonica</i> <i>A. xalapensis</i> <i>Arctostaphylos pungens</i> <i>A. polifolia</i> <i>Cupressus lusitánica</i> <i>C. benthami</i> <i>Juniperus flaccida</i> <i>J. durangensis</i> <i>Quercus</i> spp. <i>Pinus</i> spp.	<i>P. juniperinum</i>	<i>Juniperus californica</i> <i>J. deppeana</i> <i>J. pinchotii</i> <i>J. flaccida</i> <i>Cupressus arizonica</i> <i>Pinus monophylla</i>
<i>P. calyculatum</i>	<i>Alnus</i> sp. <i>Quercus castanea</i> <i>Q. laurina</i> <i>Q. microphyllus</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Phoradendron reichenbachianum</i>	<i>P. saltillense</i>	<i>Cupressus arizonica</i> <i>C. benthami</i> <i>Juniperus deppeana</i> <i>J. flaccida</i> <i>J. monosperma</i> <i>J. saltillense</i>
<i>P. capitellatum</i>	<i>Juniperus deppeana</i> <i>J. monosperma</i>	<i>P. minutifolium</i>	<i>Juniperus deppeana</i>
<i>P. densum</i>	<i>Cupressus arizonica</i> <i>Juniperus californica</i> <i>J. monosperma</i> <i>J. pinchotii</i> <i>Pinus monophylla</i>	<i>P. pauciflorum</i>	<i>Abies concolor</i> <i>A. durangensis</i> <i>Cupressus arizonica</i> var. <i>montana</i>
<i>P. decipiens</i>	<i>Quercus</i> spp.	<i>P. falcatum</i>	<i>Arbutus xalapensis</i>

<i>P. velutinum</i>	<i>Alnus firmifolia</i> <i>Quercus</i> spp. <i>Q. candicans</i> <i>Q. sideroxyla</i> <i>Salix</i> sp. <i>Symphoricarpos</i> <i>microphyllus</i>	<i>P. longifolium</i>	<i>Alnus firmifolia</i> <i>Quercus</i> sp. <i>Q. candicans</i> <i>Q. castanea</i> <i>Q. obtusata</i> <i>Q. rugosa</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. pseudostrobus</i>
<i>P. falcifer</i>	<i>Liquidambar</i> <i>styraciflua</i> <i>Quercus obtusata</i> <i>Clethra</i> spp.	<i>P. reichenbachianum</i>	<i>Quercus</i> spp. <i>Q. deserticola</i>
<i>P. brachystachyum</i>	<i>Alnus firmifolia</i> <i>Psittacanthus calyculatus</i> <i>Quercus</i> spp. <i>Q. castanea</i> <i>Q. crassipes</i> <i>Q. obtusata</i>	<i>P. rhipsalinum</i>	<i>Quercus castanea</i> <i>Taxodium mucronatum</i> <i>T. distichum</i> var. <i>mexicanum</i>
<i>P. forestierae</i>	<i>Alnus firmifolia</i> <i>Quercus</i> spp.	<i>P. robinsonii</i>	<i>Alnus acuminata</i> <i>A. arguta</i> <i>Quercus</i> spp.
<i>P. galeottii</i>	<i>Quercus</i> sp. <i>Q. crassipes</i>	<i>P. rufescens</i>	<i>Juniperus deppeana</i> <i>J. flaccida</i>
<i>P. schumannii</i>	<i>Quercus</i> spp. <i>Q. sideroxyla</i> <i>Q. potosina</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. urbanii</i> <i>Juniperus deppeana</i>	<i>P. tomentosum</i>	<i>Quercus</i> sp. <i>Q. arizonicus</i> <i>Q. microphylla</i> <i>Q. pringlei</i> <i>Juniperus angosturana</i>
<i>P. lanceolatum</i>	<i>Quercus gregii</i> <i>Q. mexicana</i> <i>Q. saltillensis</i>	<i>P. spathulatum</i>	<i>Arbutus xalapensis</i> <i>Juniperus flaccida</i>
<i>P. pauciflorum</i>	<i>Abies concolor</i>	<i>P. lanatum</i>	<i>Prosopis laevigata</i>
<i>P. palmeri</i>	<i>Quercus</i> spp.	<i>P. serotinum</i> subsp. <i>tomentosum</i>	<i>Quercus</i> spp.
<i>P. carneum</i>	<i>Alnus</i> sp. <i>Psittacanthus palmeri</i>	<i>P. scaberrimum</i>	<i>Quercus</i> sp. <i>Q. crassipes</i>
<i>P. villosum</i>	<i>Quercus urbanii</i>		

Elaboración propia con base en: Geils *et al.*, 2002b; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007; Alvarado-Cárdenas, 2010; Rzedowski y Calderón, 2011d; Rzedowski y Calderón, 2011b.



Figura 1.2 *Phoradendron velutinum*

1.2.2. *Psittacanthus*

El género abarca 110 especies, de las cuales ocho están presentes en México (Vázquez y Geils, 2002; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Castillo-Campos *et al.*, 2018; Ornelas, 2019; Martínez-Ambriz, 2020) (Tabla 1.3). Afectan a cultivos y árboles de importancia maderera como *Pinus*. Algunas como *Psittacanthus calyculatus* son específicas con el hospedero (Figura 1.3), aunque existen otras que son generalistas, por ejemplo: *P. schiedeana* que afecta hasta 20 especies de hospederos (Martínez-Ambriz, 2020; Ornelas, 2019).

DESCRIPCIÓN

Son plantas arbustivas, hemiparásitas, tallos erectos, a veces forman raíces epi-corticales, transformándose en haustorios secundarios; hojas enteras, glabras, subopuestas a espiraladas; flores de colores amarillo, naranjas y rojos, bisexuales, el fruto es una baya, no hay endospermo y contiene solo una semilla (Martínez-Ambriz, 2020; Castillo-Campos *et al.*, 2018).

CICLO DE VIDA

Presenta un ciclo de vida de cinco años, tres de crecimiento vegetativo, siete meses de floración y 16 meses de fructificación, consta de cinco fases: dispersión, infección, desarrollo, floración y maduración. La dispersión es ejecutada por las aves que se alimentan y defecan las semillas, estas hacen contacto con la corteza del árbol, germina y empieza la infección, cinco meses después se observan los primeros brotes vegetativos, el crecimiento vegetativo continúa durante el primer año; el desarrollo de las estructuras reproductoras y la floración se producen al cuarto año y finalmente, la maduración del fruto necesita alrededor de un año y ocurre de noviembre a febrero del quinto año (Vázquez y Geils, 2002).

Tabla 1.3 Plantas parásitas del género *Psittacanthus*

Especies de <i>Psittacanthus</i>	Hospederos	Especies de <i>Psittacanthus</i>	Hospederos
<i>P. americanus</i>	<i>Pinus leiophylla</i> <i>P. teocote</i> <i>P. montezumae</i>	<i>P. rhynchanthus</i>	<i>Clethra mexicana</i> <i>Quercus</i> sp. <i>Q. resinosa</i> <i>Pinus</i> sp.
<i>P. calyculatus</i>	<i>Abies religiosa</i> <i>Pinus douglasiana</i> <i>P. lawsonii</i> <i>P. leiophylla</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. teocote</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. pringlei</i> <i>P. rudis</i> <i>Salix babylonica</i> <i>Quercus castanea</i> <i>Q. obtusata</i> <i>Q. magnolifolia</i>	<i>P. macrantherus</i>	<i>Abies</i> sp. <i>Pinus engelmannii</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. lawsonii</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. oocarpa</i> <i>P. pseudostrobus</i> <i>P. leiophylla</i> <i>P. michoacana</i> <i>P. herrerae</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. pringlei</i>
<i>P. schiedeana</i>	<i>Pinus leiophylla</i> <i>P. montezumae</i> <i>P. teocote</i> <i>Liquidambar styraciflua</i> <i>Quercus germana</i> <i>Q. leiophylla</i> <i>Q. rugosa</i>	<i>P. angustifolius</i>	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> <i>P. oocarpa</i> <i>P. oocarpa</i> var. <i>ochoterenia</i> <i>P. maximinoi</i> <i>P. tecunumanii</i>
<i>P. ramiflorus</i>	<i>Citrus</i> sp.	<i>P. pinicola</i>	<i>P. caribaea</i>

Elaboración propia con base en: Vázquez y Geils, 2002; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Castillo-Campos *et al.*, 2018; Ornelas, 2019; Martínez-Ambríz, 2020.



Figura 1.3 *Psittacanthus calyculatus*

1.2.3 *Cladocolea*

El género *Cladocolea* (Figura 1.4) es nativo del nuevo mundo, integrado de 32 especies establecidas en Norte, Centro y Sudamérica. En México hay alrededor de 19 especies, 17 endémicas; se distribuye en 17 estados de la república mexicana. La mayoría de las especies se concentra al norte del Istmo de Tehuantepec (Galván, 2016; Sandoval y Siqueiros, 2019; Martínez-Ambriz, 2020). Se han registrado 10 especies de este género dentro de los bosques templados (Alvarado y Saavedra, 2005; Alvarado *et al.*, 2009; Sandoval y Siqueiros, 2019; Martínez-Ambriz, 2020) (Tabla 1.4), tales como bosques mesófilos de montaña, mixtos (*Pinus* spp. - *Quercus* spp.) y de encino (*Quercus* spp.), por lo tanto, en dichos bosques se concentra la mayoría de los hospederos (Galván, 2016).

Estos muérdagos impactan sobre árboles y arbustos de interés ornamental y económico. Alvarado y Saavedra (2005) reportan 19 especies de hospederos. Se menciona que el género posee alta especificidad como *Cladocolea grahami* y *C. microphylla* que afectan a encinos (*Quercus* spp.); *C. cupulata* parasita a *Pinus jaliscana* y *P. lumholtzii* (Alvarado *et al.*, 2009). Por otro lado, *C. loniceroides* afecta aproximadamente 15 especies arbóreas, en la Ciudad de México (Alvarado y Saavedra, 2005). El establecimiento de *Cladocolea* se relaciona con condiciones de baja fertilidad del suelo y alta compactación (Alvarado *et al.*, 2009).

DESCRIPCIÓN

Plantas arbustivas con hábito aéreo, dioicos, tallos flexibles, normalmente desarrollan raíces epicorticales, hojas enteras, inflorescencias axilares, flores bisexuales de porte pequeño menor de 1 cm de largo, colores de amarillo a blanquecino, el fruto en forma de baya con presencia de endospermo (Martínez-Ambriz, 2020). El sistema endofítico está constituido por un haustorio principal en forma de cuña que se abre paso a través de los tejidos, desplazándose de su lugar de origen; este proceso no causa hiperplasia, hipertrofia, ni muerte celular (Alvarado *et al.*, 2009).

Tabla 1.4 Plantas parásitas del género *Cladocolea*

Especies de <i>Cladocolea</i>	Hospedero	Especies de <i>Cladocolea</i>	Hospedero
<i>P. americanus</i>	<i>Pinus leiophylla</i> <i>P. teocote</i> <i>P. montezumae</i>	<i>C. cupulata</i>	<i>Pinus herrerae</i> <i>P. jaliscana</i> <i>P. lumholtzii</i> <i>P. maximinoi</i> <i>P. oocarpa</i>
<i>C. diversifolia</i>	<i>Quercus castanea</i> <i>Q. obtusata</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. sp.</i>	<i>C. kuijtii</i>	<i>Alnus sp.</i>
<i>C. grahamii</i>	<i>Quercus castanea</i> <i>Q. deserticola</i> <i>Q. laurina</i> <i>Q. resinosa</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. sp.</i>	<i>C. loniceroides</i>	<i>Quercus sp.</i> <i>Alnus sp.</i> <i>Salix bonplanianna</i>
<i>C. microphylla</i>	<i>Alnus sp.</i> <i>A. firmifolia</i> <i>Quercus sp.</i> <i>Q. castanea</i> <i>Q. crassipes</i> <i>Q. scytophylla</i>	<i>C. mcvaughii</i>	<i>Quercus sp.</i> <i>Q. aristata</i> <i>Q. candicans</i> <i>Q. coccolobifolia</i> <i>Q. elliptica</i> <i>Q. macrophylla</i> <i>Q. magnoliifolia</i>
<i>C. andrieuxii</i>	<i>Alnus sp.</i> <i>A. arguta</i> <i>Quercus sp.</i>	<i>C. pedicellata</i>	<i>Quercus sp.</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. crassipes</i>
<i>C. pringlei</i>	<i>Phoradendron purpusii</i> <i>Quercus sp.</i> <i>Q. conspersa</i> <i>Q. glaucoides</i> <i>Q. laurina</i>		

Elaboración propia con base en: Alvarado y Saavedra, 2005; Alvarado *et al.*, 2009; Galván-González, 2016; Sandoval y Siqueiros, 2019; Martínez-Ambriz, 2020.



Figura 1.4 *Cladocolea diversifolia*

1.2.4 *Struthanthus*

El género *Struthanthus* (Figura 1.5) pertenece a la familia Loranthaceae y se distribuye en el continente americano, está constituido aproximadamente de 60 especies que habitan regiones cálidas y templadas. En México se reportan 13 especies, una de ellas es *Struthanthus interruptus* que se establece desde el nivel del mar hasta los 1800 msnm en la región del Pacífico (Cházaro *et al.*, 2005). La distribución de este género en los bosques templados se reduce a cinco especies (Geils y Vázquez, 2002; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006 y Martínez-Ambriz, 2020) (Tabla 1.5).

Struthanthus no posee especificidad por algún hospedero; en la zona metropolitana de Jalisco parasita a 58 especies diferentes, mientras que, en la Ciudad de México, se han registrado parasitadas 70 especies arbóreas (Rivera, 2016 y Cházaro *et al.*, 2005).

DESCRIPCIÓN

Plantas arbustivas; tallos erectos o flexuosos, ocasionalmente volubles, regularmente con raíces epicorticales; hojas enteras, opuestas a subopuestas, sin estípulas y lisas; inflorescencias axilares, en forma de espiga o racimos, flores unisexuales de menos de 1 cm de largo, colores de blanquecino a verde amarillentas; el fruto es una baya, lisa y hay presencia de endospermo (Martínez-Ambriz, 2020).

Tabla 1.5 Plantas parásitas del género *Struthanthus*

Especies de <i>Struthanthus</i>	Hospedero	Especies de <i>Struthanthus</i>	Hospedero
<i>S. deppeanus</i>	<i>Quercus</i> sp. <i>Pinus patula</i>	<i>S. hunnewellii</i>	<i>Alnus jorullensis</i> <i>Quercus</i> sp.
<i>S. venetus</i>	<i>Quercus</i> sp. <i>Q. castanea</i> <i>Q. crassipes</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. obtusata</i> <i>Q. candicans</i> <i>Q. resinosa</i> <i>Pinus lawsonii</i> <i>Salix babylonica</i>	<i>S. quercicola</i>	<i>Arbutus</i> sp. <i>Quercus</i> sp. <i>Q. rugosa</i> <i>Q. oleoides</i> <i>Pinus greggi</i>
<i>S. crassipes</i>	<i>Quercus</i> sp.		

Elaboración propia con base en: Geils y Vázquez, 2002; Vázquez-Collazo *et al.*, 2006; Martínez-Ambriz, 2020.



Figura 1.5 *Struthanthus quercicola*

2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN MÉXICO

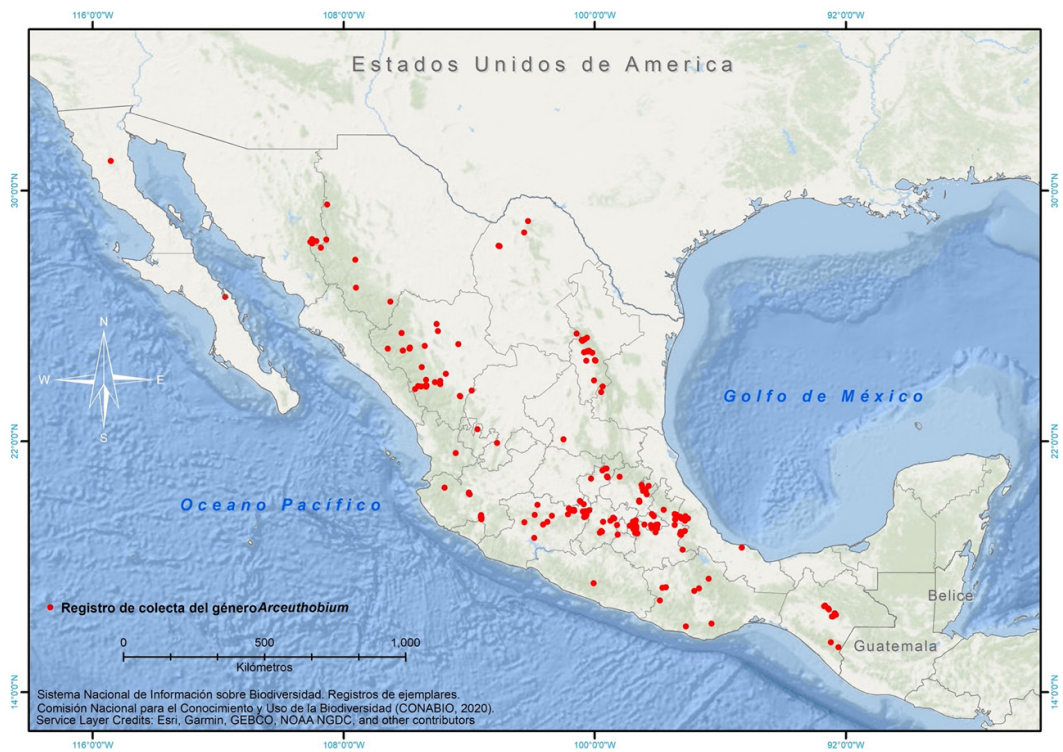
La diversidad de plantas parásitas en México está asociada a la diversidad de bosques y selvas, agroecosistemas, climas, gradientes altitudinales, así como la perturbación antrópica y natural, factores que favorecen o limitan su distribución y abundancia. Particularmente el menor número de individuos por unidad de superficie (fragmentación) y la exposición de ladera asociada a mayor cantidad de horas luz (estrés de calor) parece estar favoreciendo el incremento del ataque de plantas parásitas (Endara *et al.*, 2022).

En las siguientes figuras (2.1-2.5) se muestran los mapas de la distribución espacial de las plantas parásitas en México, especificado por género, para su elaboración se recabaron datos de diferentes fuentes documentales con registros de colectas botánicas desde 1838.

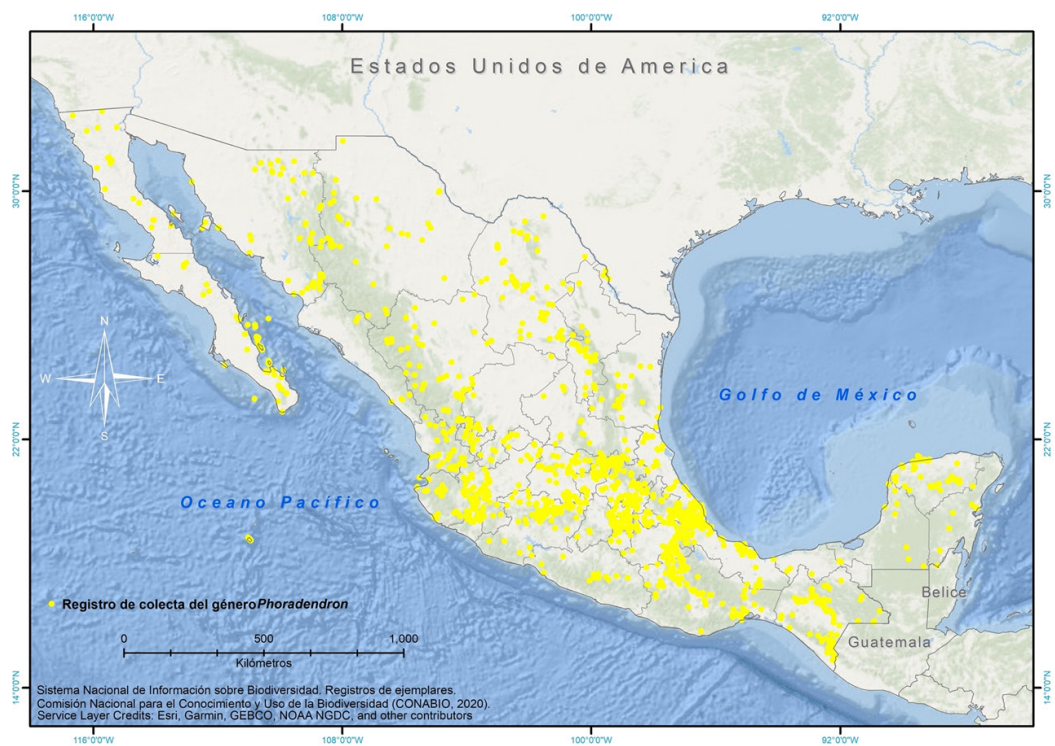
Se obtuvieron datos de la plataforma de Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad CONABIO que se encuentra disponible a través de su geoportal <http://www.conabio.gob.mx/> (CONABIO, 2020b). Las bases de información consultadas contienen datos de especímenes de las diferentes colecciones botánicas resguardadas en los herbarios de diferentes instituciones del país. La información geográfica proviene de registros de los cinco géneros de las plantas parásitas: *Arceuthobium* spp., *Phoradendron* spp., *Psittacanthus* spp., *Struthanthus* spp. y *Cladocolea* spp. Se seleccionaron sólo registros que tuvieran coordenadas geográficas.

También se tomó como referencia la plataforma internacional Global Biodiversity Information Facility (GBIF), la cual contiene bases de datos de proyectos que fueron donados, desarrollados o financiados por la CONABIO y el portal de Datos Abiertos UNAM. Se llevó a cabo la búsqueda de material bibliográfico como artículos y tesis con información geográfica para sustentar la investigación (Geils y Hawksworth, 2002; Azpeitia, 2004; Romero, 2006; Queijeiro-Bolaños, 2007; Flores, 2008; Zavaleta, 2008; Coria *et al.*, 2010; Alvarado, 2010; Rzedowski y Calderón, 2011b; Clark *et al.*, 2011; Cuevas *et al.*, 2011; Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2011; Chávez, 2013; Cortez, 2013; López, 2013; Martínez, 2014; Pérez, 2014; Rodríguez, 2014; Viveros *et al.*, 2014; Hernández, 2015; Martínez, 2015; Queijeiro-Bolaños y Cano-Santana, 2015; Galván, 2016; Zúñiga, 2016; González *et al.*, 2017; Navarrete, 2017; Aldeco, 2018; Castillo-Campos *et al.*, 2018; Juárez, 2018; Varo, 2018; González y Cano, 2019; Melchor, 2019; Ornelas, 2019; Tóvar, 2019; CONABIO, 2020; GBIF, 2020; Graciano *et al.*, 2020; Martínez-Ambriz, 2020; UNAM, 2020).

2.1. Distribución del género *Arceuthobium*

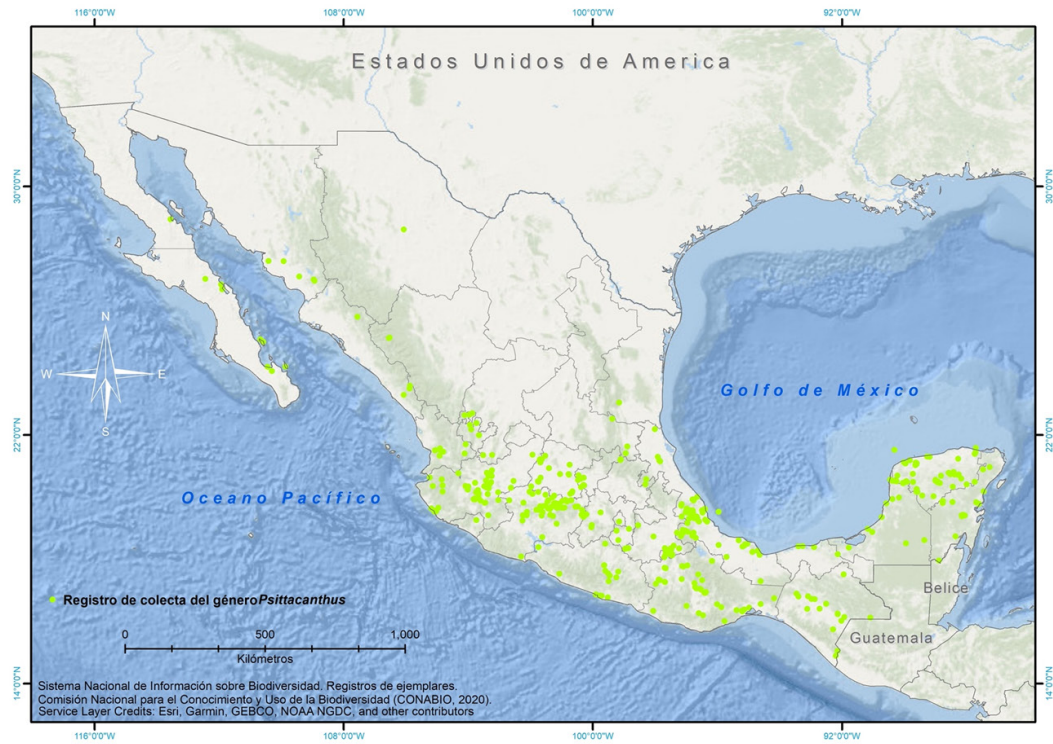


2.2. Distribución del género *Phoradendron*

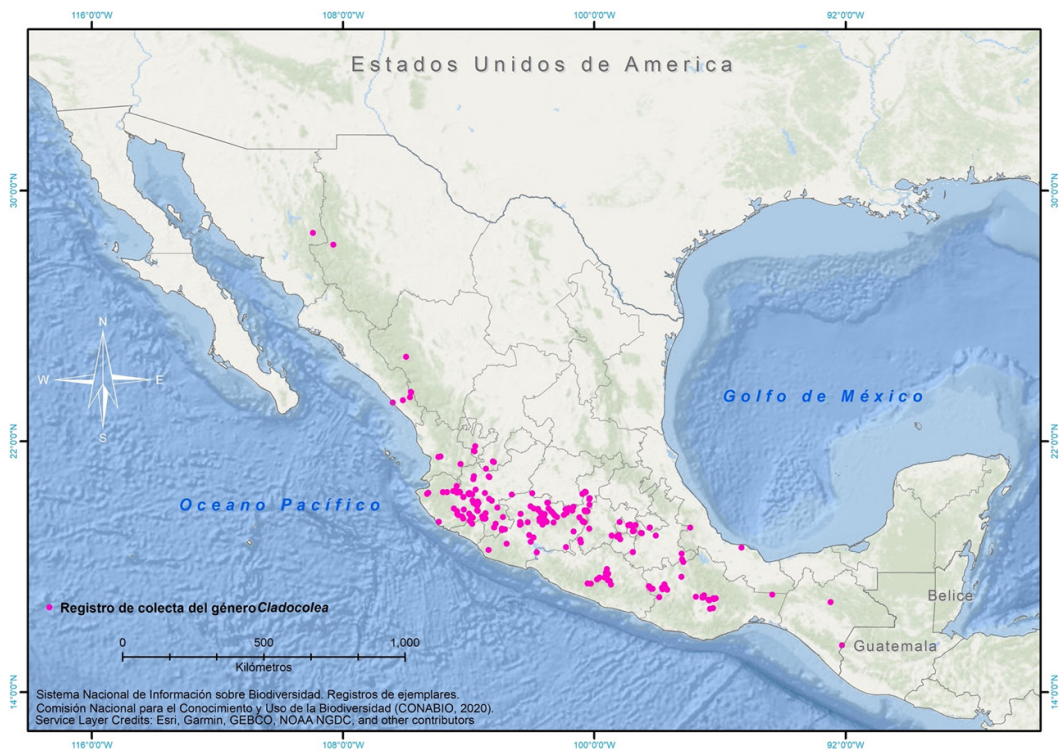


2. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PLANTAS PARÁSITAS EN MÉXICO

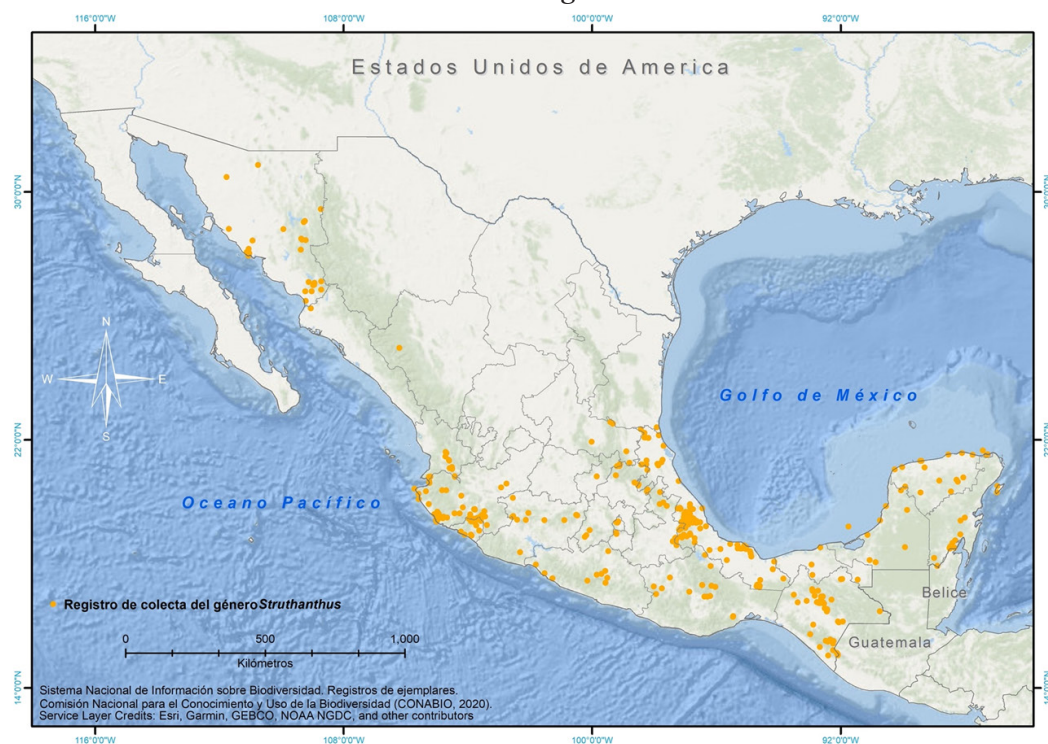
2.3. Distribución del género *Psittacanthus*



2.4. Distribución del género *Cladocolea*



2.5. Distribución del género *Struthanthus*



3. ECOSISTEMAS FORESTALES EN BOSQUES TEMPLADOS

Denominamos ecosistemas forestales a las poblaciones y comunidades forestales de la región templada del país, que se caracterizan por la estrecha relación entre el efecto de altitud y clima, es decir, a mayor altitud menor temperatura. Otros factores que influyen, es la estacionalidad de la lluvia, el tipo de suelo, la orientación de la ladera con respecto al sol y la historia biogeográfica de la zona. La mezcla de los factores anteriores favorece la diversidad de ecosistemas forestales, formando un ecotono muy particular (Sánchez *et al.*, 2003).

Los ecosistemas forestales que se encuentran a mayor altura son los bosques de pino y oyamel, por debajo de estos se encuentran los bosques de encino y mixtos. La flora que se presenta en dichas elevaciones es endémica (Sánchez *et al.*, 2003).

3.1. BOSQUES DE PINO

Los bosques de pino (Figura 3.1) son ecosistemas característicos de zonas montañosas (CONABIO, 2012) con clima templado a frío; temperatura media anual que varía de 6 a 28°C y una precipitación anual que oscila entre 350 a 1200 mm (SNIEG, 2016). Forman parte del grupo de las gimnospermas y se caracterizan por contar con hojas aciculares y perennifolias (MARN, 2008).

En México se distribuyen desde Baja California hasta Chiapas y una pequeña población en Quintana Roo; su rango de distribución más amplio se localiza en la Sierra Madre Occidental y el Sistema Volcánico Transmexicano (SNIEG, 2016). El rango altitudinal en el que se desarrollan oscila entre los 1500 y 4200 msnm, aunque normalmente se establecen por encima de los 1500 msnm (Rzedowski, 2006; CONABIO, 2020c).

En México se tienen registrados un total de 71 especies de *Pinus*, lo que le otorga al país el primer lugar mundial en cuanto a riqueza de este género; el 50% de ellas son endémicas, representando el 48% del total de especies conocidas en el mundo (INECC, 2007a).



Figura 3.1 Bosque de pino del Nevado de Toluca

Los árboles del género *Pinus* cuentan con una altura promedio de entre 15 a 30 metros y se establecen mayormente en asociación con gramíneas (SNIEG, 2016). Una característica especial de los bosques de pino es que, gracias a su adaptación a rangos altitudinales por encima de los 4000 msnm limita con la parte superior de las montañas y por tanto con los zacatonales alpinos (Rzedowski, 2006).

Algunas de las amenazas que afectan a los bosques de pino son los incendios inducidos (que favorecen el rebrote de pasto como alimento para ganado vacuno y ovino) y la tala inmoderada (SNIEG, 2016).

3.2. BOSQUES DE OYAMEL

Los bosques de oyamel (Figura 3.2) se localizan por encima de los 2400 y hasta 3600 msnm, formando generalmente un piso altitudinal por debajo del pinar superior (*Pinus hartwegii*) (Rzedowski, 2006). Se encuentran a lo largo del Sistema Volcánico Transmexicano en los estados de Guerrero, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Morelos, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y de la Ciudad de México (CONAFOR, 2018).



3.2 Bosque de oyamel de La Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

Normalmente se distribuyen en forma de manchones aislados, muchas veces restringidos a laderas o cañadas (SNIEG, 2016). Los bosques de oyamel (*Abies* spp.) son perennifolios, ya que conservan sus hojas a lo largo del año. Se asocian con algunas especies de bromelias, orquídeas, helechos y diferentes tipos de hongos (CONAFOR, 2018).

Las especies mayormente descritas en México son *Abies religiosa*, *A. concolor*, *A. hickelii*, *A. guatemalensis* y *A. vejarii* (Fonseca, 2016), *A. colimensis* (CONANP, 2006), *A. jaliscana* (Vázquez *et al.*, 2014), *A. flinckii* (Rushforth, 1989) y *A. duranguensis* (Farjon, 1998), aunque *A. religiosa* es la que se distribuye en la mayor parte del territorio; constituye el hábitat de la mariposa monarca, especie que viaja desde Canadá para pasar el invierno en tierras del centro de México (Tivo e Iglesias, 2006), por lo que se consideran de alta importancia ecológica a nivel mundial.

Los árboles llegan a medir más de 60 metros de altura (Tivo e Iglesias, 2006), sus ecosistemas suelen ser más húmedos, por lo que se desarrolla un sotobosque rico en gramíneas. Debido a su humedad no suelen presentarse incendios forestales con regularidad (Rzedowski, 2006). Las principales presiones a las que se ve expuesto un bosque de oyamel son la tala inmoderada, el turismo y la contaminación atmosférica que impacta directamente su crecimiento anual al afectar sus traqueidas (Fonseca, 2016).

3.3 BOSQUES DE ENCINO

Los ecosistemas del género *Quercus* spp. (Figura 3.3) se encuentran principalmente en climas cálidos, templados húmedos, subhúmedos a secos, que rondan temperaturas anuales de los 10 a 26°C y una precipitación media anual que varía de 350 a 2000 mm, su rango altitudinal de distribución va de los 1200 a 3000 msnm (SNIEG, 2016).

Los árboles del bosque de encino alcanzan una altura que varía de los cuatro hasta los 30 m de altura, desarrollándose en áreas densas o muy abiertas. Son bosques caducifolios, sin embargo, el tiempo en que los árboles pierden las hojas es corto (Rzedowski, 2006).

Con base en su distribución, estos bosques conforman la transición entre los bosques de coníferas y las selvas (SNIEG, 2016). Se han reportado bosques de encino en casi todos los estados y territorios del país, excepto en Yucatán y Quintana Roo (Rzedowski, 2006).

De acuerdo con CONABIO (2020c), algunos de los encinos más representativos en el país son el encino barcino (*Q. magnoliifolia*), encino blanco (*Q. candicans*), encino colorado (*Q. castanea*), encino cucharo (*Q. urbanii*), encino laurelillo (*Q. laurina*), encino quebracho (*Q. rugosa*), encino prieto (*Q. laeta*, *Q. glaucoides*), encino texmolillo (*Q. crassipes*), escobillo (*Q. mexicana*), roble (*Q. crassifolia*) y encino rojo (*Q. scytophylla*). Las principales amenazas de estos bosques son la sobreexplotación de madera para la producción de carbón vegetal, además del cambio de uso de suelo para la instalación de cultivos.



Figura 3.3 Bosque de encino en Estado de México

3.4 BOSQUES DE PINO-ENCINO

Los bosques de pino-encino (Figura 3.4) reciben este nombre ya que presenta una asociación vegetal entre los géneros de *Pinus* y *Quercus* (MARN, 2008). Se caracterizan por la asociación de árboles con hoja aciculada y latifoliadas de hoja laminar (CONANP, 2014b). Su rango altitudinal oscila entre los 1200 a 3200 msnm, aunque se les puede encontrar a menor altitud (SNIEG, 2016). Se desarrollan principalmente en climas templados subhúmedos, alcanzando temperaturas que van de los 12 a los 18°C con heladas ocasionales, mientras que la precipitación ronda los 600 a 1000 mm anuales (Gómez, 2020).



Figura 3.4 Bosque de pino-encino en Sierra de Quila

Los árboles de este bosque alcanzan alturas de 8 hasta 35 m. La transición del bosque de encino al de pino está determinada normalmente (en condiciones naturales) por el gradiente altitudinal (SNIEG, 2016).

La abundancia de una u otra especie se determina por el número de individuos de encinos y/o pino, o bien por el área basal, que usualmente es mayor en el pino debido a sus mayores diámetros y alturas (Gómez, 2020). Este ecosistema implica una relación ecológica entre el pino y el encino, ya que este último mejora la fertilidad del suelo, lo que permite al pino regenerarse con mayor facilidad (Gómez, 2020).

En el país se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Oriental, Occidental y el Sistema Volcánico Transmexicano, ocupan el segundo lugar en superficie del bosque templado superando las 8,500,000 ha. (SNIEG, 2016).

De acuerdo con CONANP (2016a) en este bosque predominan especies herbáceas en temporada de lluvias, cuenta con varias especies de epífitas, destacando las bromeliáceas, representadas por el género *Tillandsia* spp. Es frecuente encontrar afectaciones de muérdagos enanos del género *Arceuthobium* spp. en pino y muérdagos verdaderos del género *Phoradendron* spp. en encino.

4. HOSPEDEROS EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES DE ALTA MONTAÑA

4.1. GÉNERO *Pinus*

Pinus hartwegii Lindl

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino de México, ocote, pino negro, pino de las alturas. Forma biológica: Árbol con DN 80 a 100 y 25 a 30 m de altura, casi siempre arboriforme incluso en la línea forestal alpina. Corteza gruesa, rugosa y escamosa, de color marrón oscuro a gris y fascículos de tres a seis agujas. Altitud: 2500 a 4000 msnm. Asociación vegetal: Crece en rodales puros, aunque se puede encontrar con rodales mixtos asociado con <i>Pinus montezumae</i>, <i>P. pseudostrobus</i>, <i>P. ayacahuite</i>, <i>A. religiosa</i> y <i>Cupressus lusitanica</i>. Usos: Recolección de resina y ocote	<i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> <i>Arceuthobium</i> <i>vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i>

Pinus montezumae Lamb

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino, ocote, pino montezumae, chalmaite blanco, pino blanco, ocote macho. Forma biológica: Árbol de 25 a 30 m de altura y DN de 50 a 90; crecimiento de rápido a moderado. Altitud: 1150 a 3200 msnm. Asociación vegetal: Bosque de <i>Quercus</i> y bosque de coníferas. Usos: La madera se utiliza para la fabricación de muebles, celulosa, cajas de empaque, puntales para minas, durmientes, postes, duelas, cercas, construcciones pesadas y livianas, chapa, triplay y extracción de resina.	<i>Arceuthobium durangense</i> <i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> <i>Arceuthobium nigrum</i> <i>Arceuthobium</i> <i>vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i> <i>Psittacanthus schiedeanus</i>

Pinus pseudostrobus Lindl

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino blanco, pino ortiguillo, pino real. Forma biológica: Árbol con alturas de 30 a 40 m, ocasionalmente hasta 45 m, y DN de 40 a 80; fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% en su altura total. Altitud: 2400 a 2800 msnm; en laderas de montaña con elevaciones de 1600 a 3200 msnm. Asociación vegetal: Bosque de coníferas, bosque de Pinus-Quercus.	<i>Arceuthobium durangense</i> <i>Arceuthobium globosum</i> subsp. <i>grandicaule</i> <i>Arceuthobium nigrum</i> <i>Arceuthobium vaginatum</i> subsp. <i>vaginatum</i> <i>Psittacanthus schiedeanus</i> <i>Phoradendron longifolium</i> <i>Psittacanthus macrantherus</i> (Figura 2.1) <i>Psittacanthus calyculatus</i>

Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. & Cham.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino, ocote chino. Forma biológica: Árbol de 20 a 30 m de altura y DN de 35 a 80. Altitud: 1600 a 3000, más frecuente de 2200 a 2750 msnm. Asociación vegetal: Bosque de coníferas y pino-encino. Usos: Madera para cajas de empaque, postes para cerca y construcción, durmientes, carbón vegetal y resina. Potencial para recuperar suelos erosionados.	<i>Arceuthobium nigrum</i> <i>Arceuthobium gillii</i> <i>Psittacanthus calyculatus</i> <i>Psittacanthus schiedeanus</i>

Pinus ayacahuite C. Ehrenb. ex Schltdl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Ocote blanco, pino real, ocote gretado, pino blanco. Forma biológica: Árbol de 35-40 m de altura y DN de 150 a 200, con copa cónica y crecimiento moderado. Se caracteriza por sus escamas delgadas, frágiles, largas y angostas, gradualmente atenuadas hacia la base y por el ala de sus semillas también larga y estrecha. Altitud: 2000 a 3200 msnm. Asociación vegetal: Bosque de pino y encino. Usos: Se utiliza para reforestación en las zonas urbanas y suburbanas, también en la elaboración de muebles, moldes de fundición y en la construcción y extracción de resina. La madera es de buena calidad, suave y manejable, útil en la artesanía, aserrío, triplay, celulosa, papel, puntales para minas y ebanistería.	<i>Arceuthobium blumeri</i>

Pinus devoniana Lindl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino lacio; tsihirén; ocote escobetón; pino blanco y ocote gretado. Forma biológica: Árbol de 20 a 30 m de altura y DN de hasta 100. Se caracteriza por su estado cespitoso durante un lapso de 5 años. Altitud: 1200 a 3000 msnm. Asociación vegetal: Bosque de pino y pino-encino. Usos: Se utiliza en ebanistería, fabricación de muebles, duelas, parquet, leña y para la producción de resinas. En el centro del país se utiliza para la obtención de madera aserrada y producción de celulosa.	<i>Arceuthobium durangense</i>

Pinus durangensis Martínez

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino blanco, pino real de seis hojas. Forma biológica: Árbol de 30-40 m de altura y DN de 50 a 80. Altitud: 2,500 a 2,700 msnm. Asociación vegetal: Bosque de pino y pino- encino. Usos: Se usa en aserrío, triplay, molduras, duelas, ebanistería; y en menor grado en muebles, pulpa para papel y postes. Recomendable en plantaciones comerciales.	<i>Arceuthobium durangense</i>

Pinus oocarpa Schiede ex Schltdl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino prieto; pino resinoso, ocote macho, pino amarillo, pino avellano; Ichtaj (tzolzal); ocote chino, pino Colorado, pino negruzco, pino rojo. Forma biológica: Árbol de 12-18 m de altura y DN de 40 a 75, conos serótinos con el incremento de la temperatura. Altitud: 1000 a 3000 msnm. Asociación vegetal: Bosque de encino y Bosque de pino. Usos: El derivado de la resina se emplea en la fabricación de aguarrás y brea. También la madera es utilizada en la construcción en general, muebles, ebanistería, molduras, artesanías y pulpa para papel. También se usa como combustible, leña y carbón.	<i>Arceuthobium durangense</i>

Pinus lumholtzii B. L. Rob & Fernald

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Pino triste, pino barba caída, ocote dormido, pino amarillo, pino albacarrote. Forma biológica: Árbol de 15-20 m de altura y DN de 30 a 50. Altitud: 1600 a 2300 msnm. Asociación vegetal: Bosque de pino. Usos: Se utiliza como leña, combustible. Al ser de madera dura, pesada y textura fina, se usa en la elaboración de artesanías e instrumentos musicales. También tiene potencial para restaurar zonas de baja precipitación o suelos erosionados y como ornato. Además de potencial en construcciones rurales, cancelería, tarimas, pisos rústicos, pilotes y postes para cercas.	<i>Cladocolea cupulata</i>



Figura 2.1 *Psittacanthus macrantherus* en *Pinus pseudostrobus*

4.2. GÉNERO *Abies**Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Abeto, oyamel, pinabete. Forma biológica: Árbol monoico de 35 a 40 m de altura, en ocasiones hasta 60 m y DN hasta de 180. Asociación vegetal: Bosque de coníferas, las masas puras formadas por esta especie son también conocidas como bosques monoespecíficos de abetos. Usos: Ornamental como árbol de navidad, sus ramas se utilizan para adornos en ceremonias religiosas. Aunque la madera no es de buena calidad, se recomienda para fabricar papel ya que la pulpa es de muy buena calidad. Como madera aserrada se utiliza en la fabricación de cajas, puertas, marcos y techos interiores, fabricación de postes de energía eléctrica, cercas, durmientes y palos de escoba. Por su color claro, peso ligero, ausencia de manchas, de resina y su carencia de olor se recomienda para la fabricación de empaques para alimentos, como pescado, azúcar, etc. La trementina, “aceite de palo” “aceite de abeto”, es recomendada en la medicina. La corteza de árboles viejos es utilizada para carbón y la madera en la construcción de casas.	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i> (Figura 2.2)

Abies colimensis Rushforth & Narave

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Oyamel de Colima, abeto de Colima, pinabete de Colima. Forma biológica: Árbol de hasta 30 m de altura y más de 100 de DN, de copa cónica y densa. Corteza suave y plateada, ramillas ascendentes en la parte alta de la copa, dispersas en medio y reclinadas abajo. Altitud: 2,000 a 3,500 msnm. Asociación vegetal: Bosques de oyamel. Usos: Ninguno (es una especie endémica del sur de Jalisco).	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>



Figura 2.2 *Arceuthobium abietis-religiosae* en *Abies religiosa*

4.3. GÉNERO *Quercus**Quercus castanea* Née

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Capulincillo, encino amarillo, encino blanco, encino colorado, encino chino, encino negro, encino prieto, encino rojo, encino rosillo, palo colorado, roble. Altitud: 1400 a 2600 msnm. Forma biológica: Árbol de 5 a 20 m de altura y DN de 30 a 60. Asociación vegetal: Bosque de pino-encino y bosque mesófilo en laderas y cañadas. Usos: Leña, carbón, cercas, horcones, cabos, arados, ejes de carreta, trompos, baleros, muebles, medicinal y extracción de celulosa para papel.	<i>Cladocolea diversifolia</i> <i>Cladocolea grahamii</i> <i>Cladocolea microphylla</i> <i>Phoradendron brachystachyum</i> <i>Phoradendron rhipsalinum</i>

Quercus crassipes Bonpl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Encino blanco, encino capulincillo. Forma biológica: Árbol o arbusto de 4 a 20 m de altura y DN de hasta 100. Altitud: 2100 a 2800 msnm. Asociación vegetación: Bosque de encino y pino-encino. Usos: Se utiliza para leña y carbón.	<i>Cladocolea microphylla</i> <i>Phoradendron brachystachyum</i>

Quercus rugosa Née

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Encino roble, roble. Altitud: 2200 a 3200 msnm. Asociación vegetal: Bosques de pino y pino-encino. Usos: La corteza se utiliza con propósitos medicinales, las bellotas sirven para elaborar café o pueden consumirse tostadas, también se usan como forraje. La madera se utiliza para la obtención de papel y leña.	<i>Cladocolea diversifolia</i> <i>Cladocolea grahamii</i> <i>Phoradendron reichenbachianum</i> <i>Psittacanthus calyculatus</i>

Quercus obtusata Bonpl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Bellota, encinilla, encino, encino blanco, encino prieto, encino roble, roble. Forma biológica: Árbol de 3 a 25 m de altura, caducifolio, con DN de 20 a 80. Asociación vegetal: Bosques de pino y pino-encino. Altitud: 1000 a 2800 msnm. Uso: Se utiliza para leña, carbón, postes para cerca, implementos agrícolas, horcones, cabos para herramientas, curtir pieles y como material de construcción; la corteza tiene usos medicinales.	<i>Cladocolea diversifolia</i> <i>Phoradendron brachystachyum</i> <i>Phoradendron longifolium</i>

Quercus laurina Bonpl.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Encino laurelillo y encino blanco. Altitud: 2200 a 3200 msnm. Forma biológica: Árbol de 10 a 30 m de altura, con un DN promedio de 50. Asociación vegetal: Bosques de encino y de coníferas. Uso: Se utiliza para bancos, muebles rústicos, cabos de herramienta, vigas de construcción, papel Kraft, fabricación de chapa y como leña.	<i>Cladocolea pringlei</i> <i>Cladocolea grahamii</i>

Quercus coccolobifolia Trel.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Encino y encino don Juan. Forma biológica: Árbol de 6 m de altura, 50-70 de DN, corteza muy oscura; hojas juveniles cubiertas por pelos simples de color rojizo o ámbar en el envés, el haz de color verde, textura lisa, gruesas y rígidas de 10 a 19 cm de largo; fruto anual, solitario o en pares, bellota de 8-10 mm de largo, de 5-8 mm de diámetro. Altitud: 2,000 msnm Asociación vegetal: Bosques de encino. Usos: Utilizado como leña y carbón.	<i>Phoradendron lanceolatum</i>

Quercus resinosa Liebm.

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Roble, encino amarillo, encino roble, roble blanco. Forma biológica: Árbol de 10 hasta 17 m de altura, caducifolio, con tronco corto con un DN de 30 a 70; corteza gruesa y escamosa, las hojas maduras obovadas de 10 a 50 cm de largo por 5 a 30 cm de ancho, textura dura coriácea, venación secundaria marcada. Amentos masculinos de 5 a 20 cm de largo, amentos femeninos de 2 a 5 cm de largo; bellota ovoide, de 15 a 35 mm de largo por 15 a 30 mm de diámetro. Altitud: 1300 a 2500 msnm. Asociación vegetal: Bosques de encino y pino-encino. Usos: La madera es explotada como leña, carbón, postería y horcones. Las hojas, por su tamaño y dureza se utilizan en el campo para hornear pan y también para tejabanos de construcciones rurales.	<i>Phoradendron lanceolatum</i>



Figura 2.3 *Cladocolea diversifolia* en *Quercus crassipes*

4.4. GÉNERO *Alnus**Alnus acuminata* Kunth

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Aile, abedul, olmo del país, palo de águila, aile y ilite en algunas regiones de México. Forma biológica: Arbustos o árboles, de 10 a 30 m de altura, caducifolio. Con ramas lisas de coloración café rojizo, hojas oblongas de 7 a 13 cm de longitud y con estróbilos de 1 a 2 cm de longitud. Altitud: Desde los 600 msnm en San Luis Potosí y en el Norte de Sinaloa, hasta los 3000 msnm en los bosques de oyamel. Asociación vegetal: Bosques ribereños de aile, bosques de galería, de manera secundaria en el bosque mesófilo de montaña y otras asociaciones en de encinares y pinares. Usos: La madera se utiliza en artesanía, fabricación de instrumentos musicales y utensilios domésticos, además de pulpa para papel de buena calidad. La corteza es utilizada como astringente y afecciones cutáneas. Utilizado en plantaciones para producir abonos verdes, además de restauración de suelos.	<i>Cladocolea grahamii</i>

Alnus jorullensis Kunth

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Aile, pamu, tepamu. Forma biológica: Árbol de hasta más de 20 m de altura, copa más o menos redondeada, corteza lisa a suberosa, frecuentemente hendida por constricciones transversales que circundan al tallo. Altitud: Entre los 2500 a 3500 msnm. Asociación vegetación: Bosques de pino-encino, encino u oyamel. Usos: La madera es utilizada en la elaboración de artesanías y muebles.	<i>Cladocolea microphylla</i> <i>Phoradendron brachystachyum</i> <i>Phoradendron longifolium</i> <i>Phoradendron velutinum</i> (Figura 2.4)



Figura 2.4 *Phoradendron velutinum* en *Alnus jorullensis*

4.5. GÉNERO *Arbutus**Arbutus tessellata* P. D. Sorensen

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Madroño, madroño mexicano, madroño blanco, panaka, panán gsuni, panangsi, pananchen, pananhsh (lengua purépecha). Forma biológica: Árbol de 2 a 25 m de altura, caducifolio; corteza con placas rectangulares de color gris sobre el tallo y las ramas principales, persistente o exfoliante en pequeñas láminas rugosas sobre las ramillas, dejando al descubierto la corteza interior de color café anaranjado; hojas ovadas a elípticas, de 2 a 11 cm de largo y de 1.4 a 5.5 cm de ancho, margen finamente aserrado, con pelos glandulares, haz de color verde olivo, brillante, envés de color verde pálido, opaco, pubescente, pelos glandulares en la base y a lo largo de la nervadura central; inflorescencias terminales en racimos color rosado a púrpura, densamente pubescentes con pelos simples y con pelos glandulares; fruto de 0.9 a 1.1 cm de largo y 1 a 1.2 cm de diámetro, de color amarillo a rojo. Altitud: De 1700 a 3100 msnm. Asociación vegetal: Bosque de encino, pino-encino, bosques de coníferas, bosques de cedro-encino-oyamel y bosques húmedos con influencia tropical. Usos: Los frutos son dulces y se consumen por humanos y fauna silvestre; las flores tienen uso medicinal y comestible. Se aprovecha la leña y su madera es usada para fabricar artesanías y para construcción.	<i>Phoradendron bolleanum</i>

Arbutus xalapensis Kunth

Hospedero	Planta parásita
Nombre común: Madroño, panan chén (lengua purépecha), panangsi. Forma biológica: Árbol de 2 a 30 m de altura, corteza exfoliante en láminas papiráceas, el interior de la corteza es lisa, conforme pasa el tiempo el color se hace más pálido; las hojas de textura herbácea, peciolo velloso con tricomas de 0.4 a 1.5 mm. Altitud: De 1600 a 3000 msnm. Asociación vegetal: Bosque mesófilo de montaña, bosques húmedos de encino, de pino, pino-encino, cedro, encino y oyamel y en vegetación secundaria derivada de bosque de pino-encino. Usos: La madera densa y de color rojizo se utiliza para fabricación de artesanías, instrumentos musicales, mangos de herramientas y para producción de carbón. Los frutos son comestibles y se le atribuyen propiedades medicinales.	<i>Phoradendron bolleanum</i>

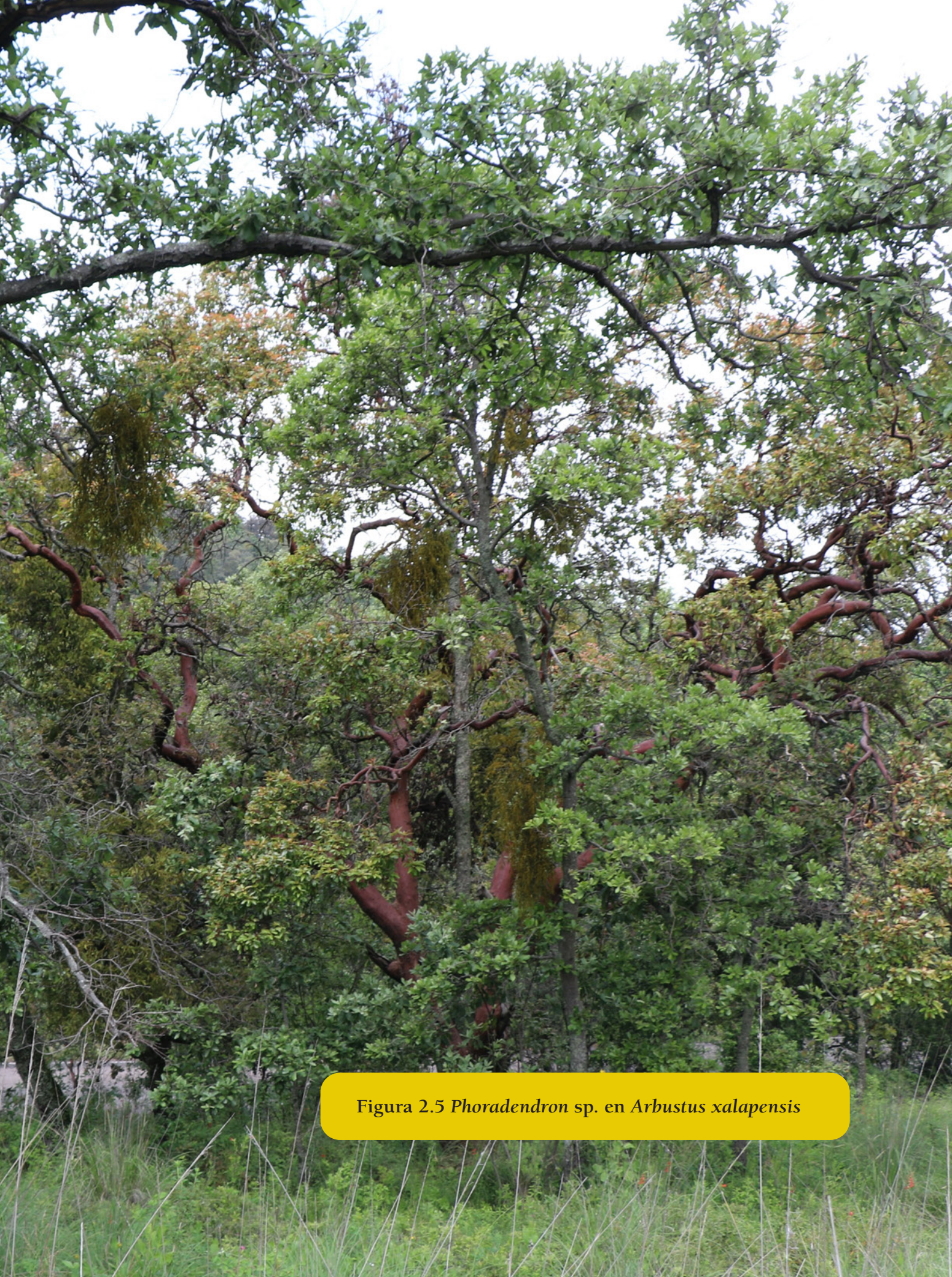


Figura 2.5 *Phoradendron* sp. en *Arbustus xalapensis*

5. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación prioriza cuatro regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala), donde se encuentran seis de los principales edificios volcánicos del país (Nevado de Toluca, Pico de Orizaba, Monte Tláloc, Nevado de Colima, Cofre de Perote y La Malinche). Estos edificios volcánicos albergan bosques vulnerables a los efectos del cambio climático, además del incremento de plagas forestales (Endara *et al.*, 2013).

5.1. SITIOS DE MUESTREO

Se establecieron sitios de muestreo (SM) en poblaciones y asociaciones de especies de pino, oyamel, encino, aile, y todas sus mezclas en nueve áreas de estudio: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, Monte Tláloc (Parque Nacional Izta-Popo y Anexas), Parque Nacional Volcán Nevado de Colima, Parque Nacional Pico de Orizaba, Parque Nacional La Malinche, Parque Nacional Cofre de Perote, Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y el Municipio Pueblo Nuevo, en el Estado de Durango. En las tablas 5.1 a la 5.4 se muestra el género *Arceuthobium* spp. como el principal patógeno que afecta los hospederos de los sitios de muestreo.

Tabla 5.1 Hospederos y plantas parásitas identificadas en Región Noreste

Región	Estado/montaña	Hospederos	Plantas parásitas
Noreste	Durango El Salto	<i>Abies durangensis</i>	<i>Arceuthobium abietinum</i>
		<i>Pinus arizonica</i> var. <i>arizonica</i>	<i>A. verticilliflorum</i>
		<i>P. arizonica</i> var. <i>stormiae</i>	<i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>P. cooperi</i>	<i>A. rubrum</i> , <i>A. verticilliflorum</i>
		<i>P. devoniana</i>	<i>A. durangense</i>
		<i>P. douglasiana</i>	
		<i>P. durangensis</i>	<i>A. durangense</i> , <i>A. rubrum</i> , <i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i> , <i>A. verticilliflorum</i>
		<i>P. engelmannii</i>	<i>A. douglasii</i> , <i>A. durangense</i> , <i>A. rubrum</i> , <i>A. strictum</i> , <i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i> , <i>verticilliflorum</i>
		<i>P. hartwegii</i>	<i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>

Noreste	Durango El Salto	<i>P. herrerae</i>	<i>A. durangense</i> , <i>A. rubrum</i> , <i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>P. lawsonii</i>	<i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>P. leiophylla</i> var. <i>chihuahuana</i>	<i>Arceuthobium strictum</i>
		<i>P. lumholtzii</i>	<i>A. durangense</i>
		<i>P. montezumae</i>	<i>A. durangense</i> , <i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>P. oocarpa</i>	<i>A. durangense</i>
		<i>P. pseudostrobus</i>	<i>A. durangense</i> , <i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>Pinus strobiformis</i> <i>P. strobiformis</i> var. <i>potosiensis</i>	<i>A. blumeri</i>
		<i>P. teocote</i>	<i>A. rubrum</i> , <i>A. strictum</i>
		<i>P. patula</i>	<i>A. vaginatum</i> ssp. <i>vaginatum</i>
		<i>P. rudis</i>	
		<i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i>	<i>A. douglasii</i>
		<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Phoradendron densum</i>

Tabla 5.2 Hospederos y plantas parásitas identificadas en la Región Centro-Occidente

Región	Estado/montaña	Hospederos	Plantas parásitas
Centro Occidente	Jalisco/Nevado de Colima	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
		<i>P. pseudostrobus</i>	
		<i>P. montezumae</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>
		<i>Abies colimensis</i>	
		<i>Abies flinckii</i>	
		<i>Alnus jorullensis</i>	
		<i>Salix paradoxa</i>	
		<i>Juniperus monticola</i>	
		<i>Cupressus lusitanica</i>	
		<i>Arbutus xalapensis</i>	
		<i>Quercus acutifolia</i>	
		<i>Q. candicans</i>	
		<i>Q. castanea</i>	
		<i>Q. laurina</i>	
		<i>Q. rugosa</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>

Tabla 5.2 Hospederos y plantas parásitas identificadas en la Región Centro-Occidente

Región	Estado/montaña	Hospederos	Plantas parásitas
Centro Occidente	Michoacán Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca	<i>Alnus acuminata</i>	
		<i>Alnus jorullensis</i>	
		<i>Arbutis xalapensis</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>
		<i>Quercus crassipes</i> <i>Q. rugosa</i> <i>Q. obtusata</i>	<i>Phoradendron reichenbachianum</i>
		<i>Quercus obtusata</i>	<i>Cladocolea diversifolia</i>
		<i>Pinus hartwegii</i> <i>P. pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
	Jalisco/ Parque Nacional Nevado de Colima / Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila	<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Phoradendron bolleanum</i>
		<i>Arbutus xalapensis</i> var. <i>glandulosa</i>	
		<i>Clethra hartwegii</i>	
		<i>Clethra mexicana</i>	
		<i>Pinus devoniana</i>	<i>Arceuthobium durangense</i>
		<i>P. douglasiana</i>	<i>Arceuthobium durangense</i> , <i>Cladocolea cupulata</i>
		<i>P. lumholtzii</i>	<i>Cladocolea cupulata</i>
		<i>P. herrerae</i>	
		<i>P. oocarpa</i>	
		<i>P. maximinoi</i>	
		<i>Quercus crassipes</i>	<i>Phoradendron galeottii</i> , <i>Cladocolea diversifolia</i>
		<i>Q. castanea</i>	
		<i>Q. coccolobifolia</i>	<i>P. lanceolatum</i> <i>P. reichenbachianum</i> , <i>P. brachystachyum</i> , <i>Cladocolea microphylla</i> , <i>C. mcvaughii</i>
		<i>Q. obtusata</i>	<i>Phoradendron galeottii</i>
		<i>Q. magnoliifolia</i>	
		<i>Q. laurina</i>	
		<i>Q. resinosa</i>	<i>Psittacanthus calyculatus</i>
		<i>Q. rugosa</i>	<i>Phoradendron reichenbachianum</i>
		<i>Q. laeta</i>	

Tabla 5.3 Hospederos y plantas parásitas identificadas en Región Oriente

Región	Estado/montaña	Hospederos	Plantas parásitas
Oriente	Puebla, Estado de México/ Monte Tláloc	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i> <i>Arceuthobium vaginatum</i>
		<i>P. pseudostrobus</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
		<i>P. patula</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>
		<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
		<i>Alnus acuminata</i>	
		<i>Arbutus xalapensis</i>	
		<i>Salix paradoxa</i>	
		<i>Cupressus lusitanica</i>	
		<i>Quercus crassipes</i>	
		<i>Q. laurina</i>	
		<i>Juniperus monticola</i>	
	Puebla, Veracruz/ Pico de Orizaba y Cofre de Perote	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
		<i>P. pseudostrobus</i>	
		<i>P. montezumae</i>	
		<i>P. patula</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>A. abietis-religiosae</i>
		<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
		<i>Arbutus xalapensis</i>	
		<i>Clethra mexicana</i>	

Tabla 5.4. Hospederos y plantas parásitas identificadas en Región Centro-Sur

Región	Estado/montaña	Hospederos	Plantas parásitas
Centro sur	Estado de México/ Nevado de Toluca	<i>P. hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i> , <i>Arceuthobium vaginatum</i>
		<i>P. pseudostrobus</i>	
		<i>P. montezumae</i>	
		<i>P. ayacahuite</i>	
		<i>P. leiophylla</i>	
		<i>P. patula</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>
		<i>Quercus laurina</i>	
		<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
		<i>Arbutus xalapensis</i>	
		<i>Buddleja cordata</i>	
		<i>Cupressus lusitanica</i>	
	Tlaxcala y Puebla/ La Malinche	<i>Pinus hartwegii</i>	<i>Arceuthobium globosum</i>
		<i>P. montezumae</i>	<i>Arceuthobium vaginatum</i>
		<i>P. leiophylla</i>	
		<i>Abies religiosa</i>	<i>Arceuthobium abietis-religiosae</i>
		<i>Buddleja cordata</i>	
		<i>Salix cana</i>	
		<i>Salix paradoxa</i>	
		<i>Arbutus xalapensis</i>	
		<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Phoradendron velutinum</i>
		<i>Juniperus monticola</i>	

5.2. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se concentra en gran parte del Sistema Volcánico Transmexicano, desde el Nevado de Colima hasta el Cofre de Perote, abarcando seis de los 10 edificios volcánicos más altos del país (Figura 5.1). En estos, se han reportado daños considerables en los bosques de coníferas provocados por el ataque de muérdagos enanos (*Arceuthobium* sp.) asociados a descortezadores (*Dendroctonus* sp.), perturbación antrópica y cambio climático.

Las Áreas Naturales Protegidas del centro del país presentan bosques altamente deteriorados por plagas forestales, ya sea por una falta de manejo de sus ecosistemas o, por el contrario, por una sobre explotación de los mismos, aunado a ello, el incremento de la temperatura es un factor que ha incrementado la vulnerabilidad de estos bosques, ya que están conformados por especies arbóreas adaptadas a condiciones de frío.

Se incorporan en la zona de estudio áreas que no son de alta montaña, como lo son la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca y el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila; la primera debido a su importancia ecológica al ser refugio de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) entre los meses de noviembre a marzo, particularmente en sus bosques de oyamel y oyamel-pino, mismos que presentan daños por plantas parásitas y descortezadores. Por otra parte, Sierra de Quila ha reportado ataques de muérdagos enanos y verdaderos en bosques mixtos de pino y encino, algo que beneficia al proyecto en la búsqueda de respuestas a las relaciones de parásito hospedero.

Finalmente se estudia la presencia de muérdagos enanos y sus niveles de infestación en área de manejo forestal en El Salto Durango, siendo una de las zonas con mayor diversidad de plantas parásitas del género *Arceuthobium*, así como de sus diferentes hospederos.

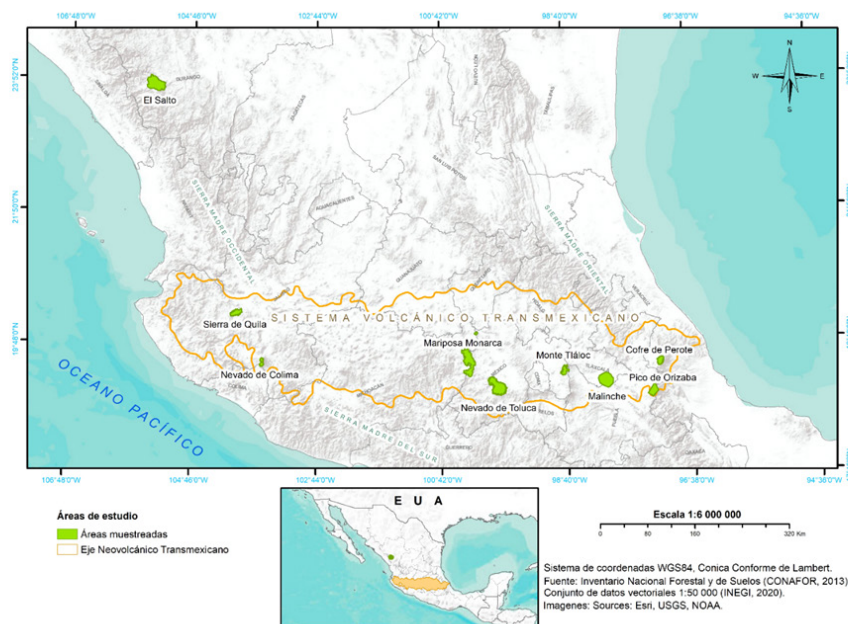


Figura 5.1 Zona de estudio.

5.3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL E INSTALACIÓN DE SITIOS DE MUESTREO

Se determinaron las superficies forestales para las áreas de estudio utilizando las curvas de nivel del INEGI (2020) como límite inferior de sus polígonos: Nevado de Toluca (3000 msnm) Monte Tlaloc (3400 msnm), Nevado de Colima (3400 msnm), Pico de Orizaba y Cofre de Perote (3500 msnm), La Malinche (3000 msnm), Sierra de Quila (2000 msnm), Mariposa Monarca (2800 msnm) y El Salto (1200 msnm).

Posteriormente se diseñó la distribución de sitios de muestreo (SM) a través de la adaptación del método de muestreo sistemático del inventario forestal de reconocimiento (Duaber, 1995) y el método de muestreo de vegetación por transectos (Mostacedo y Fredericksen, 2000), utilizando las curvas de nivel como líneas de acceso al bosque, con una separación altitudinal de 100 m (por cada 100 m de incremento la temperatura disminuye 0.6°C), donde se ven cambios considerables en las condiciones ambientales (Mayer y Ott, 1991).

Para conocer la intensidad mínima de muestreo se tomó como referencia el cálculo de la intensidad mínima de muestreo de BOLFOR y PROMABOSQUE (1999) (Tabla 5.2); sin embargo, se realizaron adecuaciones al método en cada montaña dependiendo de la accesibilidad al bosque y la inseguridad, misma que limitó de manera considerable el número de sitios instalados en el trabajo de campo del proyecto.

De tal manera que se instalaron: Nevado de Toluca (2,158 SM con una equidistancia de 200 m entre ellos), Monte Tlaloc (634 SM con una equidistancia de 300 m), Nevado de Colima (384 SM con una equidistancia de 300 m), Pico de Orizaba (881 SM con una equidistancia de 300 m), La Malinche (303 SM con una equidistancia de 300 m), Cofre de Perote (225 SM con una equidistancia de 300 m entre ellos), Sierra de Quila (301 SM con una equidistancia de 300 m), Mariposa Monarca (634 SM con una equidistancia de 300 m) y El Salto (100 SM con una equidistancia de 300 m).

Tabla 5.2 Intensidades mínimas y tamaño de las unidades de muestreo para parcelas fijas y para el muestreo goniométrico de Bitterlich

Superficie total de los estratos forestales (ha)	Intensidad mínima (%)	Tamaño de las unidades de muestreo en el caso de parcelas fijas (ha)	Núm. de parcelas variables por conglomerado en el caso del muestreo goniométrico (FB=4)
100	8.0	0.08	1
500	2.0	0.1	1
1.000	1.5	0.15	2
2.000	1.2	0.25	3
5.000	0.8	0.4	4
10.000	0.5	0.5	5
15.00	0.35	0.5	5
20.000	0.28	0.55	6
25.000	0.24	0.6	6

30.000	0.22	0.65	7
50.000	0.2	1.0	10
100.000	0.15	1.5	15
200.000	0.1	2.0	20

La figura 5.2 esquematiza el SM de forma circular de 0.1 ha (17.86 m de radio), donde se registran todos árboles (Tabla 5.3), así como información de sitio, incluida la regeneración (Tabla 5.4), todo lo registrado permite conocer la dinámica de los ecosistemas forestales, considerando como principal variable del estado de salud de los bosques la evidencia de daño por plantas parásitas.

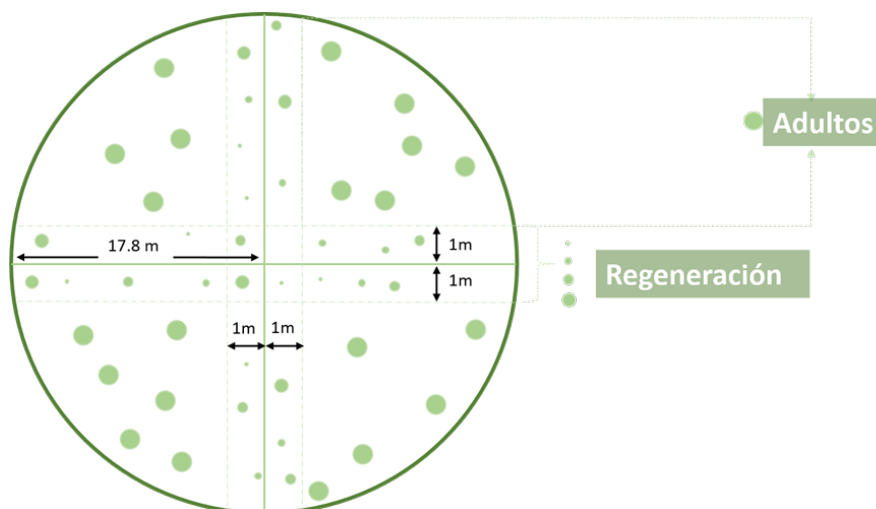


Figura 5.2 Sitio circular de medición

Tabla 5.3 Variables de individuos a considerar para la elaboración de formatos de campo

Variables de individuos	Descripción
Plántulas	< 30 cm de altura
Brinzales	≥ 30 cm < 1.5 m de altura
Latizales	≥ 1.5 m de altura < a 2.5 cm de diámetro a la altura de pecho (DN), 1.3 metros
Juveniles	≥ 2.5 cm < 7.5 cm DN
Fustales	≥ 7.5 cm de DN
Especie	Del hospedero
Altura de caída de copa	Distancia entre la base del tronco y la primera rama viva
Altura total	Distancia entre la base del tronco y la punta de la copa
Diámetro normal	Diámetro a la altura de 1.30 cm

Sanidad en fustes	Nivel de infestación de muérdago, descortezador, enfermedades y otros daños, tales como, quemaduras por incendios forestales
Sanidad en la regeneración	Se contabilizan todos los individuos menores a 2.5 cm de DN, bajo los mismos criterios de sanidad que en fustes, con la diferencia que, en estos, sólo se considera el porcentaje de infestación en toda la planta

Tabla 5.4 Variables de sitio para la caracterización físico-geográfica

Variables de sitio	Descripción
Fecha	dd/mm/aaaa
Número de sitio	Identificador que refiera área de estudio y número sitio
Árboles caídos	Número de árboles (≥ 7.5 cm de DN) caídos al interior del sitio de muestreo
Incendios recientes	Ausencia/presencia
Atributos de la vegetación	Porcentaje y dominancia herbáceo y arbustivo
Presencia de insecto descortezador	Grado de infestación (Billings y Espino, 2005)
Presencia de muérdago	Grado de infestación (Hawksworth y Wiens, 1996)
Asociación	Descripción de comunidad forestal i.e. Bosque de <i>Pinus hartwegii</i> , Bosque de <i>Abies-Pinus</i>
Cobertura forestal	Denso, semidenso, fragmentado y árboles aislados
Coordenadas	UTM
Exposición y pendiente	En grados
Tocones	Número de tocones al interior del sitio
Presencia de excretas	Presencia de excretas de fauna nativa y avistamiento

5.4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN POR MUÉRDAGO ENANO (*Arceuthobium* spp.)

El principal propósito de la investigación es la evaluación de la presencia de muérdagos y su nivel de infestación según Hawksworth (1977), en particular para registrar el daño provocado por *Arceuthobium globosum*, *A. vaginatum* y *A. abietis-religiosae* como los principales patógenos que afectan a coníferas.

La evaluación consiste en los siguientes pasos:

1. Dividir el árbol en tres tercios homogéneos.
2. Evaluar cada tercio por separado. Cada tercio será asignado con una calificación de 0, 1 o 2 (Tabla 5.5).

3. Realizar la sumatoria de la calificación de cada fracción para obtener los valores de 0 a 6 que indicarán el nivel de infestación (Tabla 5.6).

Tabla 5.5 Clasificación y características de los niveles de infestación

Valor de infestación	Características
0	Infestación no visible
1	Infestación ligera (1/2 menos de las ramas infectadas)
2	Infestación severa (más de 1/2 de las ramas infectadas o en el fuste)

Tabla 5.6 Clasificación según el nivel de infestación por Hawksworth (1977)

Clase	Características	Clasificación
0	árbol sano	Nulo
1	muérdago muy escaso en una sección	Bajo
2	normalmente con muérdago escaso en dos secciones o abundante en una sola sección	
3	infestación muy escasa, aunque tiende a distribuirse en las tres secciones	Medio
4	muérdago en todo el árbol, aunque abunda sólo en una sección	
5	infestación abundante en casi todo el árbol	
6	infestación abundante en todo el árbol	Alto

5.5. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE NIVELES DE INFESTACIÓN POR MUÉRDAGO VERDADERO

Para muérdagos verdaderos se clasifican a los individuos infestados con base en el método de Vázquez-Collazo (1993). Se determina el nivel de infestación de la copa de 0 a 90%, según la presencia de plantas en el hospedero, de la siguiente manera:

1. Delimitar de forma precisa la copa del árbol y considerarla como el 100%.
2. Contar el número de brotes de muérdago en la copa (Figura 10) y asignar el porcentaje de acuerdo con la ocupación de este sobre el hospedero (Tabla 5.7)

Tabla 5.7 Valores para la evaluación de muérdagos verdaderos.

Valor de infestación	Porcentaje del volumen infectado en la copa
0	Sin infección aparente
1	1-30 %
2	31-60 %
3	61-90%

Fuente: elaboración propia con base en Vázquez-Collazo (1993a).

5.6. DETERMINACIÓN DE NIVEL DE INFESTACIÓN POR SITIO DE MUESTREO

Tomando el sistema de Hawksworth (1977) y Vázquez-Collazo (1993) se determinaron los niveles de infestación por individuo, con ello, se obtuvo el promedio del total de árboles evaluados por SM presentados en la tabla anterior.

5.7. MAPEO DE LOS NIVELES DE INFESTACIÓN

Para generar los niveles de infestación en muérdagos enanos se sumaron las calificaciones correspondientes a cada tercio y se obtuvo un total dentro de un rango de 0 a 6 (por individuo). Se realizó un promedio de las sumatorias totales, correspondientes a cada individuo (por SM), de tal manera que se obtuvo en valor con base en Hawksworth (1977); una vez obtenida se asignó la clasificación final para cada SM (Tabla 5.6). De la misma manera se asignaron niveles de infestación para muérdagos verdaderos (Vázquez-Collazo 1993).

5.8. MODELACIÓN DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE MUÉRDAGO

Para generar modelos de distribución potencial, se hizo una recopilación de los registros de presencia de especies del género *Arceuthobium* en México, partiendo de bases de datos digitales: GBIF (www.gbif.org), datos del Herbario Nacional de México (MEXU), el herbario de la UNAM y la Comisión Nacional Forestal, de las cuales, la información indispensable para considerar un registro fue su ubicación geográfica y la fecha de obtención, las bases de datos se completaron con los registros del trabajo de campo del presente proyecto, es decir datos confirmados de presencia de individuos del género, la base de datos final se conformó con las coordenadas geográficas de cada registro.

Las bases de datos se depuraron, es decir, se eliminaron datos antiguos (se consideraron datos obtenidos a partir de la década de 1980), repetidos o que estuvieran muy cercanos entre sí (a menos de 1 km), tanto de los herbarios como los propios. Se registró la presencia de especies del género *Arceuthobium*. Se utilizaron las 19 capas bioclimáticas y una de altitud procedentes del repositorio Worldclim (2020), además de una capa de evapotranspiración actual y una capa de índice de vegetación procedentes de Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEEARS), todas con una resolución espacial de 30 segundos de arco (≈ 1 km).

Se realizaron pruebas de correlación entre variables para desechar aquellas que estuvieron muy relacionadas entre sí. Para la generación de los modelos de distribución potencial se utilizó el algoritmo: MaxEnt versión 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006), se buscaron las relaciones entre los AUC de las curvas ROC observadas, empleando un umbral de error esperado de 5% y 1000 iteraciones. Para obtener un mapa de probabilidad de la especie se utilizó el algoritmo de presencia mínima de los puntos de entrenamiento (minimum training presence, MTP). El 80% de los datos se utilizaron para obtener los modelos y el resto para la valoración de los mismos. Con el programa ArcGis 10.8 se elaboró una

superposición del mapa de uso de suelo y vegetación serie VII en México (INEGI, 2020), haciendo recortes con la distribución del bosque de coníferas por encima de los 2800 msnm como una forma de validar los resultados obtenidos en Maxent.

5.9. PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO

Se establecieron 10 parcelas permanentes de monitoreo (PPM) en Nevado de Toluca y Malinche y cinco en Pico de Orizaba (Figura 5.3), seleccionando aquellos árboles con niveles de infestación altos (≥ 4 para muérdagos enanos). Su objetivo es dar seguimiento a la fenología de los muérdagos, conocer la dinámica del bosque a través del tiempo y, a su vez, obtener información esencial que permita tomar decisiones futuras para su manejo y/o control.

Estas PPM permitieron identificar al interior de cada sitio árboles con aparente resistencia genética a los muérdagos enanos. Para esto, dos de las montañas con mayores niveles de infestación fueron las seleccionadas para la identificación de árboles de diámetro mayor al promedio, con copas dominantes, con niveles de infestación altos, pero e los cuales el vigor del árbol no se vea comprometido.



Figura 5.3 Instalación de parcelas permanentes.

6. RESULTADOS: COBERTURA FORESTAL, TIPO Y NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO

6.1. NEVADO DE TOLUCA

El Volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl (Figura 6.1) fue decretado como Área Natural Protegida el 25 de enero de 1936 bajo la categoría de Parque Nacional, con el fin de proteger la belleza escénica y la importancia hidrológica del macizo montañoso. El 1 de octubre de 2013, se recategoriza como Área de Protección de Flora y Fauna bajo las premisas de preservar los ambientes naturales representativos de la región, salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, conservar y asegurar la preservación de los recursos a partir de un aprovechamiento sustentable de estos (CONANP, 2016b).



Figura 6.1 Paisaje forestal del Nevado de Toluca

Este edificio volcánico forma parte del Sistema Volcánico Transmexicano que se extiende desde Nayarit hasta Veracruz, ubicado en los límites de estados como Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Colima y la Ciudad de México (SGM, 2017).

El Nevado de Toluca alcanza los 4680 msnm (CONANP, 2016b) su cima más elevada recibe el nombre de Pico del Fraile, por lo que se posiciona en el cuarto lugar de las montañas más altas de México (Yarza, 2003). Se localiza a partir de los 3000 msnm y abarca los municipios de Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zinacantepec (CONANP, 2014b).

Se caracteriza por presentar clima frío y semifrío subhúmedo con temperaturas de entre -2°C y 5°C y de entre -2°C y 7°C, respectivamente. Las lluvias se presentan en verano mayormente y se registran heladas en invierno (CONANP, 2016b). El tipo de suelo predominante es el andosol húmico que representa un 69% del total del ANP, seguido de feozem háplico con un 31% de extensión dentro del área (Arriaga *et al.*, 2000).

A pesar de la importancia de los recursos forestales y de los servicios ambientales que proporciona esta ANP como captura de carbono (Franco, 2009), regulación del clima, generación de oxígeno, belleza escénica, retención del suelo, provisión de agua y control de inundaciones (Arriaga *et al.*, 2000), el Nevado de Toluca se encuentra sometido a múltiples amenazas que alteran su estado de conservación, tales como el cambio de uso de suelo, erosión, tala clandestina, incendios provocados, explotación minera, crecimiento poblacional, plagas y enfermedades forestales (Franco *et al.*, 2006; Luna *et al.*, 2009; CONANP, 2014b; CONANP, 2016b; Endara y Herrera, 2016). Se estima que entre los años 1980 al 2000 se triplicaron el número de localidades habitadas en el ANP, hecho que incrementa el uso de suelo habitacional dentro de la misma (Luna *et al.*, 2009).

La disminución de la densidad de cobertura vegetal, atribuida principalmente por el cambio de uso de suelo, repercute en el estado fitosanitario del bosque del Nevado de Toluca. Al presentarse una reducción del 40% de los bosques densos se pueden afectar hasta en un 60% los árboles de pino en bosques fragmentados o abiertos, con parásitos o plagas principalmente (Endara y Herrera, 2016).

Olivo (2018) indica que las plagas y enfermedades están consideradas como uno de los principales factores de disturbio en los bosques del clima templado frío de México, mismas que ocasionan deformaciones, pérdida del crecimiento, debilitamiento y muerte del arbolado.

Derivado de la problemática que generan la presencia de enfermedades, así como del uso inadecuado de los recursos, se han realizado diversos estudios que buscan identificar las principales amenazas que afectan al APFF y con ello encontrar soluciones o métodos que permitan aminorar los daños e impactos negativos generados en la zona forestal. El APFF cuenta con 12, 924 ha de *Pinus hartwegii*, de estas, cerca del 43% (5,583 ha) presenta algún tipo de muérdago, principalmente muérdago enano (*A. globosum* y *A. vaginatum*) (Cedillo, 2017).

Endara y colaboradores (2013) analizaron el impacto de la extracción de madera del ANP, donde se concluye que la madera de autoconsumo no constituye un problema para el bosque, es hasta que se destina a la venta cuando se vuelve una amenaza para el estado de conservación de la zona forestal, ya que los árboles se hacen más vulnerables ante patógenos, esto debido a la reducción de su diversidad genética.

Luna y colaboradores (2009), por otro lado, analizaron el contexto social, cultural y ambiental del volcán Xinantécatl, indican que la pérdida de la cobertura forestal influye en el aumento de la infestación de plantas parásitas por la disponibilidad de luz solar, sin embargo, también señalan que estos problemas no solo afectan a los árboles, sino

que hay especies de fauna que se ven afectados por el estado fitosanitario del bosque y la disminución de la densidad arbórea.

Existe una relación directa entre el aumento de la población y la disminución de la superficie forestal debido al incremento de actividades agrícolas (Franco *et al.*, 2006), hay otros estudios que indican la importancia de los actores locales (habitantes y agentes externos con poder de decisión) y su participación en las diferentes actividades y toma de decisiones que deriven en procesos de conservación de los recursos (Endara y Herrera, 2016).

A pesar de que el Nevado de Toluca se encuentra bajo infestación de plantas parásitas, es un área que ha sido ampliamente estudiada, por lo que se cuenta con información y con datos que permiten identificar puntos estratégicos sobre los que se deben trabajar. A partir de ello, permitir una recuperación gradual de la zona forestal, beneficiando no solo al arbolado, sino también a la fauna y la flora asociada con los bosques (Endara y Herrera, 2016).

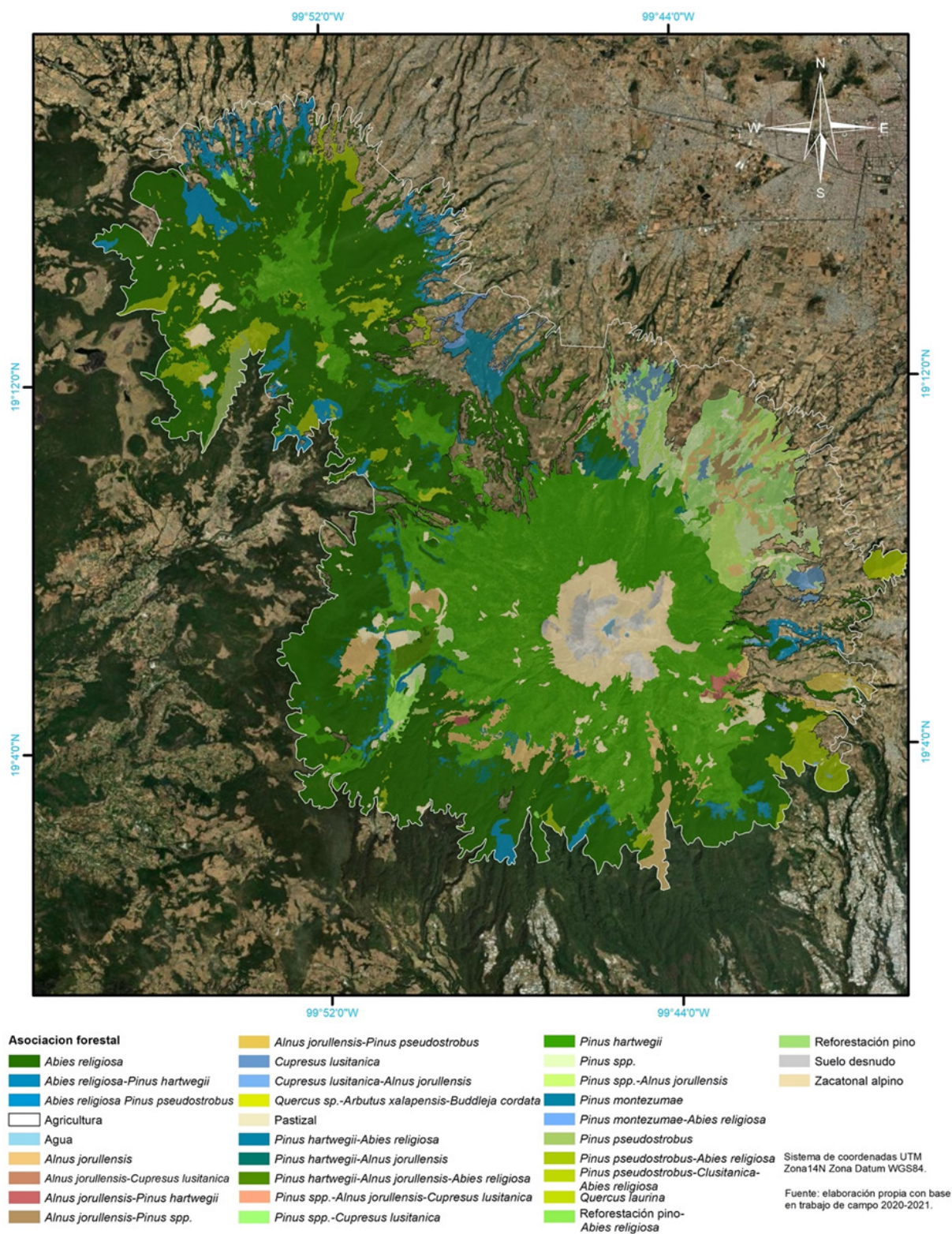
6.1.1. COBERTURA FORESTAL EN NEVADO DE TOLUCA

El ANP tiene una extensión de aproximadamente 53,590 ha, de las cuales el 66% de superficie se conforma por bosques de pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies religiosa*). Además del pino y oyamel, algunas de las especies de vegetación más representativas en el Nevado de Toluca son: encino (*Quercus* spp.), aile (*Alnus* spp.), pastizal (*Festuca* spp. y *Calamagrostis* spp.) y vegetación acuática y subacuática (CONANP, 2016b).

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca es un área donde predominan los bosques de coníferas, alrededor de cuatro especies de pino se establecen en el ANP, tales como *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite* y *P. hartwegii*, este último constituye una de las especies más representativas en el APFF Nevado de Toluca (Endara *et al.*, 2013) y otras montañas del país por las condiciones en las que se desarrolla, ya que se distribuye en un rango altitudinal por encima de los 3500 msnm.

El bosque de oyamel (*Abies religiosa*) es la segunda conífera más abundantes. El bosque de encino está aislado en una mancha de aproximadamente 200 ha en el Municipio de Calimaya, mientras que los bosques de aile ocupan las zonas agrícolas abandonadas de Tlacotepec, cumpliendo la función de restauración de suelos. En las zonas de mayor altitud se encuentra el pastizal alpino donde predominan las especies del género *Festuca* spp. (Figura 6.2).

Figura 6.2 Paisaje forestal del Nevado de Toluca



6.1.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN NEVADO DE TOLUCA

Se reportan cuatro tipos de muérdagos; la mayor cobertura que se registró fue de *Arceuthobium globosum* con 2,736 ha dentro de los bosques de pino, seguido de *A. vaginatum* con 2,655 ha. También se presenta la ocurrencia simultánea de ambos muérdagos. En el bosque de oyamel se registra la presencia de *A. abietis-religiosae* con 1,510 ha y en los bosques de aile, la presencia de *Phoradendron velutinum* con 449 ha (Figura 6.3, 6.4).

Cabe resaltar que los hospederos más afectados con muérdagos enanos en los bosques de coníferas son *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, mientras que en las especies de hoja ancha es *Alnus jorullensis* la que reporta los mayores ataques; en este contexto, el encino que se encuentra entre los 3000 y 3200 msnm no presenta ataques de plantas parásitas, posiblemente atribuido a su altitud.

6.1.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN NEVADO DE TOLUCA

El Nevado de Toluca presenta un área forestal infestada del 43%, porcentaje que engloba la presencia de *Arceuthobium vaginatum*, *A. globosum* en bosques de *P. hartwegii*; las superficies con niveles de infestación preocupantes se concentran en las laderas sur y oeste en torno al cráter (Figura 6.5), esto parece estar asociado a tres causas importantes: primero, la extracción inmoderada del recurso forestal en décadas pasadas; segundo la falta de atención a los problemas fitosanitarios y, finalmente, el incremento en la temperatura media anual, que afecta a las especies adaptadas a condiciones de frío, como lo son *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*.

Figura 6.3 Sitios de muestreo Nevado de Toluca

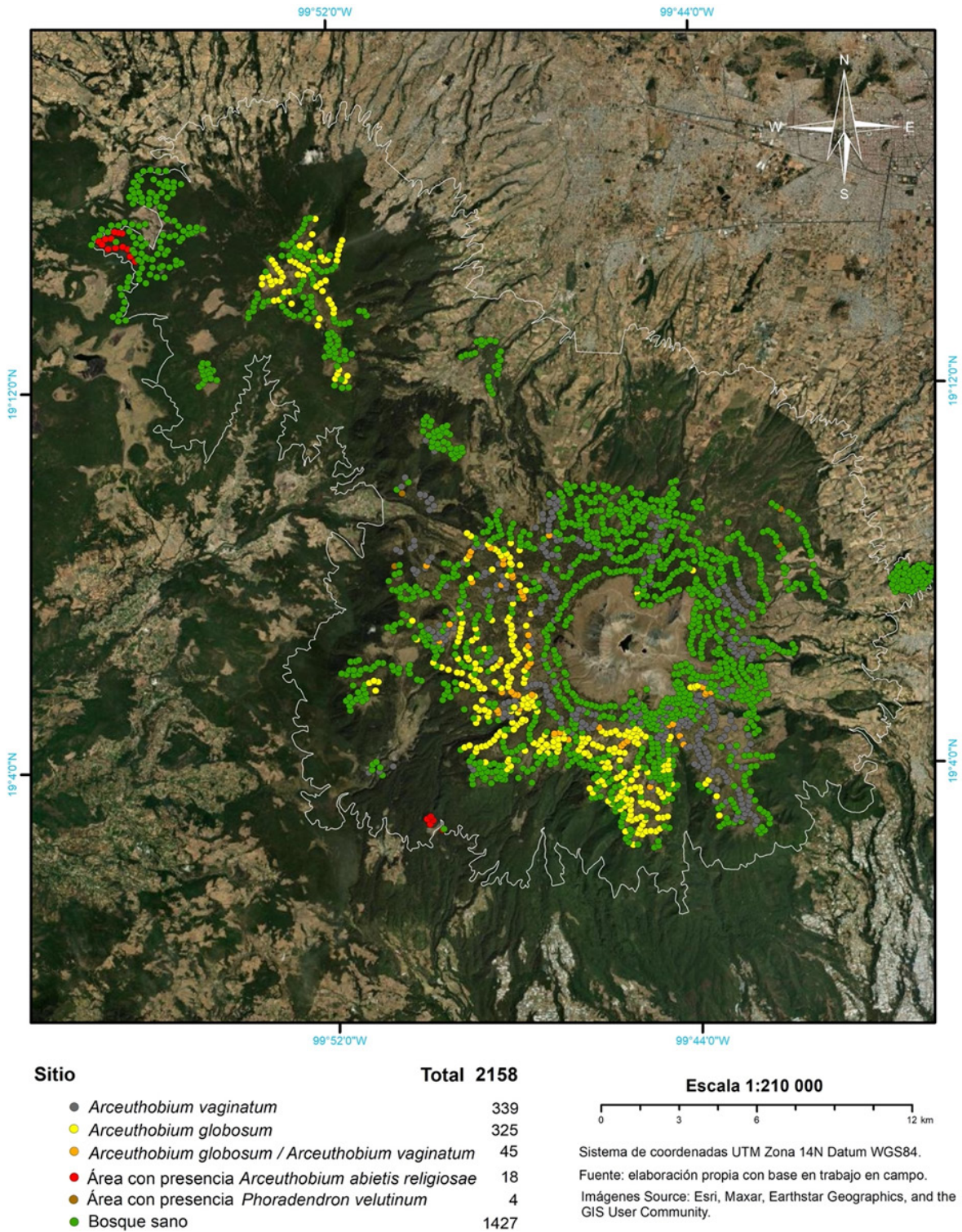


Figura 6.4 Tipo de muérdago Nevado de Toluca

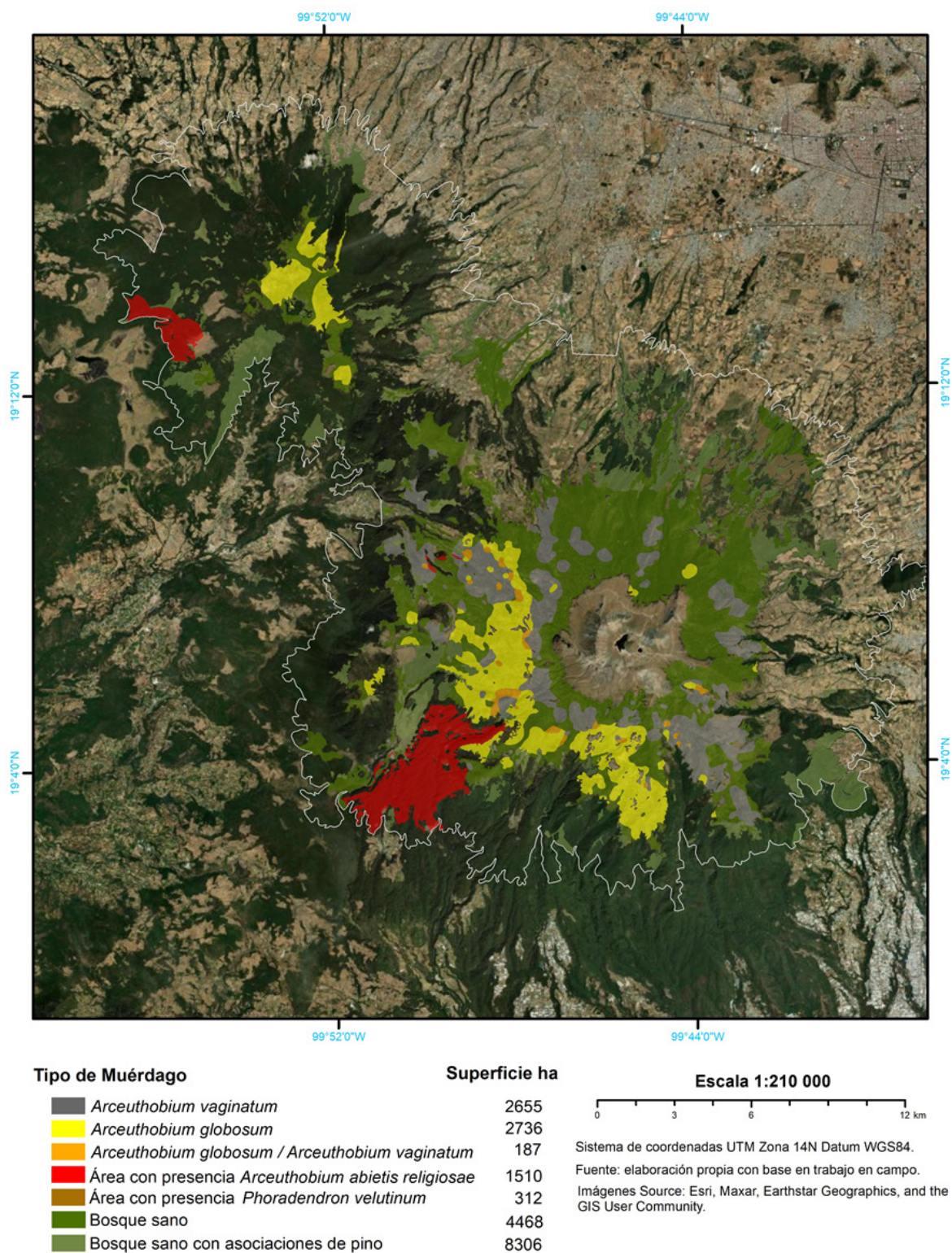
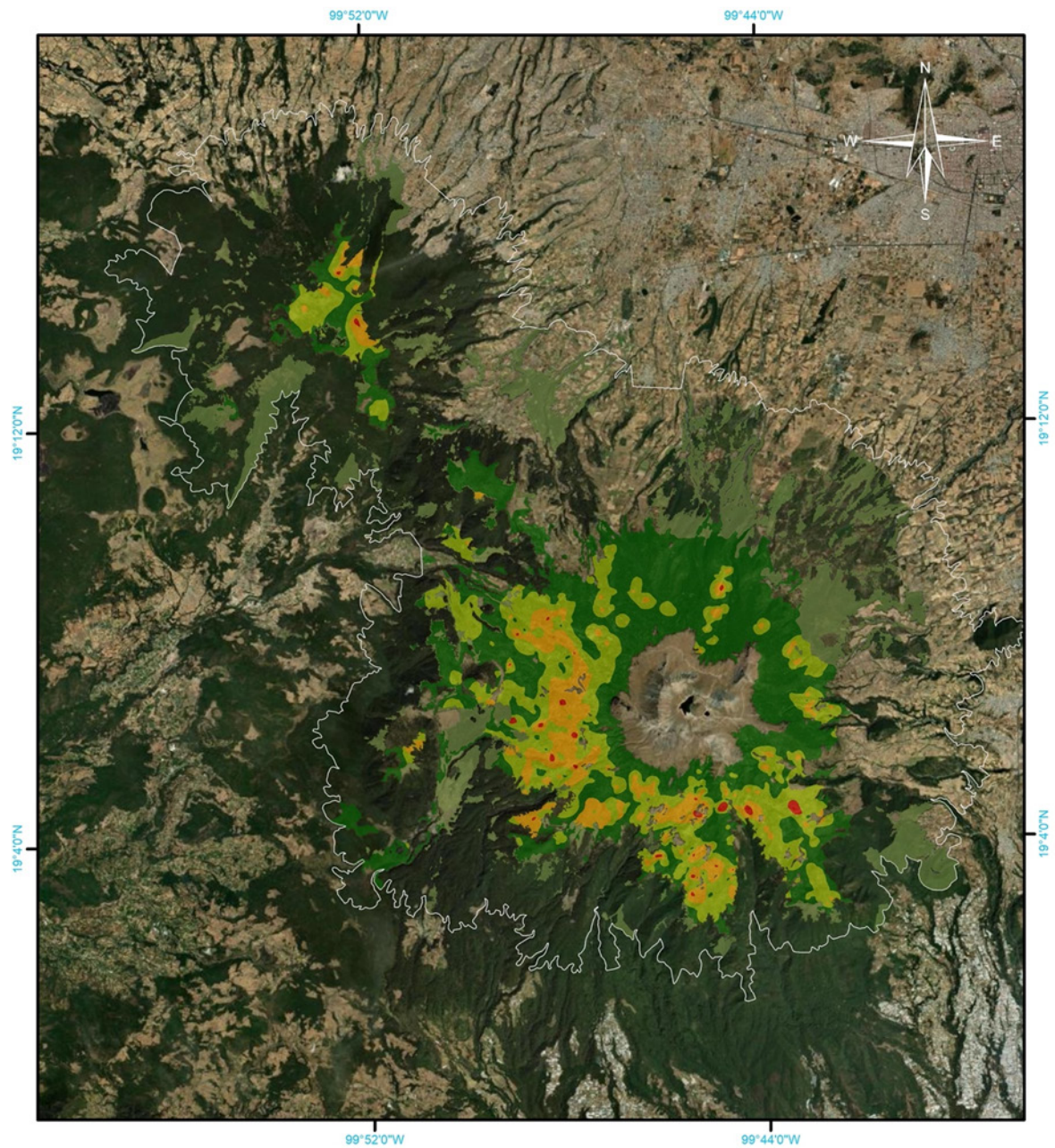


Figura 6.5 Nivel de infestación de muérdago Nevado de Toluca



Nivel de Infestación	Superficie ha
Bosque Sano de Asociaciones de Pino	5734
Bosque Sano de <i>Pinus hartwegii</i>	8860
Nivel de Infestación Bajo	4019
Nivel de Infestación Medio	1483
Nivel de Infestación Alto	78

Escala 1:210 000

0 3 6 12 km

Sistema de coordenadas UTM Zona 14N Datum WGS84.
Fuente: elaboración propia con base en trabajo en campo.
Imágenes Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community.

6.2. MONTE TLÁLOC

El volcán denominado Monte Tláloc (Figura 6.6) es un sitio de gran importancia cultural y espiritual ya que alberga la zona arqueológica donde se honraba al Dios Tláloc (Neyra, 2012). Se piensa que, en dicho lugar, los señores de Tenochtitlán, Texcoco y Tlacopan ascendían hasta el paraíso de Tláloc para presentar sus ofrendas (Gasca, 2010).



Figura 6.6 Paisaje forestal Monte Tláloc

En la parte más alta que se ubica a los 4150 msnm aproximadamente (CONANP, 2013a) donde se encuentran ruinas de piedra, tepalcates, obsidiana, piedra verde y un pozo artificial, denominados en común como La Cumbre (Ivaniszewski, 1986).

Monte Tláloc forma parte de la Sierra Nevada en conjunto con el Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Telapón, que conforman el Parque Nacional Izta-Popo Zoquiapan y Anexas, este Parque abarca los municipios de Texcoco, Ixtapaluca, Chalco, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla, Ozumba y Ecatzingo en el Estado de México; Tlahuapan, San Salvador El Verde, San Felipe Teatlaltzingo, Chiautzingo, Huejotzingo, San Andrés Calpan, San Nicolás de los Ranchos, Tianguismanalco, Atlixco y Tochimilco en el estado de Puebla, así como Ocuituco y Tetela del Volcán en el estado de Morelos (Hernández y Granados, 2006).

Monte Tláloc y la montaña del Telapón abarcan una superficie de 8,518 ha, al norte el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl (PNIP) y representan a la subzona de preservación dentro del ANP. Se localiza dentro del Sistema Volcánico Transmexicano (SVT) y se considera una de las 10 montañas más altas del país (Endara *et al.*, 2015). Cuenta con un clima semifrío con lluvias en verano alcanzando temperaturas de entre 6.5°C y 9.5°C y una precipitación media anual de entre 1000 y 1300 mm (García, 2004). El suelo

característico es el andosol con aptitud para el uso forestal (Astudillo *et al.*, 2016), aunque también hay presencia de leptosol.

Respecto a la fauna, Monte Tláloc se considera de gran importancia ya que se ha registrado como un área de distribución y el hábitat del teporingo (*Romerolagus diazi*), especie endémica del centro de México y que además se encuentra en peligro de extinción (CONANP, 2013a).

En general, el Parque Nacional se ve expuesto a diferentes amenazas tanto naturales como antrópicas, entre las que destacan: la degradación y el cambio de uso de suelo desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias no sostenibles, un crecimiento urbano sin planificación, presencia de plagas, plantas parásitas y la tala inmoderada (CONANP, 2013a).

Con relación a la presencia de plantas parásitas, al igual que en el Nevado de Toluca, Monte Tláloc se encuentra infestado por tres especies de muérdago: *Arceuthobium globosum*, *A. vaginatum* y *A. abietis-religiosae* con hasta un 77% de incidencia de muérdago en el bosque en función de la altura y cobertura de copa, altitud, pendiente, y abundancia de árboles, así como disturbios antrópicos como la tala e incendios inducidos (INIFAP, 2007).

De acuerdo con el INIFAP (2007), una vez que se identifican zonas con plantas parásitas, es la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la dependencia encargada de atender el problema de sanidad, a partir del otorgamiento de apoyo para que se controle la infestación. En este sentido, es importante considerar que son los ejidatarios o comuneros quienes normalmente solicitan el apoyo para realizar las actividades de limpieza y sanidad forestal, por lo que son una parte esencial en la conservación de los bosques.

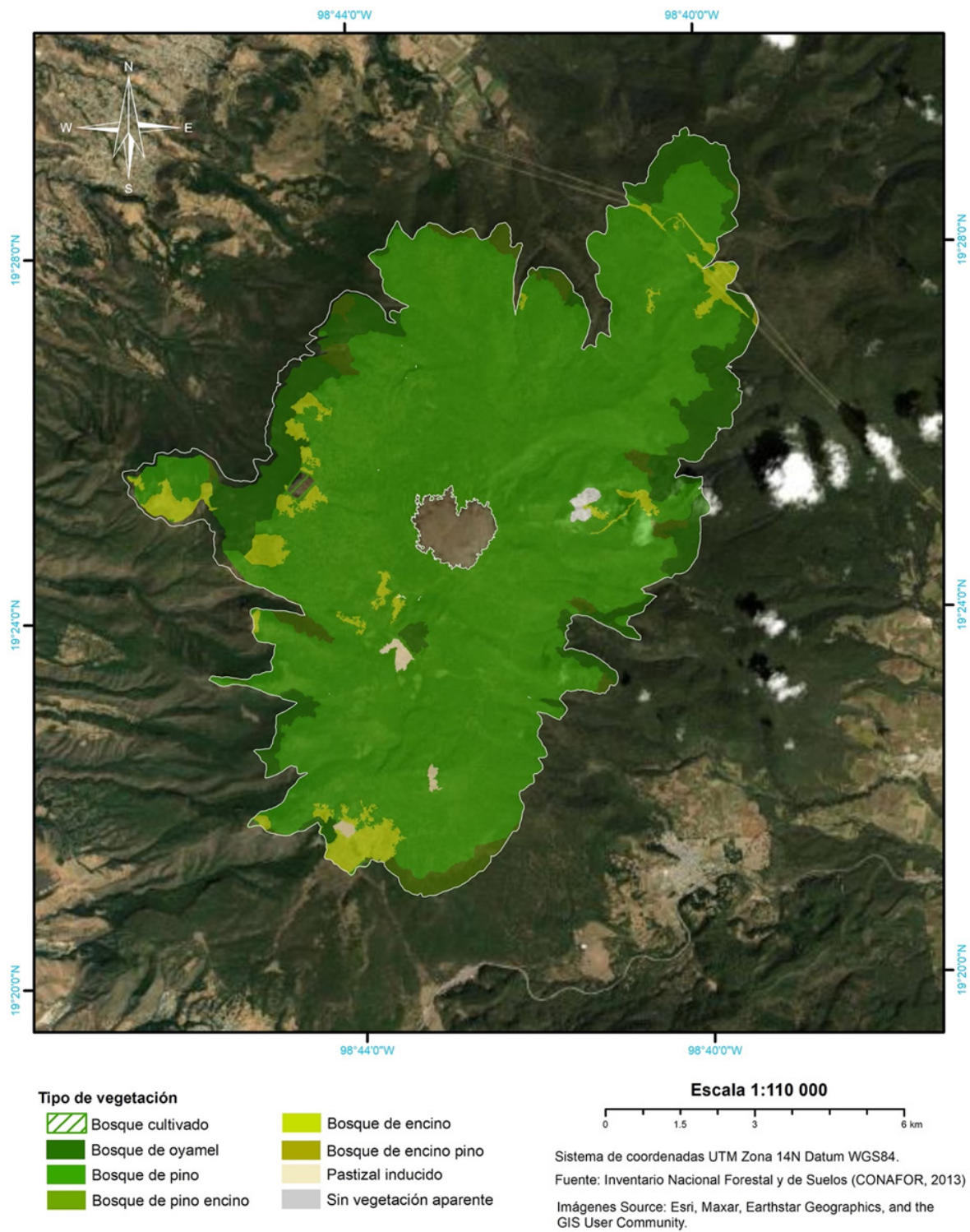
Estudios previos de infestación de muérdago en Monte Tláloc, indican que no se observa presencia de la planta parásita por encima de los 4000 msnm asociándose a la reducción de la densidad de árboles (Sáenz *et al.*, 2020).

Monte Tláloc no cuenta con asentamientos humanos dentro de su delimitación (CONANP, 2013a). Sin embargo, el crecimiento demográfico exponencial de la zona metropolitana de la Ciudad de México ha ido afectando a los recursos y los servicios ambientales proporcionados por el parque nacional.

6.2.1. COBERTURA FORESTAL EN MONTE TLÁLOC

La vegetación del área natural protegida Monte Tláloc está formada por bosques de oyamel (*Abies religiosa*), encino (*Quercus* spp.) y pino (*Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. ayacahuite*), éste último el más abundante. Los bosques de oyamel son los segundos más abundantes. Por encima de los 3900 msnm se encuentra cubierto por pastizal alpino (*Festuca* spp., *Calamagrostis* spp., *Muhlenbergia* spp.) (Figura 6.7).

Figura 6.7 Cobertura forestal Monte Tláloc



6.2.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN MONTE TLÁLOC

Se reportan tres especies de muérdago enano en el 37% de la superficie de Monte Tlaloc, *Arceuthobium globosum*, *A. vaginatum* y *A. abietis-religiosae* o comúnmente llamado “muérdago del oyamel” (Figura 6.8, 6.9). En comparación con el Nevado de Toluca, aquí también es *A. globosum* quien reporta mayor superficie, sobre todo en bosques fragmentados, es necesario hacer mención que en esta montaña *A. vaginatum* tiene mayor incidencia en los fustes de los árboles, por lo que, pese a su menor superficie será más agresivo a la hora de presentarse los daños sobre el hospedero.

6.2.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN MONTE TLÁLOC

En Monte Tlálloc el bosque infectado por *Arceuthobium vaginatum* y *A. globosum* está distribuido en 2,705 ha, de las cuales el 79.2%. Las mayores infestaciones se concentran en torno a las ruinas de Monte Tlálloc (Figura 6.10); esto coincide directamente con los dos únicos caminos de acceso a las ruinas, lo que hace presumir que también fueron utilizadas como caminos de extracción forestal, lo pudo haber incrementado la fragmentación del bosque y el incremento de plantas parásitas.

Figura 6.8 Sitios de muestreo Monte Tláloc

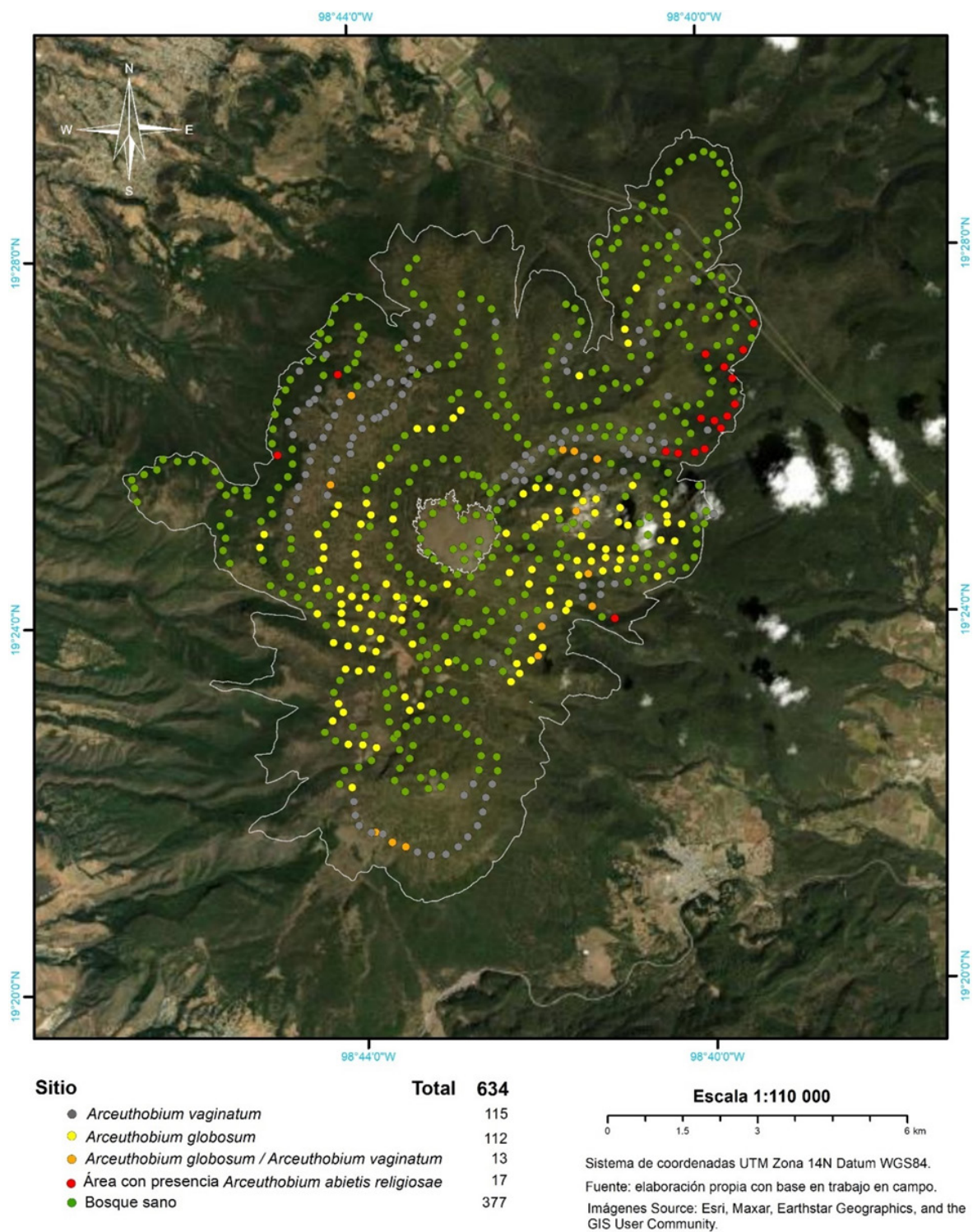


Figura 6.9 Tipo de muérdago Monte Tláloc

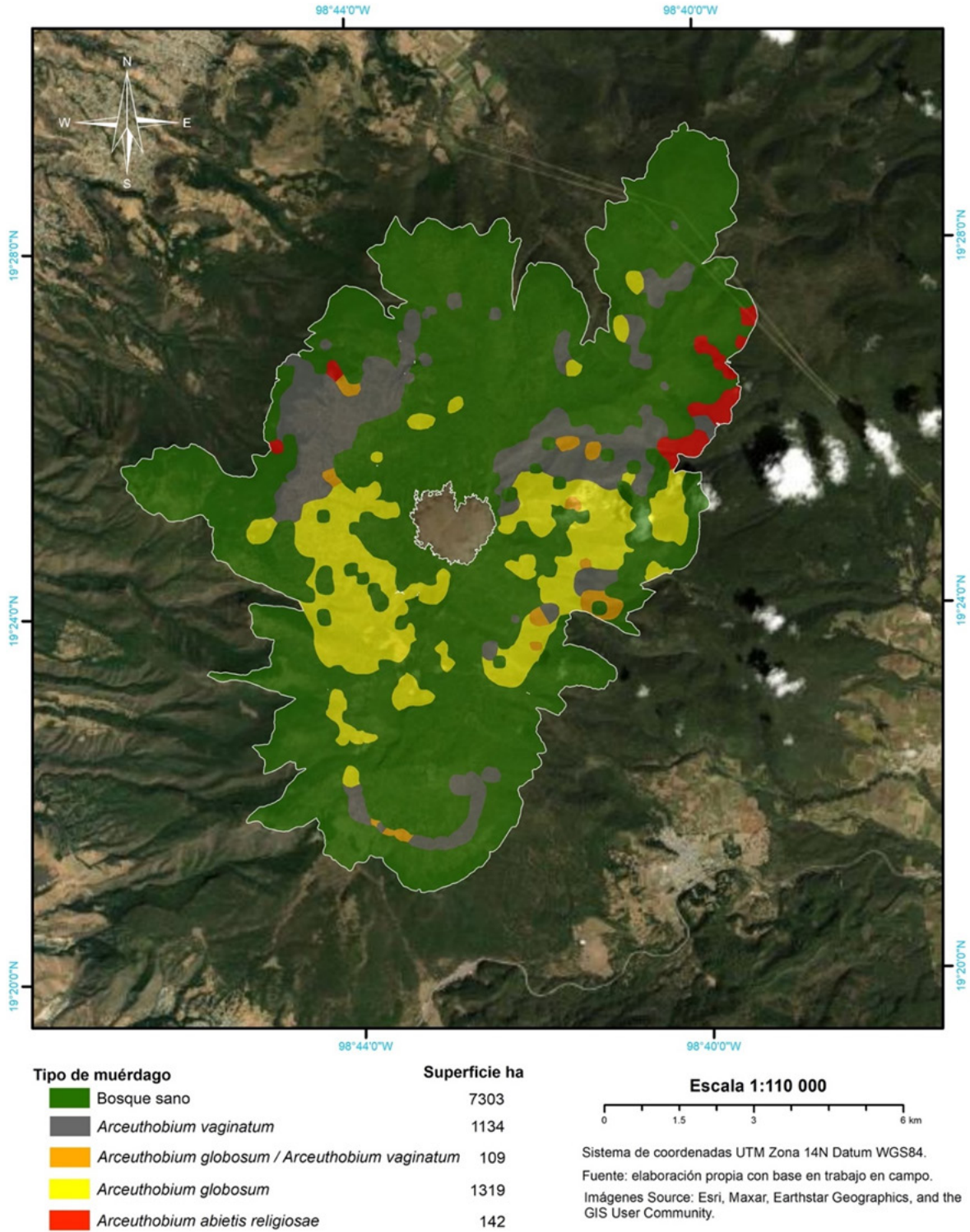
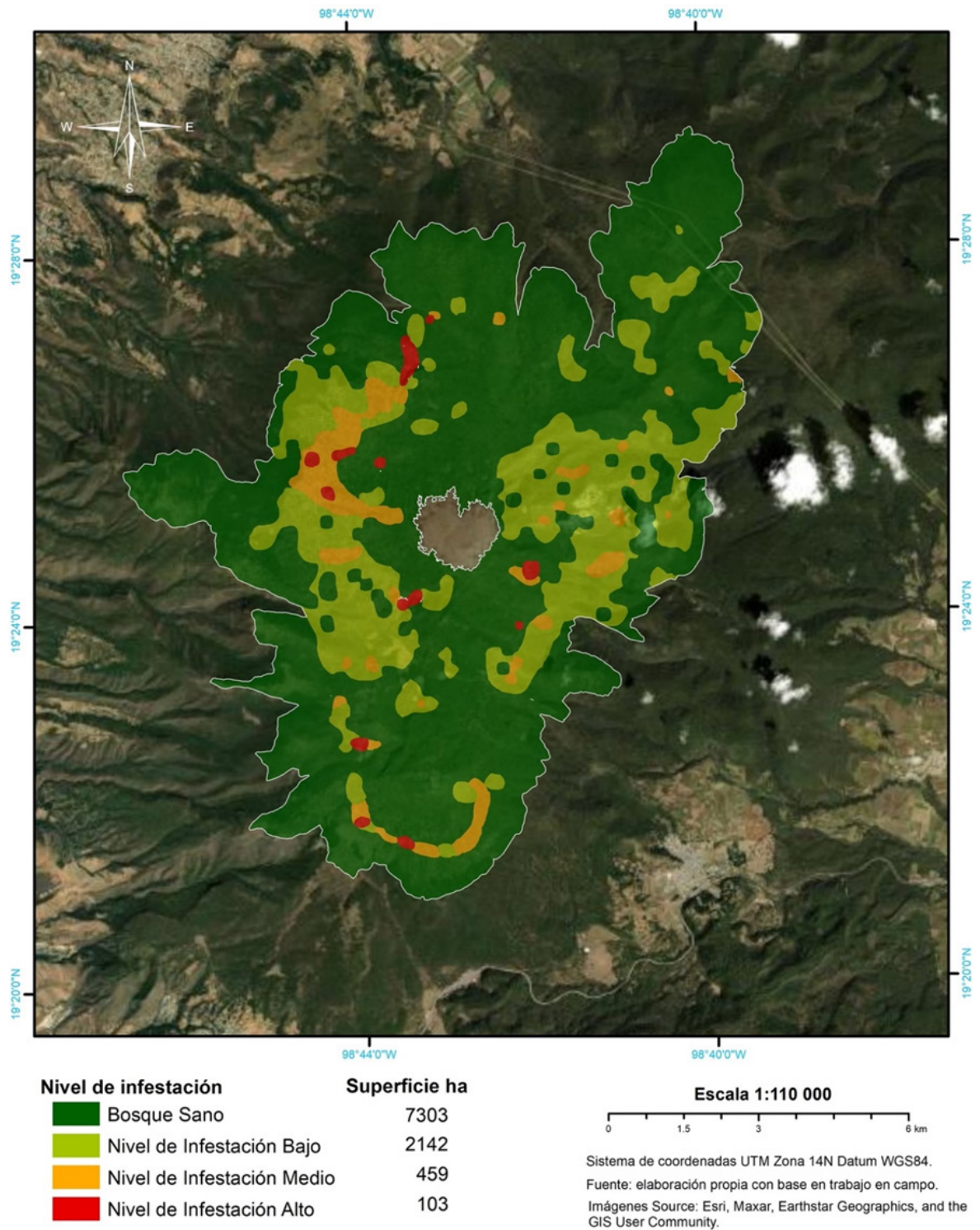


Figura 6.10 Nivel de infestación de muérdago Monte Tláloc



6.3. NEVADO DE COLIMA

El volcán Nevado de Colima (Figura 6.11) se localiza en el estado de Jalisco, a 33 km aproximadamente de la ciudad de Colima (Yarza, 2003). Abarca los municipios de Zapotitlán de Vadillo, Tuxpan, San Gabriel en el Estado de Jalisco; Tonila, Cuauhtémoc y Comala en el Estado de Colima (CONANP, 2019).



Figura 6.11 Paisaje forestal Nevado de Colima

Cuenta con una superficie de 6,554 ha y fue decretado como Parque Nacional el 5 de septiembre de 1936, teniendo una modificación de su decreto en 1940, por un cambio en el tamaño del ANP (CONANP, 2006).

Este complejo montañoso tiene una altura de 4270 msnm (CONANP, 2006). Forma parte del Parque Nacional Volcán Nevado de Toluca en conjunto con el Volcán de Fuego el cual se caracteriza por mantenerse activo puesto que se registran pequeñas explosiones y erupciones en años recientes. Se localiza en un extremo de transición biogeográfica, por lo que es posible identificar zonas tropicales, bosques templados e incluso zonas semiáridas (CONANP, 2006).

Presenta climas como frío subhúmedo, semifrío con verano fresco corto subhúmedo, semifrío con verano fresco largo en dos vertientes, el más húmedo de los subhúmedos y subhúmedo intermedio. Por su parte, el suelo con mayor superficie es el regosol con un total del 37.03%, seguido de litosol con 31.13%, andosol con 26.22% y cambisol con sólo el 5.62% de la superficie total del ANP.

Es considerada una de las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) y un Área de Importancia de Conservación de Aves (AICAS) ya que es un sitio donde habitan especies endémicas y figura su alta importancia ecológica. Sin embargo, se ve amenazado por factores antrópicos y naturales como la caza, incendios forestales, erosión, cambio de uso de suelo, falta de vigilancia, enfermedades forestales y sobrepastoreo (INECC, 2007b; Villa, 2012).

Algunas de las amenazas que afectan a los bosques del Nevado de Colima están vinculadas al incremento de temperatura provocado por el calentamiento global e incendios forestales. De acuerdo con datos de CONANP (2006), los bosques de coníferas se desarrollan a bajas temperaturas y con nevadas ocasionales, generando así mayor resistencia ante las enfermedades causadas por plagas, como el escarabajo descortezador.

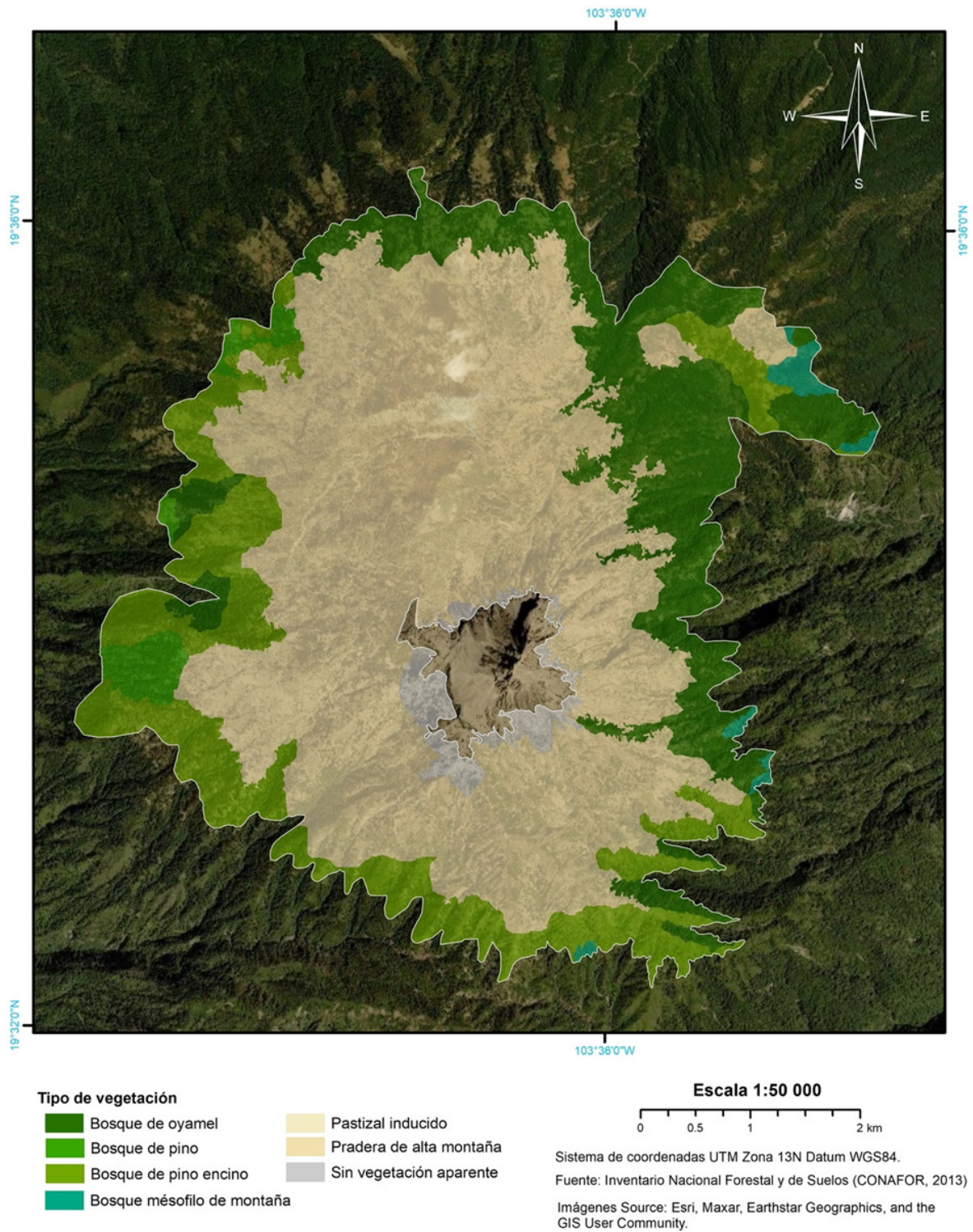
Por otra parte, se han reportado incendios forestales que han afectado aproximadamente 6,578 ha de bosque de coníferas (Del Castillo, 2020), los cuales son provocados por ganaderos y por productores que buscan fomentar el cambio de uso de suelo y cultivos de sistemas productivos. La conservación de los bosques en Nevado de Colima es un reto importante por las amenazas antrópicas y naturales que afectan todo el Sistema Volcánico.

6.3.1. COBERTURA FORESTAL DEL NEVADO DE COLIMA

El Parque Nacional Volcán Nevado de Colima es un área donde predominan los bosques de coníferas destacando los bosques de pino, particularmente *Pinus hartwegii* establecido entre los 3500 y 4000 msnm. Los bosques de oyamel son los segundos más abundantes, en éstos encontramos dos especies *Abies colimensis* y *A. religiosa*; una de las especies emblemáticas del Nevado de Colima es *Abies colimensis*, cuya distribución se limita al Parque Nacional, representando una especie endémica, catalogada como una especie en peligro de extinción.

En menor medida se encuentran los bosques de encino y se localiza además el bosque mesófilo de montaña, uno de los ecosistemas más amenazados mundialmente. En las zonas de mayor altitud se registran pastizales inducidos y praderas de alta montaña donde predominan las gramíneas con algunos individuos de *P. hartwegii* (Figura 6.12).

Figura 6.12 Cobertura forestal del Nevado de Colima



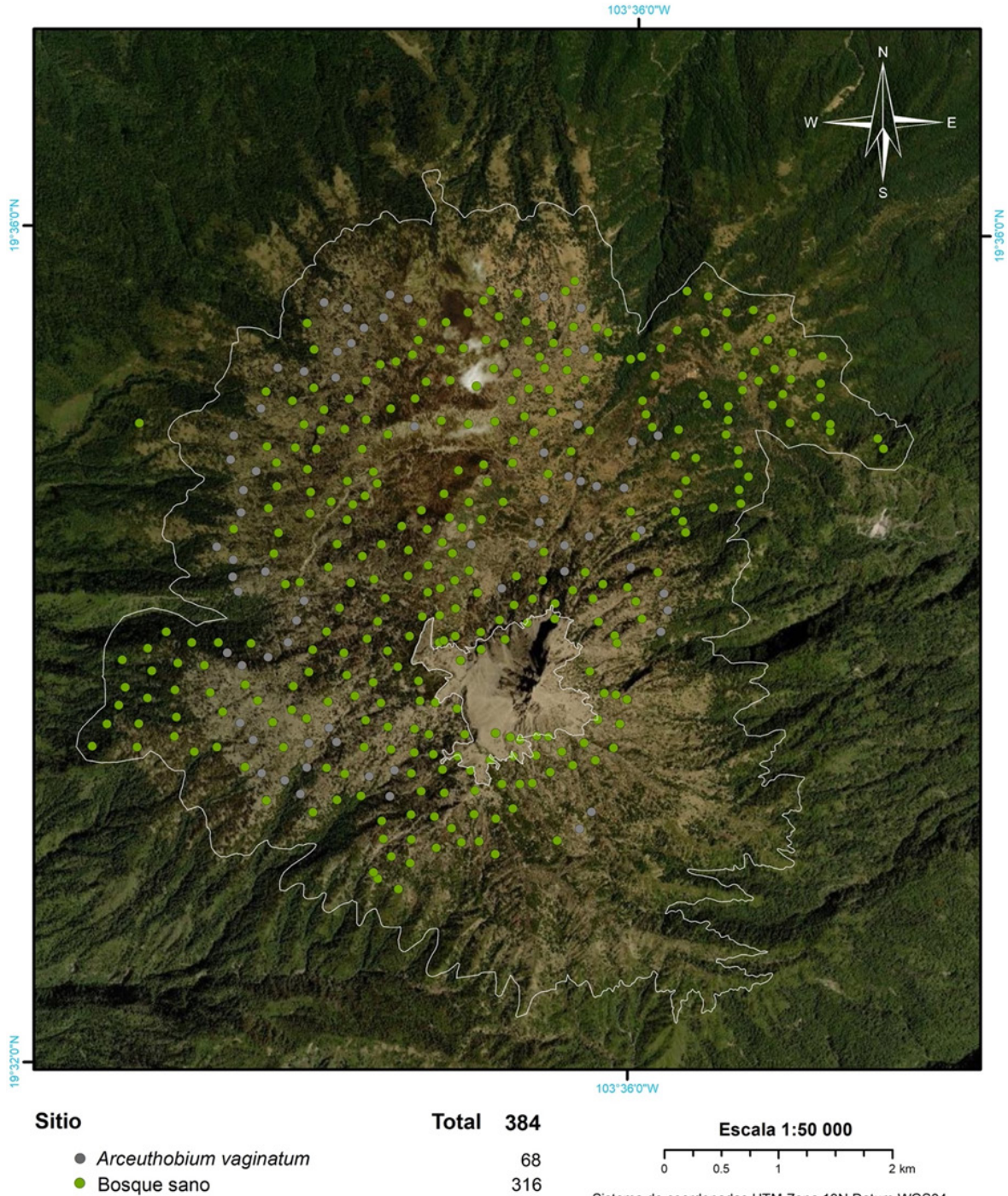
6.3.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN NEVADO DE COLIMA

Se registra una sola especie de muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum*), el cual ocupa una superficie de 417 ha (Figura 6.13, 6.14). Se localiza en zonas muy fragmentadas; sin embargo, la mayor preocupación de estas áreas es que: primero están ubicadas entre las manchas de arbolado adulto muerto en pie por descortezadores y, segundo, los árboles infestados por muérdago, en su mayoría, son juveniles, esto implica que, aunque los estos individuos lleguen a etapas adultas, serán altamente vulnerables al ataque de descortezadores.

6.3.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN NEVADO DE COLIMA

El 13% de los bosques del Nevado de Colima (mayor 3500 msnm) presentan infestaciones por *Arceuthobium vaginatum*. Las mayores infestaciones están al norte del volcán Nevado de Colima, esta es la ladera con las menores pendientes del terreno, por lo que se puede asumir que son áreas con mayor horas luz, una variable que es vital para el establecimiento del muérdago (Figura 6.15). Por otro lado, son los bosques con mayor presencia de arbolado juvenil de porte bajo, esto implica dar un seguimiento al comportamiento de la planta parásita y su hospedero a corto y mediano plazo.

Figura 6.13 Sitios de muestreo Nevado de Colima



Sistema de coordenadas UTM Zona 13N Datum WGS84.
Fuente: elaboración propia con base en trabajo en campo.
Imágenes Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the
GIS User Community.

Figura 6.14 Tipo de muérdago Nevado de Colima

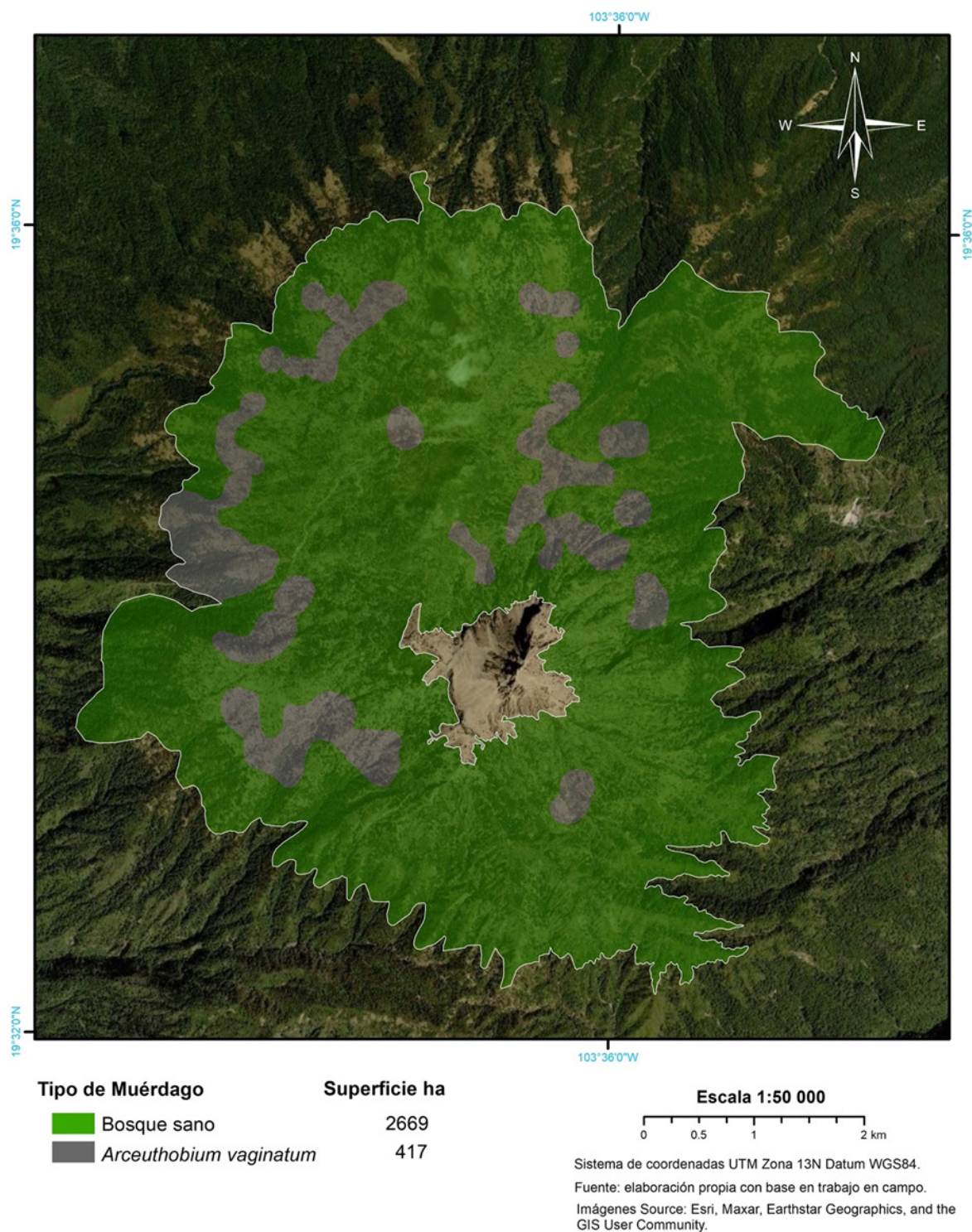
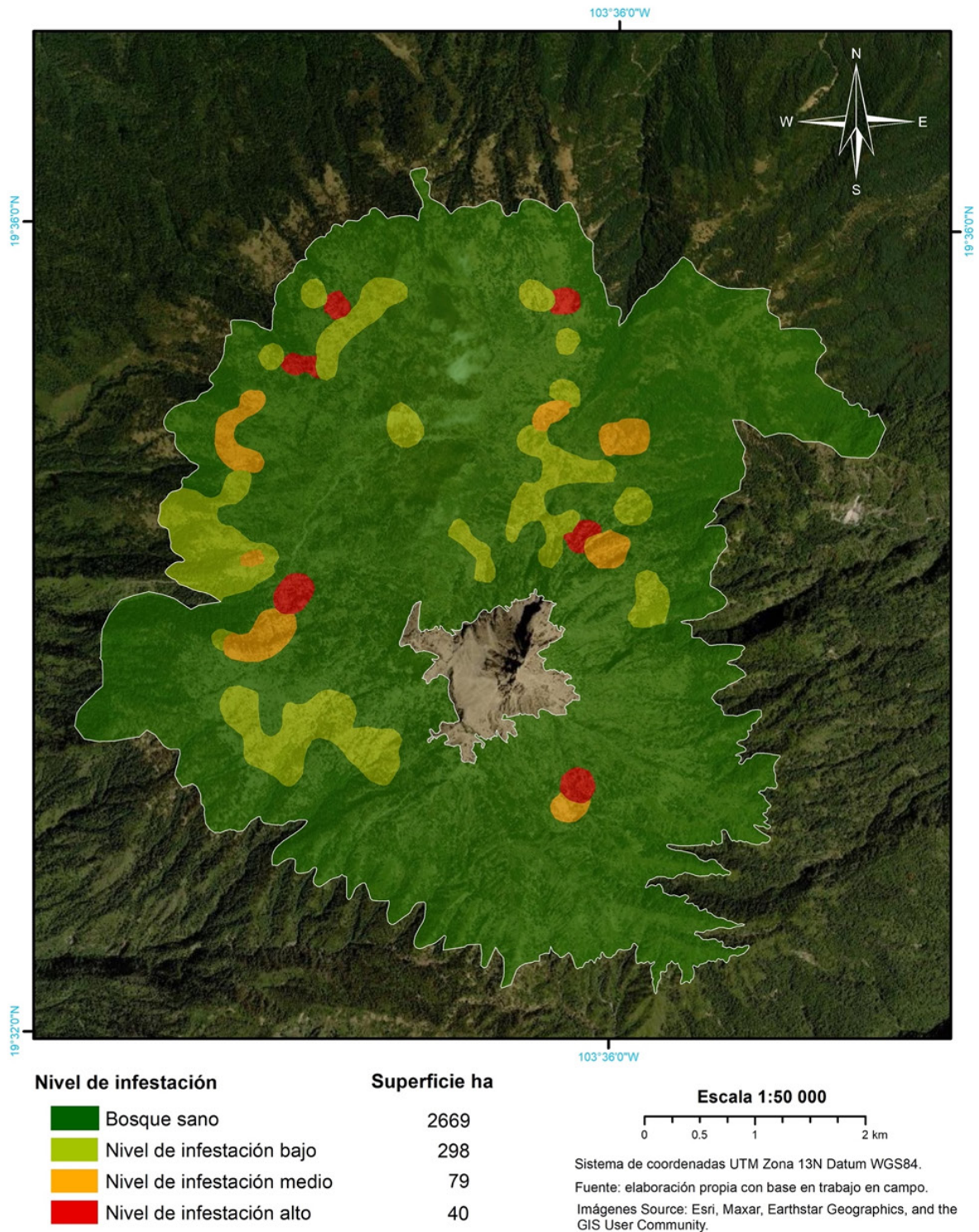


Figura 6.15 Nivel de infestación de muérdago Nevado de Colima



6.4. PICO DE ORIZABA

El Pico de Orizaba (Figura 6.16) es la montaña más elevada del territorio nacional y se ubica en el límite del Sistema Volcánico Transmexicano (SVT), donde se encuentran las regiones hidrológicas 28 (Cuenca Hidrológica del Río Papaloapan) y 18 (Cuenca Hidrológica del Río Balsas) (CONANP, 2015).



Figura 6.16 Paisaje forestal en Pico de Orizaba

El Parque Nacional El Pico de Orizaba (PNPO) se estableció mediante Decreto del Ejecutivo Federal el día 4 de enero de 1937. Cubre una superficie de 19,750 ha y cuyos límites se ubican entre los estados de Puebla y Veracruz; al suroeste Chalchicomula de Sesma y Atzizintla; al noroeste Tlachichuca, en el estado de Puebla; al noreste Calchahualco; y al sureste La Perla, en el estado de Veracruz. Las cotas altitudinales van desde los 3038 a los 5636 msnm (CONANP, 2015).

Los materiales que componen los suelos del PO y su área circunvecina tienen una composición química compleja por areniscas de grano grueso y rocas calizas en el cono volcánico, por su parte, está formado sobre todo de andesita de hiperstena y augita, con algunas vetas de basalto y obsidiana (CONANP, 2015).

La variación de climas es muy amplia, en la parte veracruzana se reporta un clima de templado subhúmedo a semifrío, con una temperatura media de 9.3°C, los extremos van de 27°C en mayo a -4°C en enero, mientras que el clima en la parte de Puebla es más seco (CONANP, 2015).

La fauna pertenece a la zona natural tropical alta, Ceballos y Oliva (2005) reportan una estimación de riqueza de vertebrados en 160 especies, con 40 endemismos y 44 especies amenazadas. Entre ellos se encuentran especies como gallina de monte coluda

o colín rabudo (*Dendrortyx macroura*) en categoría amenazada y lagartija escamosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*) sujeta a protección especial (CONANP, 2015).

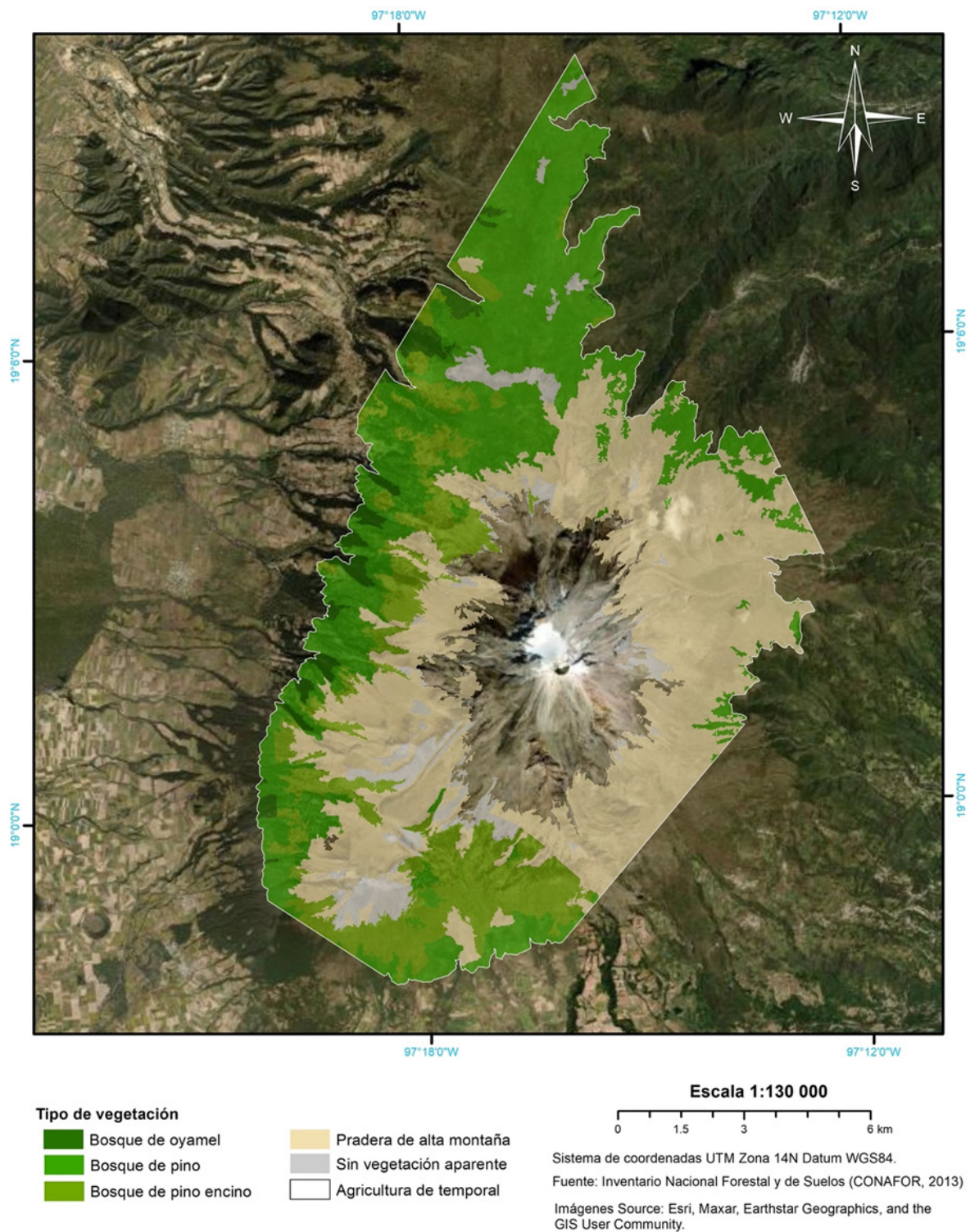
Los principales problemas en el ANP surgen del modelo agrícola tradicional, el libre pastoreo, los incendios provocados y la tala clandestina, se reportan 12 comunidades de tres municipios que realizan esta actividad y se ha incrementado la tala de manera significativa en comunidades de La Perla, en zonas donde no se presentaba esta actividad (CONANP, 2015). Las secuelas de estas acciones se encuentran en el remanente de árboles débiles o enfermos que quedan disponibles para el establecimiento del muérdago enano (*Arcethobium globosum* subsp. *grandicaule*) o el insecto descortezador (*Dendroctonus adjunctus*) y, con ello, el incremento de dichas plagas en los últimos años (Mayahua, 2009; Varo, 2015).

La importancia de llevar a cabo investigación acerca del comportamiento y la dinámica de los procesos del bosque y su relación con los ataques de plantas parásitas, radica en proveer un panorama a escala regional y local que desemboque en la generación de estrategias de manejo y control.

6.4.1. COBERTURA FORESTAL DE PICO DE ORIZABA

Pico de Orizaba presenta cuatro tipos de vegetación (Figura 6.17): 1) El bosque de oyamel se ubica entre 3200 y 3600 msnm con elementos arbóreos como el oyamel (*A. religiosa*) y oyamel de Juárez (*A. hickelii*), ocupa una superficie de 996 ha; 2) Bosque de pino, de los 3600 hasta los 4300 msnm se encuentra el pino negro (*P. hartwegii*); 3) pastizal de los 3200 a 4000 msnm que ha reemplazado a los pinares y ocupan una superficie de 829 ha, está caracterizado principalmente por diferentes tipos de zacates (*Calamagrostis tolucensis*, *Festuca tolucensis*, *Festuca livida*) y 4) Páramo de altura, por arriba de los 4240 msnm está constituido por zacatonal alpino de pasto (*Festuca* sp.) (CONANP, 2015).

Figura 6.17 Cobertura forestal Pico de Orizaba



6.4.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN PICO DE ORIZABA

Se registró una sola especie de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*), el cual ocupa cerca del 33% del bosque de *Pinus hartwegii* (Figura 6.18, 6.19). Esta planta parásita se distribuye en todas laderas en torno al Pico de Orizaba y Sierra Negra, no tiene preferencia alguna por alguna etapa de desarrollo del árbol, ya que se puede encontrar desde plántulas hasta arbolado senil y en todos los estratos (dominante, co-dominante y suprimido). Cabe mencionar que en la ladera sur del Volcán las infestaciones de muérdago también están presentes en árboles aislados entre cultivos de papa, mismos que requieren de grandes cantidades de agroquímicos para su producción, algo que, sin duda, podría afectar al vigor de los árboles.

6.4.3. NIVEL DE INFESTACIÓN EN PICO DE ORIZABA

El porcentaje mayor de infestación se registra en el nivel bajo con 84.9% (Figura 6.20). Las laderas sur y norte en torno al volcán son las que presentan mayores niveles de infestación, pero también los mayores indicios de extracción histórica, lo que sugiere la erosión genética de la especie hospedera, a través de la tala selectiva de los individuos con las mejores características fenotípicas, dejando un bosque residual altamente vulnerable al ataque de plantas parásitas y descortezadores.

Figura 6.18 Sitios de muestreo Pico de Orizaba

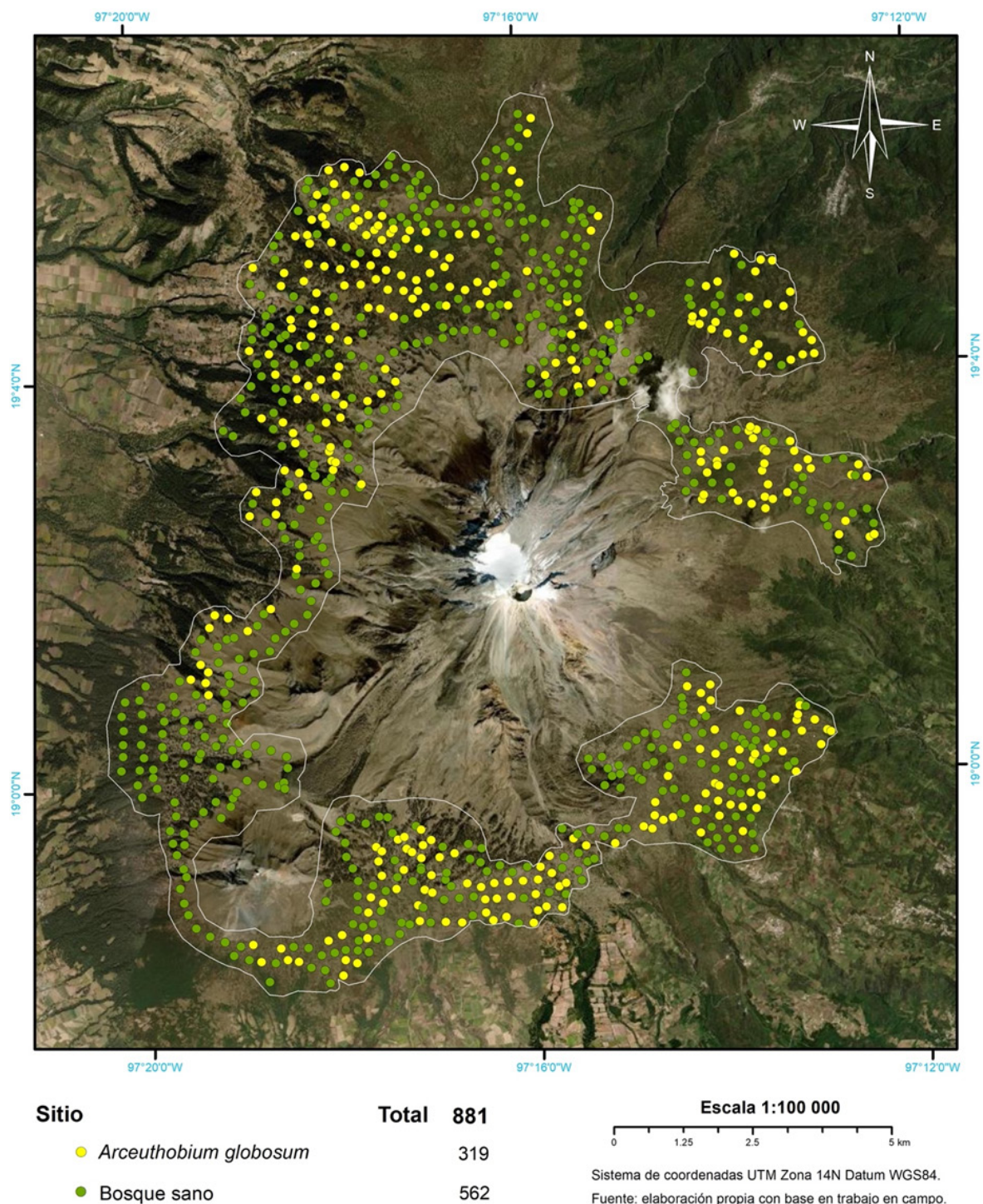


Figura 6.19 Tipo de muérdago Pico de Orizaba

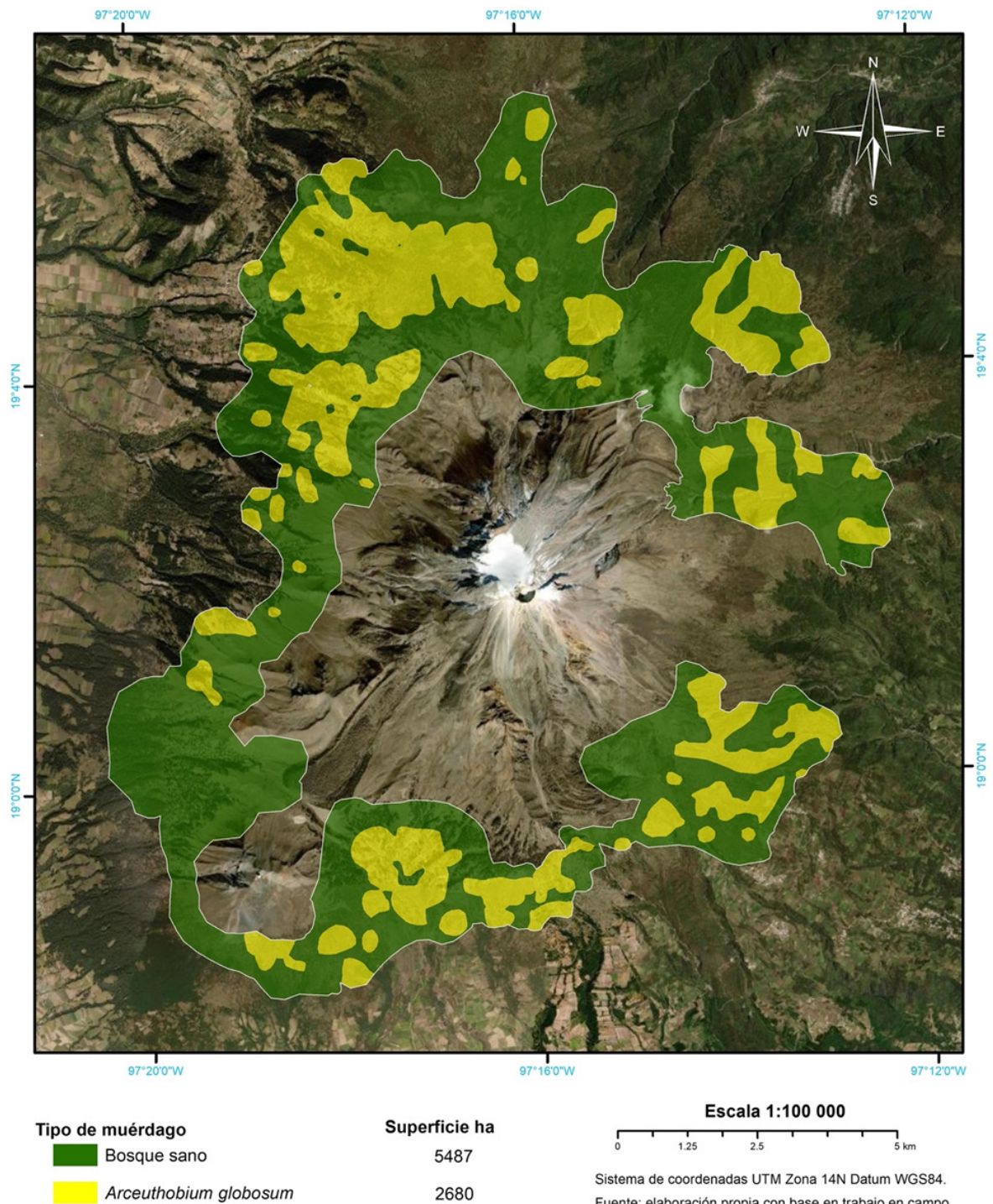
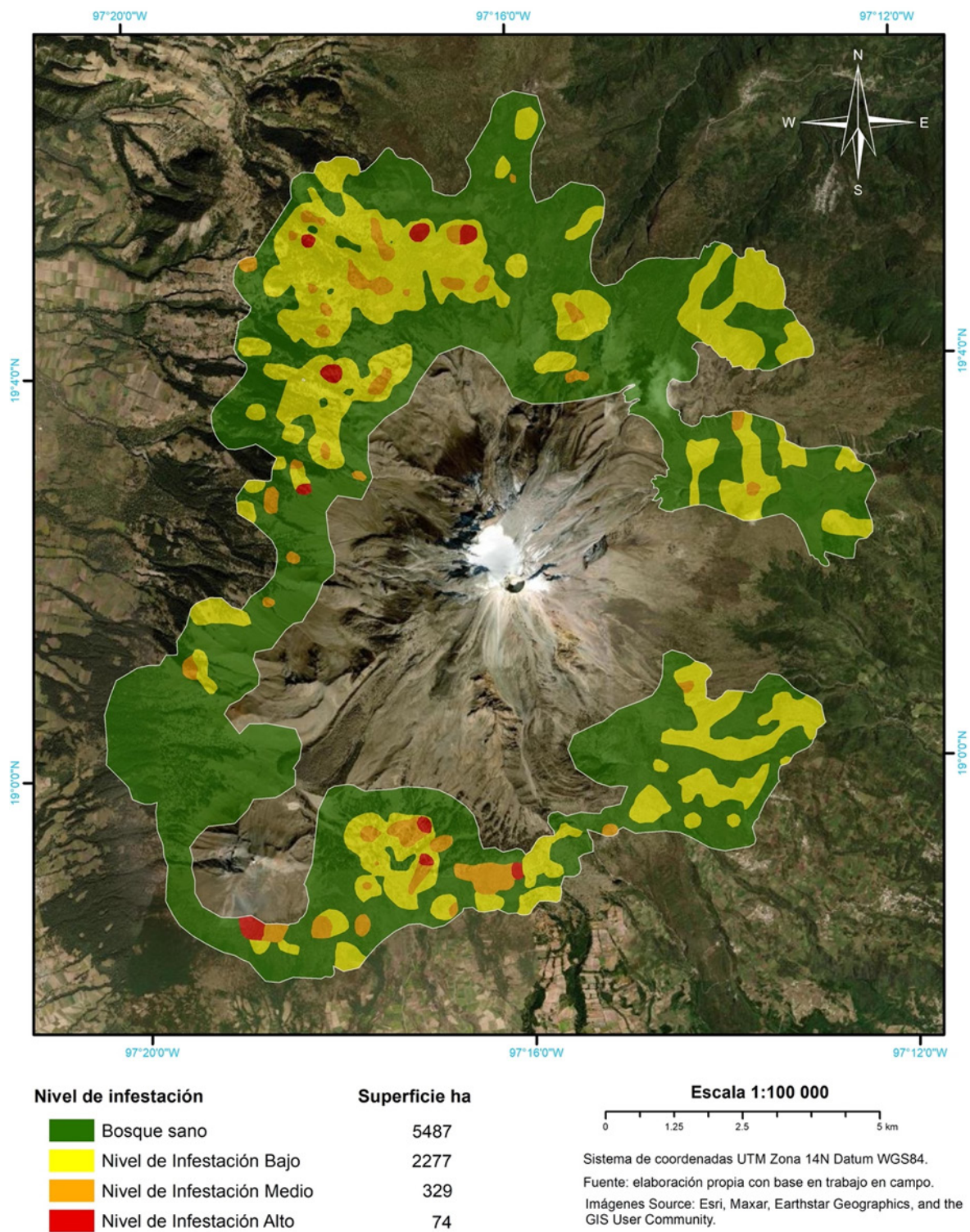


Figura 6.20 Nivel de infestación de muérdago Pico de Orizaba



6.5. LA MALINCHE

Conocido también como montaña Matlalcuéyatl (INECC, 2007a), el Parque Nacional La Malinche (PNLM) (Figura 6.21) fue decretado el 6 de octubre de 1938, bajo el mandato del presidente General Lázaro Cárdenas del Río, con la finalidad de asegurar la preservación de los ecosistemas y su biodiversidad, salvaguardando la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva, incluyendo los procesos ecológicos y los cambios naturales, además de proteger el ciclo hidrológico de cuencas y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de sus ecosistemas y su equilibrio (CONANP, 2013b).



Figura 6.21 Paisaje forestal de La Malinche

El PNLM se localiza en las inmediaciones de los estados de Tlaxcala y Puebla (CONANP, 2013b), forma parte también del Sistema Volcánico Transmexicano, sitio que se caracteriza por su alta biodiversidad, así como endemismos (SEMARNAT, 2013). Cuenta con una altitud en su punto más alto de 4430 msnm (Neyra, 2012), por lo que es la quinta montaña más alta de México.

Forma parte de las cuencas del río Atoyac y Guadalupe, por lo que se considera una zona de alta importancia para el abastecimiento de agua a los estados de Puebla y Tlaxcala (SEMARNAT, 2016).

Los climas presentes en La Malinche son C (w1) (w): Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, el segundo clasificado como C (e) (w2) (w): Semifrío y subhúmedo con lluvias en verano y, por último, E (T) H: Clima frío, localizado principalmente por encima de los 3500 msnm.

Los tipos de suelo presentes en el PNLM son: regosol, suelos minerales débilmente desarrollados, arenosol: suelos arenosos residuales de la meteorización, leptosol, suelos

muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos (Bolaños, 2014; CONANP, 2013b).

Por otro lado, la tenencia de la tierra dentro del Parque Nacional es de tipo ejidal 20,000 ha (43.77%), comunal 15,000 ha (32.81%) y no identificado 10,711 ha (23.42%) (INECC, 2007a). El manejo del ANP se encuentra a cargo de los Estados de Tlaxcala y Puebla, esto a partir de 1996, cuando la SEMARNAP les transfiere la administración a los estados (DOF, 1996).

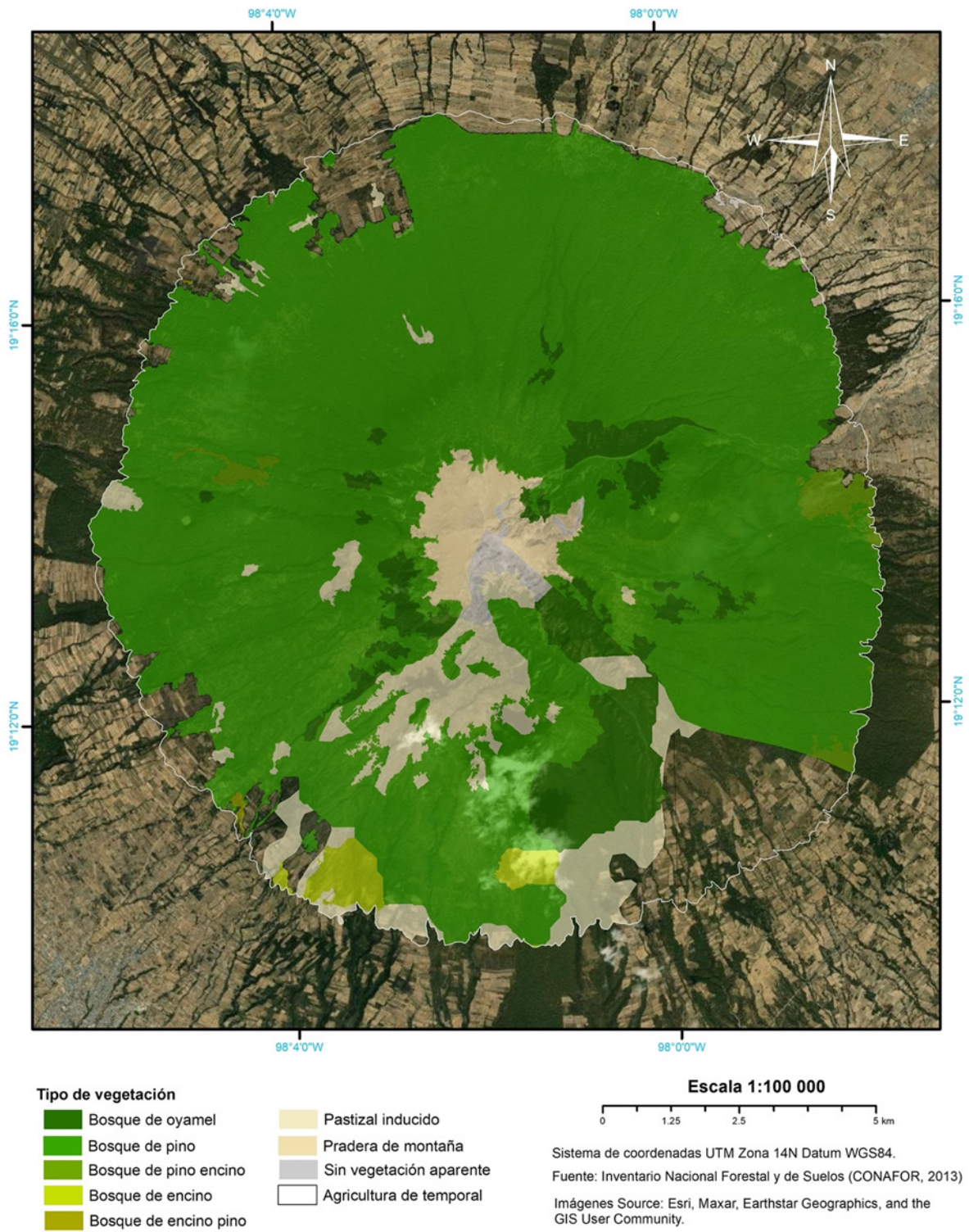
Algunos de los problemas a los que se enfrenta el ANP son la erosión eólica e hídrica. Para el caso de la erosión eólica, se ven afectadas un total de 12,905 ha, ya sea erosión alta, moderada y ligera, principalmente en la cima del volcán y en zonas destinadas a la agricultura. Por su parte, la erosión hídrica afecta un total de 32,209 ha (CONANP, 2013b). El sobrepastoreo, la tala ilegal y los incendios forestales constituyen también una amenaza para los recursos presentes en el Parque Nacional por lo que representa el 77% de su vegetación deteriorada (INECC, 2007a). Además, el muérdago afecta al bosque de pino principalmente, provocando al árbol severos daños e incluso la muerte (Estrada *et al.*, 2019).

Debido al daño que representa el muérdago dentro del estado de conservación del bosque, es importante la realización de análisis en función a las afectaciones que genera dicha planta parásita y con ello identificar estrategias que permitan su manejo adecuado.

6.5.1. COBERTURA FORESTAL DE LA MALINCHE

El Parque Nacional se conforma por un total de 46,112 ha, de las cuales, aproximadamente 17 mil conservan zonas forestales (Estrada *et al.*, 2019). Cuenta con una superficie de bosque de pino en 1,571 ha. El pastizal inducido cubre una superficie de 265 ha. Por su parte, el bosque de oyamel tiene una cobertura en 231 ha y la pradera de alta montaña en presente en 30 ha (Figura 6.22).

Figura 6.22 Cobertura forestal de La Malinche



6.5.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN LA MALINCHE

Están presentes tres especies de muérdago enano. El amarillo (*Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule*) afectando a *Pinus hartwegii*; el negro (*Arceuthobium vaginatum*) afectando a *P. hartwegii*, *P. montezumae* y *P. leiophylla*; por último, el rojo (*Arceuthobium abietis-religiosae*) en *Abies religiosa* (Figura 6.23, 6.24). Cabe destacar que toda la zona con presencia de muérdago presenta niveles considerables de extracción ilegal, algo que se evidenció en campo.

6.5.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN LA MALINCHE

El 58% de los bosques muestreados de La Malinche presentan infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum*, *A. vaginatum* y *A. abietis religiosae*), de este porcentaje, el 72.6% (814 ha) corresponde al nivel de infestación bajo, el 27% (303 ha) al nivel medio y el 0.35% (4 ha) al nivel alto (Figura 6.25). Existen muchas zonas de extracción forestal con una carencia de criterios de manejo forestal, lo que, inevitablemente conlleva a una fragmentación del bosque.

Figura 6.23 Sitios de muestreo La Malinche

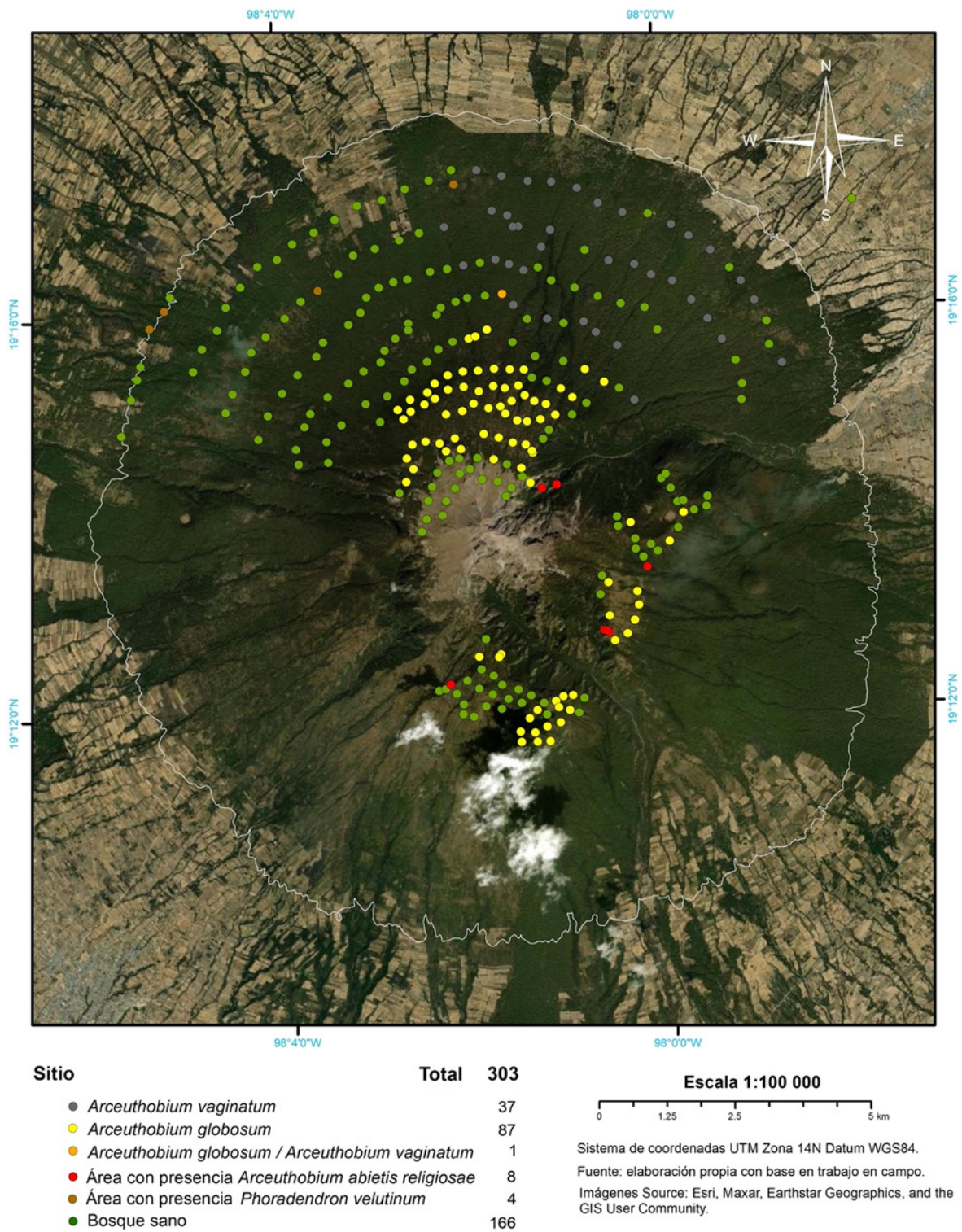


Figura 6.24 Tipo de muérdago La Malinche

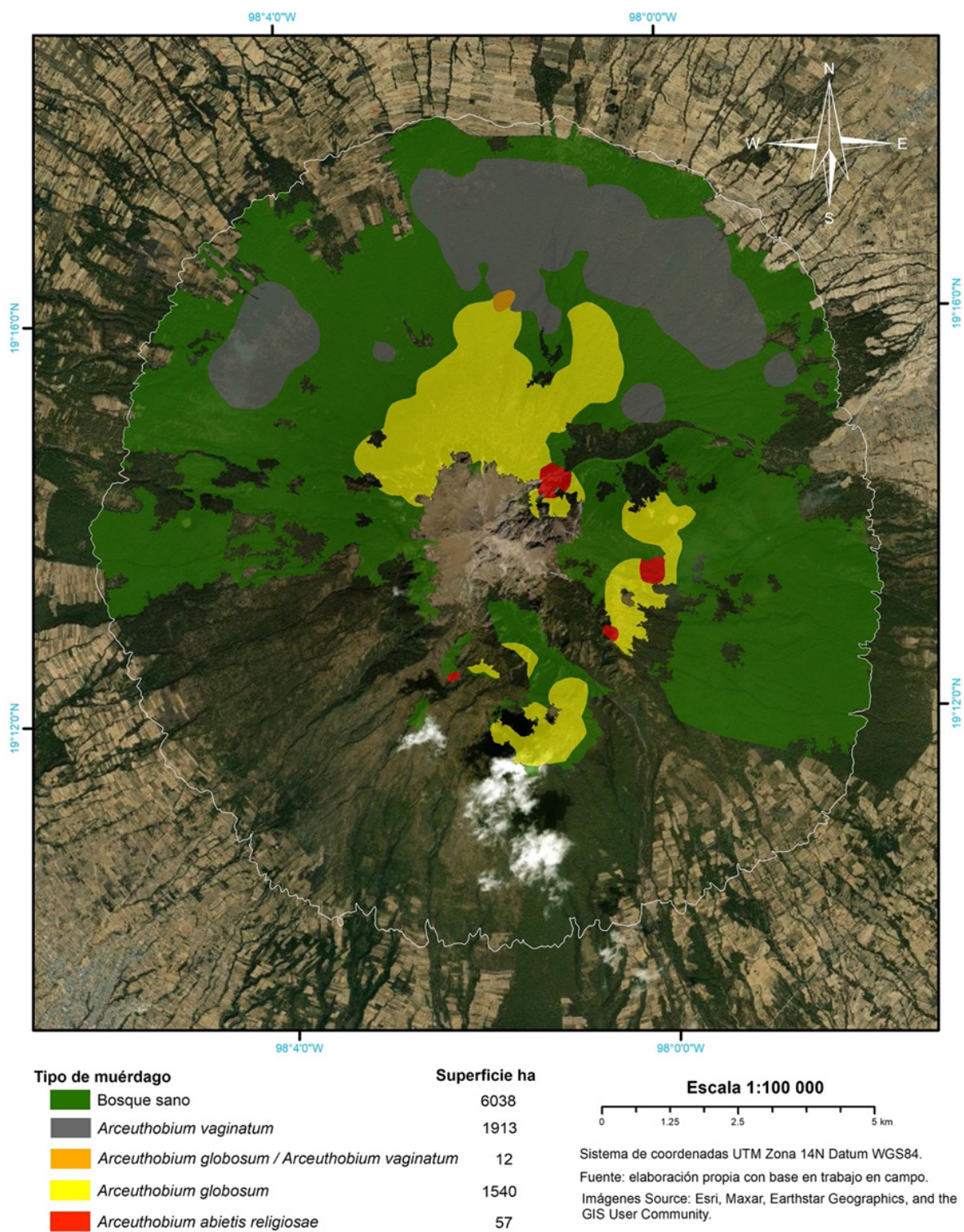
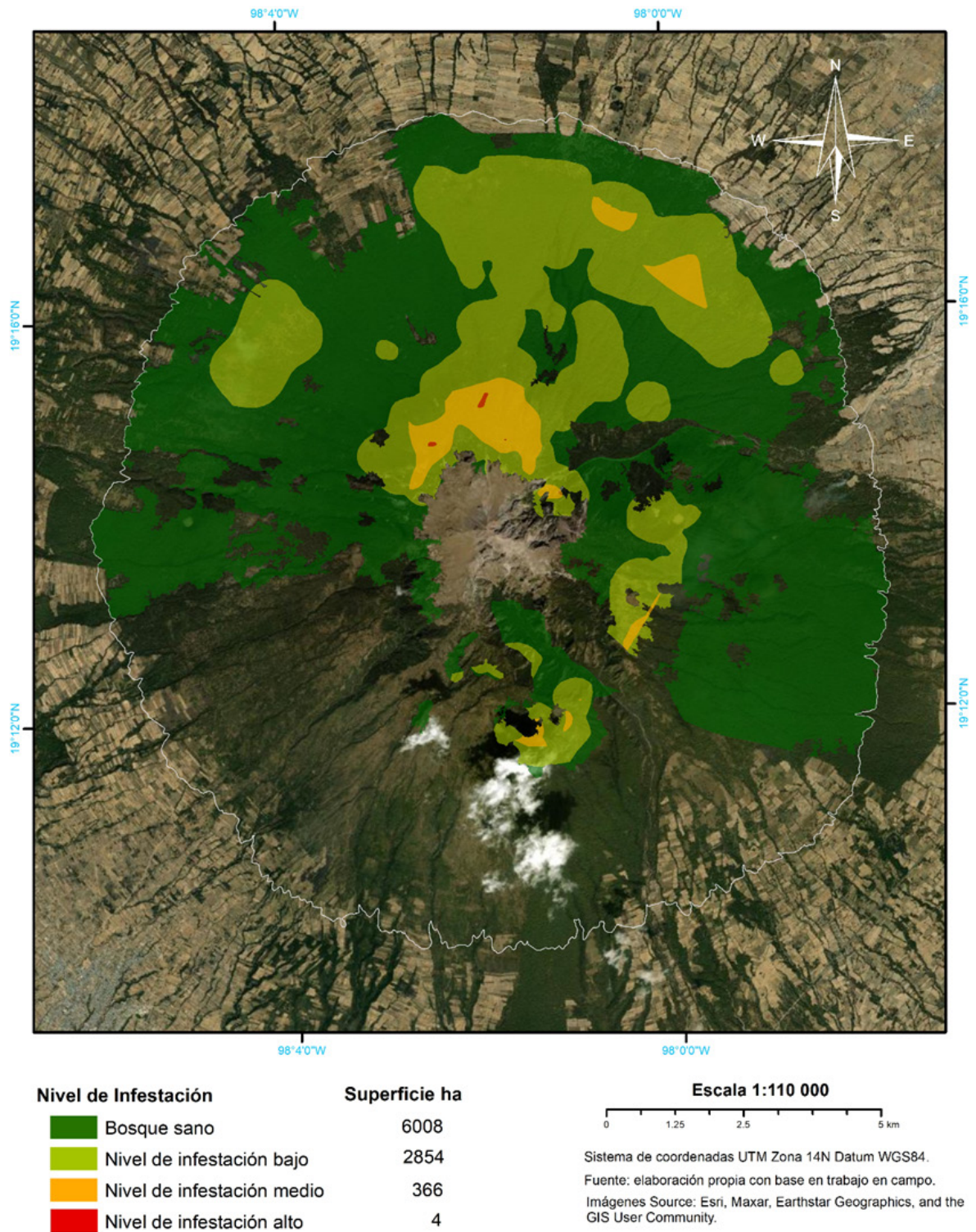


Figura 6.25 Nivel de infestación de muérdago La Malinche



6.6. PARQUE NACIONAL COFRE DE PEROTE

El Parque Nacional Cofre de Perote o Nauhcampatépetl (PNCP) (Figura 6.26) en náhuatl “la montaña de cuatro lados”, es la octava montaña más alta del territorio mexicano (4250 msnm). Se localiza en el estado de Veracruz en los municipios de Perote, Ayahualulco, Ixhuacán de los Reyes y Xico, abarca una superficie de 11,500 ha y es considerada una de las áreas de captación de agua más importantes para la zona centro del estado; provee servicios ambientales que benefician a más de 700 mil personas distribuidas en 19 municipios periféricos (CONANP, 2015b).



Figura 6.26 Paisaje forestal de Cofre de Perote

El ANP fue establecido mediante decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1937 con la categoría de Parque Nacional (PN), comprende el área a partir de la curva de nivel de 3000 msnm hasta la cima de la montaña. La tenencia de la tierra dentro del PN es de carácter mixto con régimen ejidal y propiedad privada (CONANP, 2015b).

El origen del Nauhcampatépetl corresponde a un gran estratovolcán aislado, ubicado dentro de la subprovincia fisiográfica, denominada Lagos y Volcanes de Anáhuac en la provincia SVT. Los tipos de suelo son principalmente andosoles, que son suelos jóvenes formados a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos, los más comunes son andosol ócrico y húmico; también se distribuyen en la parte poniente suelos del tipo regosol eútrico (CONANP, 2015b).

En el PNCP se registran cuatro tipos de clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1981): Cb'(m)(f) Semifrío, húmedo con verano fresco largo; Cb'(w2) Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo; C(m)(f) Templado, húmedo; C(w2) Templado, subhúmedo; ETH. Frío subhúmedo Tm anual 5°C y -2°C estableciéndose en la parte más alta del PN (CONANP, 2015b).

La flora y fauna que alberga la montaña es diversa y especial, de flora se ha identificado 372 especies, de las cuales ocho se encuentran en alguna categoría de riesgo como el enebro (*Juniperus sabinoides* var. *monticola*). Los estudios de fauna han reportado 179 especies, representados por 14 especies de los anfibios, 10 endémicos, como la rana de árbol de bromelia menor (*Plectrohyla arborescandens*), en reptiles se reportan 25 especies,

12 endémicas y 16 taxa en categoría de riesgo tal como el lagarto alicante terrestre (*Abro-nia graminea*); la documentación de 89 especies de aves, varias en categoría de riesgo, como la eufonía olivácea. De las 51 especies de mamíferos, cuatro son endémicas de México y ocho se encuentran listadas en la NOM-059, una de las especies endémicas con mayor riesgo es la ardilla de Perote o moto (*Spermophilus perotensis*) por su distribución restringida y que la disponibilidad del hábitat se ve amenazado por la deforestación (Morales-Mávil y Aguilar, 2000; Morales-Mávil *et al.*, 2007; CONANP, 2015b).

Actualmente, en el PNCPN se documentan diversas problemáticas como la deforestación, los incendios forestales derivado de la época de seca y las quemas que aplican en zonas de cultivo o pastoreo, mismas problemáticas que se relacionan con la fragmentación y la reducción de las masas forestales y como consecuencia, la reducción de hábitat para la fauna asociada en estos ecosistemas forestales.

6.6.1. COBERTURA FORESTAL DE COFRE DE PEROTE

Los tipos de vegetación del Parque Nacional Cofre de Perote presentan mayor superficie en el bosque de pino con 1,155 ha, seguido del pastizal inducido 1,102 ha, el bosque mesófilo de montaña 233 ha, bosques de oyamel 229 ha y pradera de alta montaña con 99 ha (Figura 6.26).

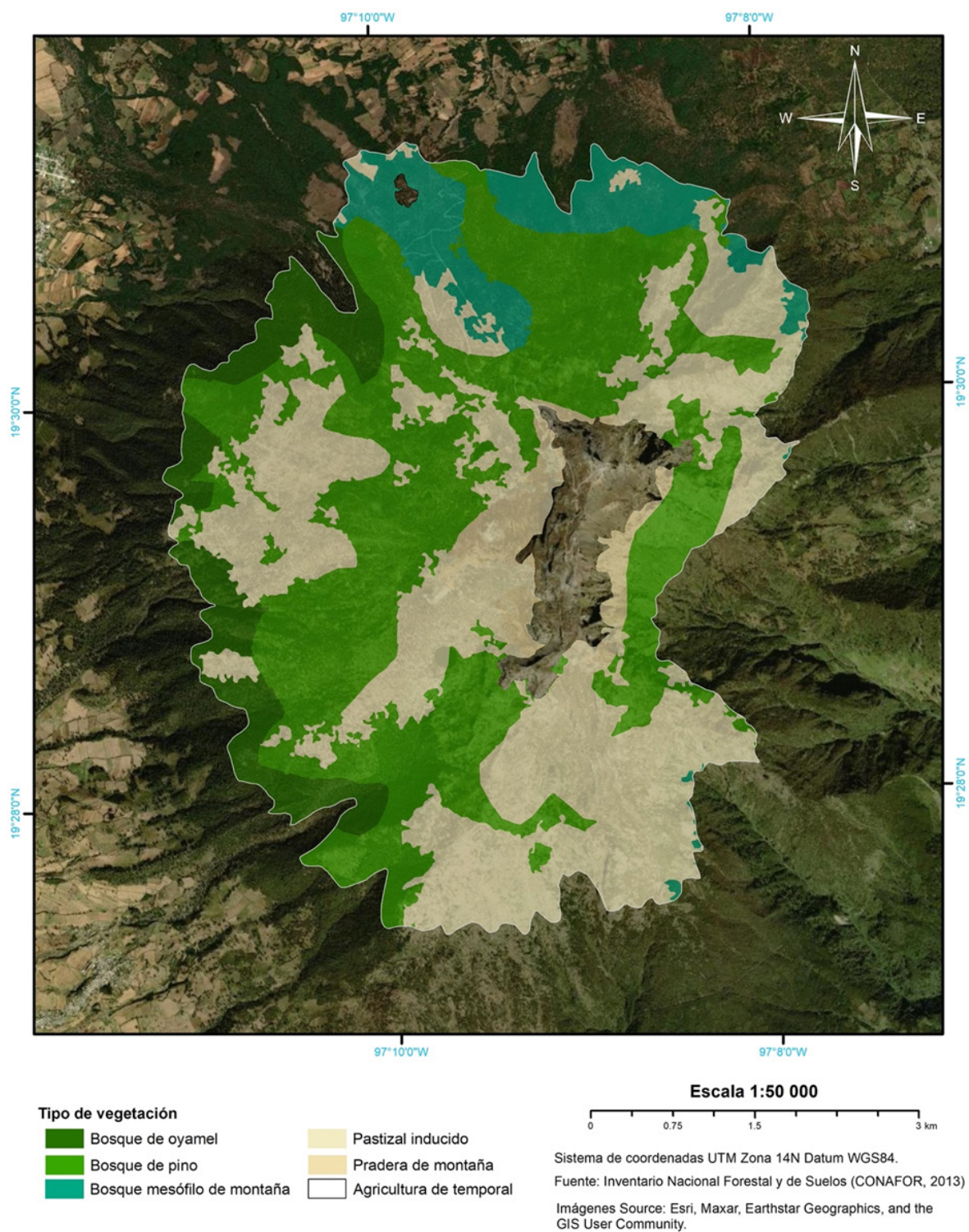
Una de las asociaciones arbóreas que conforman las especies es pino-encino (*Pinus-Quercus*) (Rzedowski, 1978) con el 6% de superficie forestal y se encuentra en elevaciones de los 3000 msnm, se ubica primordialmente en áreas húmedas con la dominancia del pino (*P. montezumae*) y encino laurelillo (*Q. laurina*); en zonas de menor humedad hay encinos de la especie *Q. crassifolia* (CONANP, 2015b).

Entre las cotas altitudinales de los 3000 a los 3500 msnm se establecen bosques de *Abies religiosa*, mismos que ocupan el 13.2% de superficie. Esta especie en su mayoría colinda con cultivos, zonas de pastoreo y zonas de difícil acceso. Además, se reporta la presencia del oyamel de Juárez (*Abies hickelii*), especie en peligro de extinción de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059- Semarnat-2010.

Los bosques de pino ocupan el 7.3% de superficie. Las especies *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote* se distribuyen en zonas con mayor humedad, mientras que en la ladera orientada al este se encuentran especies de *P. patula*, *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus*. En las elevaciones más altas (3500-4000 msnm) el *P. hartwegii* (pino ocote) conforman masas forestales homogéneas.

El páramo de altura es la vegetación con mayor elevación a partir de los 4000-4200 msnm; su fisonomía se caracteriza por la presencia de gramíneas de hasta un metro de altura con raíces profundas y fuertes que se sujetan a los suelos delgados, por tanto, su función es de suma importancia para la conformación de los suelos.

Figura 6.26 Cobertura forestal Cofre de Perote



6.6.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN COFRE DE PEROTE

En los bosques de Cofre de Perote se registran dos especies de muérdagos enanos, afectando al 38% del bosque de pino: *Arceuthobium globosum* subsp. *grandicaule* en 476 ha y *A. vaginatum* en 438 ha (16.2%) (Figura 6.27, 6.28). El 80% del bosque de esta ANP es de porte bajo con árboles juveniles en su mayoría, esto producto de la perturbación histórica, especialmente los grandes incendios forestales de las última décadas, que sin duda, eliminó por completo a los pocos árboles semilleros que existían, lo que condujo al establecimiento de arbolado juvenil en masa, altamente vulnerable a incendios inducidos.

6.6.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO EN COFRE DE PEROTE

En Cofre de Perote se registran 1,052 ha de bosque infestados por muérdagos enanos, predomina el nivel bajo con el 85% (Figura 6.29). Sin embargo, a diferencia de las otras montañas donde la fragmentación del bosques es una contante, aquí es común ver enormes manchas de arbolado juvenil casi de la misma edad en todas las ladera, producto de la regeneración natural posterior a los incendios o reforestaciones enfocadas a la restauración del ecosistema, esto hace al bosque de pino del Cofre de Perote una zona altamente vulnerable a incendios forestales.

Figura 6.27 Sitios de muestreo Cofre de Perote

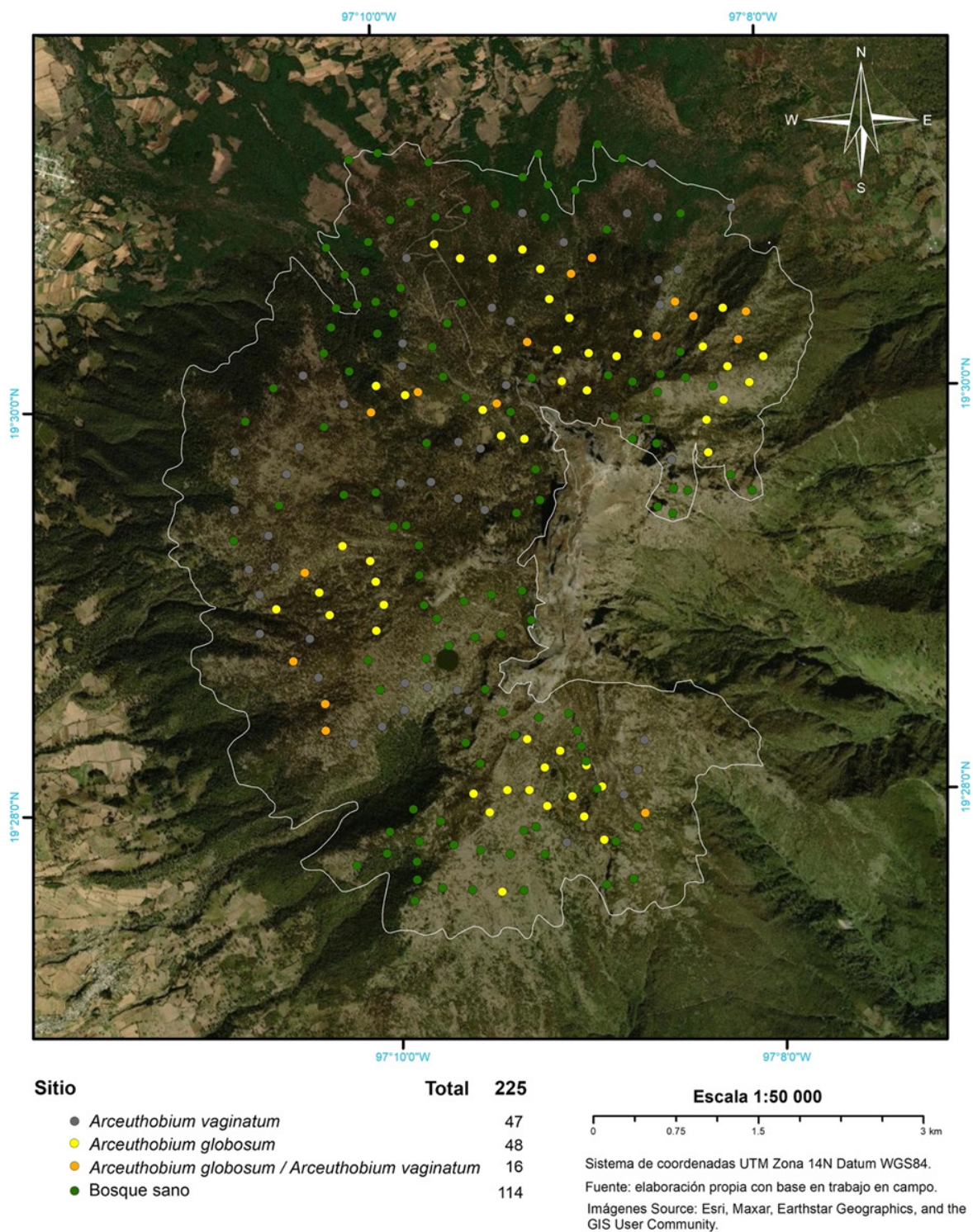


Figura 6.28 Tipo de muérdago Cofre de Perote

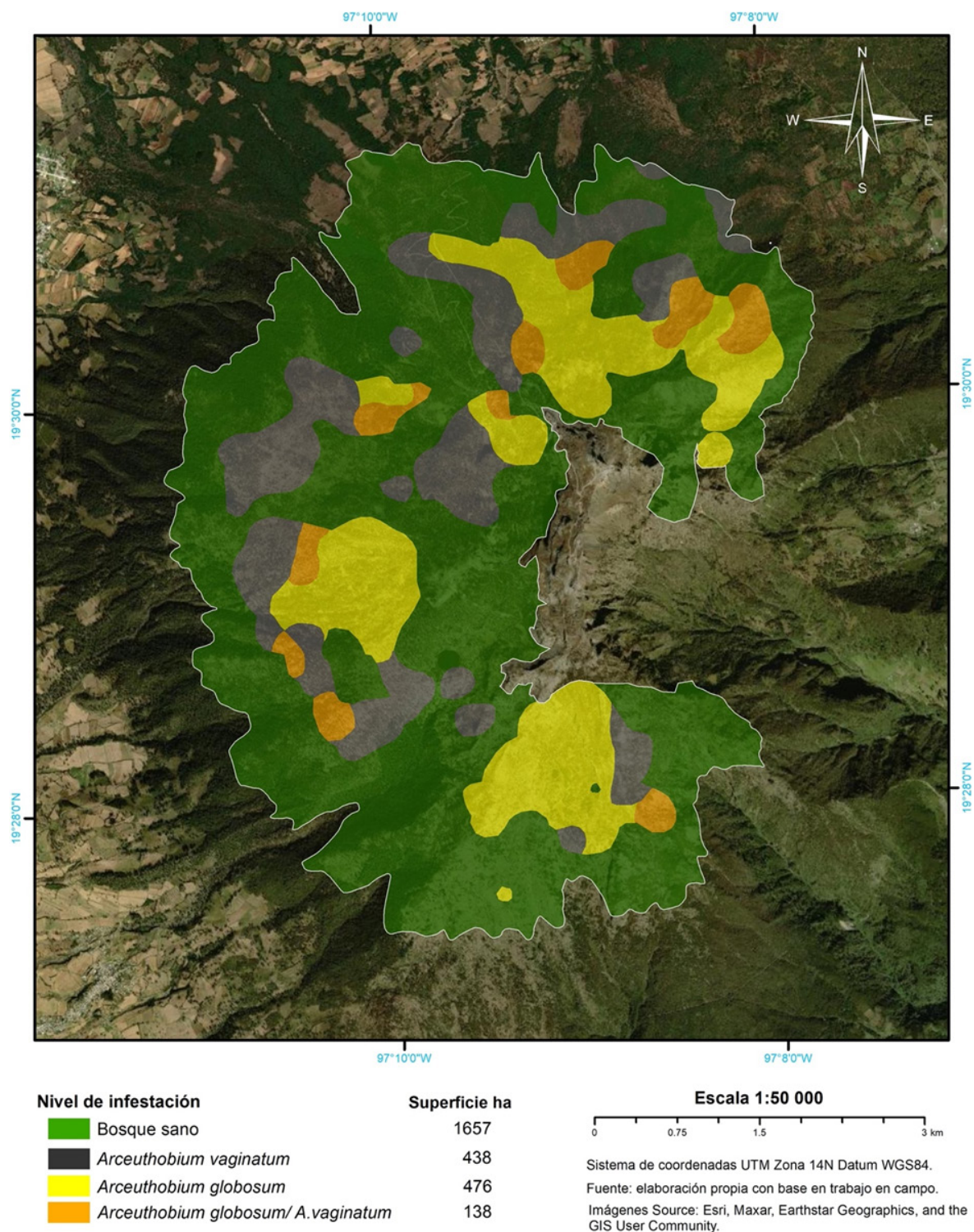
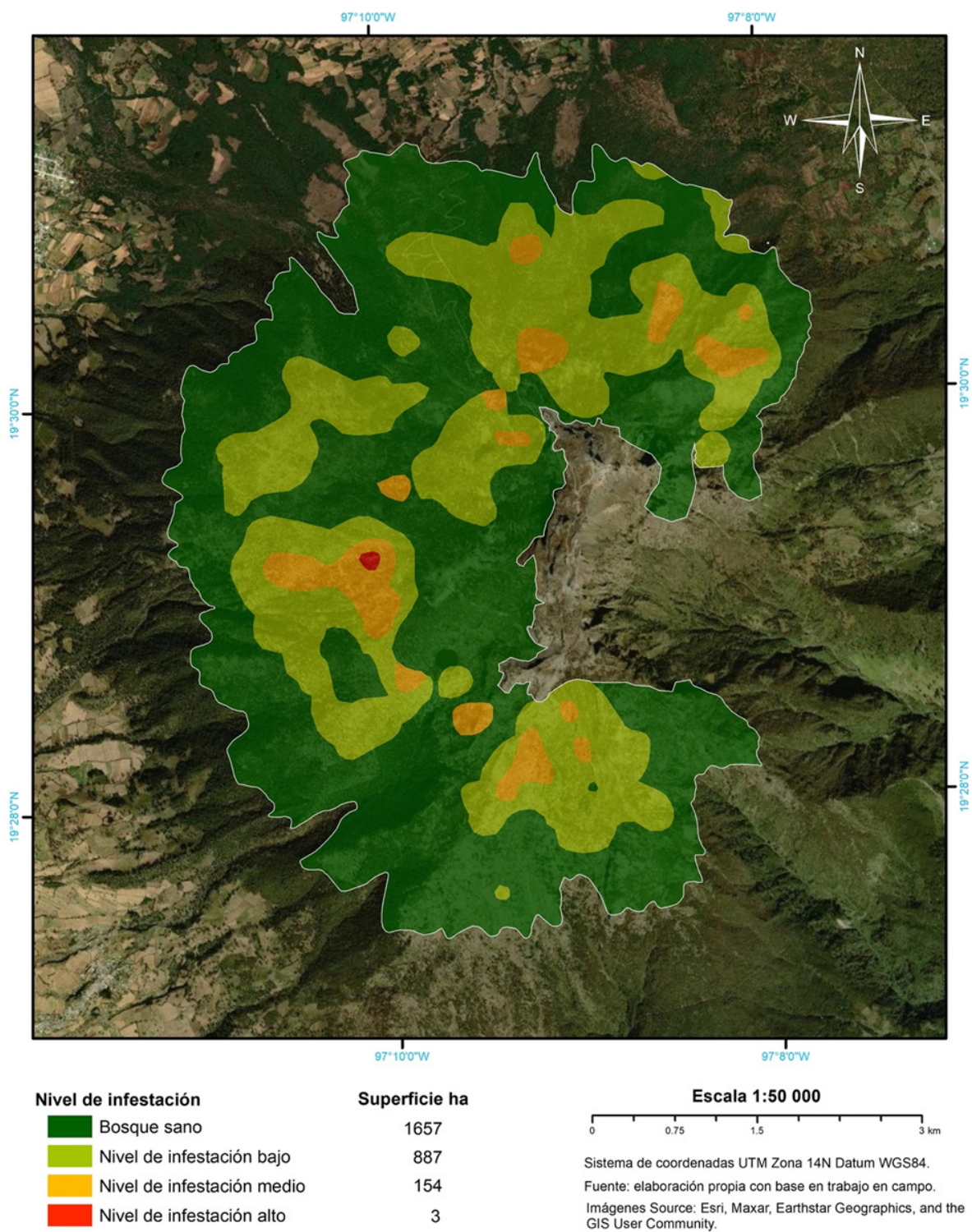


Figura 6.29 Nivel de infestación de muérdago Cofre de Perote



6.7. ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA DE SIERRA DE QUILA

La Sierra de Quila (Figura 6.30) es un macizo montañoso ubicado dentro de los municipios de Tecolotlán, San Martín de Hidalgo, Tenamaxtlán y Cocula, al oeste del estado de Jalisco y a 100 kilómetros al suroeste de la ciudad de Guadalajara. Dentro de esta conformación geográfica se localiza el Área Natural Protegida (ANP) de carácter federal decretada el 23 de julio de 1982 y publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 4 de agosto del mismo año, con una superficie de 15,192 ha (Villavicencio *et al.*, 2005), posteriormente fue recategorizada como Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila (APFFSQ) (DOF, 2021), con la finalidad de proteger los importantes recursos naturales y culturales de la región y su gran diversidad de la flora y fauna.



Figura 6.30 Paisaje forestal de Sierra de Quila

El 12 de febrero de 2020, el Gobierno de Jalisco, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Universidad de Guadalajara (UdeG), y seis municipios (Tecolotlán, Tenamaxtlán, San Martín Hidalgo, Atengo, Cocula y Ameca) localizados en el entorno del Área Natural Protegida (ANP) Sierra de Quila, firmaron el convenio de creación del Organismo Público Descentralizado (OPD) Sierra de Quila. La creación de este organismo tendría el objetivo de atender efectivamente tanto el polígono del ANP como la zona de amortiguamiento forestal, fungir como un agente técnico centrado en elaborar proyectos de manejo forestal sustentable, gestión de recursos naturales, conectividad biológica y desarrollo comunitario.

La Sierra de Quila forma parte del Sistema Volcánico Transmexicano y está incluida en la subprovincia “Sierras de Jalisco” (Guerrero y Cházaro, 1995) que se localiza en la parte central del Estado y limita al norte con la Sierra Madre Occidental, al noroeste con la mesa del centro y al oeste y sur con la Sierra Madre del sur. Forma parte de un corredor biológico importante que conecta al Bosque de la Primavera y la Sierra de Cacoma,

que junto con la Sierra de Manantlán mantienen conectividad forestal hasta el complejo volcánico del Nevado de Colima.

Presenta un relieve montañoso con valles de poca extensión, la topografía es muy accidentada con pendientes del orden de 15 a 60% (Guerrero y Cházaro, 1995). Las alturas oscilan entre los 1300 hasta los 2560 msnm en la cima del Cerro Huehuentón, la mayor meseta se localiza en el poblado de Quila.

Presenta dos tipos de clima: templado semicálido, con temperatura media anual mayor a 18°C, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, se presenta en la mayor parte de la sierra, sobre todo en el centro y en sentido este-oeste.

El segundo tipo de clima es templado subhúmedo con lluvias en verano y caliente húmedo con larga temporada seca. La temperatura oscila entre 18°C y 22°C, registrándose 15°C como mínima y 24°C como máxima. El rango de precipitación pluvial oscila según las zonas, de 700 a 1200 mm (Guerrero y López, 1997) y es durante los meses de junio a septiembre cuando se presentan las lluvias con mayor frecuencia.

La Sierra de Quila es una importante zona de conservación, ya que abastece a dos de las cuencas hidrológicas del Estado, la cuenca del Río Ameca situado al norte de la sierra y al sur la cuenca del Río Armería.

La red hidrológica presenta arroyos que fluyen por las cañadas de la cara norte y se juntan formando el Río Grande, que posteriormente se transforma en el Río Ameca, el cual sirve como límite entre Jalisco y Nayarit. Presenta además varios afluentes permanentes y de temporal los cuales abastecen de agua potable a poblaciones a través de sus diversos ríos, como lo son el Río Grande, Río Yerbabuena, y arroyos El Salto y Palmilla.

Según la clasificación FAO/UNESCO, los principales tipos de suelos presentes en esta zona son: regosol eútrico (33.8%), cambisol húmico (23.1%), cambisol eútrico (10.3%), litosol (26%) y luvisol crómico (1.3%) (Ortega, 2007).

Habita una amplia diversidad de fauna compuesta por 270 especies, 53 especies de mamíferos, 147 de aves, 46 de reptiles, 24 de anfibios. Las especies más representativas son felinos como el tigrillo, ocelote, jaguar, jaguarundi, leoncillo, puma, además de coyotes, zorros, pecaríes, mapaches, venados, halcones, aguilillas, pericos, clarín jilguero, mirlos, ruiseñores, cascabeles, escorpiones, tortugas, axolotes, tuzas, murciélagos (CONANP, 2021) entre otros, quienes con frecuencia hacen uso de estos corredores de vegetación para desplazarse.

6.7.1. COBERTURA FORESTAL DE SIERRA DE QUILA

El Área de protección de Flora y Fauna Sierra de Quila cuenta con bosques en asociación de pino-encino en una superficie de 4,273 ha, el bosque de encino-pino con una cobertura de 2,516 ha y el bosque de encino en 182 ha; el pastizal inducido tiene una cobertura de 98 ha (Figura 6.31).

En general, se encuentran bosque tropical subcaducifolio, bosque de encino, bosque espinoso, bosques mixtos de pino-encino, bosque mesófilo de montaña y bosque de

galería, los cuales juegan un papel muy importante en la provisión de servicios ambientales de la región, especialmente el régimen hidrológico. La estructura vegetal se integra por 1,111 especies, de éstas, 869 especies son plantas vasculares, con 449 géneros, 136 familias y siete clases (Ramírez *et al.*, 2010). También se registran 242 especies de hongos y líquenes. En el componente arbóreo se encuentran especies como madroños, encinos (algunos de importancia comercial como el roble prieto), pinos, ailes, ceibas, laureles, copales, guajes, pitayos, milpillas, cedros, helechos, musgos y líquenes, pastizales, etc. (CONANP, 2021).

6.7.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN SIERRA DE QUILA

Se reportan tres géneros de parásitas que afectan el bosque mixto de pino-encino (Figura 6.32, 6.33). El muérdago enano *Arceuthobium durangensis* afectando a *Pinus douglasiana*, así como dos especies de muérdago verdadero *Cladocolea cupulata* que afecta a *Pinus douglasiana* y *P. lumholtzii* y *Phoradendron* spp que parasita a *Pinus douglasiana*, *Quercus rugosa*, *Q. resinosa*, *Q. candicans* y *Q. coccolobifolia*.

6.7.3. NIVEL DE INFESTACIÓN DE MUÉRDAGO DE SIERRA DE QUILA

El 30% de los bosques mixtos de Sierra de Quila presentan infestación de muérdago enano, específicamente de *Arceuthobium durangense* y de muérdagos verdaderos como *Cladocolea cupulata*, *C. grahamii*, *C. mcvaughii*, *C. microphylla*, *Phoradendron bolleanum*, *P. reichenbachianum*, *P. lanceonatum* y *Pssithacanthus calyculatus* en niveles bajos (13.5%), asociaciones de muérdagos enanos y verdaderos (16.7%). Cabe mencionar que la distribución espacial de estos muérdagos tiende a presentarse en puntos específicos, lo que indica un patrón de distribución agregado de acuerdo con las asociaciones arbóreas (Figura 6.34).

Figura 6.31 Cobertura forestal Sierra de Quila

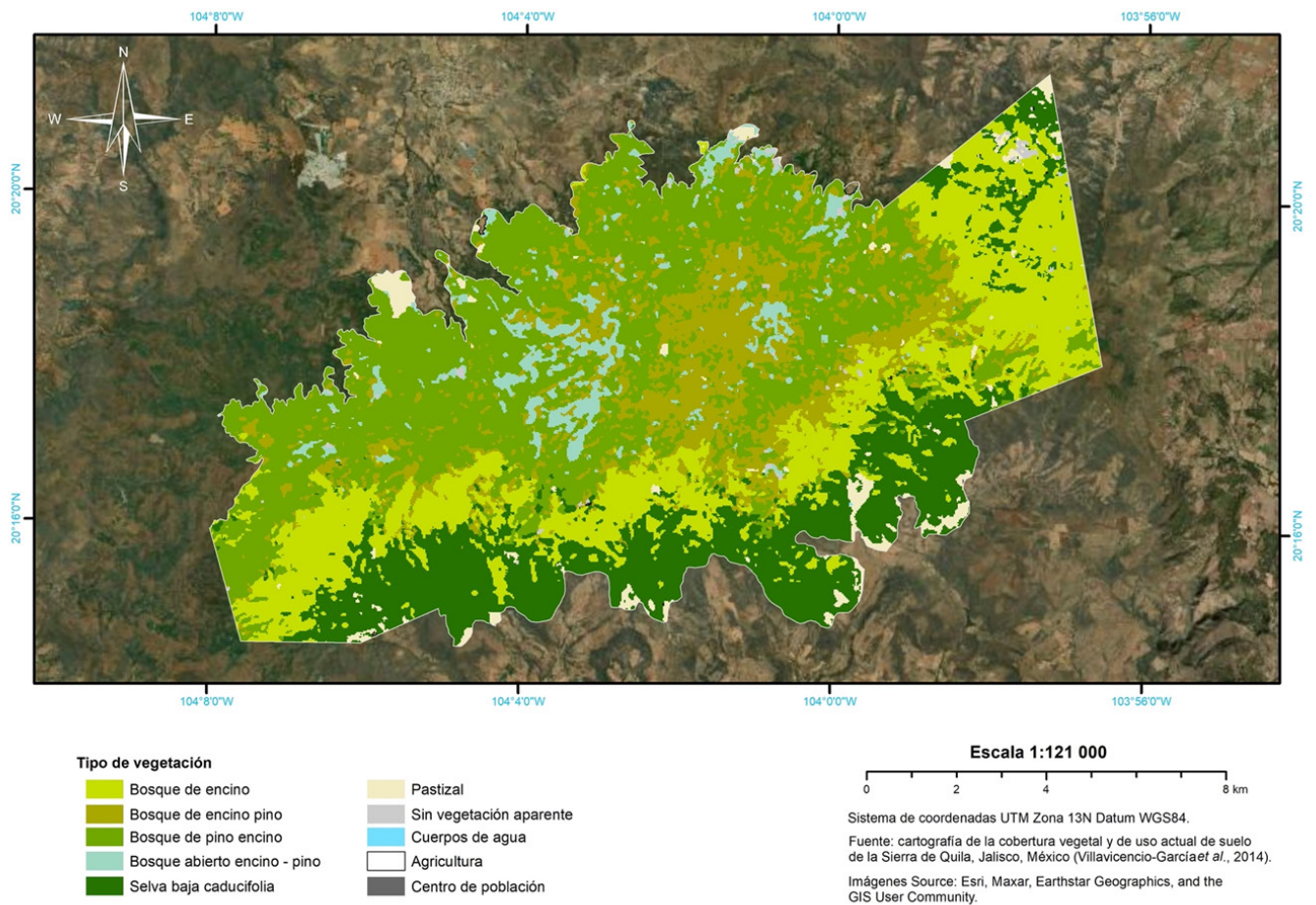


Figura 6.32 Sitios de muestreo Sierra de Quila

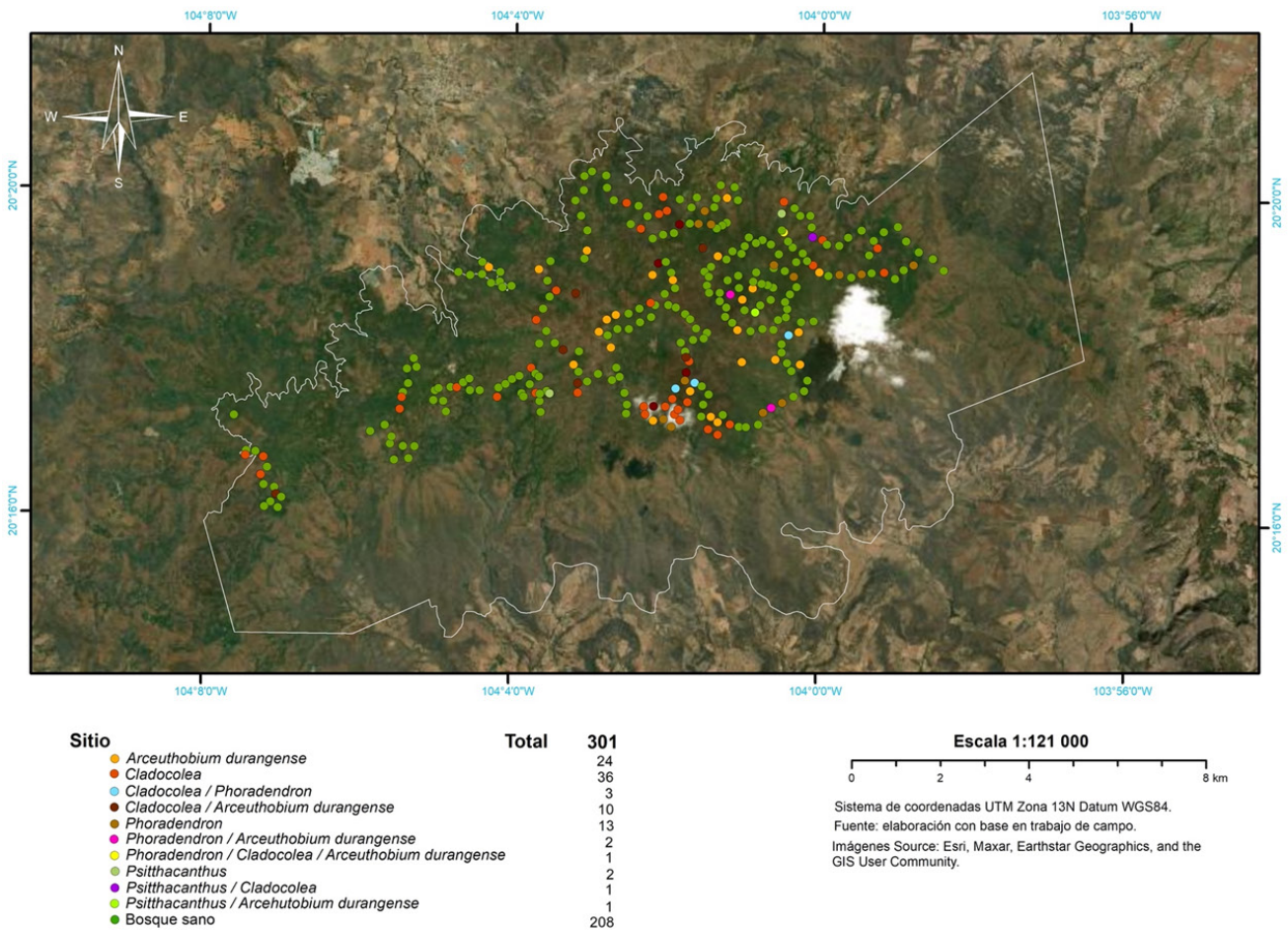


Figura 6.33 Tipo de muérdago Sierra de Quila

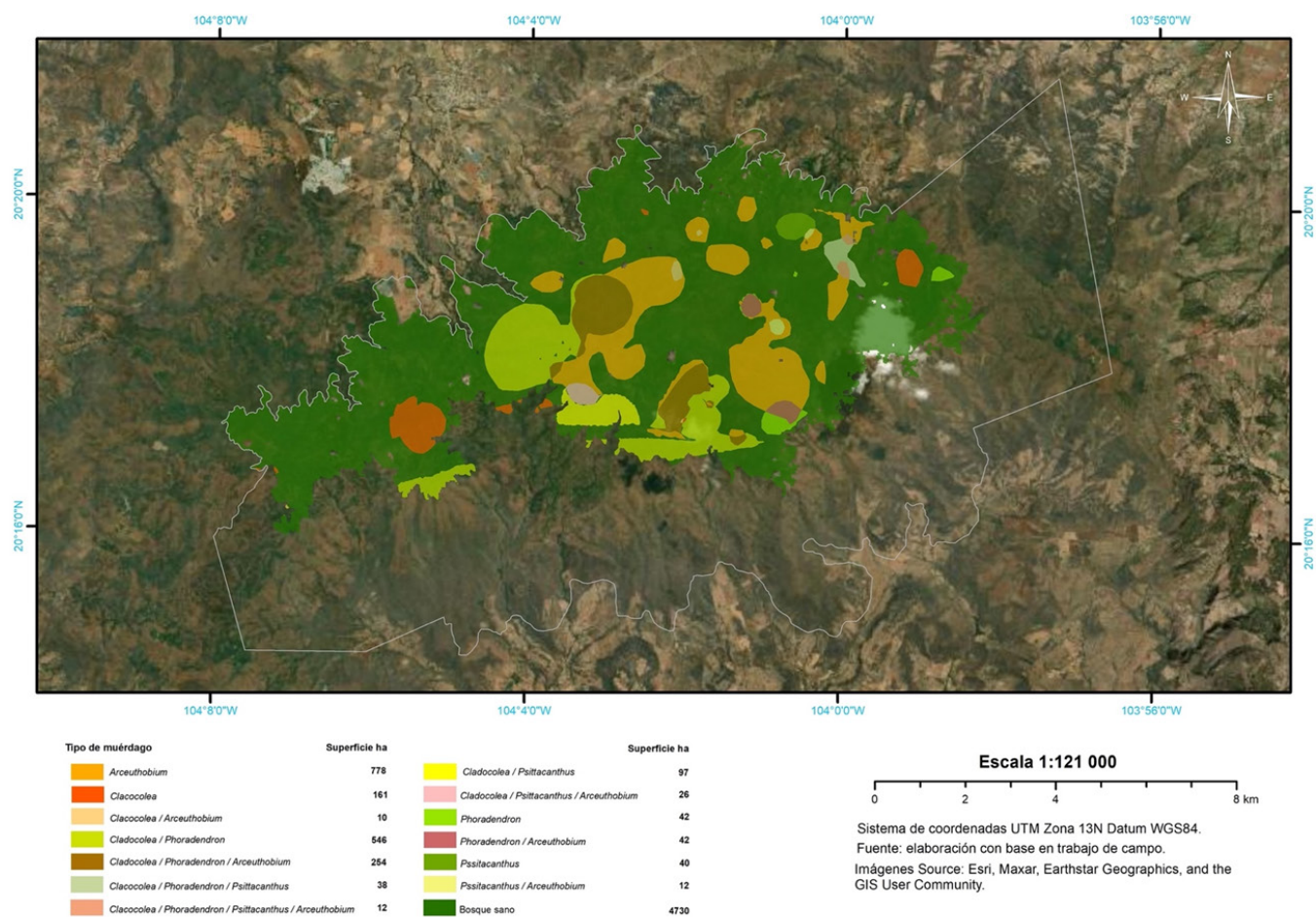
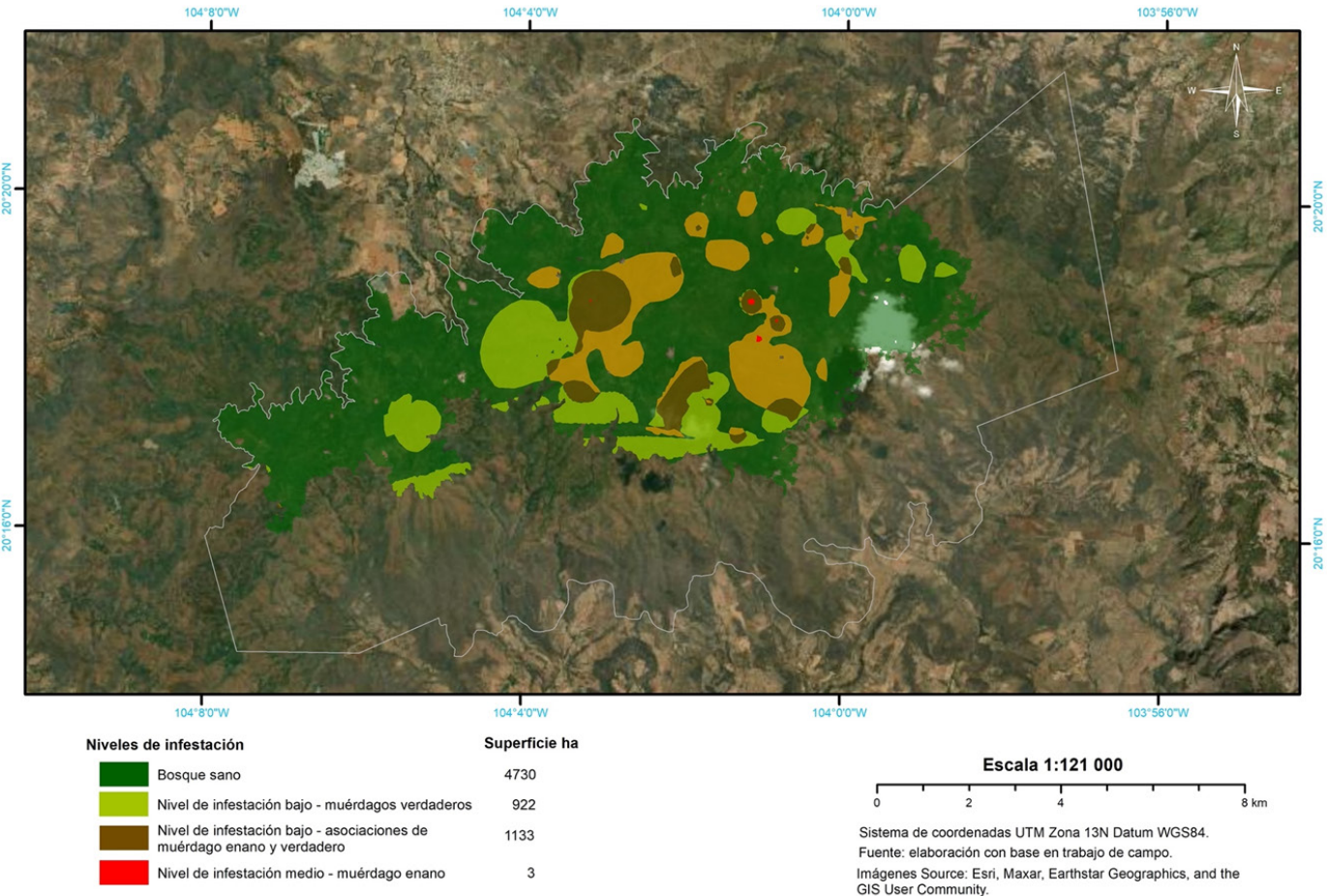


Figura 6.34 Nivel de infestación de muérdago Sierra de Quila



6.8. RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA MARIPOSA MONARCA

Se localiza entre los estados de México y Michoacán y abarca los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México y Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro, y Aporo en el Estado de Michoacán. Tiene una extensión total de 56,259 ha, de las cuales 13,551 ha pertenecen a las zonas núcleo; fue declarada Reserva de la Biosfera (Figura 6.35) en 1986 y ampliada significativamente en el año 2000 (CONANP, 2001).



Figura 6.35 Paisaje forestal de Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca

La Reserva se encuentra en la Provincia Fisiográfica del Sistema Volcánico Transmexicano, comprende un sistema montañoso discontinuo de máximas elevaciones que se distribuyen en la parte norte del Cerro Altamirano con 3320 msnm, Campanario, 3640 msnm, Cerro El Mirador 3,340 msnm, Huacal 3200 msnm, Chivatí 3,180 msnm y Cerro Los Madroños 3040 msnm., en el corredor Sierra Chincua-Campanario-Chivatí-Huacal. En la parte sur se encuentra el Cerro Pelón 3500 msnm, Cacique 3300 msnm, El Piloncillo 3,300 msnm y Cerro La Palma 3 300 msnm (CONANP, 2001).

El clima que se presenta con temperaturas medias anuales de 8° a 22° C, precipitaciones promedio desde 700 mm hasta 1250 mm y temperaturas mínimas para el mes más frío de entre -3° y 18° C debido a la predominancia de elementos de paisaje templado de altura (CONANP, 2001).

Los suelos que se encuentran con mayor superficie son los andosoles, húmico y órtico y en menor extensión acrisoles y planosoles, feozem, litosoles, luvisoles. Así pues, la complejidad del conjunto de elementos abióticos y los procesos biogeográficos ha dado lugar a varios tipos de vegetación.

La biodiversidad reportada para la Reserva es de 493 especies de plantas vasculares, 49 de hongos, 198 de vertebrados y conserva especies como *Danaus plexippus* “Mariposa

Monarca”, *Acer negundo* var. *mexicanum*, *Pinus martinezii*, *Ambystoma ordinarium*, *Pseudoeurycea belli*, *P. robertsi*, y *Microtus mexicanus* que se encuentran bajo diferentes categorías de protección (CONANP, 2001).

Con respecto a la situación de la tenencia de la tierra, se distribuye en 59 ejidos mayormente de población mestiza, 13 comunidades indígenas y 21 pequeñas propiedades con una compleja historia y estructura. Así pues, las actividades productivas que se practican en condiciones de temporal y en pequeños riegos, son: maíz, trigo, avena forrajera, haba, aguacate, durazno, papa y chícharo, entre otros. Sin embargo, por la zonas orográficas y heladas frecuentes, el rendimiento es bajo, pese al mayor uso de tractores, fertilizantes y productos fitosanitarios, otro sector terciario se limita al comercio (CONANP, 2001; Brenner, 2009).

Otra actividad productiva es la explotación forestal, anteriormente los habitantes utilizaban la madera para uso doméstico local, con el paso de los años y el incremento de la población en los municipios colindantes, fue incrementando la demanda, y con ello, la intensificación de la explotación de los bosques y una extensión de la superficie bajo cultivo, mediante la aclaración paulatina de bosques antaño densos, se estiman que entre 1971 y 1999, 44% de los bosques conservados (en 1971) se convirtieron en bosques degradados, aunque en diferentes niveles (Brenner, 2009).

Hay dos tipos de explotación forestal, conocida como tala hormiga, se refiere a la extracción limitada de madera para el uso doméstico tradicional de la población residente, es decir, los ejidos y comunidades disponen de licencias que les permiten extraer cierta cantidad de madera, el impacto ambiental que causa es menor, ya que en general se usa la madera seca o muerta y se talan relativamente pocos árboles vivos (Brenner, 2009).

En cambio, la tala masiva tiene un impacto más severo debido a las malas prácticas de extracción, maquinaria empleada y las cantidades de madera, con ello, las actividades los controlan grupos de talamontes organizados y bien equipados, cuyos miembros se reclutan de la población regional, así como comerciantes y fabricantes de muebles foráneos con sede en Zitácuaro, Ciudad Hidalgo, Toluca y otros lugares de la región (Brenner, 2009).

Así pues, los ecosistemas de montaña de la Reserva de la Mariposa Monarca se ven comprometidos, la salud forestal del componente arbóreo se debe monitorear frecuentemente ya que es el hogar temporal para la hibernación de la mariposa monarca.

La población de mariposas monarca se encuentran en varias regiones de Estados Unidos y del sur de Canadá en los meses de verano. En principios del otoño y el descenso de temperatura y la disminución de insolación en el norte, la población entera se mueve hacia México para pasar los meses del invierno (noviembre a marzo) en la zona boscosa de la reserva. A mediados-finales de marzo la población emprende su regreso, en este ciclo migratorio anual participan varias generaciones de mariposas (Brenner, 2009).

6.8.1. COBERTURA FORESTAL

La vegetación del área natural protegida está formada principalmente por bosques de oyamel (*Abies religiosa*), seguido de bosques con asociaciones de pino (*Pinus hartwegii*, *P.*

pseudostrobus, *P. devoniana*) y encino (*Quercus*), así como extensiones de agricultura de temporal. Cabe destacar que en los bosques de oyamel año con año hay poblaciones de mariposa monarca migratoria, por lo que su conservación es de gran importancia para esta especie (Figura 6.36).

Los bosques de *Abies religiosa* se distribuyen desde los 2400 a 3600 msnm y, constituyen el hábitat característico de la “Mariposa Monarca”. El bosque de *Pinus pseudostrobus* se presenta en parches aislados y se desarrolla entre los 1500 y 3000 msnm. En suelos más someros se da lugar a asociaciones de *Pinus rudis* y *Pinus teocote*, así como *Pinus oocarpa* y *Pinus michoacana* en las partes medias y bajas más escarpadas. Por otro lado, el bosque de encino se distribuye debajo de los 2,900 msnm, comparte espacio con arbustos del género *Juniperus* y en el estrato arbóreo *Quercus laurina*, *Clethra mexicana*, *Alnus firmifolia*, *Salix paradoxa*, *Buddleja cordata*, *Buddleia parvifolia* y *Ternstroemia pringlei* (CONANP, 2001).

6.8.2. TIPO DE MUÉRDAGO EN RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA

Se reportan cuatro tipos de muérdago, de las especies *Arceuthobium abietis religiosae* que afecta a *Abies religiosa* con 64 ha, *A. globosum* afectando a *Pinus hartwegii* y *P. pseudostrobus* con 24 ha, además de las especies *Cladocolea diversifolia* y *Phoradendron reichenbachianum*, las cuales parasitan a *Quercus castanea*, *Q. crassipes* y *Q. rugosa* con 97 ha (Figura 6.37, 6.38). El gran problema para esta área es que las infestaciones están en la zona núcleo, razón por la cual se deberán tomar acciones para reducir sus niveles de infestación, para evitar que lleguen a afectar arbolado que recibe año con año a las mariposas monarca.

6.8.3. NIVEL DE INFESTACIÓN EN RESERVA DE LA BIOSFERA MARIPOSA MONARCA

La zona núcleo de la Reserva de la Biosfera presenta un área forestal infestada por muérdago de aproximadamente 14% de superficie con presencia de *Arceuthobium abietis religiosae*, *A. globosum*, *Cladocolea diversifolia* y *Phoradendron reichenbachianum*, todos en nivel de infestación bajo (Figura 6.39). Estas afectaciones pueden estar relacionadas directamente con el incremento de la temperatura, lo que está afectando a todas las especies arbóreas adaptadas a condiciones de frío, esto implica acciones directas de mitigación para reducir el efecto de estos daños, uno de ellos serán sin duda, la inducción a la regeneración natural en los rodales donde se alojan las mariposas de noviembre a marzo de cada estación.

La presencia de muérdagos enanos y verdaderos en bosques de coníferas y latifoliadas debe alertar a los tomadores de decisiones de esta ANP, ya que parece estar en los límites superiores permisibles, por encima del 15% de niveles de abundancia y distribución, los muérdagos empiezan a causar mortalidad en arbolado juvenil, y comprometer las generaciones de reemplazo del arbolado senil.

Figura 6.36 Cobertura forestal Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca

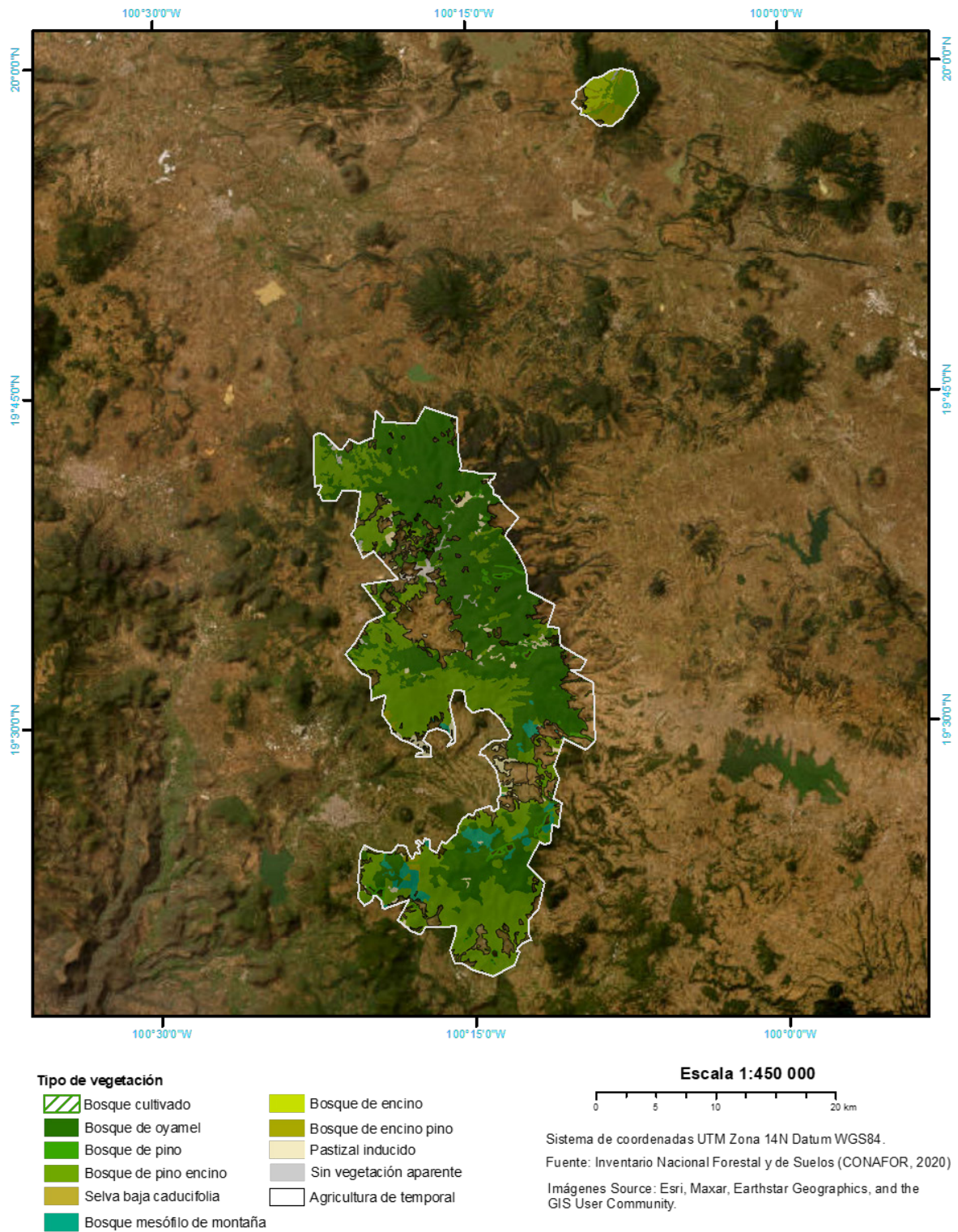


Figura 6.37 Sitios de muestreo Mariposa Monarca

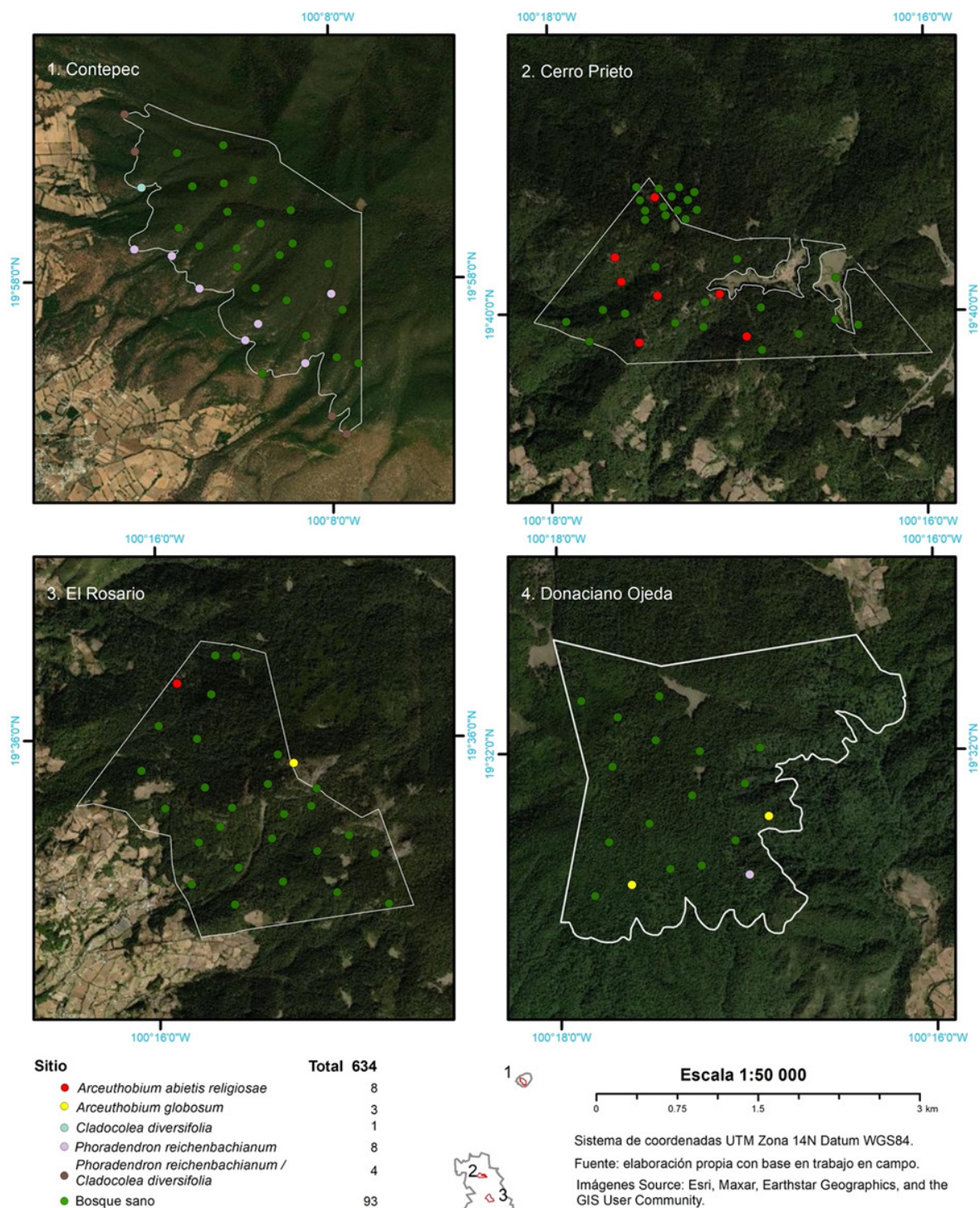


Figura 6.38 Tipo de muérdago en cuatro núcleos ejidales de la RBMM

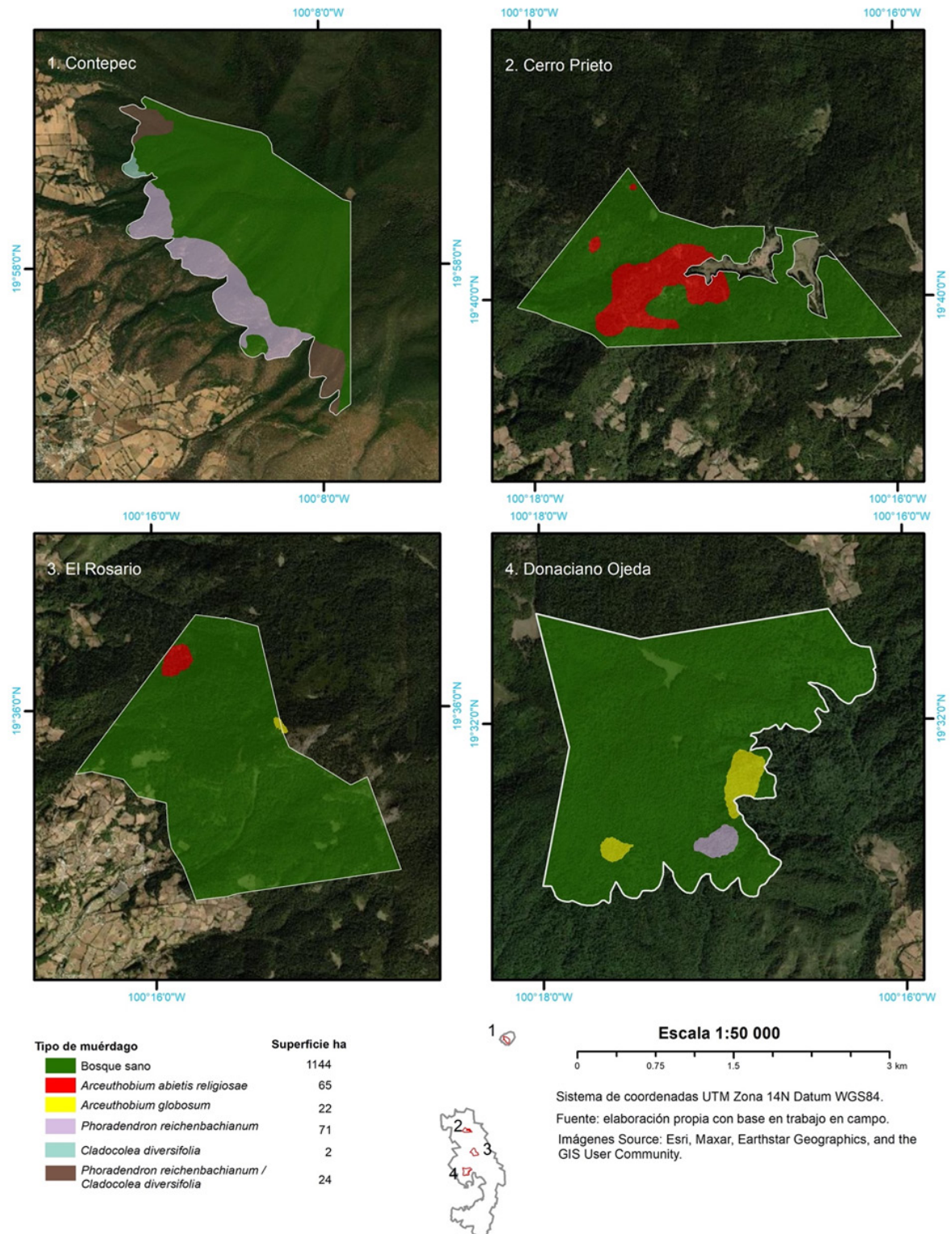
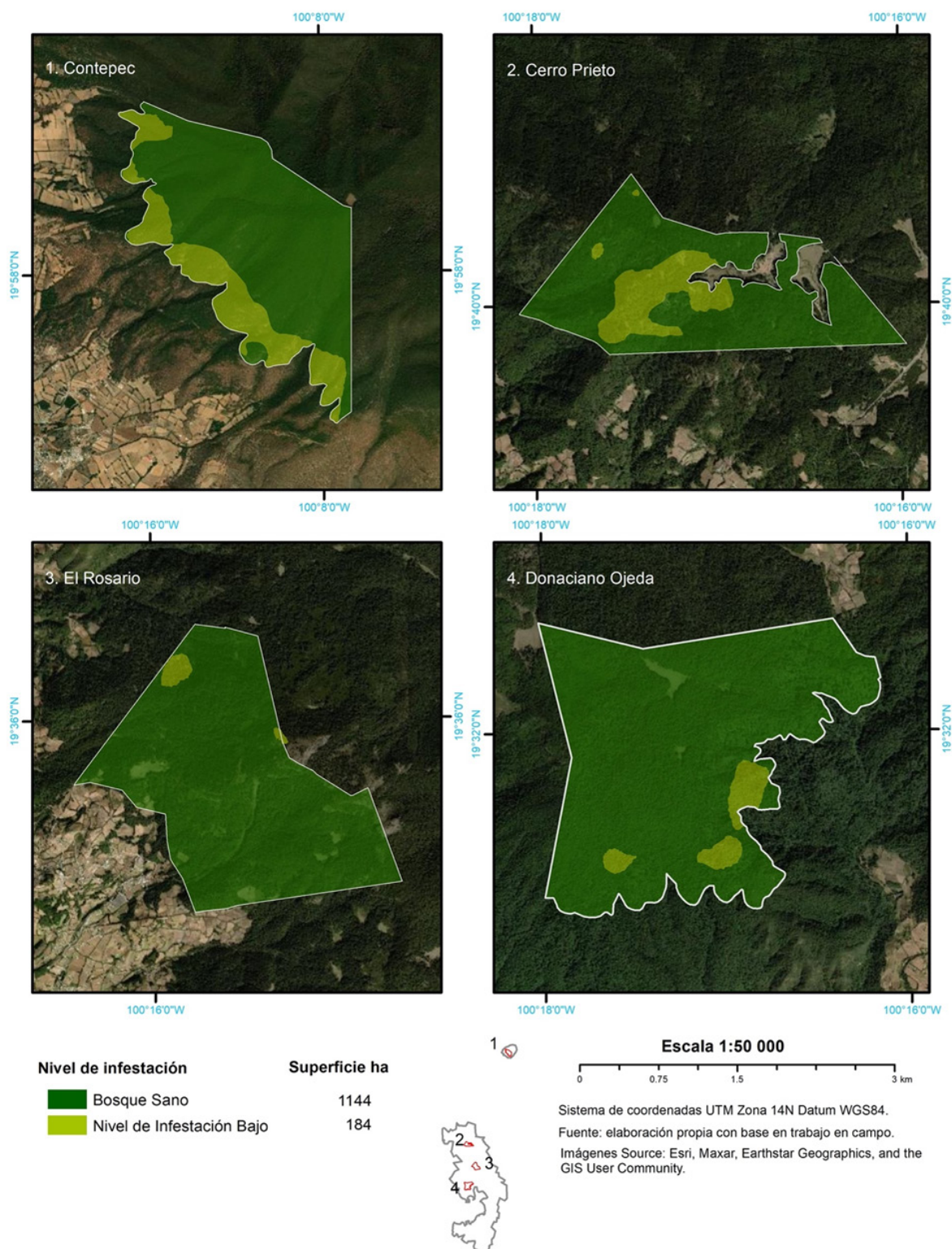


Figura 6.39 Nivel de infestación de muérdago en cuatro núcleos ejidales de la RBMM



6.9. PUEBLO NUEVO, DURANGO

El macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental y las subprovincias Gran Meseta y Cañones Duranguenses (Figura 6.40) se encuentra la localidad El Salto, municipio Pueblo Nuevo, en el estado de Durango. En las coordenadas 23° 47' de latitud norte y 105° 22' de longitud oeste, a una altura de 2560 msnm (Quintos-Escalante *et al.*, 2010).



Figura 6.40 Paisaje forestal El Salto, Durango.

En la región se presenta el clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano C(E) (W2) y clima templado subhúmedo C(W2) según la clasificación de climas de Köppen modificada por García (2004).

Los bosques templados del estado de Durango albergan 15 especies de pinos y 25 de encinos, las cuales constituyen una de las fuentes principales de materia prima para la industria maderera de México, en especial madera de pino (Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez, 2009).

La historia de la industria forestal en El Salto inicia en principios del siglo XX con la construcción del ferrocarril, fue la entrada a la explotación forestal y el traslado de la madera, posteriormente la construcción de la carretera a Mazatlán que llevaba directamente del El Salto a la ciudad de Durango que fue la ruta planeada por los empresarios forestales (Cramaussel, 2009).

Aunado a lo anterior, el aprovechamiento y transformación de la madera, así como la infraestructura instalada en extracción, red caminera y la industria de la transformación repercuten en esta región. Para asegurar la calidad de la madera, se debe priorizar la salud y vitalidad de los bosques templados, ya que esta influenciado por la cultura forestal de los poseedores, al obtener beneficios económicos directos (CONAFOR, 2022).

Las contribuciones de autores sobre los bosques de pino-encino, reportan más de quince especies de pino, cada una con características biológicas, ecológicas y físicas propias, son consideraciones que se deben tomar en cuenta para el manejo y aprovechamiento, cada una contribuye en la dinámica de los bosques de pino-encino, impide una adecuada planeación de los aprovechamientos forestales (Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez, 2009).

Algunas de las problemáticas que se han presentado en los bosques dentro del estado, son los cambios en el ambiente, causando estrés y debilitamiento. En los últimos 20 años se registró la peor sequía de los últimos 80 años, posteriormente se estableció una contingencia fitosanitaria debido a agentes de daño, los insectos descortezadores se catalogan en primer lugar, afectando 61,318.27 ha de superficie, en segundo lugar, plantas parásitas con 14,313.28 ha, en tercer lugar, los insectos barrenadores con 500.63 ha afectadas, en cuarto lugar, los insectos defoliadores con 271.17 ha y, finalmente, 27 hectáreas de otras enfermedades (CONAFOR, 2022).

Los patógenos que se presentan sobre los pinos y encinos de la región son hemiparásitas de género *Arceuthobium* spp., mientras que en *Quercus* se reportaron escasos individuos de *Phoradendron* sp. Además, se reportan actividades como la agricultura y ganadería, también son zonas propensas a inundaciones frecuentes (Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez, 2009).

6.9.1. COBERTURA FORESTAL DE PUEBLO NUEVO, DURANGO

Uno de los principales tipos de vegetación que se distribuyen, son los bosques de pino-encino (Figura 6.40), constituido principalmente por especies de coníferas: *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. engelmannii*, *P. teocote*, *P. herrerae*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite*. Los encinos más representativos: *Quercus sideroxyla*, *Q. durifolia*, *Q. rugosa* y *Q. candicans*. Otros elementos arbóreos que se mezclan con otras especies como *Juniperus* spp., *Cupressus* spp., *Pseudotsuga* spp. y *Abies* spp. y arbustos latifoliados del género *Arbutus* sp. (Valenzuela-Núñez y Granados-Sánchez, 2009).

6.9.2. TIPOS DE MUÉRDAGO EN EL SALTO Y CHAVARRIA VIEJO

Se reportan tres tipos de muérdagos enanos (*Arceuthobium nigrum*, *A. globosum* y *A. rubrum*) en *Pinus leiophylla*, *P. cooperi* y *P. teocote*, respectivamente. Por otro lado, dentro el grupo de los muérdagos verdaderos *Phoradendron lanceolatum* parasita a *Quercus sideroxyla* y *Pinus cooperi*, *P. villosum* a *Q. rugosa*, *P. bolleanum* a *Arbutus xalapensis*, *A. madren-*

sis y, finalmente, *P. densum* a *Juniperus deppeana* (Figura 6.41, 6.42), distribuidos en el 66% de las áreas de aprovechamiento de los ejidos El Salto y Chavarría Viejo.

Cabe mencionar que ambas zonas son de aprovechamiento forestal, por lo que, los programas de manejo deberán contemplar la afectación por categorías de diámetro, para enfocar el manejo a la reducción gradual de las áreas infestadas. El Ejido de El Salto deberá atender en particular ambos géneros (*Phoradendron* y *Arceuthobium*), mientras que Chavarría Viejo deberá considerar la presencia de este último.

6.9.3. NIVEL DE INFESTACIÓN EN EL SALTO Y CHAVARRIA VIEJO

El 50% del bosque presenta niveles de infestación bajo, mientras que el otro 16% reporta nivel medio (Figura 6.43), las mayores afectaciones se localizan en el Ejido de El Salto, debido al ataque conjunto de ambos géneros. Un factor importante en la dispersión de las plantas parásitas parece ser la ausencia de árboles semilleros (mayores 60 cm), ya que estos pueden tener la carga genética suficiente para tolerar el parasitismo de los muérdagos enanos y verdaderos.

Los árboles residuales de los programas de manejo forestal bajo aprovechamiento persistente son altamente vulnerables al ataque de plantas parásitas y descortezadores, aunado a ello, la fragmentación del bosque producto de la extracción forestal genera grandes claros en el sotobosque, favoreciendo la regeneración natural de las especies forestales heliófitas (que requieren luz para su desarrollo). Sin embargo, también incrementa el ataque de muérdagos, lo que implica hacer un manejo diferenciado de los rodales después del aprovechamiento.

Figura 6.41 Cobertura forestal El Salto, Durango

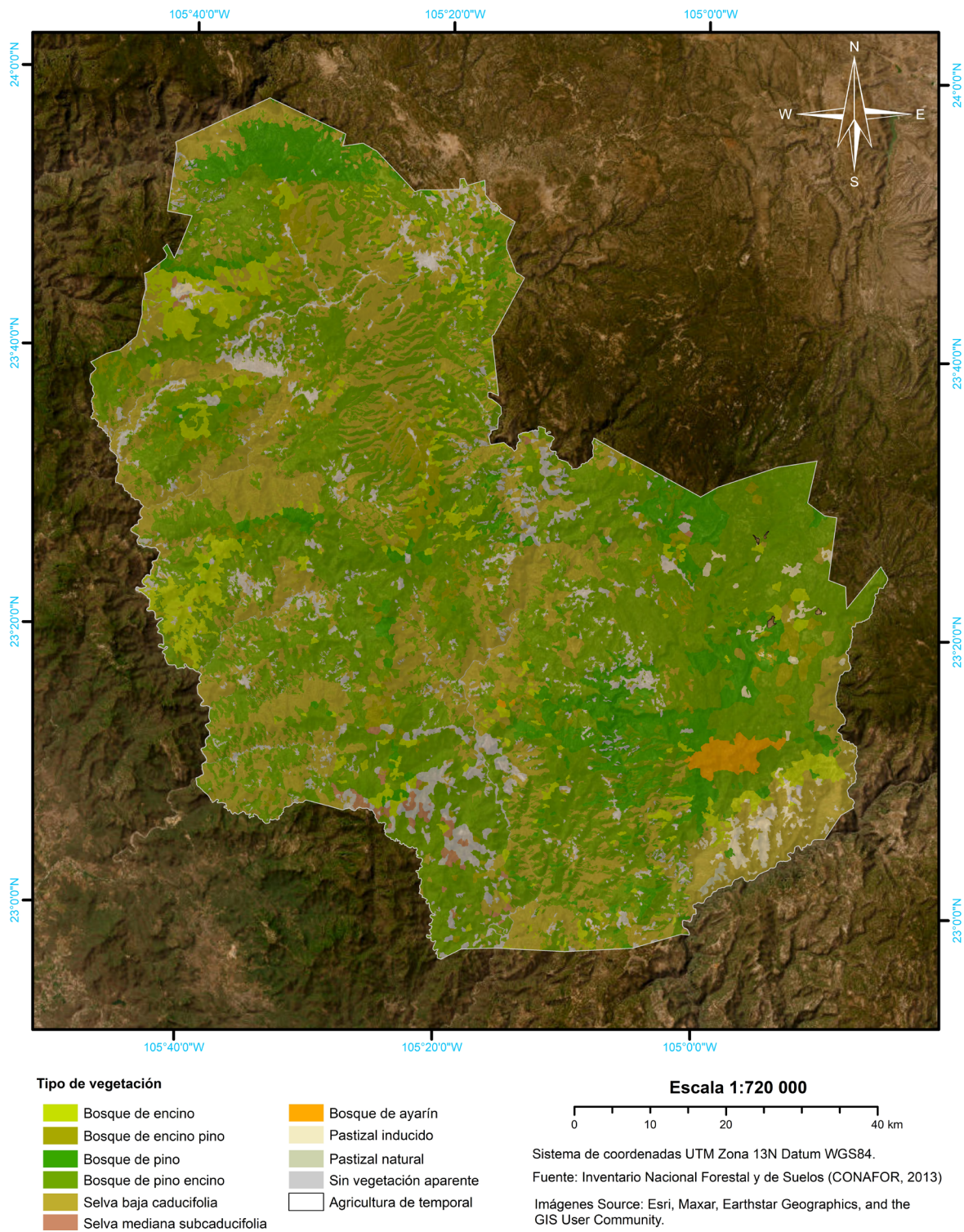


Figura 6.42 Sitios de muestreo El Salto, Durango

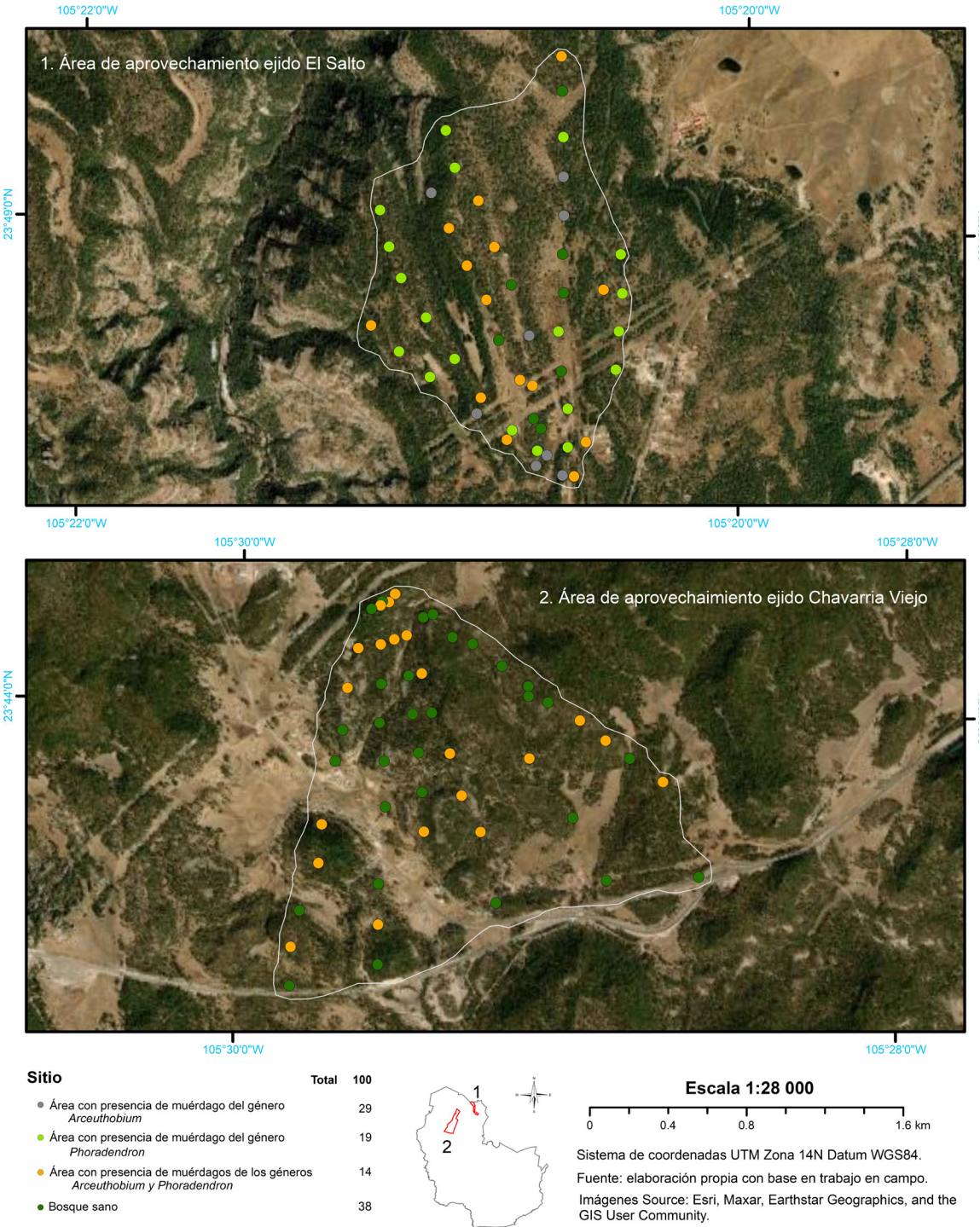


Figura 6.43 Tipos de muérdagos El Salto, Durango

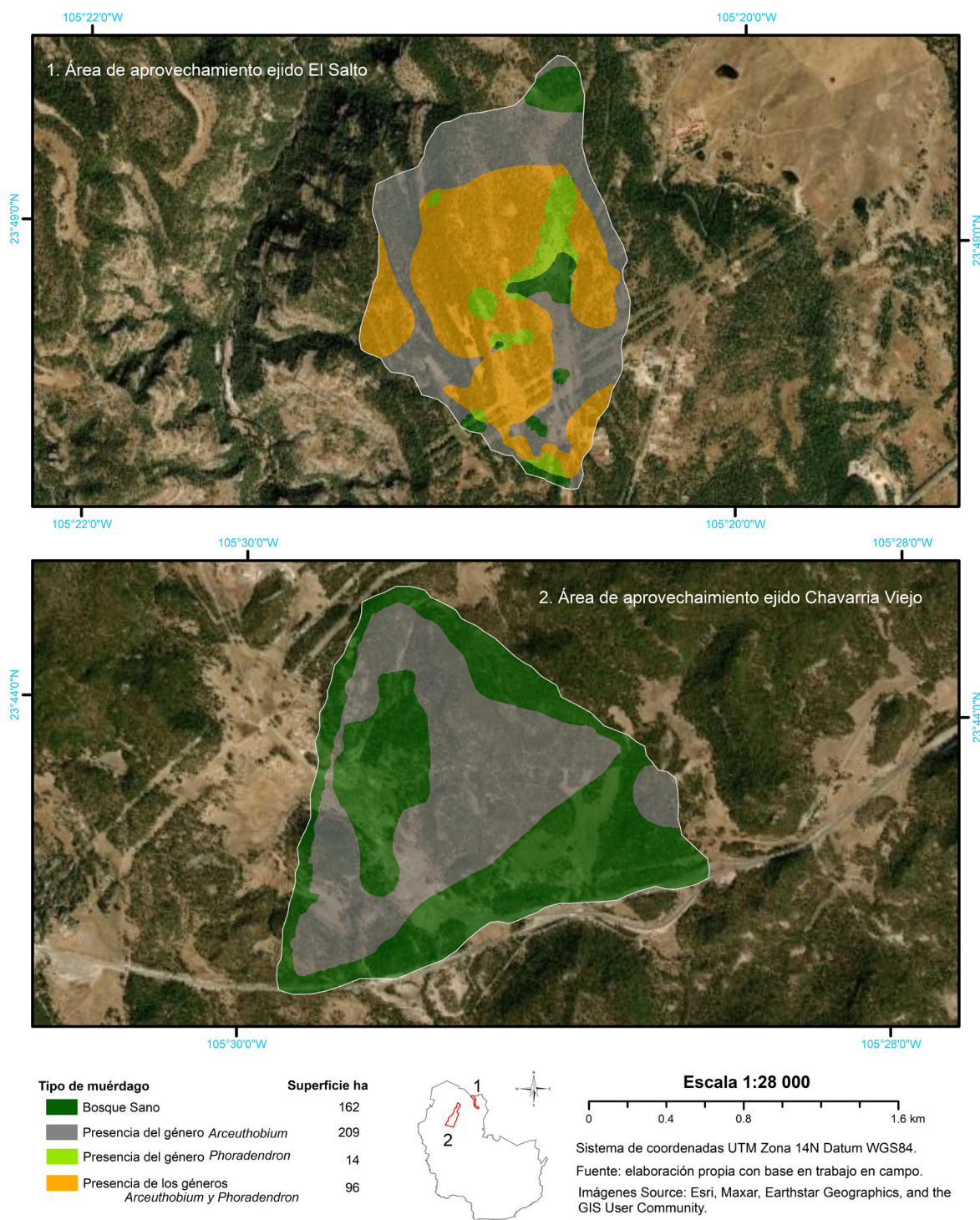
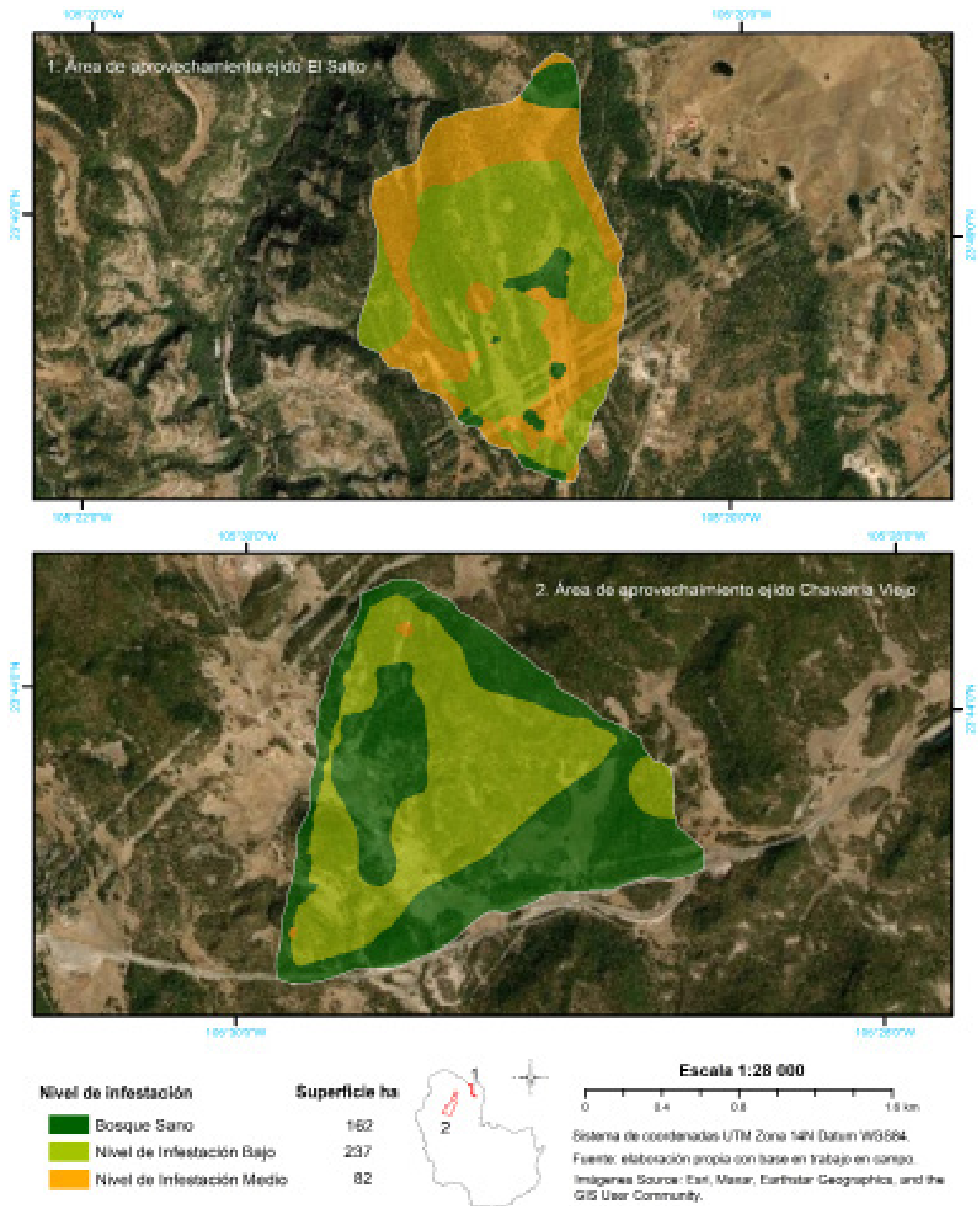


Figura 6.44 Niveles de infestación de muérdagos El Salto, Durango



7. PARCELAS PERMANENTES DE MONITOREO

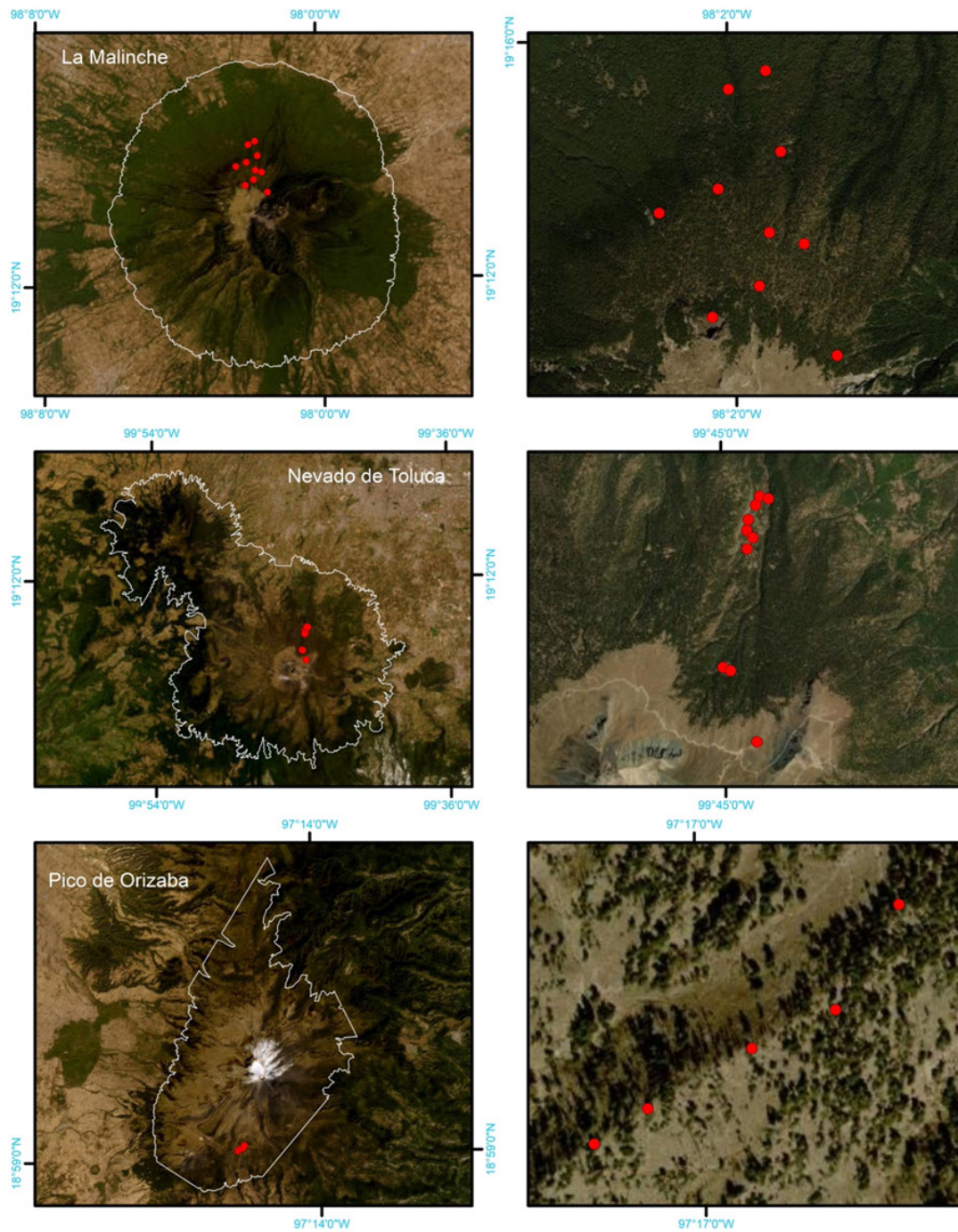
Se establecieron PPM en diferentes montañas con diferentes objetivos, mismos que permitan conocer a detalle el comportamiento de la planta parásita y sus hospederos.

Se instalaron 10 PPM en La Malinche con el propósito de evaluar el desarrollo de la planta y el nivel de daño ocasionado sobre el hospedero (*Pinus hartwegii*). Los resultados muestran que árboles juveniles son los que mayor daño presentan, por lo que, la principal estrategia a corto plazo en ellos es la poda de ramas ubicadas en el primer tercio del árbol, sin sobre pasar el 30% del total de la copa, para así darle oportunidad al hospedero a mejorar su desarrollo y encontrar mecanismos de defensa o adaptación a la presencia de la planta parásita (mejorar el vigor del árbol).

Se establecieron 10 PPM en Nevado de Toluca para evaluar el uso de hongos aparentemente fitopatógenos sobre *Arceuthobium vaginatum* en poblaciones de *Pinus hartwegii* infestadas. Los resultados más importantes de esta evaluación demuestran que el uso de hongos locales para el control gradual de la planta parásita es puede ser una estrategia más en la búsqueda de la reducción de las infestaciones de muérdagos a niveles permisibles.

Se evaluaron cinco PPM en Pico de Orizaba con el objetivo de evaluar los niveles de infestación asociado a la fenología de la planta parásita. Los resultados muestran que no existe una época en particular para el desarrollo, floración, maduración y dispersión, ya que se encontraron todas las etapas fenológicas de la planta parásita durante todo el año, incluso en los meses de invierno, lo que implica que, tampoco existe una estación en particular para realizar tratamientos silvícolas.

Figura 7.1 Parcelas permanentes de monitoreo instaladas



Simbología

- Sitios permanentes

Sistema de coordenadas UTM Zona 14N Datum WGS84.

Fuente: elaboración propia con base en trabajo en campo.

Imágenes Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community.

8. ACCESIONES DE GERMOPLASMA

Se identificaron en campo 11 árboles con aparente resistencia genética en el Nevado de Toluca (Figura 8.1) y 10 en Monte Tláloc (Figura 8.2). El primero se realizó en manchas de arbolado infestado por *Arceuthobium vaginatum*, con niveles de infestación superiores a cuatro de calificación; el segundo en manchas de *A. vaginatum* y *A. globosum*.

A la fecha, después de un año de seguimiento al estado de salud del árbol, muestran que el vigor del árbol no se ha visto afectado por los niveles de infestación de la planta parásita. Sin embargo, este seguimiento debe realizarse por lo menos los siguientes 10 años para valorar esos árboles como posibles semilleros de plántula con aparente resistencia genética.

Figura 8.1 Accesiones de germoplasma en Nevado de Toluca

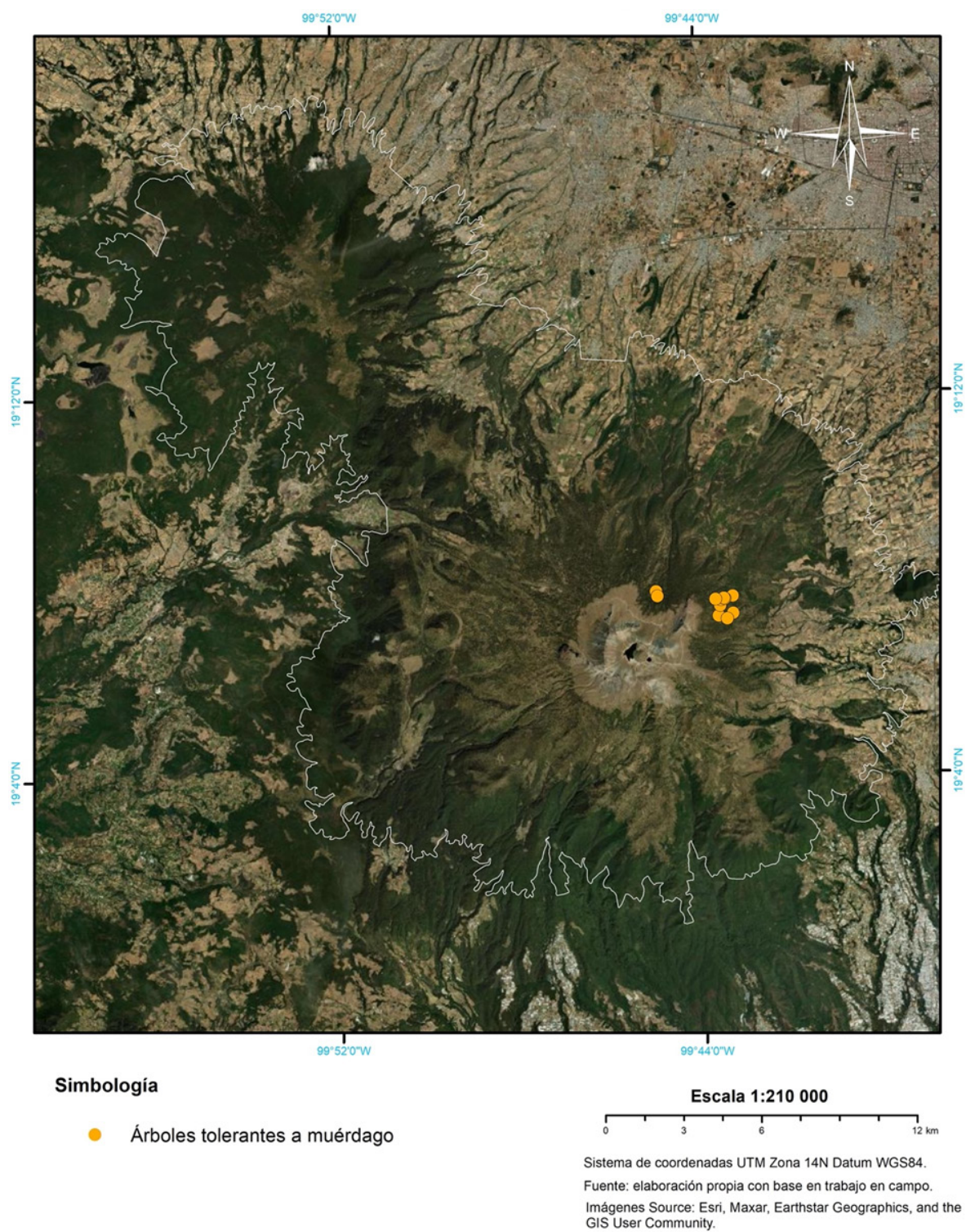
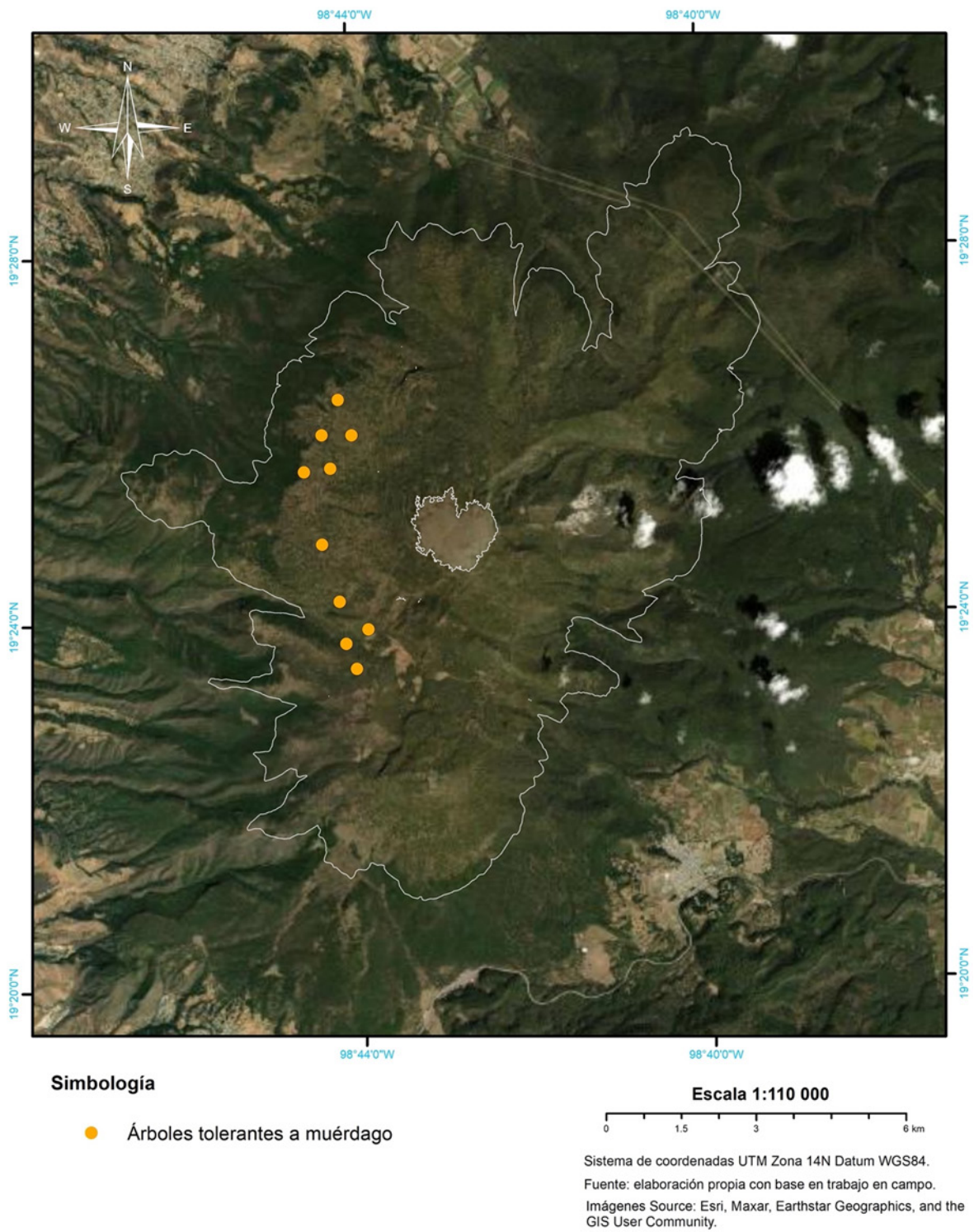


Figura 8.2 Accesiones de germoplasma en Monte Tláloc



9. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE MUÉRDAGOS ENANOS EN MÉXICO

La modelación de la distribución potencial (MDP) se ha utilizado en especies forestales para predecir el comportamiento ante escenarios de cambio climático, para planificar la conservación de especies relictuales o bajo alguna categoría de protección (Monterroso *et al.*, 2010; Sáenz *et al.*, 2012 y González *et al.*, 2020). En el ámbito de plantas parásitas, algunos trabajos se han realizado acerca de la distribución espacial y densidad del género *Arceuthobium* spp. en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (Ramírez y Porcayo, 2009).

En este estudio se presenta un modelo de la distribución potencial de género *Arceuthobium* spp. donde se utilizaron un total de 108 registros para la calibración del modelo y 45 para la validación, de los 45 registros finales 11 fueron de trabajo de campo en Nevado de Toluca, Nevado de Colima, y Pico de Orizaba, debido a que se eliminaron datos por la cercanía entre éstos pues se situaban a menos de 1 km entre sí. Las variables que más contribuyeron al modelo fueron la temperatura media del trimestre más cálido (27.6%), media de la temperatura media mensual (3.4%), estacionalidad de la temperatura (4.9%), la altitud (54.3%); la precipitación: coeficiente de variación de la precipitación estacional (2.4%) y el índice de vegetación (1.3%) (Tabla 9.1). El algoritmo de MaxEnt arrojó un valor de Área Bajo la Curva (AUC) 0.958, indicando que las variables en conjunto contribuyen más al modelo que cada una por separado. La modelación muestra cinco zonas prioritarias (con altas probabilidades de ocupación del género, según las variables ambientales consideradas). La primera es la Faja Volcánica Transmexicana, donde predominan los bosques de alta montaña y gran parte de los hospederos del género (*Pinus*, *Abies*) y donde se encuentran los mayores centros urbanos del país, ejerciendo presiones antrópicas sobre la biodiversidad.

La segunda se establece en la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua y Durango, éste último reportado como el estado con mayor distribución del género *Arceuthobium* spp. en México. La tercera ocurre en la Sierra Madre Oriental particularmente en el estado de Nuevo León y la cuarta alberga la mayor parte de la Sierra Madre del Sur en el estado de Oaxaca; y una quinta se ubica en la Sierra de Chiapas (Figura 9.1). Las dos primeras por las grandes superficies estimadas requieren atención en términos de política pública orientada al manejo y control de estos patógenos; en este sentido las tres últimas requieren acciones dirigidas hacia el control y prevención.

La altitud ha mostrado ser un factor importante en la distribución de los muérdagos enanos (Hawksworth y Wiens, 1996; Queijeiro-Bolaños *et al.*, 2013), la mayoría de los estudios reportan que estas plantas tienden a distribuirse en elevaciones intermedias, en el modelo que se generó fue una de las variables que más contribuyó (54.3%). La sola infección por muérdago enano raramente mata al árbol, es más bien una combinación de otros factores los que elevan las tasas de mortalidad; la temperatura es uno de estos fac-

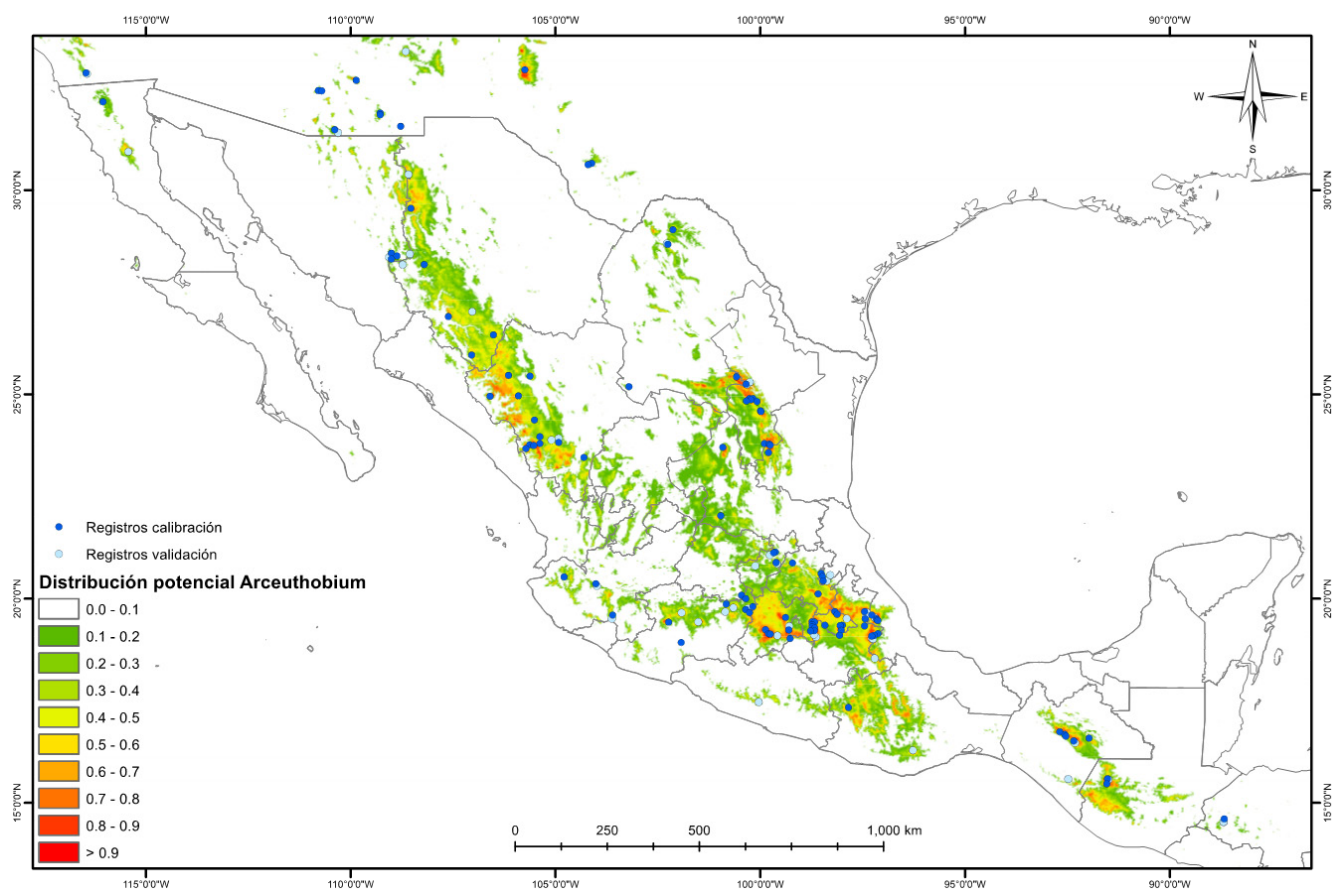
tores, estos organismos son poco eficientes respecto a la optimización del uso del agua, transpiran alrededor de cuatro veces más que su hospedero, el estrés hídrico aunado a un aumento de la temperatura provoca un aumento en los niveles de evapotranspiración. De esta forma, se aumentan las probabilidades de que el árbol muera; afectando al mismo tiempo la supervivencia de la planta parásita (Rusch *et al.*, 2021).

Por otra parte, las bajas temperaturas también afectan la supervivencia del muérdago enano pues está documentado que las semillas no pueden germinar a bajas temperaturas (Barret *et al.*, 2012). Debido a lo anterior, se infiere que las temperaturas óptimas para que el muérdago enano sobreviva, son temperaturas intermedias. Los altos niveles de precipitación afectan negativamente la dispersión y por tanto la distribución espacial del muérdago, las lluvias suelen “lavar” las semillas que se depositan en las ramas de los árboles impidiendo su germinación y reduciendo la viabilidad del polen (Barret *et al.*, 2012; Tamudo *et al.*, 2021).

Tabla 9.1 Variables para la modelación de la distribución potencial del género *Arceuthobium* spp.

Variable	Fuente	Resolución	Descripción
Bio01	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Temperatura media anual
Bio02	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Media de la temperatura media mensual
Bio04	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Estacionalidad de la temperatura
Bio09	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Temperatura media del trimestre más cálido
Bio13	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Precipitación del mes más húmedo
Bio15	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Coeficiente de variación de la precipitación estacional
Bio18	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Precipitación del trimestre más cálido
ETPa	https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appeears/	~1 Km	Evapotranspiración actual
Alt	https://www.world-clim.org/	~1 Km	Altitud
EVI	https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appeears/	~1 Km	Índice de vegetación

Figura 9.1 Mapa de distribución potencial de *Arceuthobium* spp.



10. CONCLUSIONES

El *Atlas de plantas parásitas en bosques templados de México* es el resultado principal del proyecto CONAFOR-CONACYT titulado “Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: noroeste (Durango), centro-occidente (Michoacán y Jalisco), oriente (Puebla y Veracruz), centro-sur (Estado de México y Tlaxcala) 130105”.

El proyecto abarca nueve zonas de estudio de siete Estados del país, ocho de ellas en Áreas Naturales Protegidas, una de ellas ampliamente documentada en términos de su importancia ecológica (Mariposa Monarca) y una novena en bosques sometidos a manejo forestal (El Salto, Durango).

Los bosques de alta montaña del Nevado de Toluca, Nevado de Colima, Monte Tláloc, Malinche, Pico de Orizaba y Cofre de Perote tienen en promedio más del 30% de sus ecosistemas forestales con algún nivel de ataque de muérdagos enanos. Esto implica que, en términos de abundancia y distribución, parecen estar fuera de control, ocasionando un desequilibrio en el ecosistema, que se traduce en mortalidad prematura en arbolado juvenil y de las primeras clases diamétricas (10-20 cm de DN), disminución de las tasas de regeneración natural y reducción del vigor de arbolado adulto afectado por muérdagos.

El bosque de oyamel de la Mariposa Monarca se encuentra en el límite permisible de afectación por muérdagos enanos, asociado al ataque de descortezadores de los géneros *Pseudohylesinus*, *Scolytus* y *Phytiophthorus*, lo que sugiere, reducir los niveles de infestación de los muérdagos para, de manera indirecta, reducir las afectaciones por los descortezadores.

El bosque de encino-pino de Sierra de Quila presenta niveles bajos de ataque de muérdagos enanos y verdaderos, donde se encontró un hongo aparentemente fitopatógeno (*Pestalotiopsis*), que está controlando a *Arceuthobium durangensis* en *Pinus douglasiana*. Esto sugiere que la diversidad de hospederos es una variable que incrementa la resiliencia de este bosque ante el ataque de plantas parásitas.

El bosque de pino-encino de El Salto es el ecosistema con mayor diversidad de muérdagos enanos, asociado, obviamente a la diversidad de pinos de la zona, pero también a la historia de manejo forestal, ya que actualmente los programas de manejo forestal se ejecutan en bosques residuales, donde desde hace mucho tiempo se han llevado a cabo aprovechamientos maderables.

El bosque del Nevado de Toluca y Monte Tláloc son las zonas con mayores oportunidades de encontrar rodales con aparente resistencia genética, debido a las grandes superficies de bosques de pino infestados por muérdagos enanos (amarillo y negro), e incluso con traslape de ambos. Son estas manchas de arbolado donde se pueden desarrollar árboles tolerantes a estos patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aeukema, J.E. (2003). "Vectors, viscin, and Viscaceae: Mistletoes as parasites, mutualists, and resources". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(3), 212-219.
- Aldeco, C.E.A. (2018). *Fenología de dos especies de muérdago enano simpátricas (Arceuthobium vaginatum y A. globosum) parásitos de Pinus hartwegii en Zoquiapan, Edo. de México, México* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma del Estado de México. México.
- Alvarado, R.D. y Saavedra, R.L. de L. (2005). "El género *Cladocolea* (Loranthaceae) en México: Muérdago verdadero o injerto". *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11(1), 5-9.
- Alvarado, R.D. y Saavedra, R.L. de L. (2016). *Memorias del foro nacional: Las plantas parásitas en México*. Unidad de Congresos Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Edo. de México. 10 y 11 de octubre de 2016.
- Alvarado, R.D., Saavedra-Romero, L. y Cárdenas-Soriano, E. (2009). "Anatomía de la interacción *Cladocolea loniceroides* (Van Tieghem) Kuijt-Salix bonplandiana Kunth". *Ciencia Forestal en México*, 34(106), 191-203.
- Alvarado-Cárdenas, L. (2010). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 75. VISCA-CEAE Bastch (Folleto). UNAM. México.
- Arriaga, L., Espinoza, J.M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. y Loa, E. (coordinadores). (2000). "Regiones terrestres prioritarias de México". Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Astudillo, C., Villanueva, J., Endara, A., Nava, G. y Gómez, M. (2016). "Climatic variability at the treeline of Monte Tlaloc, Mexico: a dendrochronological approach". *Trees*. s00468-016.
- Azpeitia, S.F.C.E. (2004). *Biología reproductiva del muérdago Psittacanthus calyculatus (DC.) G. Don (Loranthaceae), en Tlaxcala, Tlaxcala* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Barrett, T., Latta, G., Hennon, P., Eskelson, B. y Temesgen, H. (2012). "Host-parasite distributions under changing climate: *Tsuga heterophylla* and *Arceuthobium tsugense* in Alaska". Canadian Press.
- Billings, R.F. y Espino, V. (2005). "El gorgojo descortezador del pino (*Dendroctonus frontalis*) en Centroamérica: Como reconocer, prevenir y controlar plagas". Texas Forest Service Publication.
- Bolaños, Y. (2014). *Diagnóstico socioeconómico del Parque Nacional Malinche bajo el criterio de cuencas hidrológicas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma del Estado de México. México.
- BOLFOR y PROMABOSQUE. (1999). "Guía para la Instalación y Evaluación de Parcelas Permanentes de Muestreo (PPMs)". Santa Cruz, Bolivia.

- Brenner, L. (2009). "Aceptación de políticas de conservación ambiental: el caso de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca". *Economía, Sociedad y Territorio*, 9 (30), 259-295.
- Castillo-Campos, G., Medina-Abeo M. y Acevedo-Rosas, R. (2018). "El género *Psittacanthus* (Loranthaceae) en Veracruz, México". *Acta Botánica Mexicana*, 124, 19-33.
- Ceballos, G. y G. Oliva (coords.). (2005). "Los mamíferos silvestres de México". México: Fondo de Cultura Económica.
- Cedillo, M. (2017). *Análisis espacial del nivel de infestación por muérdago enano en el bosque de pino del área de protección de flora y fauna nevado de Toluca* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Chávez, S.L. (2013). *Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a dos especies de muérdago enano (Arceuthobium spp.) parásitos de Pinus hartwegii (lindl.) en el Parque Nacional Zoquiapan y anexas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cházaro, M.J., Oliva, R.H., Farias, R. y Vázquez, J.A. (2005). "*Cladocolea oligantha* (Loranthaceae) un nuevo registro para Veracruz, México, y datos generales sobre este taxón". *Polibotánica*, 20, 1-15.
- Clark, T.R., Torres, B.B., Alfonso, C.C., Valdez, H.J., González, A.G., Bretado, V.J. y Campos, C.J. (2011). "Análisis de la abundancia e infección por muérdago en Sierra Fría, Aguascalientes, México". *Madera y Bosques*, 17(2), 19-33.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2001). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2006). *Programa de Manejo Parque Nacional Nevado de Colima*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2013a). *Programa de Manejo Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2013b). *Programa de Manejo Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2014b). *Borrador del Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2015). *Programa de Manejo Parque Nacional El Pico de Orizaba*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2015b). *Programa de Manejo Parque Nacional Cofre de Perote o Nauhcampatépétl*. Secretaría de Medio

- Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2016a). *Dirección Regional Centro y Eje Neovolcánico*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2016b). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2019). *Volcán Nevado de Colima*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2021). *Ficha Simec Sierra de Quila*, de CONANP. SIMEC, CONANP. México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2018). *Bosque de Luz*. México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2021). *Estado que guarda el sector forestal en México*. Bosques para el bienestar social y ambiental 2021. Primera edición. México.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2022). *Programa Operativo de Sanidad Forestal 2022 del Estado de Durango*. Comité Técnico de Sanidad Forestal en Durango.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2012). *Historia de familias*. Pinos y oyameles. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020a). *México megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020b). *Ecosistemas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020c). *Bosques Templados*. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2020). *Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. Registros de ejemplares*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Coria, A.V., Vázquez C.I., Muñoz, F.H. y Villa, C.J. (2010). "Impacto de tierra de diatomeas sobre *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule* en *Pinus pseudostrobus* Lindl.". *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1), 39-46.
- Cortez, H.M. (2013). *Hongos antagonistas para el control de muérdago enano (Arceuthobium vaginatum) en dos áreas naturales protegidas del Eje Neovolcánico* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cramaussel, C. (2009). "Historia Del Poblamiento Del Municipio De Pueblo Nuevo, Durango". *Revista De Historia De La Universidad Juárez Del Estado De Durango*, 01 (enero), 10-37.
- Cuevas G.R., Cisneros, L.E., Jardel, P. E., Sánchez, R.E., Guzmán, H.L., Núñez, L. N., Rodríguez, G.C. (2011). "Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1219-1233.

- Del Castillo, A. (2020). "Nevado de Colima: salvar un bosque con la ayuda de las comunidades". Verde Bandera. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1996). *ACUERDO de coordinación mediante el cual se transfiere la administración del Parque Nacional denominado La Malinche a los gobiernos de Tlaxcala y Puebla*. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021). *Ley General de Vida Silvestre. Última reforma 07-06-2011*. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Publicado en *Diario Oficial de la Federación*. México.
- Duaber, E. (1995). *Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento*. Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR.
- Endara A.R., Bermúdez, L. y Sanjuanero, S. (2015). *Propuesta metodológica para la identificación de Áreas de Recuperación Forestal en Monte Tláloc, Estado de México*. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.
- Endara, A.R. y Herrera, F. (2016). "Deterioro y conservación de los bosques del Nevado de Toluca y el rol de los actores locales". *Ciencia Ergo Sum*, 23(3), 247-254.
- Endara, A.R., Calderón, C.R., Nava, B.G. y Franco, M.S. (2013). "Analysis of Fragmentation Processes in High-Mountain Forests of the Centre of Mexico". *American Journal of Plant Sciences*, 4(3), 697-704.
- Estrada, A., Martínez, J.L., Montoya, A., Navarro, Y. y Susana. (2019). "La Malinche, cañadas, bosques y microorganismos". Conacyt. México.
- Farjon, A. (1998). "World Checklist and Bibliography of Conifers". Richmond, U.K.: Royal Botanical Gardens at Kew.
- Flores, V.M.Y. (2008). *Evaluación del efecto que causa el muérdago enano (Arceuthobium vaginatum subsp. vaginatum) en el crecimiento de Pinus cooperi en Pueblo Nuevo, Durango* (Tesis de Maestría). Centro Interdisciplinarios de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Fonseca, R.M. (2016). "Los Abies u oyameles". *Ciencias*, 120-121.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2004). *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020*. Informe Nacional México.
- Franco, M., Regil, H. y Ordóñez, J. (2006). "Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca". *Madera y bosques*, 12(1), 17-28.
- Galván, G.L. (2016). *El género Cladocolea Tiegh. (Loranthaceae) en México* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México.
- García, E. (2004). "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen". Quinta edición. México. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gasca, P.E. (2010). "Monte Tláloc". Aguas míticas, Cumbres sagradas. 1a ed. Toluca, México: Gobierno del Estado de México.
- GBIF.org. (2020). *GBIF Home Page*. Global Biodiversity Information Facility.

- Geils, B.W. y Hawksworth, F.G. (2002). *Damage, effects and Importance of dwarf mistletoe*. En: Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody (eds.). *Mistleoe of North American Conifers*. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 57- 65.
- Geils, B.W. y Vázquez C. (2002). *Loranthaceae and Viscaceae in North America*. En: *Mistletoes of North American conifers*, B. W. Geils, J. C. Tovar y B. Modoy (coords.). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, Utah. p. 1-5.
- Geils, B.W., Cibrián, T.J. y Moody, B. (2002a). *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.
- Geils, B.W., Wiens D. y Hawksworth F.G. (2002b). *PHORADENDRON in Mexico and the United States*. Chapter 3. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 19-28.
- Gómez, S.M., Sánchez, F.L. y Salazar, O.L. (2011). "Anatomía de especies mexicanas de los géneros *Phoradendron* y *Psittacanthus*, endémicos del Nuevo Mundo". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1203-1218.
- Gómez, V. (2020). *Bosque de pino-encino: características, clima, flora y fauna*. Lifeder.
- González, C.R., Treviño, G.E.J., Aguirre, C.O.A. y Pournavab, R.F. (2020). "Distribución potencial de *Abies vejarii* (Pinaceae) y su relación con factores ambientales, topográficos y antropogénicos en el noreste de México". *Acta Botánica Mexicana*, 127, e1607.
- González, G.E., Serrano, G.C., Lira, R.K.V., Quiñonez, B., Sánchez, M.G., López P.I. y Sánchez, L.R. (2017). *Identificación, distribución y control de muérdago enano (Arceuthobium spp.) en bosques de coníferas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Pabellón Pabellón de Arteaga, Ags., México.
- González, R.I. y Cano, S.Z. (2019). "Estudio preliminar de las comunidades de artrópodos asociadas a dos plantas parásitas y su hospedero en la Sierra Nevada, México". *Revista Xilema*, 29(1), 47-53.
- Graciano, A.G., Alnaís, R.E., Rubio, C.E.A., Valdecantos, D.A., Aguirre, C.O.A., González, T.M.A., Treviño, G.E. J., Corral, R.J. y Mora, O.A. (2020). "Composición y estructura espacial de cinco asociaciones de bosques de *Pinus durangensis*". *Madera y Bosques*, 26(2), e2621933.
- Guerrero, J.J. y López, G.A. (1997). *La Vegetación y La Flora de Sierra de Quila*. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 134 p.
- Guerrero, N.J.J., y Cházaro, M. (1995). *Datos generales sobre la Sierra de Quila, Jalisco*. En: *Antología botánica del Estado de Jalisco, México* Pp. 70-73 (Cházaro B., M., M. E. Lomelí, R. R. Acevedo, y R. S. Ellerbracke, comps.). Departamento de Geografía y Ordenación Territorial, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Hawksworth, F.G. (1977). "The 6- class dwarf mistletoe rating system". USDA. Gen. Tec. Rep. RM-48. Fort Collins, CO. USA. 6 p.

- Hawksworth, F.G. y Wiens, D. (1996). "Dwarf mistletoes: biology and pathology and systematics (*Arceuthobium*)". United States Department of Agriculture Forest Service, USA.
- Hernández, M. y Granados, D. (2006). "El Parque Nacional Iztaccíhuatl- Popocatepetl-Zoqueapan y El Impacto Ecológico-Social de su Deterioro". *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 101-109.
- Hernández, P.S. (2015). *Búsqueda de agentes de control biológico en muérdago del género Arceuthobium* (Tesis Maestría en Ciencias). Colegio de Postgraduados. México.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2007a). *Estado actual de las áreas forestales en México*. México.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2007b). *Parque Nacional Volcán Nevado de Colima*. México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Conjunto de datos vectoriales de información topográfica, escala 1:50000*. Serie III. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags., México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). (2007). *Principales plantas parásitas y epífitas e insectos que atacan los bosques de coníferas del Estado de Nuevo León*. (Folleto técnico Núm. 36). Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Saltillo. México.
- Ivaniszewski, S. (1986). "La arqueología de alta montaña en México y su estado actual". *Estudios de Cultura Náhuatl*, 18, 249-273.
- Juárez, O.Y. (2018). *Coleópteros edafícolas en una zona forestal en el municipio de Tlaxco, Estado de Tlaxcala* (Tesis Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.
- López, F.A.G. (2013). *Evaluación de efectividad biológica de inhibidores de crecimiento para el control de muérdago enano (Arceuthobium globosum y A. vaginatum)* (Tesis de Licenciatura) División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- López, M.G. (2016). *Una nueva opción en el control de plantas parásitas*. En: Memorias del foro nacional: Las plantas parásitas en México. Unidad de Congresos Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Edo. de México. 10 y 11 de octubre de 2016.
- Luna, P., Montero, A. y Junco, R. (2009). "Las aguas celestiales. Nevado de Toluca". Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). México.
- Martínez, M.J.J. (2015). "Efecto del etefón en el control de muérdago y la producción de resina en liquidámbar". División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Pp 103.
- Martínez, R.E. (2014). *Evaluación del nivel de infestación de Muérdago (Arceuthobium spp.) en un predio del Parque Nacional Pico de Orizaba* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Martínez-Ambriz, E. (2020). *Familia Loranthaceae*. Fascículo 214. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes (Folleto). Instituto de Ecología A.C. México.
- Mathiasen, R., Nickrent, D., Shaw, D. y Watson D. (2008). "Mistletoes Biology, Sys-

- tematics, Ecology and Management". *The American Phytopathological Society*, 92(7), 998-1006.
- Mayahua, Q.N. (2009). *Identificación de descortezadores del género Dendroctonus (Coleoptera:Scolytidae) que atacan especies de Pinus del Parque Nacional Pico de Orizaba* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana. Región Córdoba-Orizaba. México.
- Mayer, H. y Ott, E. (1991). *Gebirgswaldabau-Schutzwaldpflege: ein waldbauulicher Beitrag zur Landschaftsökologie und zum Umweltschutz* (Silviculture in Mountain Forest-Management of protection forest: A silvicultural contribution to landscape ecology and environmental protection), 2nd revised edn. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Melchor, L.A.L. (2019). *Hongos fitopatógenos como control biológico de Phoradendron sp.* (Tesis Ingeniero agrónomo parasitólogo). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2008). "Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*". Guatemala.
- Montero, G.I.A. (2004). "Atlas arqueológico de la alta montaña mexicana". Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional Forestal, México.
- Monterroso R.A.E., Gómez, D.J.D., y Tinoco, J.A (2010). "Potential distribution of two dominant species in the National Park Nevado de Toluca, central México, current and future climate change scenarios". *Journal of Natural & Environmental Sciences*, 1(1), 27-34.
- Morales-Mávila, J. y Aguilar, S. (2000). "Avifauna del Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz México". *Foresta Veracruzana*, 2(1), 35-40.
- Morales-Mávila, J.E., Suárez-Domínguez, E.A., Mestizo-Rivera, L.R., Villa-Cañedo, J.T., Enríquez-Roa, J., Corona-López C., Bello-Gutiérrez, J., A., González-Christen (2007). *Riqueza, diversidad y distribución de anfibios, reptiles y mamíferos en las Áreas Naturales Protegidas del estado de Veracruz*. Xalapa. Universidad Veracruzana/CO-NACYT, Segundo Informe Técnico.
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. (2000). "Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal". Santa Cruz de la Sierra. BOLFOR.
- Navarrete, A.A. (2017). *Asociación del muérdago enano (Arceuthobium spp.) y la mariposa resinera (Synanthedon cardinalis) en Pinus hartwegii de Zoquiapan, Estado de México*, México (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de México. México.
- Neyra, J. (2012). "Altas montañas mexiquenses. Historia natural, turismo y conservación". Secretaría de Educación del Estado de México. Consejo Editorial de la Administración Pública Estatal. México: Fondo Editorial del Estado de México.
- Nickrent, D., García, M., Martín, M., y Mathiasen, R. (2004). "A phylogeny of all species of *Arceuthobium* (Viscaceae) using nuclear and chloroplast DNA sequences". *American Journal of Botany*, 91(1), 125-138.
- Olivo, J. (2018). *Proyecto de Diagnóstico fitosanitario y de combate y de control de plagas y*

- enfermedades forestales*. Comisión Nacional Forestal. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Chihuahua, México.
- Ornelas, J.F. (2019). “Los muérdagos *Psittacanthus* en México: ecología, evolución, manejo y conservación”. *Biodiversitas*, 146, 12-16.
- Ortega, C.C.S. (2007). *Estudio temporal de la fragmentación forestal del área de protección de flora y fauna “Sierra de Quila” en el estado de Jalisco, mediante sistemas de información geográfica (SIG)*. (Tesis de Licenciatura en Biología) Universidad de Guadalajara. México.
- Pérez, H.R.A. (2014). “Evaluación de Muérdago Killer para el control de *Phoradendron densum* en *Cupressus arizonica* en el Ejido El Tunal”, Arteaga, Coahuila.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. (2006). “Maximum entropy modeling of species geographic distributions”. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Press, M.C. y Phoenix, G.K. (2005). “Impacts of parasitic plants on natural communities”. *New Phytologist*, 166(2), 737-751.
- Queijeiro-Bolaños, M., Cano-Santana, Z., y Castellanos-Vargas, I. (2011). “Distribución diferencial de dos especies de muérdago enano sobre *Pinus hartwegii* en el Área Natural Protegida Zoquiapan y anexas, Estado de México”. *Acta Botánica Mexicana*, 96, 49-57.
- Queijeiro-Bolaños, M. (2007). *Interacciones entre dos especies de muérdago enano (Arceuthobium spp.) y Pinus hartwegii en el Parque Nacional Zoquiapan, Estado de México: El papel del disturbio*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Queijeiro-Bolaños, M., Cano-Santana, Z., y Castellanos-Vargas, I. (2013). “Does disturbance determine the prevalence of dwarf mistletoe (*Arceuthobium*, Santalales: Viscaceae) in Central Mexico?”. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86(2), 181-190.
- Queijeiro-Bolaños, M., y Cano-Santana, Z. (2015). “Dinámica temporal de la infestación por muérdago enano (*Arceuthobium globosum* y *A. vaginatum*) en Zoquiapan (Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl), México”. *CienciaUAT*, 9(2), 06-14.
- Quiñones, B.S., González, E.S. y Mathiansen, R.L. (2016). *Plantas parásitas en Durango y sus perspectivas*. En: Memorias del foro nacional: Las plantas parásitas en México. Unidad de Congresos Colegio de Postgraduados, campus Montecillo, Edo. de México. 10 y 11 de octubre de 2016.
- Quintos-Escalante M., González-Valdez L.S. y M.P. González-Castillo. (2010). “Calidad microbiológica del agua de la red municipal de El Salto p. n. Durango”. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional.
- Ramírez, D.R., Vargas, O.P., Arreola, N.H., Cedano, M.M., González, T.R., González, V.M., Harker, L.M., Hernández, L.L., Martínez, G.E., Pérez de la Rosa, A.A., Rodríguez, C.A., Reynoso, D.J., Villareal de Puga, L.M. y Villaseñor, R.J.L. (2010). “Catálogo de plantas vasculares de Jalisco”. 1ª Edición. México. Prometeo Editores, S.A. de C.V.

- Ramírez, J.F., y Porcayo, E. (2009). “Estudio de la distribución espacial del muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en el Nevado de Toluca, México utilizando el método del SADIE”. *Madera y Bosques*, 15(2), 93-112.
- Restrepo, C., Sargent, S., Levey, D.J. y Watson, D.M. (2002). *The role of vertebrates in the diversification of New World mistletoes*. En: Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. D.J. Levey, W.R. Silva and M. Galetti (Eds.). Oxfordshire, U.K. CAB International Press. P. 83-89.
- Rivera, J. (2016). *Anatomía e histoquímica del establecimiento del haustorio de *Struthanthus interruptus* (Kunth) Blume, planta parásita de *Populus tremuloides* Michx. Especie abundante en el arbolado del Distrito Federal* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Rodríguez, P.T. (2014). *Estudio ecológico de las plantas parásitas en un matorral xerófilo de la costa de Sonora* (Tesis de licenciatura). Universidad de Sonora. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Hermosillo Sonora.
- Romero, T.A. (2006). *Influencia del muérdago enano (*Arceuthobium* spp.) en densidad básica, ancho de anillos, porcentajes de madera temprana y tardía, en dos especies de pino *Singuilucan*, Hidalgo*. (Tesis de Ingeniería). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Rusch, D., Kope, H., Murray, M., Yurkewich, J., Zaglen, S. (2021). “Dwarf mistletoe management in British Columbia. Prov. B.C., Victoria, B.C.”. *Land Manag. Handb.* 73. For.BC.
- Rushforth, K.D. (1989). “Two new species of *Abies* (Pinaceae) from western Mexico”. *Notes Royal Botanic Garden Edinburg*, 46, 101-109.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México: LIMUSA.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*, 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, C. (2011a). “Dos especies notables de *Phoradendron* (Viscaceae) de la Mixteca Oaxaqueña (México), una nueva y una complementada”. *Acta Botánica Mexicana*, 96, 3-10.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, C. (2011b). *Flora del bajo y de regiones adyacentes. VISCACEAE Fascículo 170 (Folleto)*. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, C. (2011c). *Viscaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo 170 (Folleto)*. Instituto de Ecología, A.C. Pp 2-13.
- Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, C. (2011d). “Principales hospederos y algunos otros datos ecológicos de las especies de Viscaceae en el Estado de Querétaro”. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Fascículo complementario XXVI*. Instituto de Ecología, A.C. Pp. 2.
- Sáenz, R.C., Rehfeldt, G., Duval, P. y Lindig, C.R.A. (2012). “*Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios an implication for monarch butterfly conservation in Mexico”. *Forest Ecology and Management*, 275, 98-106.

- Sánchez, G.A., López, M.L. y Vibrans, H. (2006). "Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del cerro Tlaloc, México". Boletín de la Sociedad Botánica de México.
- Sánchez, O., Vega E., Peters, E. y Monroy, O. (2003). "Conservación de ecosistemas templados de montaña en México". Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Sánchez, S.J.A, Torres, E.L.M. y Castillo, Q.D. (2007). "Principales plantas parásitas y epífitas e insectos que atacan a los bosques del estado de Nuevo León". CIRNE. Campo Experimental Saltillo (Folleto Técnico Núm. 36) Coahuila, México. 35 p.
- Sandoval, O.M.H. y Siqueiros, D.M.E. (2019). "*Cladocolea loniceroides*, un nuevo registro para la flora de Aguascalientes, México". *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 27(78), 51-54.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2013). *ACUERDO por el que se da a conocer el Resumen del Programa de Manejo del Parque Nacional La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl*. publicado en el Diario Oficial de la Federación. México.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2016). *Parque Nacional La Malinche o Matlalcuéyatl*. México.
- Servicio Geológico Mexicano (SGM). (2017). *Volcanes de México*. Riesgos-geológicos. México.
- Shamoun, S.F., Ramsfield, T.D., Van der Kamp, B.J. (2003). "Biological control approach for management of dwarf mistletoes, New Zealand". *Journal of Forestry Science*, 33(3), 373-384.
- Shaw, D.C., Watson, D.M. y Mathiasen, R.L. (2004). Comparison of dwarf mistletoes (*Arceuthobium* spp., Viscaceae) in the western United States with mistletoes (*Amyema* spp., Loranthaceae) in Australia-ecological analogs and reciprocal models for ecosystem management. *Australian Journal of Botany*, 52, 481-498.
- Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG). (2016). *Catálogo de tipos de Vegetación Natural e Inducida de México*. Anexo A. México.
- Tamudo, E., Camarero, J.J., Sangüesa-Barreda, y Anadón, J.D. (2021). "Dwarf Mistletoe and Drought Contribute to Growth Decline, Dieback and Mortality of Junipers". *Forests*, 12, 1199.
- Tivo, Y. e Iglesias, L. (2006). "Pulmones de México: los bosques de oyamel". *Revisa de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Veracruzana*, 19(3), septiembre-diciembre 2020.
- Tóvar, L.B. (2019). *Ejecución del proyecto de saneamiento forestal de Muérdago Verdadero (Struthanthus quercicola Schltdl. Et Cham) Blume, en el Municipio Landa de Matamoros, Querétaro* (Memoria de Experiencia Profesional Ingeniero agrónomo forestal). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- UNAM. (2020). *Dirección General de Repositorios Universitarios, Universidad Nacional Autónoma de México*. Portal de Datos Abiertos UNAM, Colecciones Universitarias.
- Valenzuela-Núñez, L.M. y D. Granados-Sánchez. (2009). "Caracterización fisonómica y

- ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Durango, México". *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 15(1), 29-41.
- Varo, R.R.D. (2015). *Caracterización del nivel de infestación por muérdago enano (Arceuthobium globosum subsp. grandicaule) en el bosque de Pinus hartwegii Lindl. en la cara sur del Pico de Orizaba* (Tesis de Licenciatura). Universidad Veracruzana. Región Córdoba-Orizaba. México.
- Varo, R.R.D. (2018). *Estructura, fitodiversidad y aspectos de uso tradicional del bosque de Pinus hartwegii en dos subcuencas del Sistema Volcánico Transmexicano* (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Vázquez, C.I. y Geils, B.W. (2002). "Loranthaceae and Viscaceae in North America. Mistletoes of North American conifers". Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S.
- Vázquez, G.J.A., Shalisko, V., Cuevas, G.R., Muñiz, C.M.A. y Mantilla, B.M.R. (2014). "Abies jaliscana (Pinaceae): a new combination in section Grandis and a key to the species of Abies in Western Mexico". *Phytotaxa*, 183(1), 026-036.
- Vázquez-Collazo I., Villa, R.A. y Madrigal, H.S. (2006). "Los muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán". SAGARPA. CONAFOR. INIFAP. Libro técnico No. 2 División Forestal. Uruapan. Michoacán. México. 98 p.
- Vázquez-Collazo, I. (1993). *Contribución al conocimiento del muérdago verdadero (Psittacanthus spp.) en México*. Boletín Técnico. No. 11. CIPAC. INIFAP. SARH. Uruapan, Michoacán. México.
- Villa, J. (2012). "Capacidades para la Conservación y Uso Sustentable del Parque Nacional Nevado de Colima". *Propuestas para la Gestión de los Parques en México 2012*. Orgánica editores. México.
- Villaseñor, J. (2016). "Checklist of the native vascular plants of Mexico". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902.
- Villavicencio, G., Bauche, P.R.P., Gallegos, R.A., Santiago, P.A.L. y Huerta, M.F.M. (2005). "Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de La Sierra de Quila". *Ibugana Boletín del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara*, 13(1), 67-76.
- Viveros, V.H., Sáenz, R.C., Vargas, H.J., Tapia, O.B., López, U.J., Santacruz, V.A. y Beaulieu J. (2014). "Comparación de qst vs. fst en poblaciones naturales de Pinus hartwegii LINDL". *Revista Fitotécnica Mexicana*, 37(2), 117-127.
- WorldClim. (2020). *Datos climáticos y meteorológicos globales*.
- Yarza, De la T.E. (2003). "Los volcanes del Sistema Volcánico Transversal". *Investigaciones Geográficas (Mx)*, 10(50), 220-234.
- Zavaleta, P.Y. (2008). *Identificación, incidencia y severidad del muérdago en el cañón de Los Lirios de la Sierra de Arteaga, Coahuila*. (Tesis de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Zuñiga, S.I.D.L. (2016). *Identificación de diferentes especies de muérdago Phoradendron en diversos hospedantes en la Sierra de Arteaga, Coahuila* (Tesis Ingeniero Agrónomo Parasitólogo). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

ANEXOS

Arceuthobium abietis-religiosae Heil. en *Abies colimensis* Rushforth & Narave



- A. Planta adulta con flores masculinas abiertas.
B. Hospedero, Oyamel de Colima (*A. colimensis*).
C. Infección en axila de la rama de oyamel.

Lugar: Parque Nacional Volcán Nevado de Colima.
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.
Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:
Luis Daniel Carbajal Romero, 2021.

Arceuthobium abietis-religiosae Heil. en *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.



- A. Planta de muérdago enano rojo después de la floración.
- B. Hospedero con severa infestación por muérdago.
- C. Ramas del hospedero infectadas.
- D. Brotes de parásito en el fuste del hospedero.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.
Tipo de vegetación: población de *Abies-Pino*.
Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium durangense Hawksw. & Wiens. en *Pinus devoniana* Lindl.



A. Planta femenina de muérdago durangense.

B. Planta masculina en crecimiento vegetal.

C. Bosque de *P. devoniana*.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium durangense Hawksw. & Wiens. en *Pinus douglasiana* Martínez



A. Planta femenina de muérdago durangense.

B. Bosque de *P. douglasiana*.

C. Tallos del muérdago, algunos secos por presencia de patógenos.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium globosum subsp. *globosum* en *Pinus cooperi*



A. Planta de *Arceuthobium globosum* subsp. *globosum* causando supuración de resina.

B. Hipertrofia en pequeña rama de *Pinus cooperi*.

C. Ramificación de los brotes, desarrollo de las hojas.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium globosum subsp. *grandicaule* Hawksw. & Wiens en *Pinus hartwegii* Lindl.



- A. Dimorfismo sexual, planta masculina (izq.) y planta femenina (der.).
B. Severa infección en el fuste de *P. hartwegii*.
C. Hiperplasia en rama del hospedero y parásito con frutos en maduración.

Lugar: Parque Nacional Cofre de Perote.
Tipo de vegetación: población de *Pinus hartwegii*.
Altitud: 3700 msnm.

Fotografías:
Angel Rolando Endara Agramont y
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium nigrum en *Pinus leiophylla*



A. Hipertrofia en rama de *Pinus leiophylla*.

B. Infección causada por *Arceuthobium nigrum* en *P. leiophylla*.

C. Planta femenina de *A. nigrum* con abundante ramificación flabelada.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium nigrum en *Pinus teocote*



A. Infección causada por *Arceuthobium nigrum* en rama de pino

B. Planta masculina con flores y estambres apenas visibles

C. Infección sistemática en rama

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

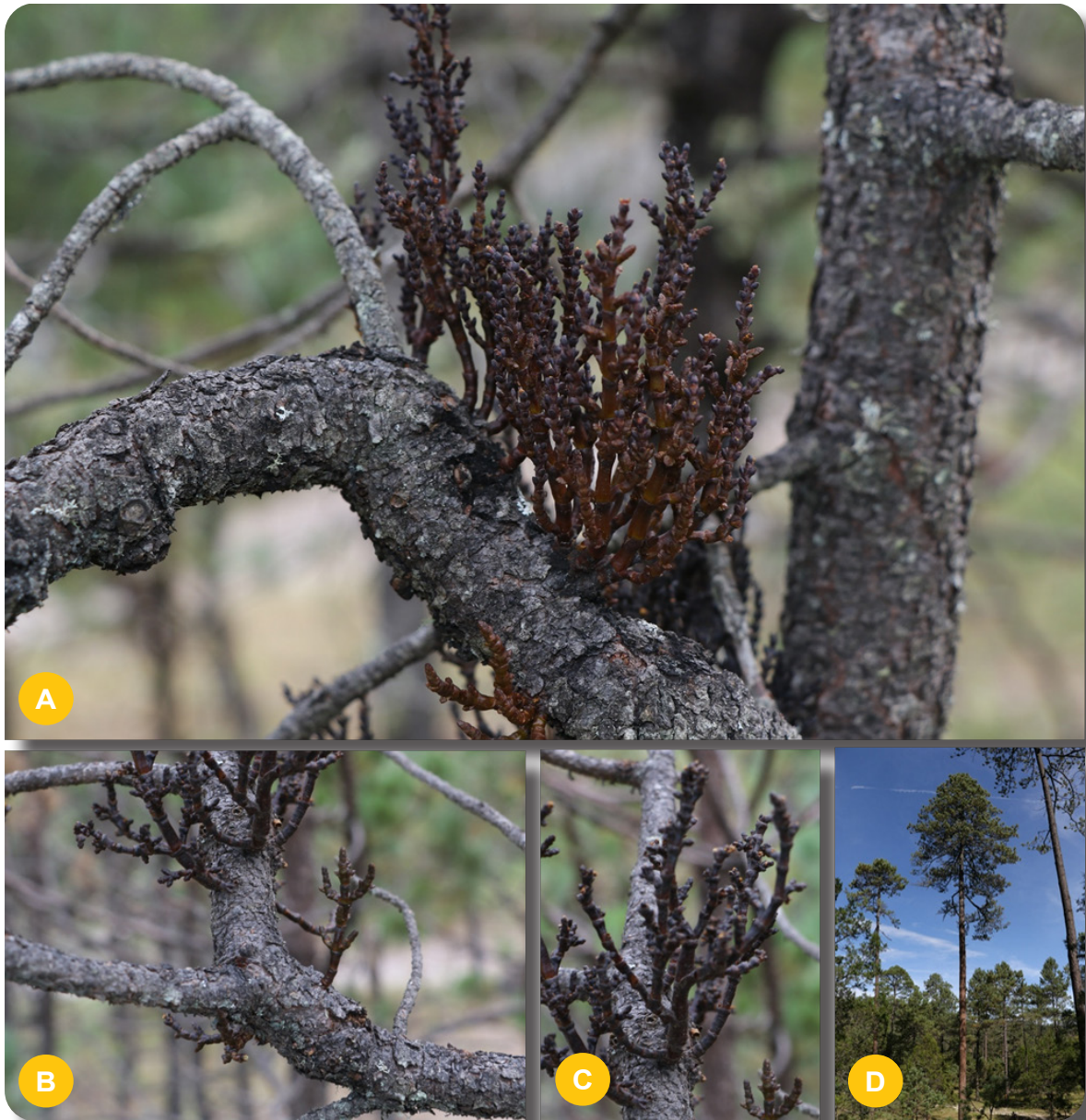
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium rubrum en *Pinus cooperi*



- A. Muérdago enano (*Arceuthobium rubrum*) infectando rama.
B. Hipertrofia en ramas de *Pinus cooperi*.
C. Tallos de color café rojizo del muérdago enano.
D. Hospedero (*Pinus cooperi*).

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium rubrum en *Pinus teocote*



- A. Los tallos de *Arceuthobium rubrum* miden 10 cm de largo.
B. La coloración varía de café rojiza a negro rojiza en el muérdago enano.
C. Planta (*A. rubrum*) parasitando a *Pinus teocote*.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.
Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Arceuthobium vaginatum (Willd) Presl. subsp. *vaginatum*



A. Bosque de *P. hartwegii* infectado por muérdagos negros.

B. Severa infección en fuste de hospedero (Fatality).

C. Parásito después de la floración.

Lugar: Parque Nacional Cofre de Perote.

Tipo de vegetación: población de *Pino hartwegii*.

Altitud: 3600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron bolleanum en *Arbutus madrensis*



- A. Planta de *P. bolleanum* con tallos cilíndricos de textura lisa.
B. Infección en fuste de *Arbutus madrensis*.
C. *P. bolleanum* le conocen localmente como injerto de madroño.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.
Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron brachystachium (DC.) Nutt. en *Bocconia frutescens* L.



A. Parásito con hojas oblanceoladas e inflorescencias.

B. Sitio de infección del hospedero.

C. Presencia del parásito en arbustos de *B. frutescens*.

Lugar: Temascaltepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 1700 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron brachystachium (DC.) Nutt. en *Crataegus mexicana* Moc. & Sessé ex DC.



A. Ramillas del muérdago.

B. Hospedero “Tejocote” (*C. mexicana*).

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.

Tipo de vegetación: población de Huizache-Encino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron densum en *Juniperus* sp.



A. Muérdago verdadero (*P. densum*) y el sitio de infección.

B. Infección en fuste de *Juniperus* sp. “Táscate”.

C. Infección en copa, mata de *P. densum* color amarillo mostaza.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

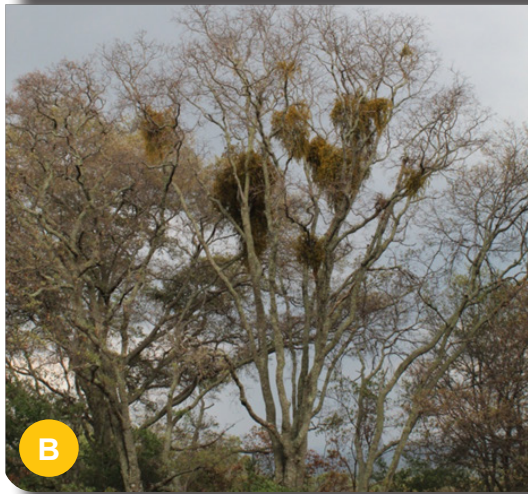
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron galeottii Trel. en *Quercus crassipes* Bonpl.



A. Planta adulta, colgante con tallos y hojas tomentosas (con vellosidades).

B. Hospedero con infección alta.

C. Bosque de encino con manchones de muérdago verdadero.

Lugar: Chapa de Mota, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron galeottii Trel. en *Quercus castanea* Née



A. Presencia de dos muérdagos verdaderos (*C. diversifolia* y *P. galeottii*) en un solo hospedero (*Q. castanea*).

B. Parásito con tallos juveniles de color verde.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron galeottii Trel. en *Quercus obtusata* Bonpl.



- A. Hiperplasia en rama del hospedero.
- B. Hospedero de encino (*Q. obtusata*).
- C. Hojas oblanceoladas y tomentosas del parásito.

Lugar: Chapa de Mota, Estado de México.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron reichenbachianum (Seem.) Oliv. en *Quercus castanea* Née



- A. Muérdago verdadero de 3 m de largo.
B. Hospedero con infestación nivel 4.
C. Hojas lanceoladas e infrutescencias maduras de color naranja.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron reichenbachianum (Seem.) Oliv. en *Quercus rugosa* Née



- A. Hospedero de encino (*Q. rugosa*).
B. Planta de muérdago de gran tamaño (3 m de largo).
C. Rama del parásito después de la dispersión.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron sp. en *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.

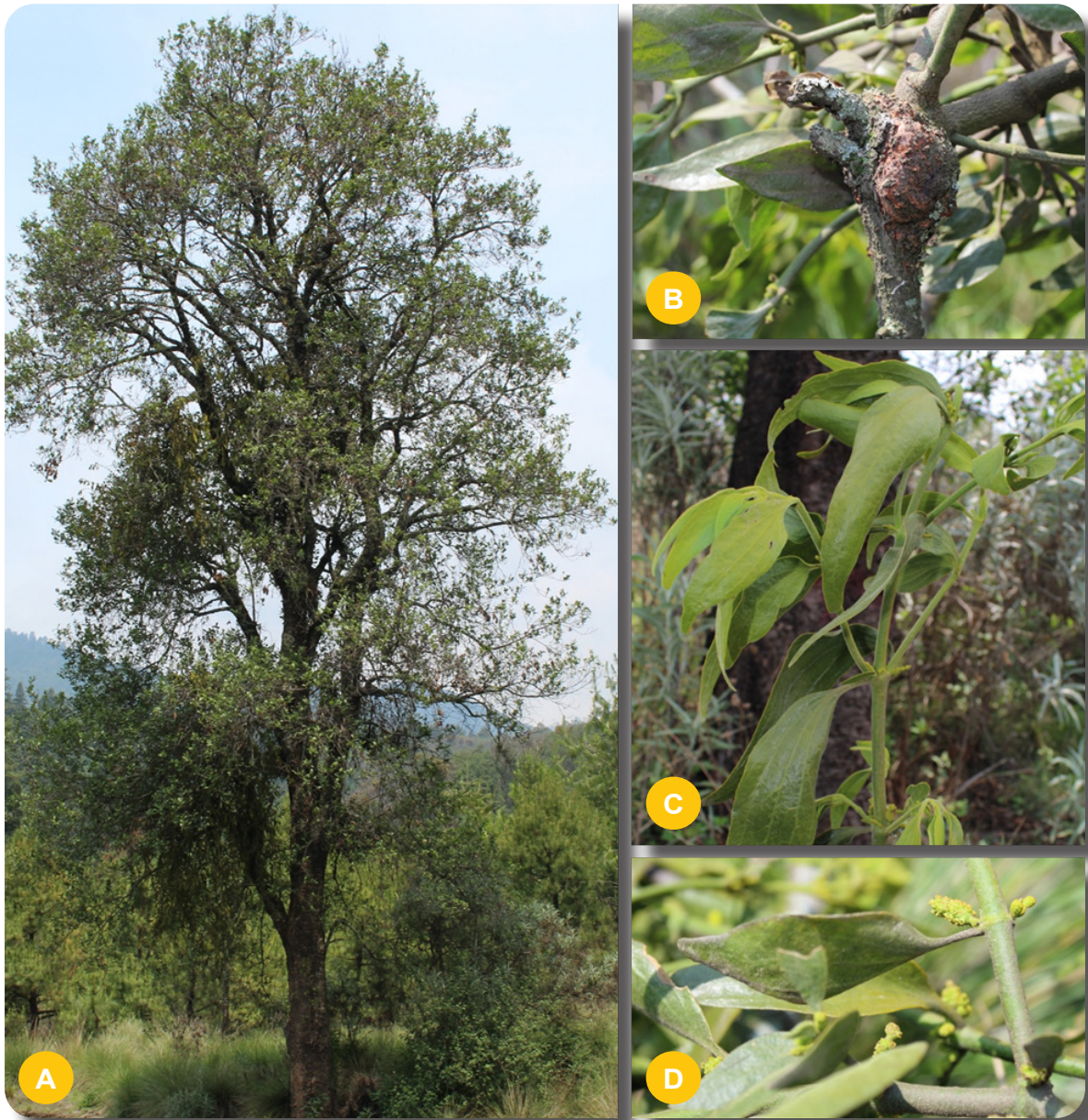


- A. Hospedero de oyamel (*A. religiosa*).
B. Planta de muérdago de gran tamaño.
C. Rama del parásito sobre hospedero.

Lugar: Texcoco de Mora, Estado de México
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel-Encino.
Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron velutinum (DC.) Nutt. en *Alnus jorullensis* Kunth



- A. Individuo con presencia de muérdago.
- B. Hiperplasia en rama del hospedero.
- C. Hojas lanceoladas del parásito.
- D. Formación de las inflorescencias.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.
Tipo de vegetación: población de Aile, Encino, Pino.
Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron velutinum (DC.) Nutt. en *Crataegus mexicana* Moc. & Sessé ex DC.



A. Infestación media en hospedero.

B. Hospedero tejocote al costado de un cultivo.

C. Brote de *Phoradendron* sp.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

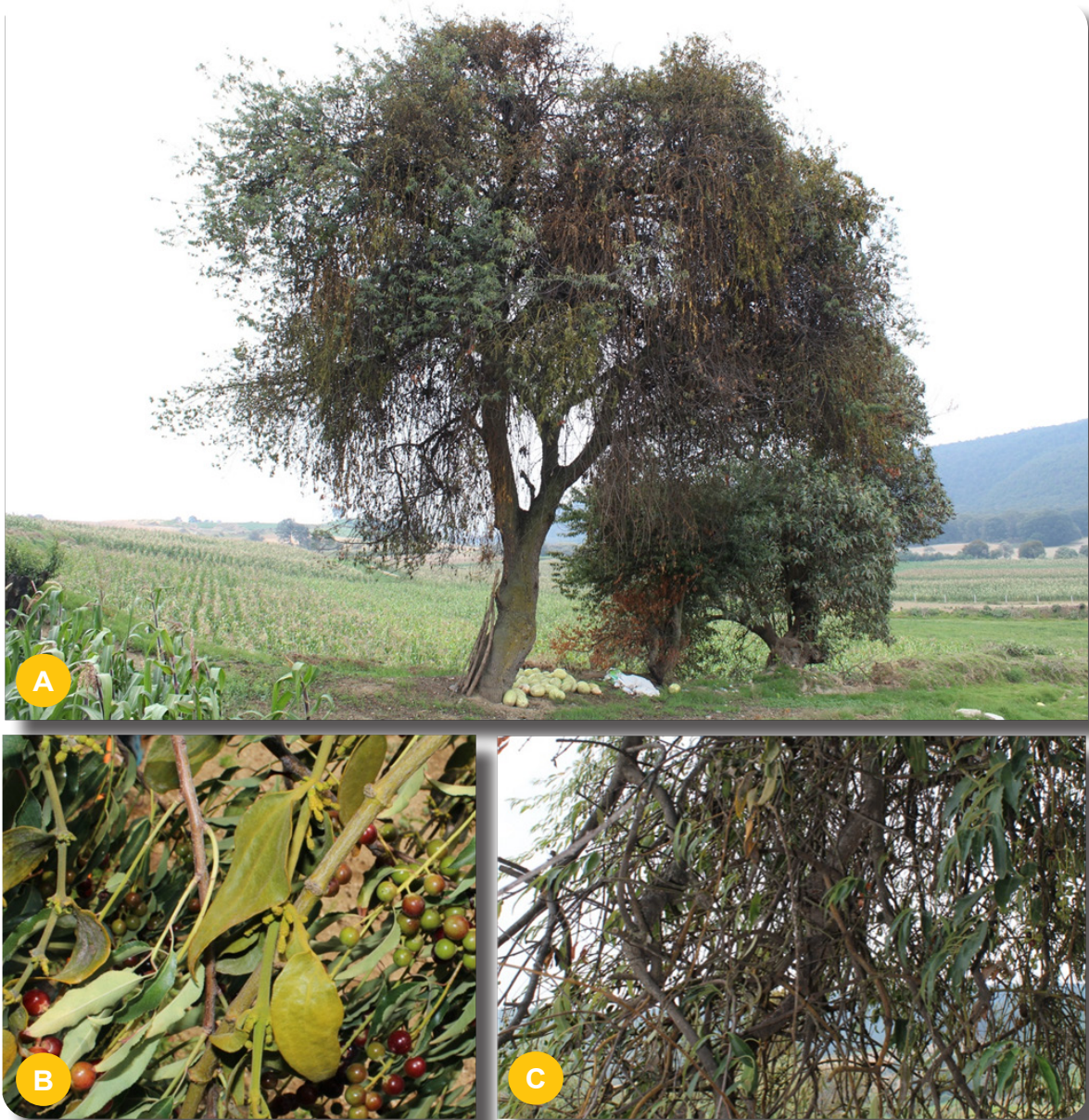
Tipo de vegetación: población de Aile, Encino, Pino, Capulín.

Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:

Miriam Alejandra Rosas Sánchez, 2023.

Phoradendron velutinum (DC.) Nutt en *Prunus salicifolia* Kunth

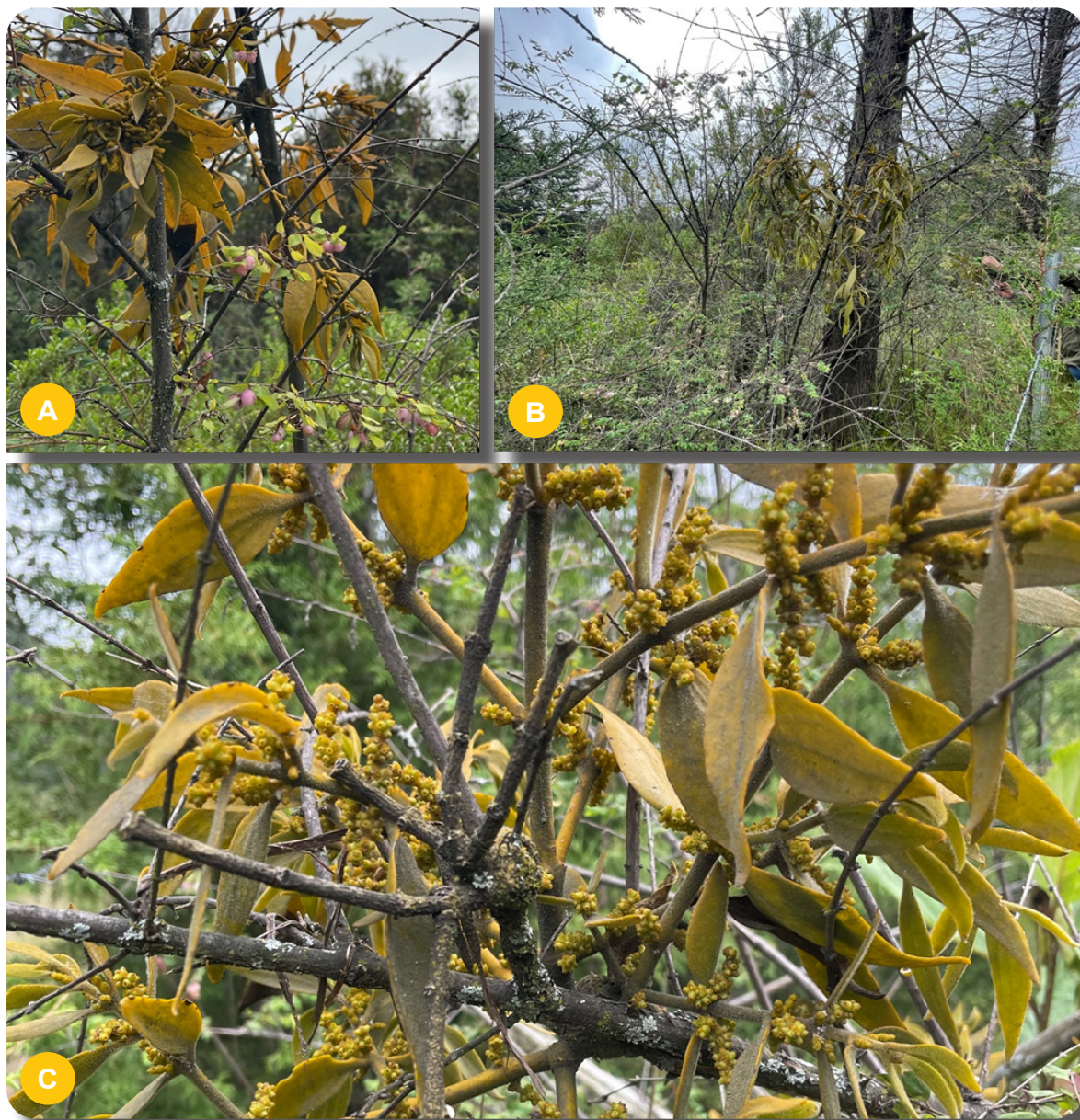


- A. “Capulín” con infestación alta de muérdago verdadero.
B. En el centro rama del muérdago, en el fondo ramas con frutos del “capulín”.
C. Tallos maduros del muérdago.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.
Tipo de vegetación: población de Aile, Encino, Pino, Capulín.
Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron velutinum (DC.) Eichler in Martius en *Symphoricarpos microphyllus* Kunth



A. Muérdago verdadero en tallos de arbusto “Perlilla”.

B. Planta adulta de muérdago.

C. Infrutescencias en maduración del parásito.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 3000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum (Nutt.) Nutt. ex Engelm en *Pinus* sp.



A. Planta hemiparásita con tallos erguidos, cilíndricos y pubescente.

B. Hospedero.

C. Rama de muérdago con hojas opuestas y 4 inflorescencias axilares.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum (Nutt.) Nutt. ex Engelm en *Quercus* sp.

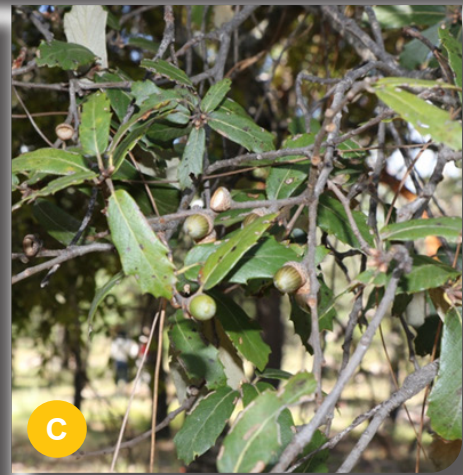


- A. Planta de *P. lanceolatum* puede alcanzar hasta 1 m de largo.
B. Infección en fuste de *Quercus* sp.
C. Muérdago con hojas oblanceoladas y nervadura marcada en envés.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.
Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum (Nutt.) Nutt. ex Engelm en *Quercus* sp.



A. Mata de muérdago (*P. lanceolatum*) con inflorescencias e infrutescencias.

B. Planta con abundantes ramas colgantes.

C. Hospedero (*Q. sideroxyla*).

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum en *Quercus rugosa*



A. Infección en el fuste de *Quercus rugosa*.

B. Las plantas viejas de *P. villosum* tiende a colgarse.

C. Las matas tienen coloraciones verdes claros y texturas pubescente.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.

Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum (Nutt.) Nutt. ex Engelm en *Quercus sideroxyla*



- A. Muérdago verdadero (*Phoradendron lanceolatum*) parasitando a *Quercus sideroxyla*.
B. Plantas de muérdago con hojas oblanceoladas e inflorescencia.
C. Tallos erguidos a colgantes.
D. Hospedero (*Quercus sideroxyla*).

Lugar: Ejido El Salto, Durango.

Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel,

Altitud: 2600 msnm,

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Phoradendron villosum (Nutt.) Nutt. ex Engelm en *Quercus* sp.

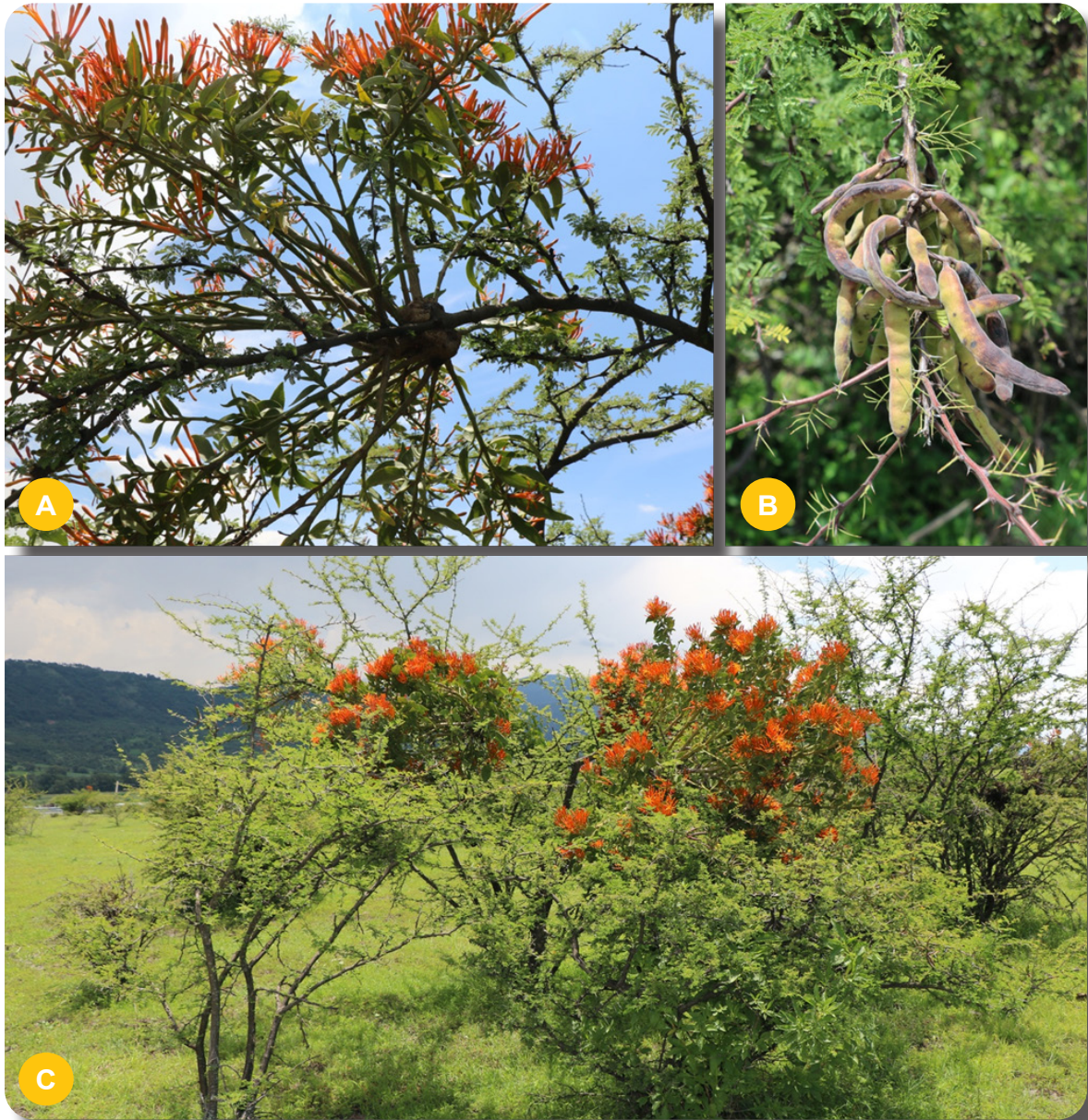


- A. Planta de *Phoradendron villosum* con hojas ovadas con textura pubescente en crecimiento.
B. Hospedero (*Quercus sideroxyla*).
C. La planta hemiparásita (*P. villosum*) alcanza a medir 80 cm de largo.

Lugar: Ejido El Salto, Durango.
Tipo de vegetación: población de Pino-Oyamel.
Altitud: 2600 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn.



A. Sitio de infección en rama del hospedero “Huizache”.

B. Frutos en forma de vaina del “Huizache”.

C. Parásitos en etapa de floración sobre los hospederos.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.

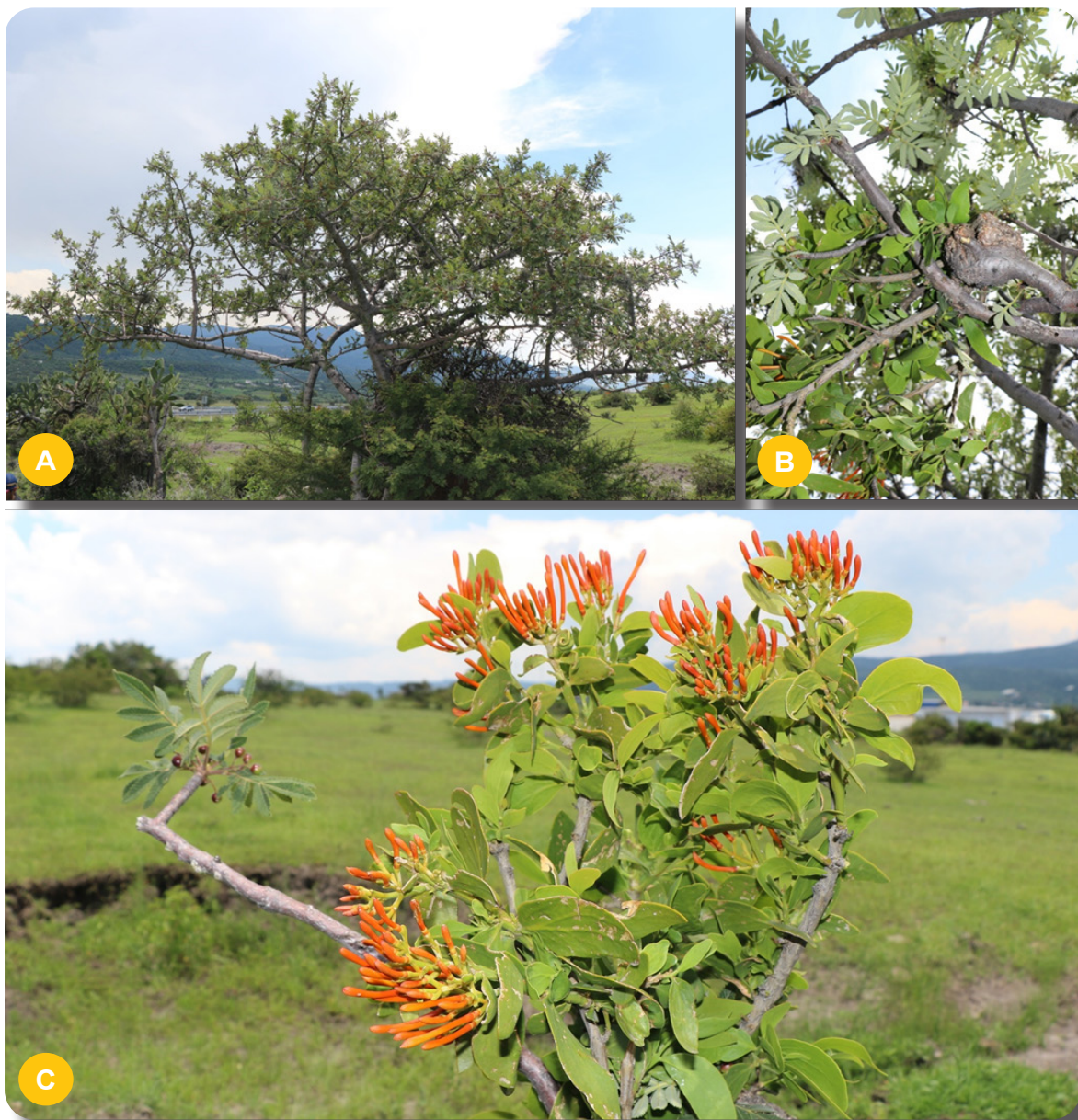
Tipo de vegetación: población de Huizache-Encino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus (DC.) G. en *Bursera copallifera* (DC.) Bullock.



A. Arbusto (*Bursera cuneata*), nombrado comúnmente “Copal”.

B. Hiperplasia en rama del hospedero.

C. Planta adulta con botones florales.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.

Tipo de vegetación: población de Huizache-Encino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Citrus máxima* (Burm.) Merr.



A. Planta de *Psittacanthus* en floración en verano.

B. Hospedero "Pomelo".

Lugar: Temascaltepec, Estado de México.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 1700 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Eucalyptus gunnii* Hook.f.



A. Hospedero “Eucalipto”.
B. Parásito con botones florales.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.
Tipo de vegetación: población de Huizache-Encino.
Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Quercus mexicana* Bonpl.



A. Hospedero con nivel 4 de infección por muérdago verdadero.

B. Rama con frutos y hojas del hospedero (*Q. mexicana*).

C. Botones florales y flores abiertas con seis pétalos.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Quercus hintonii* E.F.Warb.



- A. Hospedero de encino (*Q. hintonii*).
B. Inflorescencias en la parte terminal de las ramas del *Psittacanthus*.
C. Hiperplasia en el fuste del hospedero.

Lugar: Temascaltepec, Estado de México.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Quercus platyphylla* E.F.Warb.



A. Tallos cuadrangulares, alados e inflorescencia con tres botones florales.

B. Presencia de muérdago verdadero en rama.

C. Hospedero de encino (*Q. platyphylla*).

Lugar: Temascaltepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Quercus resinosa* Liebm



- A. Planta adulta de muérdago.
- B. Presencia de muérdago en el fuste del hospedero.
- C. Hiperplasia en rama del encino.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila
.Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Quercus castanea* Née



A. Tallos lignificados y turgentes del parásito.

B. Las flores con colores vibrantes sobresalen de las copas de los hospederos para ser visitados por polinizadores.

C. Hojas abundantes del parasito se camuflajan con las hojas del hospedero.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Salix babylonica* L.



A. Etapa de floración en estación de verano.

B. Gran muérdago verdadero en copa.

C. Hospedero de “Sauce llorón” con disposición de las hojas (Der.).

Lugar: San Francisco Putla, Tenango del Valle.

Tipo de vegetación: población de Encino.

Altitud: 2300 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don y *Phoradendron brachystachyum* (DC.) Nutt en *Crataegus mexicana* Moc. & Sessé ex DC.



A. Dos parásitos (*Phoradendron brachystachyum* y *Psittacanthus calyculatus*) en un individuo de “Tecojote”.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.

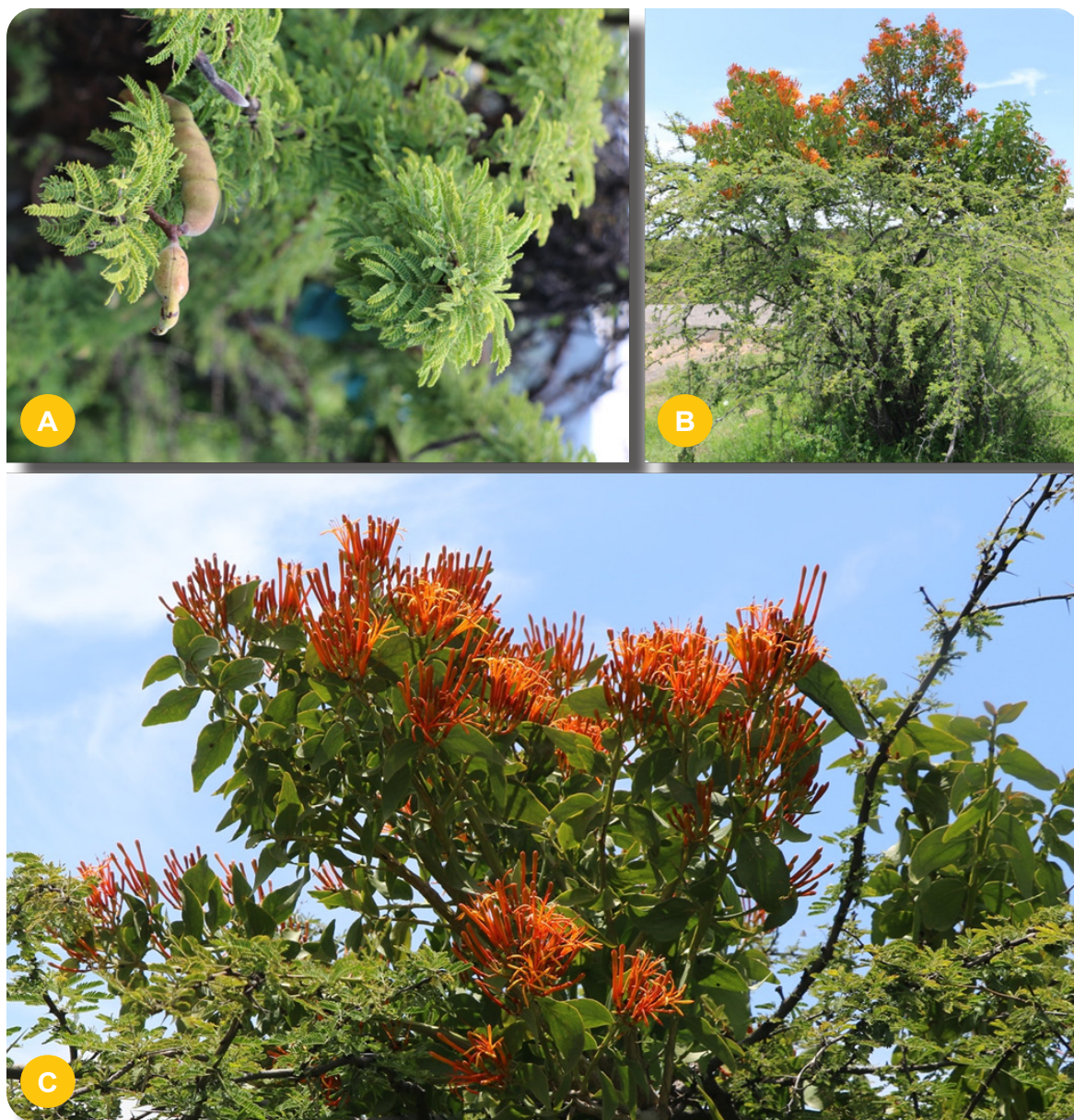
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus calyculatus G.Don en *Vachellia schaffneri* (S.Watson) Seigler & Ebinger



- A. Frutos del hospedero en forma de vainas con textura vellosa.
- B. Infección en copa.
- C. La exposición solar es fundamental para las plantas hemiparásitas.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.
Tipo de vegetación: población de Huizache-Encino.
Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus macrantherus Eichler en *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham.



A. Floración de muérdago en principios de la estación de otoño.

B. Infección por muérdago en oyamel.

C. Flor y fruto de *P. macrantherus*

Lugar: Amanalco de Becerra, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Pino-encino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus macrantherus Eichler en *Pinus pseudostrobus* Lindl.



A. Floración de muérdago en principios de la estación de verano.

B. Severa infección por muérdago en pino.

C. Hojas carnosas y botones florales en maduración.

Lugar: Valle de Bravo, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Pino-encino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus rhynchanthus (Benth.) Kuijt en *Cassia fistula* L.



- A. Frutos de árbol “lluvia de oro”.
B. Sitio de infección en la rama del hospedero.
C. Maduración de los frutos del muérdago.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Psittacanthus rhychanthus (Benth.) Kuijt en *Spondias purpurea* L.



- A. Rama con infrutescencias en maduración del parásito.
B. Afectación por muérdago verdadero en fuste del “Ciruelo”.
C. Árbol “Ciruelo” con presencia de muérdago en rama.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

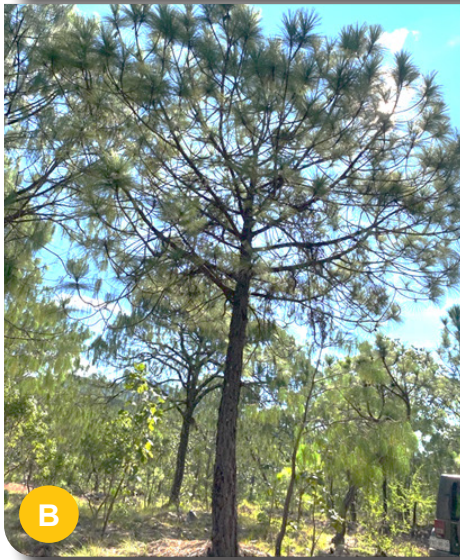
Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parote, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea cupulata Kuijt en *Pinus douglasiana* Martínez



A. Hojas falcadas (largas y angostas) con tallos rojizos y exfoliantes.

B. Hospedero “Pino avellano” (*P. douglasiana*).

C. Frutos en maduración en estación verano del parásito.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea cupulata Kuijt en *Pinus lumholtzii* B.L.Rob. & Fernald



A. Sitio de infección en rama del pino.

B. Hospedero “Pino triste”.

C. Raíces secundarias que van sujetando a la rama del hospedero.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea diversifolia (Benth.) Kuijt en *Quercus crassipes* Bonpl.



A. Bosque de encino con infestación por muérdagos verdaderos.

B. Hojas ovadas y infrutescencias en maduración.

C. Raíces secundarias sobre ramas del hospedero.

Lugar: Jocotitlán, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Pino-Encino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea diversifolia (Benth.) Kuijt en *Quercus laeta* Liebm.



A. Hospedero (*Q. laeta*) con presencia de *Cladocolea* en el fuste.

B. Las ramas de este muérdago casi miden 2 m de largo y los tallos son exfoliantes.

Lugar: Maravatio de Ocampo, Michoacán de Ocampo.

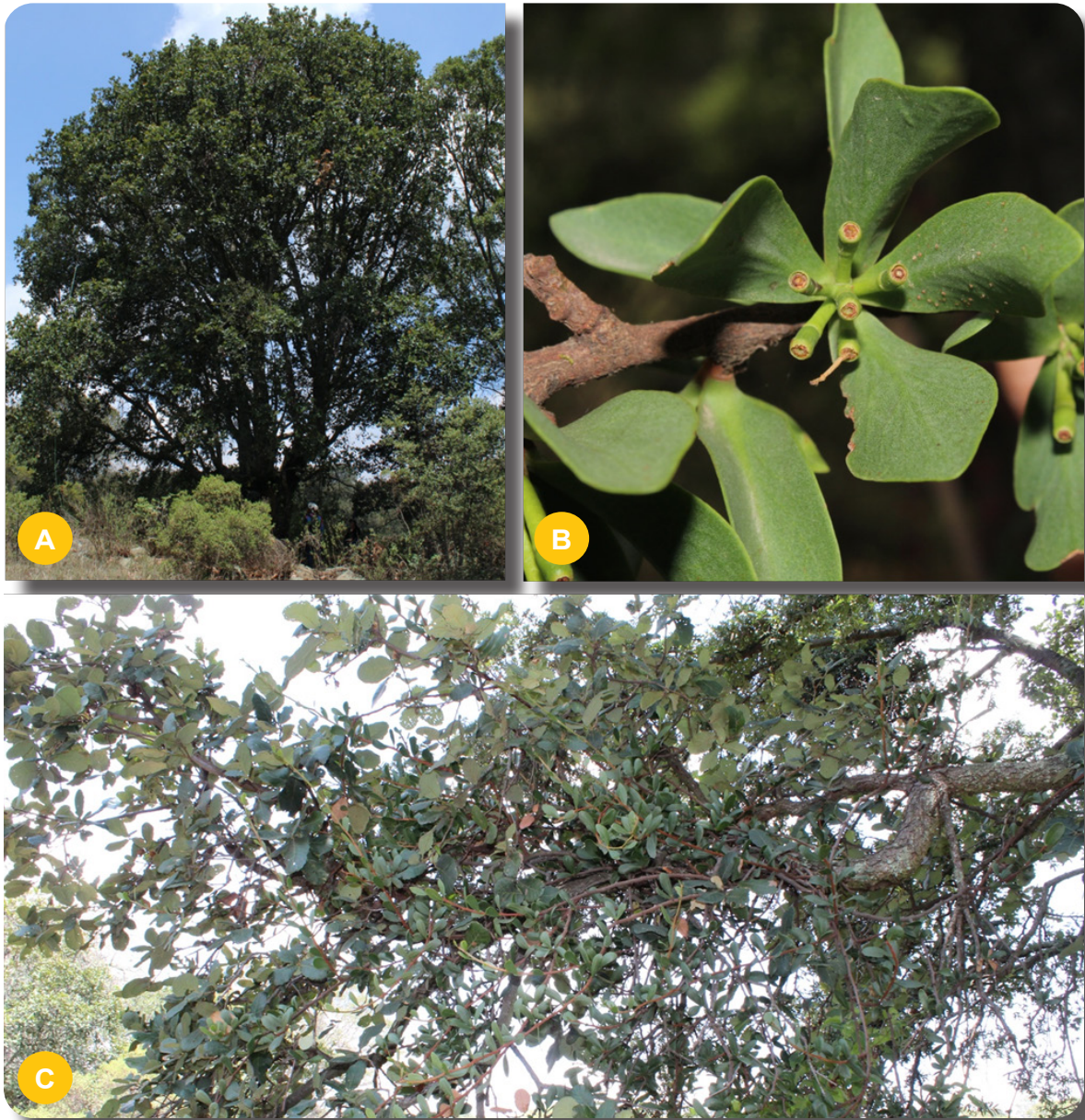
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2000 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea diversifolia (Benth.) Kuijt en *Quercus obtusata* Bonpl.



A. Hospedero de encino (*Q. obtusata*).

B. Frutos inmaduros del muérdago.

C. Rama del hospedero con abundantes ramas del parásito.

Lugar: Jocotitlán, Estado de México.

Tipo de vegetación: población de Pino-Encino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea diversifolia (Benth.) Kuijt en *Quercus rugosa* Née



A. Hospedero de encino (*Q. rugosa*).

B. Raíces secundarias del parásito adheridas a la rama del hospedero.

C. Restos de pétalos con estigmas de las flores en principios de verano.

Lugar: Jocotitlán, Estado de México.

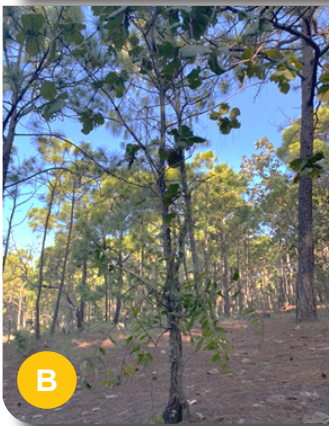
Tipo de vegetación: población de Pino-encino.

Altitud: 2800 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocola mcvaughii Kuijt en *Quercus resinosa* Liebm



A. Raíces secundarias y tallos no flexibles sujetando el tallo de encino.

B. Hospederos de encino (*Q. resinosa*).

C. Hiperplasia en rama de *Q. coccolobifolia*.

Lugar: Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila.

Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.

Altitud: 2500 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Cladocolea loniceroides (Tiegh.) Kuijt en *Salix babylonica* L.



- A. Copa del hospedero “Sauce llorón” infestada por muérdago.
B. Disposición opuesta de las hojas en *C. loniceroides*.
C. Ramas con flores blanquecinas y semillas pegadas en los tallos.

Lugar: Temascaltepec, Estado de México.
Tipo de vegetación: población de Encino-Pino.
Altitud: 1700 msnm.

Fotografías:
José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Cassia fistula* L.



A. Raíces secundarias con tallos sujetando a las ramas del hospedero.

B. Vainas de la “Lluvia de oro”.

C. Disposición opuesta de las hojas del *S. quercicola*.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Citrus aurantium* L.



A. Hospedero con frutos de pomelo.

B. Las ramas del parásito y las ramas del hospedero se asemejan.

C. Botones florales en maduración.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don. en *Citrus × latifolia* Tanaka ex Q. Jiménez



A. Forman enredaderas en la copa de los hospederos.

B. Los tallos del *S. quercicola* llegan a medir hasta 2 m de largo.

C. Inflorescencia en racimos en maduración.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G. Don. en *Citrus limon* (L.) Osbeck



A. Tallos con hojas del parásito.

B. Hospedero afectado en la copa.

C. Las inflorescencias femeninas tienen menor longitud que las masculinas.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don. en *Coffea arabica* L.



A. Hojas elíptico-lanceoladas y tallos grisáceos del parásito.

B. Hospedero planta de café con parásita.

C. Ramilla con inflorescencia axilar.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1400 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Inga vera* Willd.



A. Hospedero con infección por muérdago en la copa.

B. Hojas compuestas del hospedero (*I. vera*).

C. Termino de la floración del parásito.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Guazuma ulmifolia* Lam.



A. Rama con hojas compuestas del hospedero (*G. ulmifolia*).

B. Tallos grisáceos y de textura lisa del parásito.

C. Árbol de “Caulote”.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Jacaranda mimosifolia* D.Don



A. Muérdago frondoso en ramas del hospedero.

B. Hospedero “Jacaranda”.

C. Caída de estructuras florales del parásito.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Juniperus poblana* (Martínez) R.P.Adams



A. Hospederos de *J. poblana*.

B. Hojas escuamiformes del hospedero.

C. Ramas del parásito en copa del hospedero.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit



A. Vainas.

B. Árboles de “Huajes” en fructificación.

C. Planta juvenil de muérdago en rama.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

Struthanthus quercicola (Schltdl. & Cham.) G.Don en *Swietenia humilis* Zucc.



A. Planta adulta en reproducción.

B. Frutos de *S. humilis*.

C. Copa del hospedero infectada por *S. quercicola*.

Lugar: Amatepec, Estado de México.

Tipo de vegetación: Encino, Cedro, Parota, Tepehuaje, Frutales.

Altitud: 1600 msnm.

Fotografías:

José Jonathan Aguirre Zuñiga, 2023.

La primera edición de *Atlas de plantas parásitas en bosques templados de México*, de Angel Rolando Endara Agramont, José Jonathan Aguirre Zúñiga, Alma Abigail Luna Gil, Miriam Alejandra Rosas Sánchez, Rebeca Dennise Varo Rodríguez y Luis Antonio García Almaraz, se terminó de imprimir el 2 de noviembre de 2023. La impresión consta de 200 ejemplares.

El Atlas de Plantas Parásitas es un esfuerzo de la Comisión Nacional Forestal y El Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías y del grupo de investigación en bosques de alta montaña del Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales de la Universidad Autónoma del Estado de México, quienes durante los últimos cuatro años se dedicaron a coleccionar información detallada de la presencia y niveles de infestación de plantas parásitas en bosques naturales y bajo manejo de siete estados del país. El libro hace énfasis en bosques de montaña de Áreas Naturales Protegidas, ya que son las zonas con mayor presencia y niveles de infestación de plantas parásitas. El trabajo fue posible gracias al apoyo desinteresado de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y los actores locales, quienes, a través de los Comisariados Ejidales, Bienes Comunales y brigadistas de sanidad e incendios forestales, fueron parte del trabajo de campo bajo la dirección del grupo de investigación mencionado.

El estado de salud de estos bosques refleja la falta de atención del problema en décadas pasadas, así como la sobreexplotación del recurso forestal, ya que los niveles de abundancia y distribución de plantas parásitas superan el 30%, lo cual trae consigo el ataque de otras plagas forestales como los descortezadores. Todo ello, aunado al cambio climático, hace que estos bosques requieran del trabajo conjunto de instancias de gobierno, actores locales y la academia, para reducir sus afectaciones a niveles permisibles, a través de acciones puntuales de mitigación y adaptación a las nuevas condiciones ambientales.

Angel Rolando Endara Agramont

