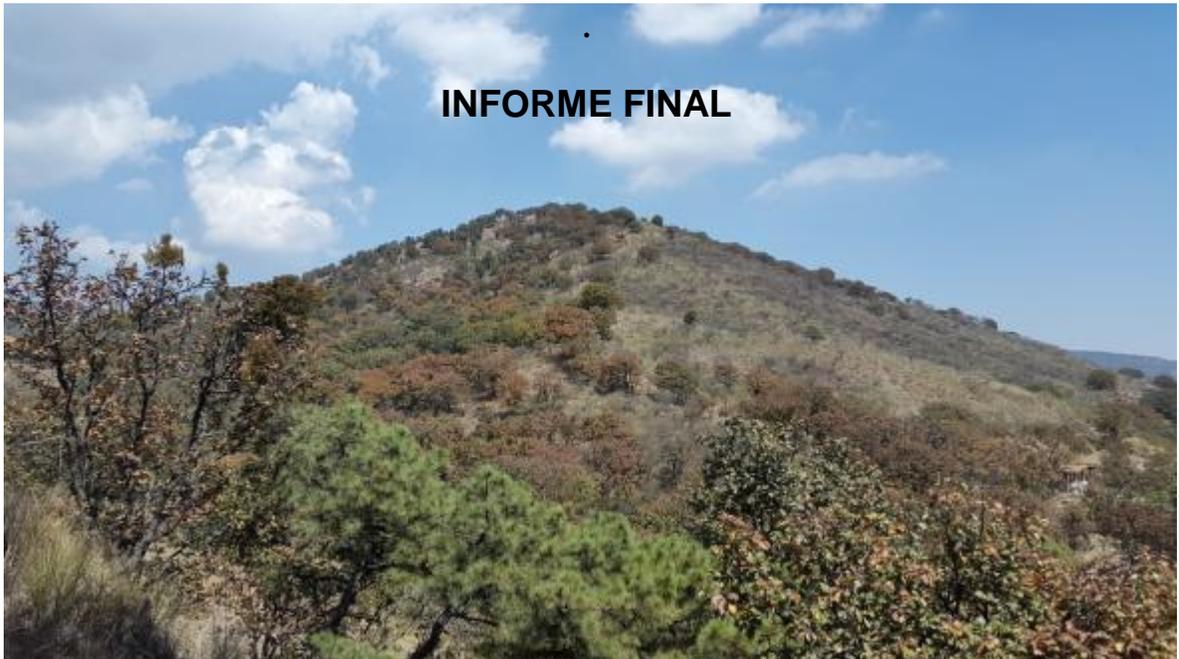




**DIAGNÓSTICO DE LAS ÁREAS FORESTALES CON AFECTACIÓN DE MUÉRDAGO  
EN EL EJIDO SAN AGUSTÍN, DENTRO DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y  
FAUNA LA PRIMAVERA, TOMANDO COMO BASE EL USO DE IMÁGENES DE  
SENSORES REMOTOS Y VALIDACIÓN EN CAMPO**



***Protección Ambiental, Asesoría y Proyectos S.C.***

Zapopan, Jalisco, marzo de 2016

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES .....	6
2.1 Contexto.....	6
2.2 Muérdagos verdaderos.....	6
2.2.1 Género <i>Psittacanthus</i> .....	7
2.2.2 Género <i>Struthanthus</i> .....	8
2.2.3 Daños y evaluación de afectación por muérdagos verdaderos .....	10
2.2.4 Manejo y control de muérdagos verdaderos.....	11
2.3 Uso de imágenes de satélite .....	14
3. OBJETIVOS .....	17
3.1 Objetivo general.....	17
3.1.1 Objetivos específicos .....	17
4. UBICACIÓN .....	18
4.1 Localización geográfica .....	18
4.2 Superficie .....	18
5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	18
5.1 Fisiografía y Geología.....	18
5.2 Clima .....	18
5.3 Hidrología .....	19
5.4 Suelos .....	19
6. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS .....	20
6.1 Vegetación y Usos de Suelo.....	20
7. CONTEXTO SOCIAL.....	22
7.1 Población .....	22
7.2 Actividades económicas.....	22
7.3 Organización .....	22
8. METODOLOGÍA.....	23
8.1 Revisión de literatura .....	23
8.2 Entrevistas con actores clave del ejido.....	23
8.3 Recorrido del área y muestreo de campo .....	24
9. RESULTADOS.....	26

9.1	Entrevistas con actores clave.....	26
9.2	Recorrido del área y muestreo de campo .....	32
9.3	Selección de sitios de muestreo de campo.....	32
	Para mayor información sobre los sitios seleccionados y el trabajo de campo realizado se puede revisar el Anexo Fotográfico donde se incluyen una serie de fotografías ilustrativas resaltando aspectos relevantes además de la panorámica por cada sitio muestreado. ....	33
9.4	Determinación de datos de registro en campo .....	34
9.5	Levantamiento de datos en campo .....	36
9.6	Procesamiento con imágenes de satélite.....	39
9.6.1	Identificación de la reflectancia espectral de las áreas forestales con presencia de muérdago.....	39
9.7	Análisis de datos obtenidos del levantamiento en campo .....	43
9.7.1	Generalidades del arbolado y de los sitios.....	43
9.7.2	Géneros taxonómicos de los hospederos y comunidades vegetales .....	45
9.7.3	Tamaño de los ejemplares registrados y Clasificación por diámetros como un indicador o referencia de la estructura poblacional.....	49
9.7.4	Infestación de muérdago y nivel de daño .....	55
9.7.5	Nivel de daño en los individuos afectados .....	59
9.7.6	Estado fenológico y de desarrollo de los muérdagos observados .....	60
9.7.7	Estimación de un indicador de dispersión de la infestación .....	61
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	66

## 1. INTRODUCCIÓN

Muérdago es el nombre común con el que se les conoce al grupo de plantas de la familia Loranthaceae. Calderon de R. G. (2001) describe a la familia como plantas generalmente arbustivas o subarbustivas, parásitas o hemiparásitas de arbustos y árboles, rara vez árboles de vida libre con tallos dicotómicos, hojas verdes, amarillas, anaranjadas o negras, simples, enteras a veces cimosas, panículas o espigas con flores monoicas o dioicas, verdosas o de colores llamativos. La reproducción, en el caso de las plantas dioicas requiere del transporte del polen de la planta masculina al estigma de la planta femenina, trabajo que es realizado por hormigas, moscas y abejas, y también se reportan algunas especies de aves (colibríes entre otros) como agentes polinizadores de muérdago (Gutiérrez G. 1994).

Por su condición de hemiparásita (planta que puede realizar fotosíntesis, sin embargo vive sobre otra) los muérdagos crecen sobre el tronco y las ramas de los árboles y arbustos hospederos de donde extraen los nutrientes para sus procesos metabólicos, mediante una raíz modificada llamada haustorio, que penetra hasta los vasos conductores, y con el tiempo debilitan al hospedero, provocando la muerte de ramas e incluso la del individuo (Cházaro B M. y Oliva h., 1987).

Los muérdagos pueden llegar a provocar daños muy severos en la vegetación hospedera, que van desde la reducción del vigor del árbol hospedero (quedando expuesto a plagas y enfermedades); reducción de la tasa de crecimiento en grosor y altura, reducción de la capacidad reproductiva, alteración, hinchamiento y deformación de tallos y ramas (Negrete A. J. M. 1993 y Gutiérrez G, 1994). Constituyen el tercer agente de destrucción de los bosques de clima templado frío después de los incendios e insectos descortezadores (Vázquez y col., 2006).

Considerando lo anterior es de gran importancia su detección y control para evitar llegar a una fase irreversible para el hospedero.

El Área de Protección de Flora y Fauna del Bosque La Primavera es un área protegida (AP) de gran relevancia para la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), por su cercana ubicación proporciona beneficios ambientales a la población como la captación e infiltración de agua, es hábitat de especies de flora y fauna, cuenta con un gran valor paisajístico para la región, además de ser un sitio de esparcimiento y recreación de muy

fácil acceso. Sin embargo, esta misma cercanía y acceso representa una fuerte presión sobre el bosque que ha generado una problemática ambiental importante respecto al estado de salud del mismo.

Según varios estudios los incendios forestales, la erosión del suelo y la falta de regeneración natural han provocado una mayor incidencia de plagas y enfermedades en el bosque, entre ellos la plaga de muérdago. En 2004 se reportó que el nivel de infestación de muérdago podría estar afectando a más del cinco por ciento del bosque (Carrillo L. E., 2004). Aunado a los factores de disturbio mencionados en líneas anteriores, es importante resaltar también que en el área de estudio se han podido identificar algunos cambios en las actividades productivas, principalmente la referente a la ganadería de caprinos, que aparentemente tienen una relación directa con el aumento en la infestación de muérdago dentro de la zona boscosa.

En ese contexto resulta de gran relevancia llevar a cabo un diagnóstico de la presencia de muérdago en el área forestal del Ejido San Agustín, en el área ubicada dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Bosque La Primavera, con el fin de contar con datos que permitan un análisis mayor a nivel del área protegida y que contribuyan a determinar y llevar a cabo el método más adecuado para el control de la plaga en el área de estudio.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Contexto

Existen dos clasificaciones para los muérdagos: uno que coloca los 40 géneros dentro de la familia Loranthaceae, agrupados en las subfamilias Loranthoidae (muérdagos gigantes o tropicales) y Viscoidae (muérdagos enanos o templados); otra los divide en dos familias, Loranthaceae y Viscaceae, y asigna 76 géneros a la primera familia y 9 a la segunda. Ambas clasificaciones coinciden en que existen entre mil y 1,500 diferentes especies de muérdago (Marchal V. D, 2009), distribuidas principalmente en zonas tropicales (Calderón G y Rzedowski J. 2001).

En México presentan una amplia distribución y se encuentran en casi todos los ecosistemas naturales, con alrededor de 120 especies en 10 géneros: *Antidaphne*, *Arceuthobium*, *Cladocolea*, *Dendrophthora*, *Ixocactus*, *Oryctanthus*, *Phthirusa*, *Phoradendron*, *Psittacanthus* y *Struthanthus*, los tres últimos conocidos como muérdagos verdaderos. Para el estado de Jalisco se reporta 38 especies. (Gutiérrez G, 1994).

### 2.2 Muérdagos verdaderos

Los muérdagos verdaderos o frondosos son un grupo que se distingue de los otros (muérdagos enanos) por sus hojas lanceoladas, verdes y frutos mucilaginosos no explosivos (Vázquez y col. 2006).

Tienen un mecanismo de dispersión zoócora (Vázquez y col., 2006) es decir, que son dispersados por animales, se tiene registro que aves frugívoras diseminan la semilla después de la ingesta de la baya o fruto, la semilla contiene viscina o mucilago, sustancia pegajosa que facilita que se adhiera a la superficie donde cae o es depositada (Gutiérrez G., 1994). Una vez que la semilla se adhiere a la rama, comienzan a producir haustorios, que desarrollan células tanto de penetración como de fijación a la rama y van creciendo a través de los tejidos primarios y secundarios del hospedero, separando la corteza externa, el cortex, el floema, hasta llegar al xilema, del que absorben aproximadamente el 90% de los recursos que requieren (Marchal, V.D., 2009).

Debido a que requieren de la luz del sol para realizar la fotosíntesis, se considera un factor importante para su proliferación las condiciones de luminosidad en árboles aislados,

en claros del bosque, o en bosques poco densos, al igual que la temperatura (Vázquez y col. 2006).

El sistema endófitico de los muérdagos verdaderos no invade el sistema vascular del hospedero y no se regeneran por brotes de nuevas yemas procedentes del endófito (excepto el género *Struthanthus*); por lo tanto, eliminando la parte aérea la infestación continúa. (Vázquez y col. 2006).

## **2.2.1 Género *Psittacanthus***

### **2.2.1.1 Características**

El género *Psittacanthus* es uno de los tres géneros llamados muérdagos verdaderos. Son arbustos erectos con tallos tetragonales, quebradizos, hojas opuestas, conspicuas, flores tubulares de 3-8 cm de largo, cáliz de color rojo vivo, anaranjado o amarillo, reunidas en inflorescencias corimbosas, frutos en forma de baya elíptica de color negro en estado maduro (Chávez B M, y Oliva H., 1988). Su distribución altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 3,300 msnm. El género reporta más de 150 especies de hospederos (Vázquez y col. 2006).

Las especies del género *Psittacanthus* provocan pérdida de volumen maderable, disminución de capacidad reproductiva por la baja producción de conos y semillas, reducción del porcentaje de germinación y muerte del hospedero (Vázquez y col. 2006).

En Jalisco se han reportado 5 especies de muérdago pertenecientes al género *Psittacanthus*, para la región de Tequila se reportaron las especies de *P. macrantherus* con hospedero *Quercus* (encino) y *P. palmeri* en árboles del género *Bursera*. En la Sierra de Tapalpa se reporta *P. calyculatus* con más de 20 hospederos y *P. palmeri*. Para la Sierra de Manantlán también se reporta *P. calyculatus*, además de *P. palmeri*, *P. ramiflorus*, *P. schiedeanus*.

En 1987 Reyna B. O, reportó para el **Bosque la Primavera**, 4 especies de muérdago presentes en el bosque de *Quercus*, entre ellas la especie *Psittacanthus calyculatus* en *Quercus magnifolia* y *Quercus resinosa*.

### 2.2.1.2 Ciclo de vida

*Psittacanthus calyculatus* es la que presenta un mayor número de hospederas y presenta un ciclo de vida de 5 años, tres de crecimiento vegetativo, 7 meses en floración y 16 meses en fructificación (Vázquez y col. 2006).

La fructificación de *P. calyculatus* comienza en enero y coincide con la temporada de secas (Arce A. I., 2012).

### 2.2.1.3 Dispersión y distribución

Arce (2012) estudió los factores de distribución de *P. calyculatus* en un bosque tropical caducifolio en la zona periurbana en Querétaro y encontró que la diversidad de especies de árboles y la disponibilidad de hospedero no constituyen el factor principal para su distribución, sin embargo reporta que una diversidad baja y dominancia fuerte por parte de los hospederos está relacionada con mayores densidades de la especie y concluyó que a partir de la distribución de las especies de hospedero se puede determinar los patrones de distribución del muérdago, la agregación del hospedero puede reforzar las dinámicas resultantes de la distribución ya agregada de *P. calyculatus*.



Foto 1. Rama de muérdago. Fuente: CONABIO<sup>1</sup>

## 2.2.2 Género *Struthanthus*

### 2.2.2.1 Características

El género *Struthanthus* también pertenece al grupo de muérdagos verdaderos, son arbustos con aspecto bejucoso, a veces de varios metros de longitud, hojas opuestas,

---

<sup>1</sup> <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/loranthaceae/psittacanthus-schiedeanus/imagenes/rama.jpg>

inflorescencias en racimo, espiga o corimbo, flores dioicas y los frutos son pequeñas bayas de color café o verdoso (Chávez B. M. y Oliva H., 1988), con poco más de 30 especies, se encuentra presente en climas cálidos (Calderón G y Rzedowski J, 2001). Se caracteriza porque presenta un crecimiento de enredadera de varios metros de longitud (Cárdenas S. V. 2014)

Este género se encuentra en bosques perturbados, con vegetación derivada del bosque de pino-encino, encino-pino y matorral subtropical (Vázquez y col. 2006).

Para el género *Struthanthus* en Jalisco se han reportado 4 especies. En la región de Puerto Vallarta la especie reportada es *S. venetus* con hospedero en *Acacia cymbispina*. En la región del Nevado de Colima y Volcán de fuego se reportaron *S. condensatus* con más de 20 hospederos, *S. interruptus* con 8 hospederos, y *S. palmeri* con hospedero desconocido. En la región de Manantlán hay registros de la presencia de *S. condensatus* y *S. interruptus*. En la Sierra de Tapalpa también se reporta la presencia de este género con una especie (no identificada).

Finalmente en el municipio de Zapopan, muy cercano al sitio de estudio, hay reportes de *S. interruptus* (Carrillo L.E, 2005).



Foto 2. Planta del género *Struthanthus* adherida a un tallo de su hospedero, fuente: UNAM.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num9/art56/int56.htm>

### **2.2.2.2 Ciclo de vida**

Cárdenas S.V. (2014) estudió el ciclo biológico de *Struthantus interruptus* y encontró que su ciclo de vida tarda de entre cuatro a cinco años para la primera floración y después con ciclos anuales, las semillas se presentan desde febrero a agosto con aumento en los meses de marzo a julio, no se encontraron frutos entre los meses de septiembre a enero. También reporta que el ciclo es susceptible a temperaturas de -4°C.

### **2.2.3 Daños y evaluación de afectación por muérdagos verdaderos**

Los muérdagos van poco a poco provocando daño a su hospedero y estos pueden llegar a ser muy severos hasta provocar la muerte.

El mecanismo de infestación es, una vez que el muérdago se ha fijado a su hospedero, los haustorios liberan reguladores de crecimiento que mantienen abiertas las vías de intercambio de recursos y minimizan las reacciones defensivas del árbol. Se establece una continuidad entre el xilema de la planta hospedera y el de la parásita, conforme el haustorio se expande, se va convirtiendo en un estrangulador funcional de la rama. A partir del sitio de inserción del muérdago, la punta de la rama termina por ser totalmente estrangulada y compartimentada. Por otro lado, el muérdago ya establecido mantiene sus estomas abiertos, por lo que tiene un potencial de agua mayor que el del árbol, de esta forma puede succionar grandes cantidades de agua, en ocasiones más del doble del volumen que requeriría un área superficial equivalente del follaje del árbol. El sitio de infección se convierte en una estructura débil, por la que pueden entrar al árbol hongos, bacterias e insectos (Marchal, D. V. 2009).

Los daños por efecto de los muérdagos verdaderos son difíciles de determinar en especies arbóreas. Se reportan daños severos por *Psittacanthus* sobre arbolado de pino, ocasionando pérdida en el incremento en diámetro y de volumen y descenso en la producción de conos y germinación de las semillas, hasta la no producción de conos. Los muérdagos verdaderos también tienen un efecto negativo en algunas de las propiedades físicas y mecánicas de la madera (Vázquez y col. 2006).

Para determinar el grado de afectación del muérdago existen dos sistemas de evaluación de forma individual y del rodal, el primer sistema (sistema de 4 clases de Vázquez, 1993), utilizado en coníferas, consiste en delimitar en forma precisa la copa del árbol, considerando el volumen de ésta como el 100%; posteriormente, se cuenta el número y distribución de los muérdagos en la copa y se les da un valor numérico, considerando el 0

% (sano) hasta más del 90 %. Si los muérdagos se presentan en forma compacta en un área determinada de la copa la asignación del valor en volumen es bastante sencilla, pero si las plantas parásitas se encuentran en forma dispersa en toda la copa, la determinación del valor es difícil, ya que es necesario agrupar mentalmente todos los muérdagos en una sola área de la copa y después darle el valor que les corresponda. De acuerdo al volumen que ocupan los muérdagos en la copa se dan cuatro grados de infestación: 0 (sano), 1 (leve), 2 (medio) 3 (fuerte). (Vázquez y col. 2006).

En 1984, Bello propuso dividir el árbol en cuatro porciones iguales, asignando a cada una un grado de infestación, Grado 1: una cuarta parte de las ramas parasitadas; Grado 2: dos cuartas partes; Grado 3: tres cuartas partes de las ramas y Grado 4: Parasitismo en la mayor parte de las ramas cubriendo el árbol totalmente; con el fin de inventariar el mayor número de árboles infestados, así como para cubrir con mayor rapidez aquéllas áreas relativamente grandes con infestación de muérdagos verdaderos de los géneros *Struthanthus*, *Psittacanthus* y *Phoradendron*. (Vázquez y col. 2006).

La Comisión Nacional Forestal en el Manual de Sanidad Forestal recomienda una metodología para la evaluación de áreas afectadas por muérdago que consiste en realizar una evaluación previa (recorrido por el área afectada para obtener las coordenadas geográficas y establecer un polígono), cuantificación o inventario de arbolado en sitios de dimensiones fijas (décimo de hectárea) y la intensidad de muestreo (número de unidades de muestreo dependerá del tamaño del área afectada. Una vez con esta información se debe realizar una evaluación de las unidades de muestreo.

#### **2.2.4 Manejo y control de muérdagos verdaderos**

Para el control del muérdago, existen antecedentes bibliográficos de experiencias en las que se han empleado diferentes métodos: biológico, químico, mecánico y silvícola. A continuación se mencionan de manera breve algunas referencias:

##### **2.2.4.1 Control biológico**

Se refiere a la utilización de agentes biológicos como hongos e insectos (Cárdenas S. V., 2014).

Vázquez y col (1986) registró la presencia de parásitos y patógenos para dos especies de muérdago (*P. calyculatus* y *P. americanus*) encontrando por el lado de los insectos a *Macrosiphum sp.* que pertenece al grupo de los pulgones, organismos que se alimentan

exclusivamente de la savia de las plantas y pueden parasitar hojas, ramas, flores y frutos, causando achaparramientos y cuando la infección es muy fuerte la muerte de la planta. Por lo que podría ser una especie potencial para utilizar como control biológico del muérdago. Por otro lado reportó la presencia de los hongos: *Fumago*, *Alternaria* y *Ceratocystis* parasitando a las dos especies de muérdago. *Alternaria sp* que causa manchas foliares, pudriciones secas y tizones, *Fumago sp* puede llegar a producir un retardo en el crecimiento del fruto de la planta, sin embargo con mayor posibilidad de utilización para control biológico del muérdago se encuentra a *Ceratocystis sp* ya que le causa obstrucción del sistema vascular, en el tronco y ramas se presenta rompimiento de la corteza, y cuando el ataque es severo el muérdago puede morir, además que es fácil producirlo en condiciones de laboratorio.

Cárdenas S (2014) identificó 28 hongos en las hojas de *Struthanthus interruptus* y realizó pruebas de patogenicidad in vitro, lo que resultó en cuatro especies, *Alternaria logipes*, *Alternaria brassicicola*, *Fusarium solani* y *Fusarium equiseti*, que causaron clorosis o necrosis, encontrando esta última como un agente potencial para control biológico de esta especie.

#### **2.2.4.2 Control químico**

Han sido pocos los estudios que se han realizado y no han sido eficientes (Cárdenas S. V., 2014). Sin embargo hay casos que han sido exitosos en tipos de vegetación y hospederos específicos, Vázquez y col (1986) trabajó control químico de *Psittacanthus sp* en la Sierra Purépecha y los resultados que obtuvo fueron muy favorables, empleando 4 herbicidas: Esterón con los mejores resultados, Fitoamina, Gramoxone y Karmex. Observando que la acción máxima de los herbicidas es visible después de seis meses de su aplicación.

Para mezquite (*Prosopis laevigata*) se realizaron pruebas sobre el control químico del muérdago verdadero *Psittacanthus calyculatus* en Guanajuato encontrando que es factible su control con la aplicación del herbicida Esterón 47M, en dosis de 300 y 400 ml/100 lt de agua. (Vázquez y col. 2006).

Cárdenas S.V. (2014) realizó pruebas con agrohomeopatía en *S. interruptus* encontrando como una opción para su control la dinamización de 2CH.

La CONAFOR en el Manual de Tratamientos Fitosanitarios recomienda la aplicación de herbicidas derivados del fenoxiacético (2,4D) para el control de muérdago verdadero,

sustancia que en concentraciones elevadas actúa como herbicida sistémico (se absorbe por la raíz y las hojas), como es un producto volátil se recomienda utilizar las formas éster (Esterón 47 M), la cual debe aplicarse en primavera considerando aplicaciones anuales ya que el muérdago rebrota pasados 12 meses

#### **2.2.4.3 Control silvícola**

Se realiza la remoción del muérdago o la eliminación del hospedante (Cádenas S. V. 2014).

Los tipos de corta que se pueden realizar son saneamiento, corta intermedia, árboles padre o plus y matarrasa (Vázquez y col. 2006)

#### **2.2.4.4 Control mecánico**

Se refiere a la remoción física del muérdago mediante la poda o la quema (Cárdenas S. V. 2014).

La poda es una herramienta muy importante para el control de muérdagos verdaderos, sin embargo el costo de esta actividad es muy alto y sólo se justifica en áreas recreativas, urbanas y en árboles de alto valor (Vázquez y col. 2006).

En 1991 se realizaron podas en varios individuos de mezquite severamente infestados con *Psittacanthus sp*: una consistió en la eliminación de la rama por arriba del tumor y la otra es la eliminación de la rama por debajo del tumor. Pasados dos años se observó que en el primer tratamiento los individuos habían presentado brotes del muérdago después de 12 meses del tratamiento, una recuperación general del hospedero aunque con el tiempo se volvió a parasitar y en el segundo tratamiento hubo un excelente control del muérdago verdadero y una buena y permanente recuperación del hospedero (Vázquez y col. 2006).

Entre 2002 y 2003, la Comisión Nacional Forestal, el Colegio de Posgraduados con la participación de propietarios, realizaron manejo de un muérdago a gran escala en la delegación Xochimilco, que consistió en realizar podas con diferentes intensidades de acuerdo al nivel de parasitismo que cada árbol presentaba. Un total de 25,000 ahuejotes y sauces fueron podados, llevando a cabo ensayos de poda haciendo el corte a diferentes longitudes a partir del punto de inserción de la planta, y en todos los casos no hubo

rebrote. Los resultados obtenidos con las podas son principalmente mejorar la estética del árbol y del lugar, así como evitar el incremento de inóculo o semilla que pudiera ser dispersado por las aves a áreas adyacentes. (Alvarado R. D. y Saavedra-Romero de L. 2004).

En el Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR uno de los tratamiento que recomienda para el manejo de muérdago es la poda considerando eliminar el sistema radicular del muérdago con una parte de la rama para evitar que rebrote, y se debe podar todas las ramas con muérdago y con infección latente (donde aún no ha brotado), en el caso de infección en tronco debe removerse y revisar el área cada dos años para volver a podar ramas infectadas. La recomendación es realizar las podas durante la temporada de otoño-invierno para favorecer la compartimentización y reducir el riesgo de otras plagas o enfermedades.

### **2.3 Uso de imágenes de satélite**

Los sensores instalados a bordo de los satélites destinados a la observación de la Tierra miden la cantidad de radiación reflejada o emitida por ésta, son por tanto, un tipo de radiómetros. Para cada punto observado del terreno o píxel, la cantidad de radiación reflejada o reflectancia se mide en varias bandas espectrales. El número de bandas que puede discriminar el radiómetro y su anchura determinan su resolución espectral.

Los distintos tipos de coberturas terrestres (bosques, suelos cultivados, láminas de agua, etc.) se distinguen por la energía que reflejan y emiten. Estos “espectros” que caracterizan el tipo de cubierta observada constituyen su firma espectral.

En el comportamiento espectral de la cobertura vegetal intervienen diversos factores como son la fisiología, morfología y fenología de la planta, así como, factores ambientales y estacionales, siendo las hojas el elemento más importante en el comportamiento espectral de la vegetación. Aunado a lo anterior otros factores pueden influir en la reflectancia de la cobertura vegetal: transmitancia, reflectancia, área, y orientación de las hojas; transmisión y reflectancia hemisférica de las estructuras de sustentación de las hojas; reflectancia efectiva del terreno (suelo, roca, restos vegetales); altura solar, ángulo de visada del aparato, etc.

En este sentido los sensores remotos permiten cualificar y cuantificar el flujo de energía radiante que proviene de los elementos naturales que son observados, proporcionando, así, medios para la caracterización de las funciones o propiedades de estos materiales. Los cuatro procesos (emisión, absorción, reflexión y transmisión) ocurren simultáneamente, y sus intensidades relativas, en las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético, caracterizan el objeto en cuestión, obteniendo un patrón de respuesta espectral. Estos factores pueden ser modificados en el caso de que ocurran fenómenos meteorológicos adversos o incidencias de plagas o enfermedades.

El patrón de respuesta espectral o comportamiento espectral puede ser definido como la medida de la reflectancia del objeto a lo largo del espectro electromagnético. A través de técnicas de teledetección, la detección, registro y análisis de las alteraciones ocurridas en el comportamiento espectral de la cobertura vegetal, permiten caracterizar y evaluar el estado nutricional y fitosanitario de las plantas, detectando incidencias de plagas y enfermedades e inferir posibles carencias nutricionales.

La radiación solar reflejada ha sido la forma de energía más estudiada en teledetección de la vegetación, mientras que la región del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo termal y a las microondas pueden ser también utilizadas. La radiación electromagnética al tener contacto con el blanco, puede ser absorbida, transmitida y reflejada.

En el caso específico de la vegetación, la interacción con la radiación ocurre distintamente para cada longitud de onda del espectro. En la imagen se presenta una curva patrón de la respuesta espectral de una hoja vegetal, donde se observa un pico de absorción en la región del azul (450 nm) y otro en la región del rojo (650 nm), ambos debidos a la presencia de pigmentos en el interior del cloroplasto, tales como: clorofila, xantofila, carotenos y otros. La absorción de la energía solar que ocurre en estas longitudes de onda depende principalmente de la concentración de la clorofila.

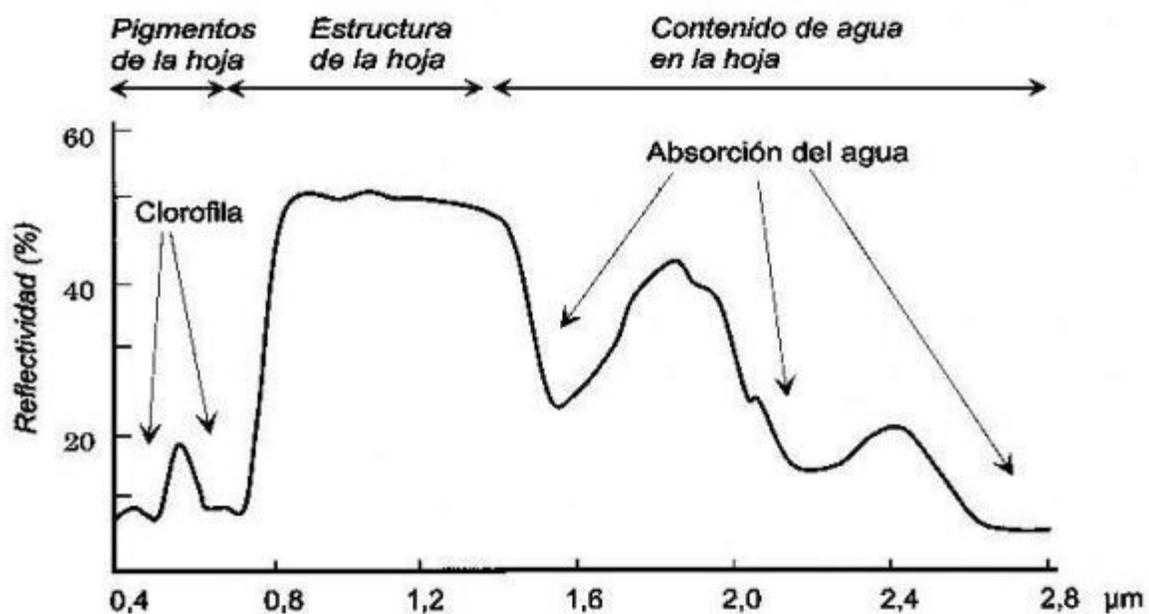


Figura 1. Curva patrón de la respuesta espectral de una hoja vegetal

En la región denominada infrarrojo cercano (700 a 1300 nm), la vegetación verde y sana se caracteriza por la alta reflectancia (45 a 50%), causada por la difusión resultante de los índices de refracción del líquido intracelular y de los espacios intercelulares del mesófilo, al incidir la radiación en una capa de hojas se refleja un 50% y transmite el restante. (GAUSMAN, 1984)

Otros autores afirman que en la región del infrarrojo cercano ocurren variaciones en la cantidad de la energía reflejada por las plantas cuando esta está sujeta al ataque de plagas o enfermedades, al estrés por falta de agua o a la senescencia, y que los factores predominantes de estas variaciones son: disminución del índice de área foliar, alteración de la estructura y morfología de las hojas.

En las longitudes de onda del infrarrojo medio (1300 a 2600 nm), exponen que la respuesta espectral de la vegetación está influida por la presencia del agua. Por este motivo en la Figura 1 se verifican dos puntos de máxima absorción en 1400 nm y 1900 nm. GAUSMAN (1984) y GATES (1990).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Elaborar un diagnóstico de las áreas forestales con afectación de muérdago en el Ejido San Agustín, tomando como base el uso de imágenes de sensores remotos y validación en campo

##### **3.1.1 Objetivos específicos**

- i. Identificar las especies de muérdago y su hospedero que están presentes en el área de estudio.
- ii. Identificar las áreas que presentan infestación, y calcular la severidad del ataque.
- iii. Lograr la identificación de cambios espectrales en los ejemplares arbóreos infestados por muérdago, observables en imágenes de sensores remotos
- iv. Generar información base para fundamentar gestiones normativas para instrumentar actividades de saneamiento.

## **4. UBICACIÓN**

### **4.1 Localización geográfica**

El ejido San Agustín se encuentra ubicado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga en Jalisco.

La localidad se encuentra en las coordenadas 20°32'53" de latitud norte y 103°28'06" de longitud oeste, presentando una altitud de 1,603 msnm. Su acceso desde Guadalajara es tomando la carretera federal número 80 con rumbo a Colima, recorriendo alrededor de 6 kilómetros, hasta llegar al paso vehicular a desnivel identificado como San Agustín (después de la entrada al Club de Golf Santa Anita).

### **4.2 Superficie**

El núcleo agrario cuenta con una superficie total de 1,527 hectáreas de las cuales 930.18 hectáreas corresponden a uso común (RAN). Es uno de los 11 ejidos que parte de su superficie se encuentran dentro del Área de Protección, y representa el 11% de la superficie total del área protegida (CONANP, 2000).

## **5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

### **5.1 Fisiografía y Geología**

El municipio de Tlajomulco de Zúñiga se caracteriza por una topografía muy diversa con zonas altas y medias como la Sierra Volcánica de la Primavera en la parte sur-oriente, el cerro de Totoltepec, Cerro viejo y la serranía que rodea la parte norte, poniente y suroeste de la cabecera municipal. Por otro lado, encontramos la zonas bajas o de valle, como en la parte sur con la Planicie de Toluquilla. (OPD, 2015).

El territorio del ejido está asentado sobre suelo aluvión (2.4%) y rocas ígneas en las siguientes proporciones: Toba (83%), Vitrea (11%), extrusiva ácida (3.6%).

### **5.2 Clima**

Conforme a la clasificación de Köppen, modificada por E. García, los tipos de clima que encontramos en la región son: *Templado subhúmedo S(w1)(w)* y *Semicálido subhúmedo*

(A)C(w1)(w). Los dos presentan lluvias en verano e invierno con precipitaciones anuales que fluctúan entre 800 y 1,000 mm, considerando que las precipitaciones invernales son del orden de 5% de la precipitación total. La temperatura media anual es de 20.6°C, siendo el mes más frío enero y el más cálido junio. El promedio anual de humedad es de 63%. Los vientos dominantes provienen del suroeste, con una velocidad máxima 53 km/h. Los días más despejados se presentan con mayor frecuencia en invierno y primavera, entre los meses de octubre a mayo (CONANP, 2000).

### 5.3 Hidrología

La zona de estudio se encuentra en la Región Hidrológica Lerma-Santiago, entre las cuencas hidrológicas del Lago de Chapala y el Río Santiago, este sistema nace en las inmediaciones de Almoloya Estado de México. La cuenca abarca parcialmente los Estados de México, Michoacán, Querétaro, Guanajuato y Jalisco y Nayarit. Con una extensión de 132, 724 km<sup>2</sup> representa el 7% del territorio nacional. Perteneciente a las Subcuentas hidrológicas de San Marcos y San Lucas Evangelista y subdividida en las microcuencas de Santa Cruz de las Flores y en la de San Sebastián El Grande. Formándose estas sobre las laderas de los cerros de Totoltepec, El Patomo, La Cruz, y la sierra de La Primavera (Las Planillas y San Gregorio), forma una planicie amplia en la parte baja del valle, generando extensas zonas de inundación, se comunica con el sistema de Cuenca del Río Ameca.

### 5.4 Suelos

Los tipos de suelos que encontramos en polígono del ejido, según la carta edafológica y la clasificación mundial de FAO/UNESCO (1968) modificada por DETENAL (1970), son: **Regosol eutríco**: Son suelos con poco desarrollo por lo que no presentan capas diferenciadas, claros o pobres en materia orgánica, frecuentemente son someros y su fertilidad es variable, su productividad está condicionada a la profundidad y pedregosidad, *subunidad eútrico*: suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los dístricos. (INEGI, 2004) Representan el 32.8 % de la superficie. Se puede encontrar en combinación como segundo tipo de suelo con *Feozem háplico* en el 29.1% de la superficie.

**Feozem háplico textura gruesa**: Corresponden a suelos que se caracterizan por presentar una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, son

de profundidad variable, subunidad háplico, que corresponden con suelos simples (INEGI, 2004) se encuentran en el 31.2% de la superficie en combinación como segundo tipo de suelo con Regosol eútrico, solo en el 2% de la misma lo encontramos con Litosol, que son suelos caracterizados por su alto contenido de materia orgánica, de color negro, esponjosos, ligeros con alta capacidad de retención de humedad (INEGI, 2004).

**Fluvisol eútrico textura gruesa:** Por último encontramos en el 5% de la superficie suelos fluvisol que se caracterizan por estar formados por materiales acarreados por agua, son poco desarrollados, medianamente profundos y con estructura débil o suelta (INEGI, 2004).

## 6. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

### 6.1 Vegetación y Usos de Suelo

Los usos de suelo y vegetación en el territorio del ejido son los siguientes:

Cuadro 1. Usos de suelo y vegetación

	%
Agricultura de temporal	52.5
Agricultura de riego	0.9
Bosque de encino-pino	31.9
Bosque de encino	3.6
Matorral	3.3
Pastizal inducido	7.8

Como se señala en el cuadro anterior, los principales usos de la tierra es la agricultura con poco más del 53%, después encontramos a la comunidad vegetal de bosque de encino-pino con casi el 32%, Pastizal inducido con 7.8%, Bosque de encino en 3.6% y por último matorral inerme y subinerme con el 3.3%.

Como principal tipo de vegetación encontrado en el área de estudio, la cual se encuentra dentro del decreto del área protegida, resalta el bosque de pino-encino, por lo que a continuación se hace una descripción general.

**Bosque de encino-pino** . Comunidad que se caracteriza por la dominancia de encinos (*Quercus spp*), sobre los pinos (*Pinus spp.*). Se desarrolla principalmente en los límites

altitudinales inferiores de los bosques de pino-encino, los árboles presentes en esta comunidad muestran menor porte y altura que aquellos donde domina el pino sobre el encino con una altura de 8 a 35 m, perennifolios y caducifolios, la floración y fructificación es variables durante el año. (INEGI, 2015).

Es el tipo de vegetación más representativo del Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, con elementos arbóreos con alturas de 6 a 15 m y su aspecto es ligeramente cerrado y en ocasiones abierto, con una serie de asociaciones que varía según se incrementa la altitud y disminuye la temperatura. Entre los 1800 y 1900 msnm encontramos asociación de *Quercus castanea*, *Q. laeta*, *Q. Obtusata* y *Pinus oocarpa* (CONANP, 2000).

## **7. CONTEXTO SOCIAL**

### **7.1 Población**

La localidad de San Agustín cuenta con una población total de 30,424 habitantes, compuesta de 15,249 hombres y 15,175 mujeres (INEGI, 2010).

El Ejido San Agustín cuenta con 162 ejidatarios con derechos agrarios, 418 avecindados y 67 posesionarios (RAN).

### **7.2 Actividades económicas**

La población económicamente activa es de 13,024 personas y 12,621 es la población ocupada (INEGI, 2010). En el ejido la tasa de empleo en baja y las principales actividades económicas son la agricultura (maíz), renta de maquinaria para cultivo, comercio y la apicultura en menor medida (OPD, 2015).

### **7.3 Organización**

La dotación del Ejido San Agustín data de 1923, y en 1996 fue inscrito al Programa de Certificación de Tierras y Derechos Ejidales y Titulación de Solares. La principal autoridad es la asamblea que está representada por el comisariado ejidal conformado por presidente, secretario y tesorero titulares y sus suplentes y un consejo de vigilancia conformado por un presidente y dos secretarios titulares y sus suplentes.

## **8. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo el diagnóstico de las áreas forestales con afectación de muérdago en el Ejido San Agustín, tomando como base el uso de imágenes de sensores remotos y validación en campo, la metodología a utilizar incluirá varias etapas de trabajo vinculadas a los objetivos del proyecto, que incluyen trabajo de campo y de gabinete, sistematización y análisis de información que será evaluada para derivar los resultados del diagnóstico y la formulación de los informes correspondientes.

### **8.1 Revisión de literatura**

Durante esta etapa se llevará a cabo la búsqueda, revisión y análisis de información relacionada con el área de estudio y el tema de diagnóstico:

- Identificación y recopilación de información general del área del proyecto.
- Revisión de literatura de la taxonomía y biología del muérdago.
- Identificación y análisis de los daños y afectaciones que se han presentado por muérdago.
- Revisión de experiencias de manejo y control de muérdago en México.

### **8.2 Entrevistas con actores clave del ejido**

Como parte del trabajo previo a los recorridos de campo, se realizarán entrevistas presenciales a actores clave del ejido, a efecto de indagar sobre el conocimiento empírico que disponen, tanto de décadas pasadas como de la actualidad, respecto de los siguientes aspectos relevantes para el diagnóstico:

- Factores de disturbio en el área forestal del ejido.
- Actividades que realizaban dentro de la zona forestal, incluyendo información sobre productos que extraían
- Actividades productivas en el resto del territorio del ejido, con influencia en la zona forestal
- Ataque o infestación por muérdago dentro de los límites del área forestal, así como dinámica de infestación del muérdago
- Actividades para el control o combate del muérdago

### 8.3 Recorrido del área y muestreo de campo

Los recorridos en el área de estudio se realizarán tomando como base el polígono que se encuentra dentro del APFFLP, misma área que actualmente está inscrita en un esquema de pago por servicios ambientales de la CONAFOR, para lo cual se trazará una cuadrícula con separación de 200 metros, a efecto de disponer de alrededor intersecciones, que se numerarán en forma progresiva para fines de identificación práctica.

En el ejercicio de identificación de la traza se obtuvieron 158 puntos de intersección en el área de estudio, como se muestra en la siguiente imagen:

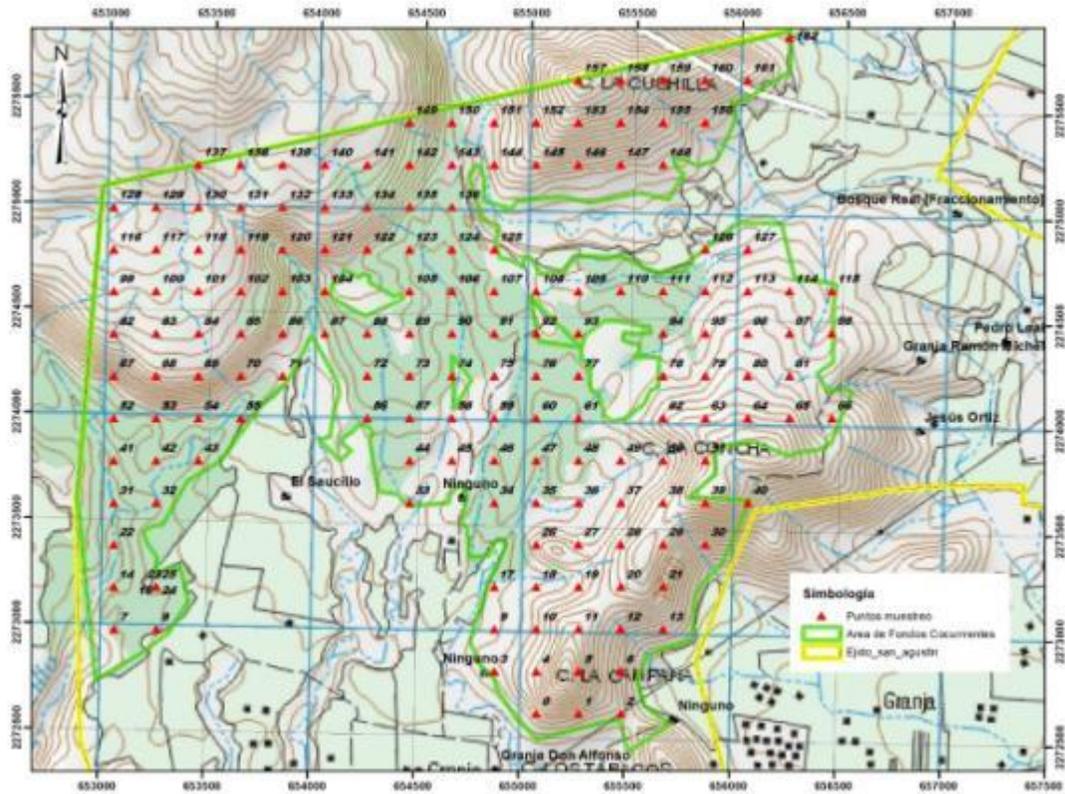


Figura 2. Puntos de intersección a 200 mts de distancia dentro del área del proyecto.

Aplicando el método de muestreo simple al azar, se seleccionarán un 15% de las intersecciones para determinar la ubicación de sitios de muestreo de dimensiones fijas, donde se obtendrían alrededor de 23 sitios, los cuales serán censados con la mesa

directiva del Ejido, con el fin de aprovechar sus conocimientos sobre el área y las condiciones para el acceso.

Posteriormente, para la evaluación de la severidad de infestación de muérdago en el arbolado, se aplicará la metodología de levantamiento de campo prevista en el Manual de Sanidad Forestal publicado por la Comisión Nacional Forestal, a efecto de aprovechar el trabajo de campo para disponer de información base, que pueda ser utilizada para la generación de los informes técnicos necesarios para gestionar permisos de intervención con fines de saneamiento ante la autoridad competente.

Con los datos que se generen en los sitios de muestreo, se obtendrá el nivel de infección del predio, cuyo resultado servirá de base para proceder con la visualización de las imágenes de sensores remotos, y establecer las correlaciones entre variantes espectrales en función de la afectación de muérdago.

## **9. RESULTADOS**

El diagnóstico de las áreas forestales con afectación de muérdago en el Ejido San Agustín, se llevó a cabo tomando como base el uso de imágenes de sensores remotos y obtención de información en campo con un criterio sistemático con sustento estadístico en la elección aleatoria de sitios de muestreo.

Los resultados obtenidos se desagregan considerando los temas o alcances planteados en la metodología, resaltando exclusivamente la información no incorporada en los apartados previos.

Considerando el marco normativo tutelado por la Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con apoyo de la Comisión Nacional Forestal (CONAOR) para llevar a cabo tareas de regulación y control de acciones de saneamiento forestal, las actividades de obtención de datos de campo se sustentaron en el procedimiento marcado en el Manual de Sanidad Forestal publicado por la CONAFOR, a efecto de que los datos obtenidos sirvan de base para llevar a cabo los trámites y gestiones necesarias para obtener la autorización de saneamiento.

### **9.1 Entrevistas con actores clave**

Se realizaron entrevistas presenciales a actores clave en el ejido, a efecto de indagar sobre el conocimiento empírico que disponen, tanto de décadas pasadas como de la actualidad, respecto de los siguientes aspectos relevantes para el diagnóstico:

- Factores de disturbio en el área forestal del ejido.
- Actividades que realizaban dentro de la zona forestal, incluyendo información sobre productos que extraían
- Actividades productivas en el resto del territorio del ejido, con influencia en la zona forestal
- Ataque o infestación por muérdago dentro de los límites del área forestal, así como dinámica de infestación del muérdago
- Actividades que ha realizado el Ejido para el control o combate del muérdago

Al respecto, durante los meses de enero y febrero de 2016 se llevaron a cabo 11 (once) entrevistas presenciales de manera individual con ejidatarios que podrían proporcionar información relevante para fines del estudio (actores clave), a través de un cuestionario diseñado previamente con el fin de obtener información englobada en un marco que permita el análisis práctico y la identificación de aspectos relevantes del manejo de recursos naturales y organización en el ejido.

Las personas a las cuales se les aplicó la entrevista fueron 4 (cuatro) actuales integrantes del Comisariado Ejidal y del Consejo de Vigilancia, 2 (dos) integrantes de la representación legal en el periodo anterior, y 5 (cinco) integrantes del ejido seleccionados por ser quienes la comunidad identifica con mayor conocimiento de las condiciones del bosque en los años de 1980 a 1990.

A continuación se transcriben las preguntas del cuestionario que sirvieron de guía para orientar la entrevista a los actores clave antes mencionados, y cuyo objeto era obtener información de referencia para integrarla al diagnóstico de afectación de arbolado con muérdago:

**Cuadro 2. Cuestionario de entrevistas personales**

<b>LÍNEA DEL TIEMPO DEL EJIDO ASOCIADA AL BOSQUE</b>
1. ¿Cuándo se estableció el ejido o cuando se les doto de tierras?
2. ¿Cómo era el bosque en ese entonces?
3. ¿Cómo es ahora o cómo ha cambiado?
4. ¿Cómo hacían uso del bosque y otros recursos (agua, tierra, vegetación)?
5. Este uso es igual ahora o cómo ha cambiado?
6. ¿Qué problemas se presentaban?
7. Son los mismos ahora o cómo ha cambiado?
8. ¿A partir de cuándo empezaron a tener problemas de incendios?
9. Se asocia a algún evento importante? Cómo ha afectado este problema al ejido?
10. ¿A partir de cuándo empezaron a tener problemas de tala ilegal?
11. Se asocia a algún evento importante? Cómo ha afectado este problema al ejido?

<p>12. ¿Tienen algún problema con presencia de gente ajena al ejido en el bosque, incluyendo paseantes?</p> <p>13. ¿Considera que se afecta al bosque de alguna manera con la presencia de gente ajena?</p>
<p>14. ¿Cuántas personas se dedicaban a pastoreo en el bosque?</p> <p>15. ¿Cuáles eran las principales especies ganaderas?</p> <p>16. Aproximadamente ¿Qué cantidad de cabezas se pastoreaban en total?</p> <p>17. ¿Proporcionaban alguna planta en particular durante el pastoreo, o era la que el ganado eligiera?</p> <p>18. En caso de que el muérdago se utilizara como forraje, ¿cómo lo cortan o bajan del árbol?</p>
<p>19. ¿Cuántas personas se dedican actualmente a pastoreo en el bosque?</p> <p>20. ¿Cuáles son las principales especies ganaderas?</p> <p>21. ¿Más o menos qué cantidad de cabezas se pastorean en total?</p> <p>22. ¿Proporcionan alguna planta en particular durante el pastoreo, o es la que el ganado elija?</p> <p>23. En caso de que el muérdago se utilice como forraje, ¿cómo lo cortan o bajan del árbol?</p>
<p><b>ASPECTOS CLAVES VINCULADOS A LA AFECTACIÓN DE MUÉRDAGO</b></p>
<p>24. ¿A partir de cuándo empezaron a tener problemas de plagas?</p> <p>25. Se asocia a algún evento importante? Cómo ha afectado este problema al ejido?</p>
<p>26. ¿Cuáles fueron los primeros sitios donde se observó presencia de muérdago en los árboles?</p>
<p>27. ¿A cuáles árboles considera más susceptibles al ataque de muérdago? (edad, tamaño, en pendiente, cerca de caminos, cerca de parcelas, en áreas afectadas por incendios)</p>
<p>28. ¿Cuáles áreas o parajes considera que son los más plagados con muérdago, y cuáles considera que no tienen este problema?</p>

La información obtenida durante las entrevistas, fue muy consistente en el sentido de fechas, eventos y conocimiento general, y al mismo tiempo, las entrevistas sirvieron a los ejidatarios como reconocimiento de la importancia de llevar a cabo labores saneamiento.

Abajo se citan los principales resultados obtenidos de la información basadas en las respuestas de los entrevistados, haciendo énfasis en la asociación con uno de los principales problemas que actualmente enfrentan en su área boscosa:

1. Las **actividades productivas** que realizaban anteriormente han cambiado, principalmente del orden primario, resaltando la ganadería y las especies utilizadas, ya que anteriormente había más familias que tenían ganado, remarcando que había una buena proporción de cabezas de caprino.
2. La necesidad de obtención de **productos del bosque** ha cambiado también, resaltando que antes utilizaban leña para las labores domésticas de preparación de alimentos, y desde hace un par de décadas han sustituido el uso de leña por estufas de gas. Es importante resaltar que este cambio de conducta no lo asocian a la declaratoria de área protegida de La Primavera, sino a un aspecto de mayor posibilidad de acceso a insumos para el hogar, o a un cambio impulsado por la costumbre general en un ambiente más urbano.
3. Respecto a los **incendios forestales**, la mayoría coincide en que en la última década han sido pocos los siniestros que se han presentado, y consideran que la intensidad no ha sido severa. Manifestaron que en el último lustro no recuerdan que se haya presentado algún evento.
4. En cuanto al nivel de infestación de muérdago del área boscosa y de la severidad del ataque, todos los entrevistados coinciden en que es un asunto que está generando daños al bosque, y que con el paso del tiempo se va incrementando la cantidad de árboles infestados.
5. Respecto a la **biología, fenología y dinámica de afectación del muérdago**, la mayoría de ellos lo identifica como un factor de disturbio en el bosque, dado que anteriormente sólo lo observaban en los árboles de mezquite (*Prosopis sp.*) o Palo dulce (*Eysenhardtia sp.*), que se encuentran en las inmediaciones de las áreas de cultivo. La mayoría de los entrevistados no recordó aspectos de crecimiento, floración y fructificación de muérdago, asociado a fechas o temporadas del año. Otro aspecto relevante es que la mayoría identifica a las aves como los agentes dispersores de la semilla del muérdago.

6. Se identifica que se realizaron **acciones para el control del muérdago** a partir de una iniciativa del mismo ejido, durante la representación legal culminada hace dos periodos. En este sentido, la mayoría de los entrevistados no disponía de información al respecto, por lo que se entrevistó directamente a las autoridades en dicho periodo y manifestaron que se utilizó un producto químico sin obtener los resultados esperados, por lo que no continuaron con la labor de saneamiento, por lo que consideran, de acuerdo al conocimiento práctico que tienen, más adecuado la remoción mecánica del muérdago mediante poda directa de las ramas infestadas.
  
7. Finalmente, se menciona que las personas de mayor edad que fueron entrevistadas reconocen que un punto de quiebre en la **expansión de la infestación del muérdago** obedece a que anteriormente las productores que tenían ganado caprino recolectaban la planta de muérdago de los árboles de mezquite o palo dulce con el uso de un gancho, situación que regulaba la producción de semillas, y evitaba la dispersión hacia la zona de bosque, al mismo tiempo que mantenía brotes pequeños de muérdago que causaban menos afectación en los árboles hospederos. En este sentido se resaltó el aspecto quebradizo de las ramas del muérdago, situación que facilitaba la recolección. Actualmente quedan muy pocos productores de ganado caprino en el ejido.

Abajo se muestran imágenes tomadas durante las entrevistas, puntualizando que en la medida de lo posible se evitó tomar fotografías durante el proceso, dado que se llevaban a cabo en los domicilios particulares de los entrevistados y se quiso respetar su privacidad:



**Foto 3. Desarrollo de una entrevista presencial con actores claves del ejido. La mayoría de entrevistas se realizó en compañía de los actuales integrantes del Comisariado Ejidal y del Consejo de Vigilancia**



**Foto 4. Desarrollo de una entrevista presencial con actores claves del ejido.**

## 9.2 Recorrido del área y muestreo de campo

Los recorridos en el área de estudio se realizaron tomando como base el polígono que se encuentra dentro del APFFLP, misma área que actualmente está inscrita en un esquema de pago por servicios ambientales de la CONAFOR, en tanto que la elección de los sitios de muestreo se realizó a partir del trazo de una cuadrícula con separación de 200 metros, de donde se obtuvieron alrededor de 158 intersecciones. Los recorridos de muestreo se realizaron en el mes de febrero y marzo de 2016.

## 9.3 Selección de sitios de muestreo de campo

Conforme a la aplicación del método de muestreo simple al azar, se seleccionaron un 15% de las intersecciones para determinar la ubicación de sitios de muestreo de dimensiones fijas, obteniendo la elección de 23 sitios, los cuales fueron analizados y consensuados con la mesa directiva del Ejido, para el reconocimiento sobre el área y las condiciones para el acceso. Del total de 23 puntos seleccionados, 21 fue posible levantarlos en campo, y se agregó uno más en un sitio que durante el recorrido en campo se observó con indicios de afectación severa de muérdago. Este último sitio se agregó al análisis estadístico de la severidad de afectación en virtud de que se encontraba cerca de la intersección 104, localizándose a aproximadamente 110 metros en distancia lineal conforme a la malla trazada a 200 metros.

En la siguiente tabla se enlistan los 22 sitios totales muestreados en campo, para los cuales se trazó un círculo de dimensiones fijas de 1000 metros cuadrados, tomando la intersección identificada en la malla como centro del sitio:

**Cuadro 3. Sitios de muestreo**

Consecutivo	Sitio de muestreo	Consecutivo	Sitio de muestreo
1	2	12	71
2	3	13	73
3	8	14	83
4	17	15	94
5	19	16	103
6	26	17	105
7	40	18	120
8	47	19	122
9	50	20	131

10	58	21	142
11	60	22	Extra

Espacialmente la distribución de los sitios de muestreo se representa en la siguiente figura, resaltando que para la identificación física en campo se utilizó equipo GPS de la marca Magellan modelo Explorist 510, que ofrece una precisión de localización de aproximadamente 5 metros.

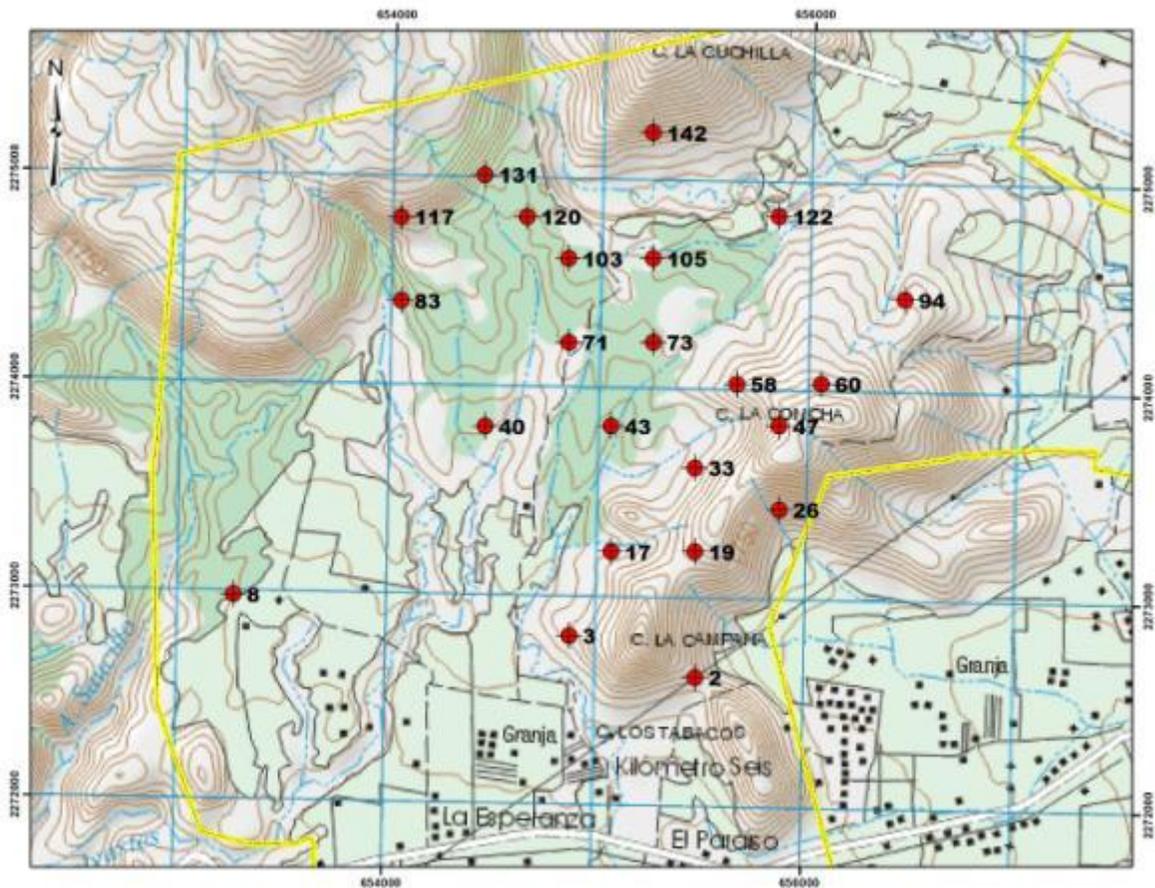


Figura 3. Representación de la distribución espacial de los sitios seleccionados para llevar a cabo el muestreo

Para mayor información sobre los sitios seleccionados y el trabajo de campo realizado se puede revisar el **Anexo Fotográfico** donde se incluyen una serie de fotografías ilustrativas resaltando aspectos relevantes además de la panorámica por cada sitio muestreado.

## 9.4 Determinación de datos de registro en campo

La determinación de los datos obtenidos en campo se basó en la metodología recomendada en el Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR, cuyo propósito se resume en los siguientes objetivos:

*Establecer los métodos técnicos para la evaluación combate y control de plantas parásitas y epífitas de los géneros Arceuthobium, Psittacanthus, Struthanthus, Phoradendron, Cladocolea y Tillandsia.*

*Contar con información sistematizada de las superficies afectadas y tratadas por plantas parásitas y epífitas.*

*Coadyuvar a la prevención, recuperación y mantenimiento de la salud de los recursos forestales afectados por plantas parásitas y epífitas.*

La evaluación de las áreas afectadas se realizó con el objetivo simultáneo de disponer de referencias de validación o comparación que puedan asociarse a resultados de análisis de imágenes de satélite y de obtener la información que posteriormente será solicitada en el informe técnico con el cual se realiza la gestión ante la SEMARNAT para obtener la autorización de intervención del saneamiento.

Conforme al Manual de Sanidad Forestal, la evaluación de los árboles infectados se realizó mediante el sistema de 4 clases (Vázquez, 1993), cuyo método se describe a continuación de acuerdo a lo contenido en el Manual:

- 1) *Delimitar en forma precisa la copa del árbol y considerar el volumen de ésta como el 100%; posteriormente, se cuenta el número y distribución de los muérdagos en la copa y se le da un valor numérico, de acuerdo al volumen que ocupa en la misma. Este valor puede variar de 0% hasta más de 90% de acuerdo a la ilustración siguiente:*

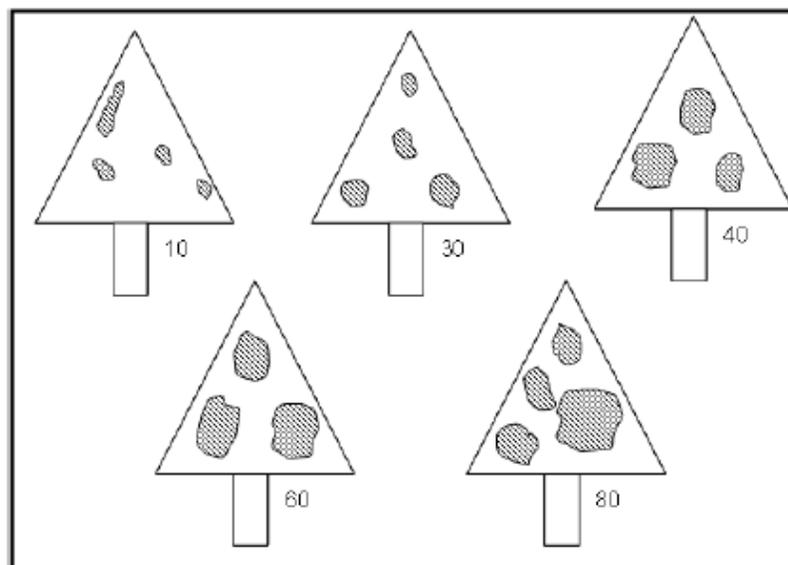


Figura 4. Representación esquemática de varios porcentajes de infección, el área sombreada simboliza el ataque del muérdago verdadero (Ilustración tomada del Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR)

- 2) Una vez determinado el porcentaje de estimación de copa infestada por muérdago, se procede a determinar el grado de infección y nivel de daño, de acuerdo al Cuadro que se incluye a continuación, y que también está contenido en el Manual de referencia:

Grado de infección	Daño	%Volumen infectado de la copa
0	Sano	Sin infección aparente
1	Leve	1-30
2	Medio	31-60
3	Fuerte	61-90

Figura 5. Volumen infectado de la copa, en el sistema de 4 clases y grado de infección (Ilustración tomada del Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR)

Con base en lo anterior, se diseñó un formulario de registro de información en campo, en el cual se contemplan diferentes aspectos de identificación:

- Identificación general del sitio (incluida ubicación geográfica)
- Identificación taxonómica a nivel de género de los árboles evaluados
- Registro de lecturas dendrométricas (diámetro y altura)
- Identificación taxonómica de la especie de muérdago presente

- e) Condiciones de infestación de muérdago desagregando la porción de la copa donde se encuentra la planta parásita (tercio superior, tercio medio o tercio inferior).
- f) Registro de observaciones asociadas al estado fenológico del muérdago o condición de desarrollo (juvenil o maduro).

En la figura 6 se muestra un ejemplo del formulario empleado en campo.

Formulario de levantamiento de datos en campo								
<i>Estudio para el diagnóstico de áreas infestadas por muérdago en el Ejido de San Agustín, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco.</i>								
Número de sitio (1):		Fecha (2):		___/___/___		Página (3) ___ de ___		
Paraje (4):								
Ubicación geográfica (5):								
Responsable de la información (6):								
Número de árbol (7)	Especie hospedera (8)	Diámetro en cm (9)	Altura en m (10)	Especie de parásita (11)	% infestación tercio superior (12)	% infestación tercio medio (13)	% infestación tercio inferior (14)	Observaciones (15)

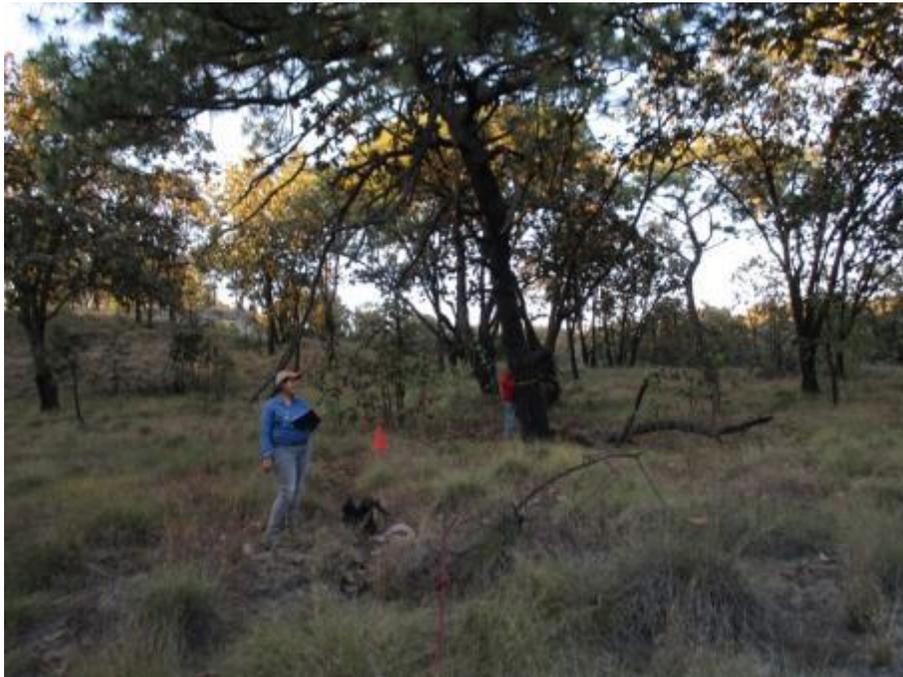
Figura 6. Formulario para el registro de datos de campo

### 9.5 Levantamiento de datos en campo

Una vez localizados los centros de los sitios con ayuda del equipo GPS, se procedió a realizar la señalización de los límites colocando referencias físicas en cada uno de los puntos cardinales para facilitar el levantamiento. El criterio para el registro de individuos arbóreos fue integrar todos aquellos que tuvieran un diámetro mayor a un centímetro. Lo anterior, con el objeto de tener alguna referencia de la dinámica estructural del sitio.



**Foto 5. Señalización de sitios para su delimitación**



**Foto 6. Colocación de referencias físicas en los sitios de muestreo para facilitar el registro de los datos en campo**



Foto 7. Formulario de registro para datos en campo



Foto 8. Equipo GPS utilizado para la localización de los sitios

## **9.6 Procesamiento con imágenes de satélite**

El objeto de este trabajo, como ya se señaló anteriormente, es la identificación de la presencia de muérdago en la cobertura vegetal asociada al estrato arbóreo en el área forestal del Ejido, es importante recordar que con el uso de sensores remotos las hojas son el elemento más importante para determinar el comportamiento espectral de la vegetación estudiada.

La información satelital proporcionada por el OPD de la Primavera se trabajó con imágenes Rapid Eye con fecha de toma del 16 de febrero de 2013, debido a que las gestiones con la dependencia de gobierno encargada del monitoreo de los bosques fueron muy tardadas y burocratizadas, por lo que no fue posible obtener imágenes de mejor resolución como los de los sensores SPOT 6 o 7, o en su caso imágenes de Rapid Eye mas actuales (2015), por lo que para el análisis se tomaron las condiciones del bosque de 3 años atrás en temporada de estiaje.

Es importante tomar en cuenta que la plaga de muérdago ya tiene un tiempo considerable afectando el área de estudio por lo que se estima identificar áreas de media o alta afectación tomando como base un área de 25 mts cuadrados, a nivel pixel.

### **9.6.1 Identificación de la reflectancia espectral de las áreas forestales con presencia de muérdago**

En el proceso de obtención para definir la firma espectral, no fue posible obtener los datos de reflectancia de los pixeles identificados, debido a que no se contaban con los datos de origen para el sensor a utilizar, información de la reflectancia aparente, la distancia Tierra-Sol (expresada en unidades astronómicas), la constante atmosférica extra-solar y el ángulo cenital (que se calcula a partir del ángulo de elevación del sol,  $\theta_s$ , mediante  $\theta_z = 90 - \theta_s$ ).

Considerando lo anterior, se determinó obtener con la imagen satelital disponible la medición de los valores de Pixel, en caso de que el OPD la Primavera, pudiera obtener información más detallada, a través de la CONANP, o adquiriera información de alta resolución el estudio se pudiera transpolar a otro nivel.

De forma visual y con los puntos de muestreo levantados en campo se pudo identificar que en el lugar donde la cobertura vegetal está sufriendo estrés debido al ataque de plagas, los cambios en la estructura foliar y color dan un indicativo de las áreas más afectadas. Los cambios en la reflectancia como síntomas de enfermedades en plantas son más patentes en la porción del espectro correspondiente al infrarrojo cercano.

Se utilizó la imagen de satélite disponible para la detección, registro y análisis de las alteraciones ocurridas en el comportamiento espectral de la cobertura vegetal en el área forestal del Ejido, tomando como puntos de control los sitios de muestreo, se caracterizó y evaluó el estado fitosanitario del área, relacionando con la incidencias de la plaga, considerando los valores de pixel en cada una de las bandas que componen la imagen y que nos dan idea de las variaciones del estado de la vegetación.

Se identificó la reflectancia enfocándose primordialmente en la banda del infrarrojo cercano que para las imágenes RapidEye se centra en la banda 5, que es la banda que permite detectar los cambios en el comportamiento espectral del arbolado. Para el ensayo de comparación, se tomaron como referencia tres sitios de muestreo, en los que se comparan los valores de los píxeles y sus comportamientos.

**Comparación 1.** Comparación de Sitio de muestreo 8 (Profile 2) donde la vegetación en la zona no tiene presencia de muérdago, contra el Sitio de muestreo 58 (Profile 1) que tiene más afectación en su sección noroeste, donde se aprecia una disminución en sus valores de pixel en la banda 3 por la afectación de la plaga.

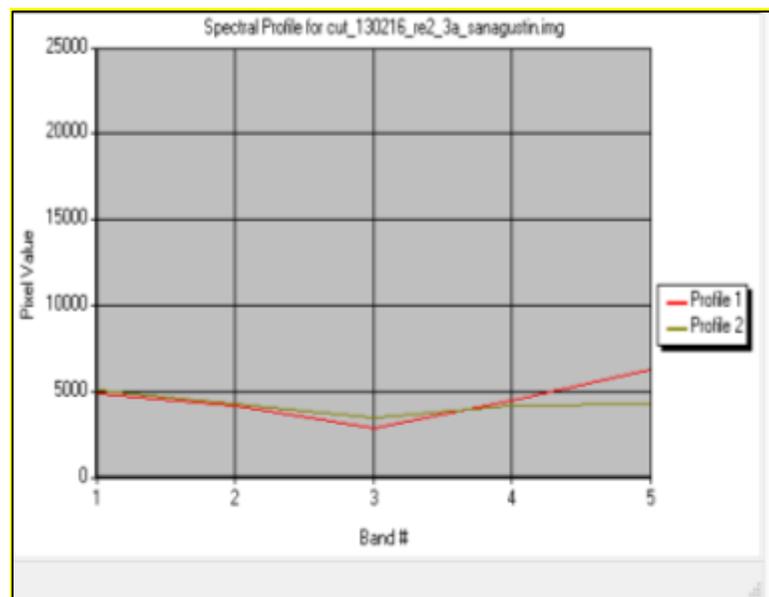


Figura 7. Comparación 1.

**Comparación 2.** Comparación de Sitio de muestreo 120 (Profile 2) donde la vegetación en la zona no tiene presencia de muérdago, contra el Sitio de muestreo 122 (Profile 1) que tiene más afectación en su sección sureste, observándose de igual manera una disminución en los valores de la banda 3.

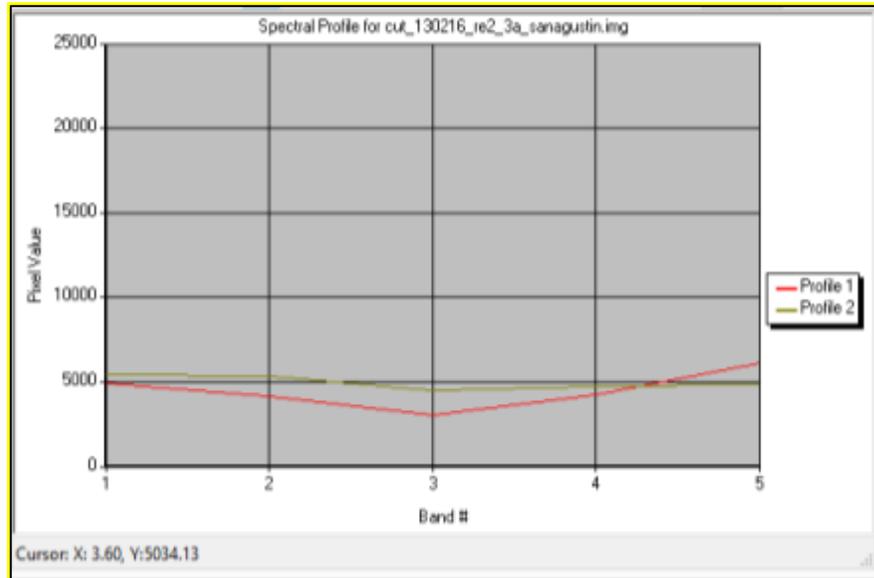


Figura 8. Comparación 2.

**Comparación 3.** Comparación de Sitio de muestreo 17 (Profile 1) donde la vegetación en la zona tiene presencia de muérdago leve, contra el Sitio de muestreo 40 (Profile 2) que tiene afectación moderada, contra un área donde la vegetación está sana (Profile 3).

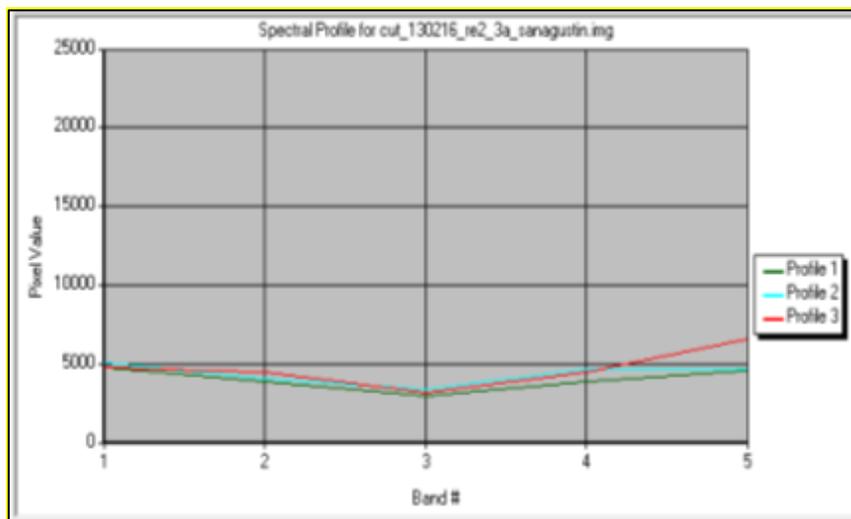
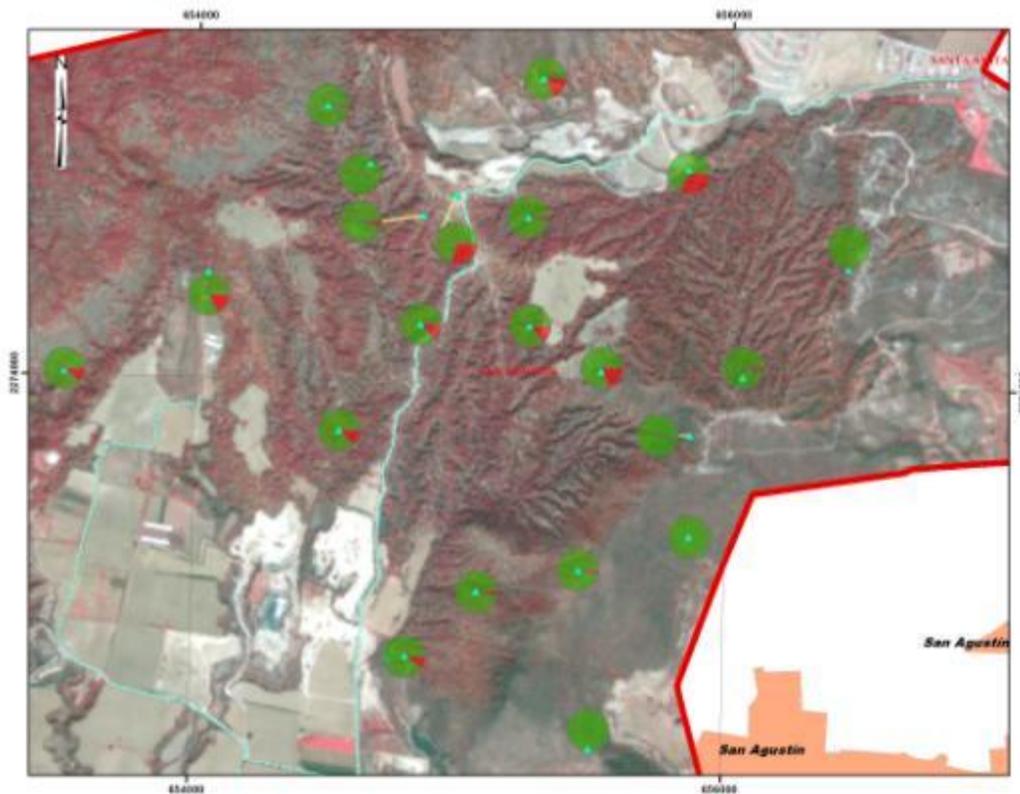


Figura 9. Comparación 3.

Como se puede apreciar en los tres ejemplos donde la vegetación tiene alguna presencia de muérdago no sobrepasa los valores de pixel de 5000. Con este dato se realizó una clasificación para estimar el probable estrés de la vegetación por la presencia del muérdago.

En un ejercicio realizado en base a la distribución de los puntos de muestreos, se mapeo el porcentaje de dispersión del muérdago en cada sitio muestreado, obteniéndose los siguientes resultados visuales:

1. La mayor presencia de muérdago se encuentra cercano a los caminos, parcelas y/o sitios desprovistos de vegetación dentro del área de estudio.
2. En los sitios donde no hay un grado de alteración alto por actividad antropogénica, la presencia del muérdago es leve o nula.



**Figura 10.**Representación gráfica de los sitios de muestreo señalando el porcentaje de árboles con presencia de muérdago por sitio

No obstante sí hay presencia escasa del muérdago, por lo que no hay que menospreciar estas áreas para evitar su propagación en áreas que todavía no han sido afectadas.

## **9.7 Análisis de datos obtenidos del levantamiento en campo**

A continuación se presentan los resultados generales del análisis de los datos levantados en campo, presentados por apartados que se asocian a los siguientes aspectos:

- a) Generalidades del arbolado localizado en los sitios
- b) Géneros taxonómicos de las especies hospederas
- c) Clasificación por diámetros como un indicador o referencia de la estructura poblacional
- d) Infestación de muérdago y nivel de daño.

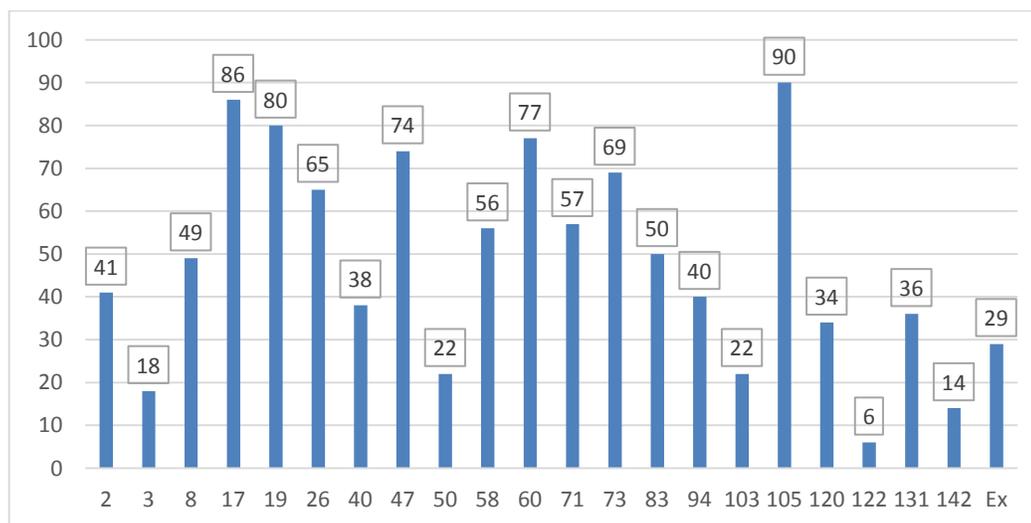
### **9.7.1 Generalidades del arbolado y de los sitios**

Como ya se mencionó anteriormente, el registro de los ejemplares en campo para el presente diagnóstico integró todos los ejemplares con potencial de porte arbóreo indistintamente de su estado físico (vivo o muerto), excluyendo únicamente los individuos de menos de un centímetro de diámetro, de esta forma, en los 22 sitios muestreados, se registraron un total de **1053 individuos arbóreos**, distribuidos por cada uno de los sitios conforme al Cuadro 4, destacando que el sitio identificado con el número 122 es el que presenta la menor cantidad de registros (6), en virtud de que se trató de un sitio localizado justo en el límite del área boscosa y un potrero, por lo que la mitad del área del sitio estaba desprovisto de árboles.

El número promedio de árboles por sitio de muestro se estimó en **48**, por lo que en términos generales se trata de espacios con una densidad de media a baja, máxime si se considera que también fueron integrados ejemplares jóvenes. Los resultados también se presentan en forma gráfica para facilitar la interpretación visual de los datos (ver Gráfica 1).

**Cuadro 4. Número de individuos registrados en cada uno de los sitios de muestreo.**

Número Consecutivo	Sitio de muestreo	Cantidad de árboles
1	2	41
2	3	18
3	8	49
4	17	86
5	19	80
6	26	65
7	40	38
8	47	74
9	50	22
10	58	56
11	60	77
12	71	57
13	73	69
14	83	50
15	94	40
16	103	22
17	105	90
18	120	34
19	122	6
20	131	36
21	142	14
22	Ex	29
<b>Total</b>		<b>1053</b>



**Gráfica 1. Número de individuos registrados por sitio de muestreo**

Con base en la información de número de individuos por sitio, se realizó un cálculo para inferir el número de individuos por hectárea, a efecto de tener una referencia de densidad, que pudiera asociarse a aspectos de condiciones favorables o desfavorables para el desarrollo del muérdago. La clasificación que se presenta a continuación es específica en sus rangos y nomenclatura para el presente estudio, y sólo tiene la finalidad de servir como referencia general. La agrupación de sitios por categoría de densidad fue de la siguiente manera: más de 600 árboles por hectárea corresponden a densidad alta, de 401 a 600 árboles por hectárea son de densidad media, de 201 a 400 densidad baja, y menos de 200 árboles densidad muy baja.

Se consideró relevante obtener una clasificación de densidad, en virtud del hábito de desarrollo de los muérdagos verdaderos, asociados a sitios con mayor cantidad de incidencia de radiación solar directa.

Conforme a las categorías anteriores, se obtuvo que el **54%** de los sitios corresponden a densidades medias y bajas, en tanto que sólo el **32%** es en alta densidad. Es importante resaltar que los rangos de las categorías no son comparables con clasificaciones de otros estudios para áreas con bosques de diversa composición, y tiene solamente el propósito de tener una referencia de densidad considerando las características propias del áreas de estudio correspondiente al bosque del Ejido San Agustín.

**Cuadro 5. Clasificación de sitios de muestreo por densidad de árboles**

<b>Categoría de densidad</b>	<b>Cantidad de sitios</b>	<b>Porcentaje</b>
Alta (mayor a 600)	7	32%
Media (401 a 600)	6	27%
Baja (201 a 400)	6	27%
Muy baja (menor a 200)	3	14%
<b>Totales</b>	<b>22</b>	<b>100%</b>

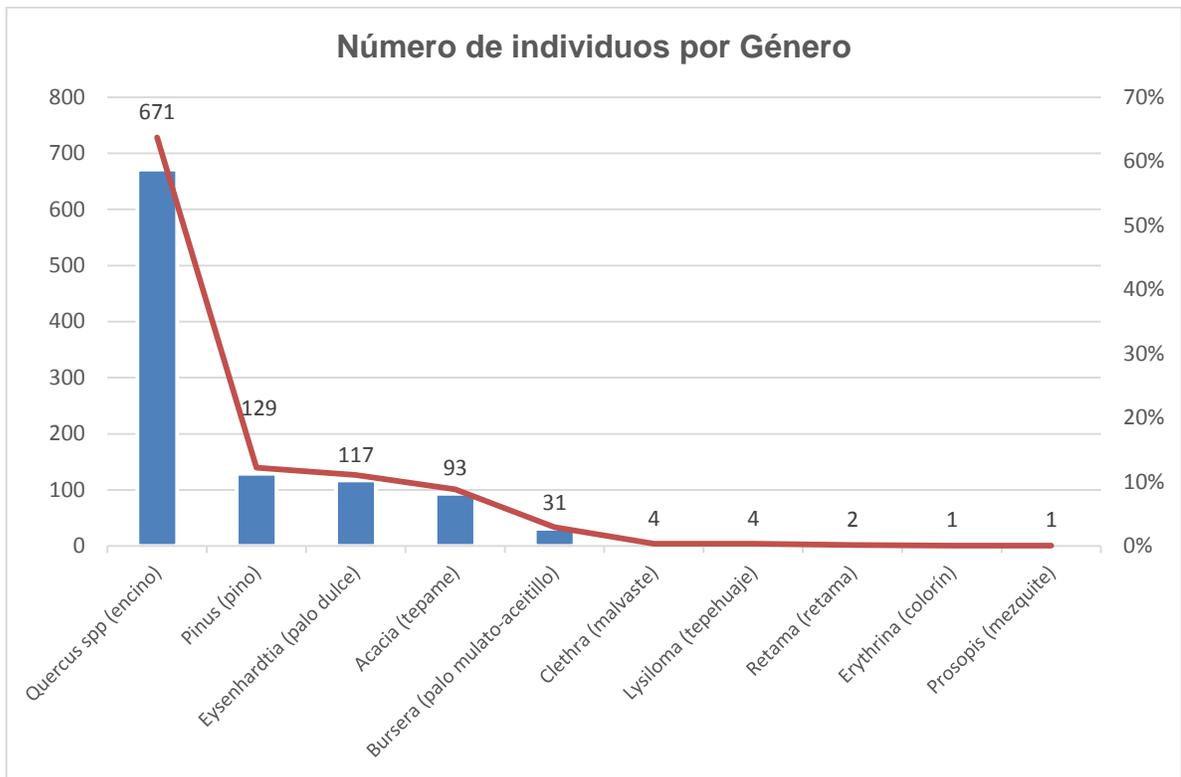
### **9.7.2 Géneros taxonómicos de los hospederos y comunidades vegetales**

En total se obtuvieron datos de registro en campo para individuos arbóreos asociados a 10 géneros, predominando diversas especies del género *Quercus* (encino), a razón de

**64%** del total de registros levantados (671 de 1053), seguido del género *Pinus* (Pino) con el **12%** (129 individuos), de *Eysenhardtia* (Palo dulce) con el **11%** (117 individuos) y de *Acacia* (Tepame) con el **9%** (93 individuos). Es decir, individuos asociados a 4 (cuatro) géneros representan el **96%** de los registros levantados en campo. Es importante resaltar que la cantidad de registros de individuos de los géneros *Eysenhardtia* y *Acacia*, obedecen a que dos de los sitios de muestreo elegidos al azar coincidieron con sitios donde la vegetación corresponde a selva baja caducifolia. En la Gráfica 2 se ilustra la distribución absoluta de ejemplares por cada uno de los géneros taxonómicos identificados.

**Cuadro 6. Individuos por género y porcentaje respecto al total**

<b>Género</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
<i>Quercus</i> spp (encino)	671	64%
<i>Pinus</i> (pino)	129	12%
<i>Eysenhardtia</i> (palo dulce)	117	11%
<i>Acacia</i> (tepame)	93	9%
<i>Bursera</i> (palo mulato-aceitillo)	31	3%
<i>Clethra</i> (malvaste)	4	0.4%
<i>Lysiloma</i> (tepehuaje)	4	0.4%
<i>Retama</i> (retama)	2	0%
<i>Erythrina</i> (colorín)	1	0.1%
<i>Prosopis</i> (mezquite)	1	0.1%



Gráfica 2. Representación del número de individuos registrados por género taxonómico.

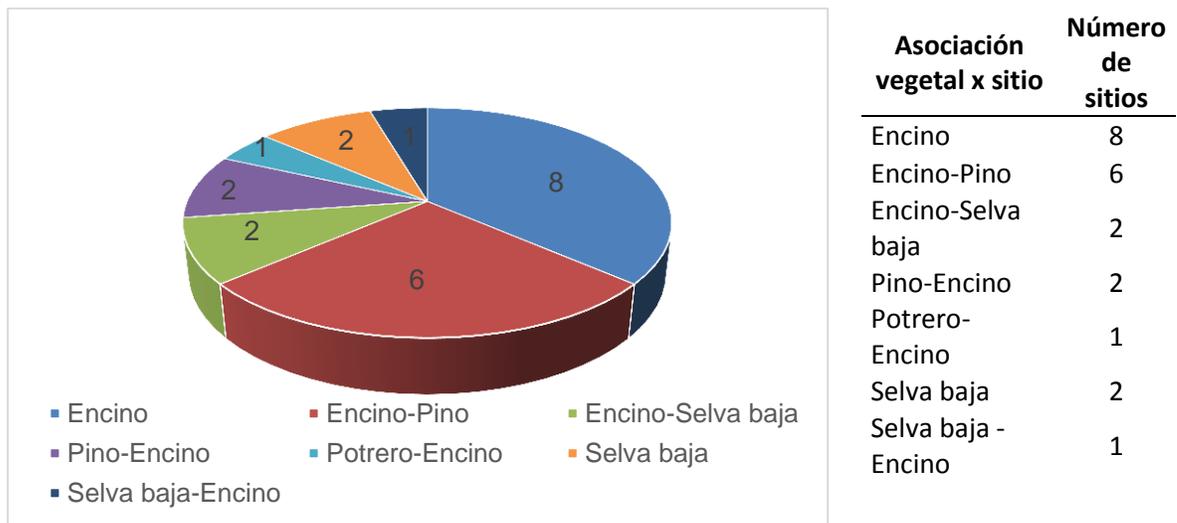
Los datos desagregados de número de individuos por género en cada sitio se presentan en el Cuadro 7, resaltando que dicha información se tomó como base para identificar con mayor precisión el tipo de comunidad vegetal en el que se localiza cada sitio.

Cuadro 7. Número de individuos por género en cada sitio muestreado

Sitio	Bursera	Erythrina	Quercus spp	Clethra	Prosopis	Eysenhardtia	Pinus	Retama	Acacia	Lysiloma
2						41				
3			10	2	1	4	1			
8			48				1			
17			79					2	5	
19			53						27	
26	31					31				3
40			33				5			
47		1	14						59	
50			13				9			
58			41			12	3			

**Cuadro 7. Número de individuos por género en cada sitio muestreado**

Sitio	<i>Bursera</i>	<i>Erythrina</i>	<i>Quercus spp</i>	<i>Clethra</i>	<i>Prosopis</i>	<i>Eysenhardtia</i>	<i>Pinus</i>	<i>Retama</i>	<i>Acacia</i>	<i>Lysiloma</i>
60			75						2	
71			48				9			
73			59				10			
83			29			21				
94			39				1			
103			18				4			
105			35				55			
120			14				20			
122			3	2						1
131			26				10			
142			13			1				
Ex			21			7	1			
<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	<b>671</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>117</b>	<b>129</b>	<b>2</b>	<b>93</b>	<b>4</b>



**Gráfica 3. Sitios de muestreo relacionados con asociaciones vegetales, tomando como referencia el número de individuos registrados por cada género**

Conforme a la información anterior, se obtiene que cerca del 75% de los sitios censados están asociados a áreas donde predomina el encino como elemento arbóreo en la

comunidad vegetal, en tanto que en el 10% predomina pino y en 15% especies asociadas a selva baja caducifolia o matorral.

### **9.7.3 Tamaño de los ejemplares registrados y Clasificación por diámetros como un indicador o referencia de la estructura poblacional**

Los datos dendrométricos obtenidos en campo, se consideran fundamentales para tener una referencia de diversos factores de la masa forestal, resaltando que para el presente diagnóstico se enfatiza en el análisis en las siguientes vertientes: dimensión de los árboles existentes en el bosque objeto de estudio (con esta información se obtiene una referencia de la estructura poblacional) y presencia de afectación de muérdago por categoría de altura (este tema se abordará en el apartado “Infestación de muérdago y nivel de daño”).

A continuación se presentan los resultados considerando como primer variable de análisis el “DIÁMETRO”, cuya lectura se obtuvo utilizando el equipo de medición consistente en una cinta flexible común con graduación métrica, y posteriormente en gabinete se realizó el cálculo para la obtención de diámetro. Lo anterior, en virtud de que en campo la lectura registrada consistió en la circunferencia del tronco de los árboles, por tanto, para la obtención del diámetro simplemente se dividió entre pi.

Para facilitar el análisis de los datos, los registros obtenidos se agrupan por categoría de diámetro, considerando las siguientes cuatro clases: Menor a 5 centímetros, de 5 a 20, de 20 a 40 y Mayor a 40 centímetros. Los datos desagregados por sitio se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Datos del DAP por sitio**

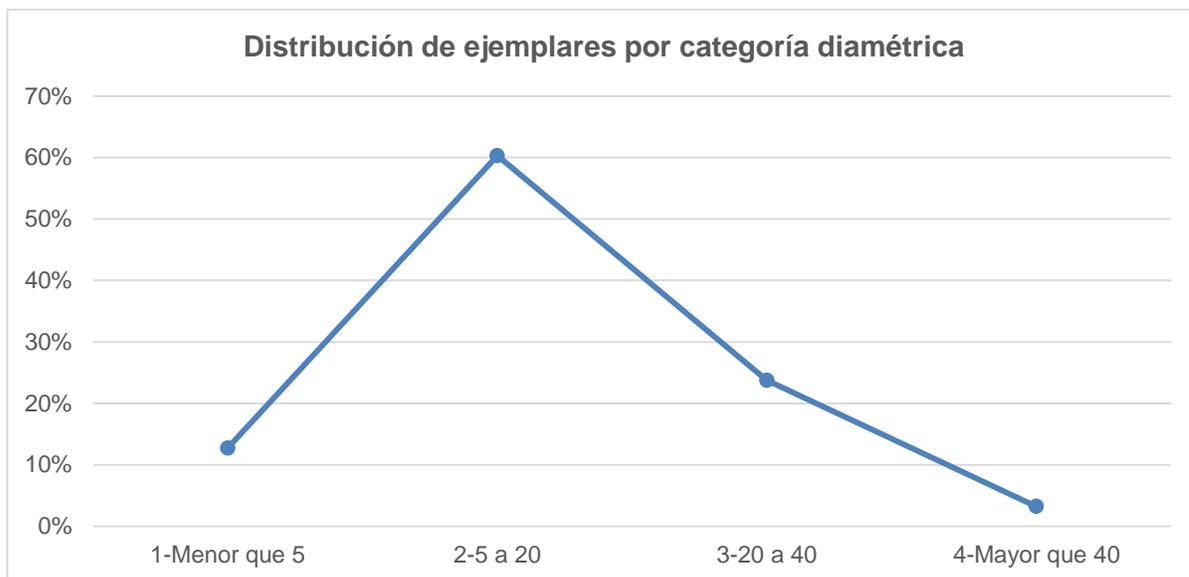
<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Menor que 5</b>	<b>De 5 a 20</b>	<b>De 20 a 40</b>	<b>Mayor que 40</b>	<b>Total</b>
2		41			41
3		7	10	1	18
8	8	13	25	3	49
17	12	63	11		86
19	4	67	8	1	80
26		41	23	1	65
40	15	8	11	4	38
47	9	63	2		74

**Cuadro 8. Datos del DAP por sitio**

<b>Sitio de muestreo</b>	<b>Menor que 5</b>	<b>De 5 a 20</b>	<b>De 20 a 40</b>	<b>Mayor que 40</b>	<b>Total</b>
50	2	3	14	3	22
58	15	31	5	5	56
60	2	56	18	1	77
71	3	48	5	1	57
73	24	33	11	1	69
83	19	15	16		50
94	7	17	16		40
103	2	5	11	4	22
105	3	74	13		90
120		12	22		34
122		3		3	6
131	7	10	17	2	36
142	1	5	6	2	14
Ex	1	20	6	2	29
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>635</b>	<b>250</b>	<b>34</b>	<b>1053</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>13%</b>	<b>60%</b>	<b>24%</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>

En términos generales, se observa que el **73%** de los ejemplares tienen un diámetro menor a 20 centímetros, lo que denota que la masa forestal está constituida de ejemplares jóvenes y que el potencial de crecimiento de las especies de los géneros registrados es bajo.

En forma gráfica, la distribución de los ejemplares por categoría diamétrica se comporta de la siguiente manera:



**Grafico 4. Porcentaje de distribución de individuos por categoría diamétrica**

Dado que al analizar los datos en forma desagregada por sitio se observan algunos aspectos relevantes de la dinámica estructural de composición por porte en el desarrollo de los individuos, a continuación se desagregan dos escenarios característicos.

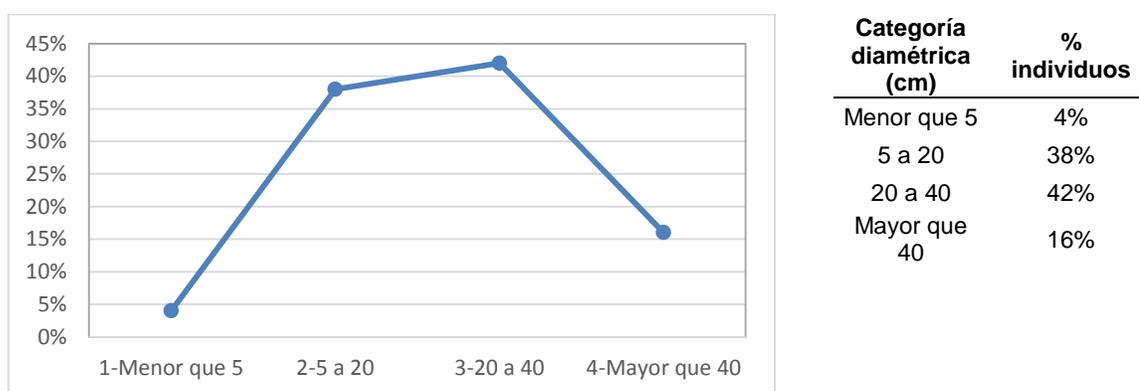
**Primer escenario.** Consiste en 9 (nueve) sitios que se caracterizan por tener muy baja cantidad de individuos en la primer categoría diamétrica, es decir aspectos asociados a árboles jóvenes procedentes de regeneración natural. Asimismo, estos sitios se caracterizan por su baja densidad de acuerdo a la categorización específica del presente estudio, ya que el 77% de ellos tiene de baja a muy baja densidad (menos de 400 individuos arbóreos por hectárea).

**Cuadro 9. Densidad estimada por sitio en el escenario 1.**

Sitio de muestreo	Densidad estimada
2	Media
3	Muy baja
50	Baja
71	Media
103	Baja
120	Baja
122	Muy baja
142	Muy baja
Ex	Baja

A continuación se ilustran los porcentajes de individuos por categoría diamétrica, resaltando que en la categoría inferior sólo se encuentra el **4%** de los ejemplares, en tanto que el porcentaje promedio de los 22 sitios es de **13%**. Estos datos se consideran relevantes para efectos de considerar medidas de manejo o protección que favorezcan la regeneración natural.

Dado que el Ejido está recibiendo apoyos por concepto de Pago de Servicios Ambientales, se debe procurar que se considere como una mejor práctica de manejo la disminución de factores de impacto negativo en estos sitios.



**Gráfica 5. Datos de distribución de individuos registrados en el muestreo para 9 sitios con la peculiaridad de tener baja densidad y poca regeneración natural**

**Segundo escenario.** Consiste en 2 (dos) sitios que se caracterizan por tener una distribución homogénea en las diversas categorías diamétricas, es decir aspectos asociados a individuos jóvenes procedentes de regeneración natural.

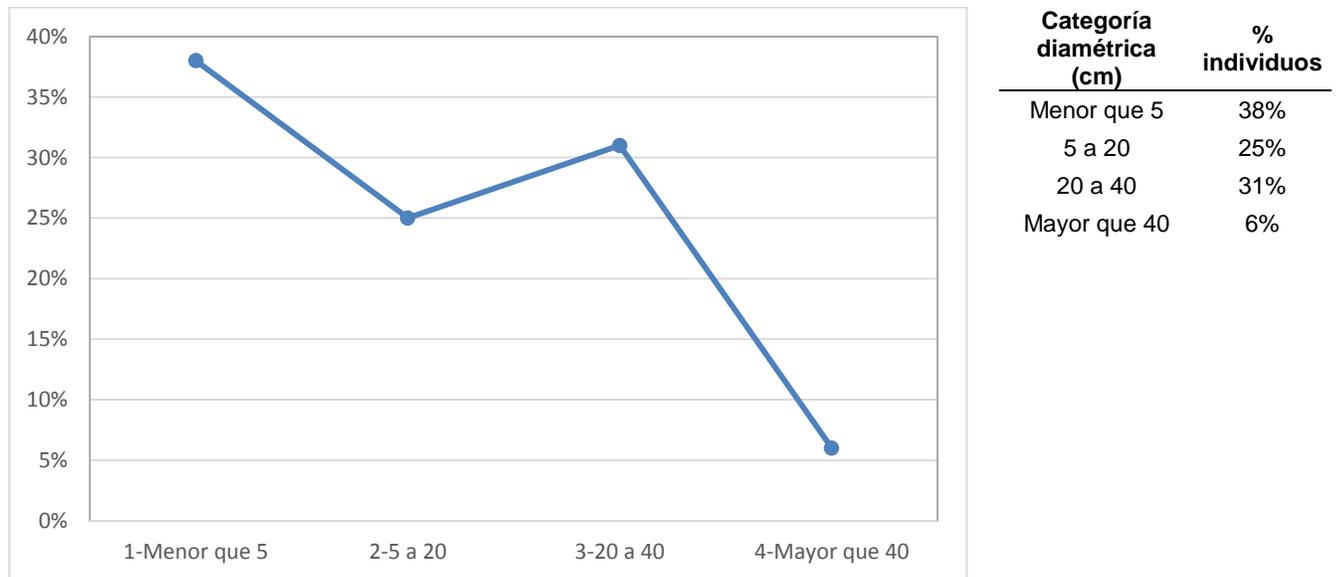
**Cuadro 10. Densidad estimada por sitio en el escenario 2.**

Sitio de muestreo	Densidad estimada
40	Baja
83	Media

A continuación se ilustran los porcentajes de individuos por categoría diamétrica, resaltando que en la categoría inferior se encuentra el **38%** de los ejemplares, en tanto que el porcentaje promedio de los 22 sitios es de **13%**. Estos datos se consideran

relevantes para efectos de considerar medidas de manejo o protección que favorezcan la regeneración natural.

Dado que el Ejido está recibiendo apoyos por concepto de Pago de Servicios Ambientales, se debe procurar que se considere como una mejor práctica de manejo la disminución de factores de impacto negativo en estos sitios.



**Gráfica 6. Datos de distribución de individuos registrados en el muestreo para DOS sitios con la peculiaridad de tener baja densidad pero alta regeneración natural**

A continuación se presentan los resultados considerando como segunda variable de análisis el factor “ALTURA”, la cual se obtuvo utilizando el equipo de medición forestal consistente en un clinómetro Suunto, considerando distintas medidas de posicionamiento horizontal de acuerdo a las condiciones de relieve y densidad del sitio, siendo las más comunes de 20 y 10 metros, resaltando que la máxima altura registrada fue de alrededor de 26 metros y la mínima de 0.5 metros. Para facilitar el análisis de los datos, los registros obtenidos se agrupan por categoría de altura, considerando las siguientes cuatro clases: altura Menor a 3 metros, de 3 a 7, de 7 a 15 y Mayor a 15 metros. Los datos desagregados por sitio se presentan en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Altura (metros) de individuos arbóreos por sitio de muestreo**

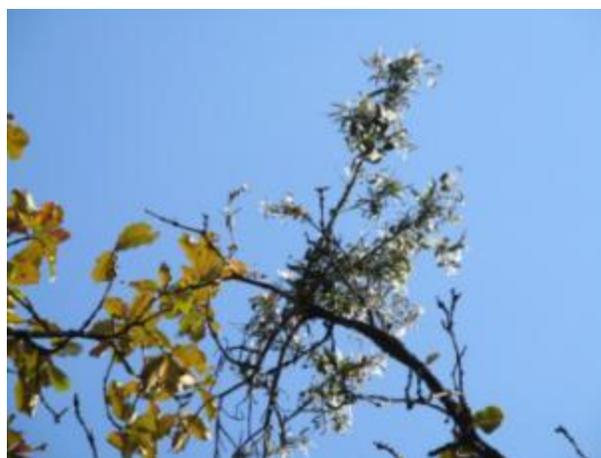
Sitio de muestreo	Menor a 3	De 3 a 7	De 7 a 15	Mayor a 15	Total
2	1	40			41
3	5	2	11		18
8	9	4	23	13	49
17	28	56	2		86
19	28	40	12		80
26		65			65
40	20		18		38
47	53	19	2		74
50	2		8	12	22
58	13	25	15	3	56
60	15	40	22		77
71	3	39	15		57
73	14	32	17	6	69
83	20	4	26		50
94	11	23	6		40
103	8		8	6	22
105	2	70	17	1	90
120	3	2	29		34
122		2	1	3	6
131	5	13	18		36
142		5	3	6	14
Ex	4	10	15		29
<b>Total</b>	<b>244</b>	<b>491</b>	<b>268</b>	<b>50</b>	<b>1053</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>23%</b>	<b>47%</b>	<b>25%</b>	<b>5%</b>	<b>100%</b>

Conforme a los datos anteriores, se puede apreciar que más del **70%** de los individuos presentan alturas **menores a 7 metros**, en tanto que sólo **5%** corresponden con alturas **mayores a 15 metros**. Estos datos son relevantes para efecto de implicaciones en el desarrollo de acciones de saneamiento con método mecánico, ya que el tipo de equipo de corte, de seguridad personal y de trepa requeridos estarán en función de la altura de desarrollo de las plantas de muérdago. Incluso, dichos datos son relevantes para efectos de capacitación asociada a la seguridad en el uso de escaleras o equipo básico de trepa de arbolado.

#### 9.7.4 Infestación de muérdago y nivel de daño

Durante el desarrollo de las actividades de toma de datos en campo, sólo se observó presencia de una especie de muérdago verdadero conocido localmente como “malojo”, el cual corresponde al género *Psittacanthus* sp, cuyas características botánicas y ecológicas ya fueron descritas en apartados anteriores.

Para efectos de ilustración práctica de las características del muérdago en el Ejido San Agustín, se muestran las siguientes imágenes, mismas que fueron tomadas durante los recorridos de campo realizados en febrero y marzo del presente año.



Fotos 9,10,11 y 12. Aspecto de desarrollo actual del muérdago en el Ejido San Agustín

Otro asunto a destacar es que las únicas especies hospederas de la planta parásita en el área de estudio fueron del género **Quercus** (encino). Es importante resaltar que los integrantes del ejido identifican afectación también en **Prosopis** (mezquite) y **Eysenhardtia** (palo dulce), no obstante dicha distribución sólo se observa en las áreas agrícolas.

Como se mencionó anteriormente, la evaluación del grado de infestación árbol por árbol se llevó a cabo conforme a la metodología prevista en el Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR, en la práctica en campo se dividió la copa de los árboles de forma visual, en tres secciones: superior, media e inferior, a fin de registrar de manera desagregado el valor de porcentaje de infestación de muérdago, para posteriormente en gabinete realizar la suma de la infestación de las tres secciones y obtener el porcentaje promedio de infestación. En el siguiente esquema se muestra un árbol de uno de los sitios levantados, con evidente infestación de muérdago.



Foto 13. Ilustración gráfica de la división visual de la copa en tercios, a efecto de facilitar la determinación del porcentaje de infestación de muérdago (exposición sur).



Foto 14. Ilustración gráfica de la división visual de la copa en tercios, a efecto de facilitar la determinación del porcentaje de infestación de muérdago (exposición norte).

Conforme a la ilustración anterior, se resalta lo siguiente: la valoración del porcentaje de infestación de muérdago en cada uno de los individuos se realizó considerando una inspección visual inicial rodeando al árbol, a efecto de tener una perspectiva integral de toda la copa, pues como puede apreciarse en las dos imágenes anteriores (la primera de la exposición sur de la copa, y la segunda del norte), varía la cobertura de infestación dependiendo del ángulo de visión del evaluador.

Los valores de infestación asignados al individuo del ejemplo fueron los siguientes: Tercio superior: 60%, Tercio medio: 80% y Tercio Inferior: 45%. El porcentaje global de infestación para este árbol es de **62%**, lo cual lo coloca con daño “**Fuerte**” de acuerdo al método de evaluación aplicado.

El disponer de datos desagregados por tercio de la copa afectada, permitirá facilitar la planeación y elección de equipo y herramienta a emplear en las labores de saneamiento que se realicen.

Los resultados generales obtenidos en los sitios de muestreo, arrojan que de los 1,053 individuos evaluados, **89** presentan infestación de muérdago, lo cual representa un **8.5%** de arbolado afectado con diversa severidad de daño por la planta parásita.



**Gráfica 7. Datos de distribución de individuos registrados en el muestreo para DOS sitios con la peculiaridad de tener baja densidad pero alta regeneración**

Es importante resaltar que en virtud de que en la evaluación de los sitios se consideraron todos los individuos de potencial de porte arbóreo con diámetro mayor a un centímetro, la proporción relativa de árboles infestados se observa baja, por lo que se presentan los datos excluyendo a todos los individuos con diámetro menor a 5 centímetros (134 ejemplares). De esta forma, se parte de un total de 919 individuos de los cuales permanecen los mismos 89 individuos con muérdago, lo que representa cerca del **10%** de infestación. Como puede inferirse, en ninguno de los 134 individuos juveniles se detectó afectación por muérdago.



Gráfica 8. Datos de distribución de individuos registrados en el muestreo para DOS sitios con la peculiaridad de tener baja densidad pero alta regeneración

### 9.7.5 Nivel de daño en los individuos afectados

Del total de 89 individuos infestados con muérdago, se observa que el **91%** presenta afectación leve, en tanto que con afectación media resulta el **7%** y con severa únicamente el **2%**. Dichos datos están en función de los rangos previstos en el Manual de Sanidad Forestal de la CONAFOR, en el cual el daño severo se considera sólo cuando el porcentaje de ocupación de la copa por el muérdago es mayor a 60%.

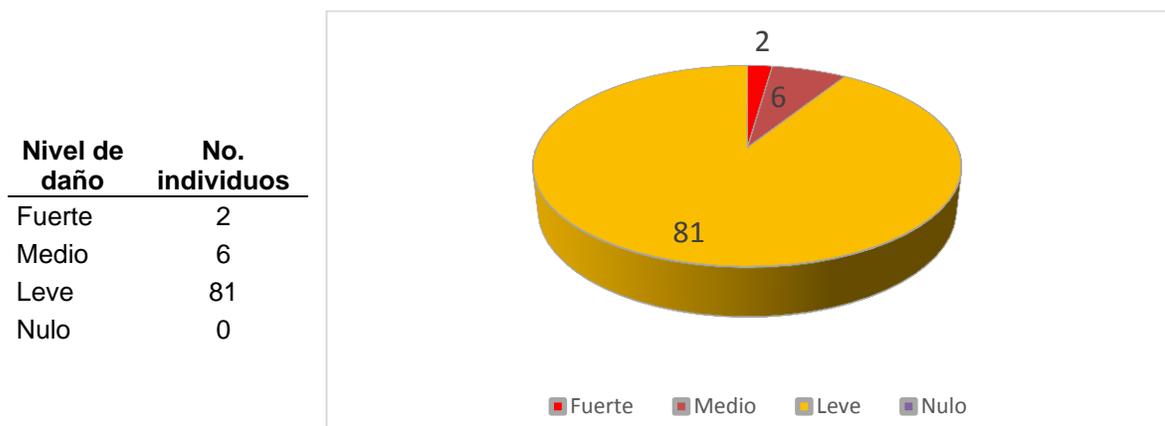


Gráfico 9. Nivel de daño en los árboles que presentan infestación de muérdago verdadero

En virtud de que se observó una clara tendencia de infestación de muérdago en individuos maduros, y la ubicación de los sitios de desarrollo del muérdago en la copa de los árboles, son factores fundamentales para determinar estrategias de control y requerimientos de equipo, herramienta y capacitación, a continuación se presentan datos relevantes asociados a la altura actual de los árboles hospederos.

**Cuadro 12. Distribución de individuos totales e infestados con muérdago según el rango de altura**

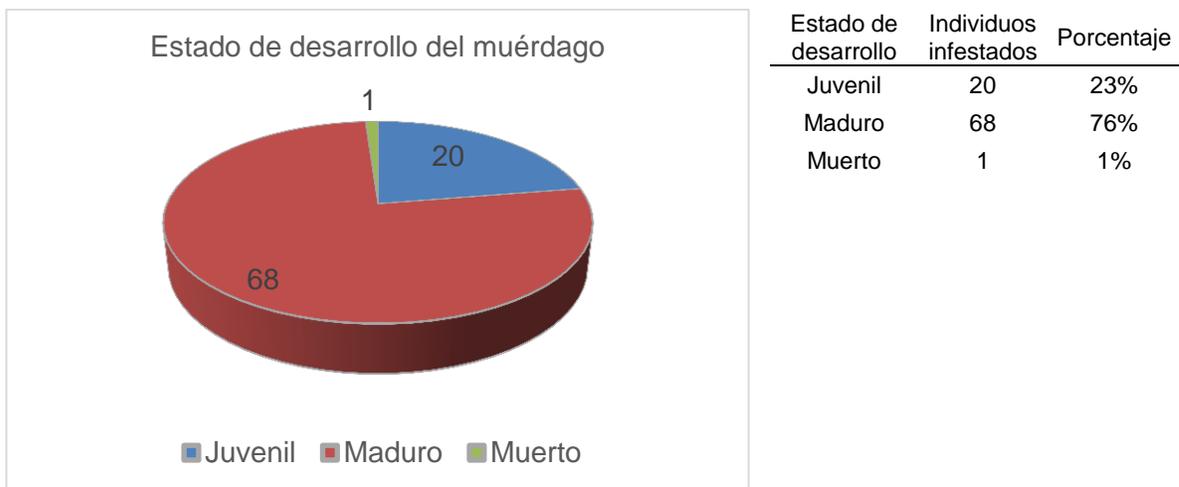
Categoría de altura	Individuos totales	Individuos infestados	Porcentaje de infestación
1-Menor a 3	244	0	0%
2-De 3 a 7	491	9	2%
3-De 7 a 15	268	66	25%
4-Mayor a 15	50	14	28%
<b>Total</b>	<b>1053</b>	<b>89</b>	<b>8%</b>

Como puede apreciarse en el Cuadro 12, cerca del **30%** de individuos con altura mayor a 15 metros, presentan infestación o ataque de muérdago, por lo que debe prestarse especial atención a los individuos maduros en las labores de saneamiento, ya que prácticamente **uno de cada tres** se encuentra infestado.

El segundo grupo o categoría de altura con mayor proporción de infestación corresponde a individuos de entre 7 y 15 metros, presentándose un **25%** de ataque, es decir **uno de cada cuatro** individuos presenta ataque de muérdago.

#### **9.7.6 Estado fenológico y de desarrollo de los muérdagos observados**

Las plantas de muérdago observadas en los 89 ejemplares de encino infestados, en general corresponden a individuos adultos o maduros, a razón del 76% de los casos, con estado fenológico asociado a la presencia de frutos maduros. Durante el trabajo de campo, se observó solamente evidencia de un encino muerto por ataque de muérdago, detectando que aún se encontraban las ramillas secas del muérdago en plantas distribuidas en la mayor cantidad de las ramas del hospedero. Este caso se registró como presencia de muérdago muerto, cuyo dato se ve reflejado en la Gráfica 10.



Gráfica 10. Datos asociados al estado de desarrollo de las plantas de muérdago observadas durante el trabajo de campo

En los meses de febrero y marzo de 2016, en los cuales se llevó a cabo el trabajo de campo, se logró apreciar que la mayor parte de las plantas maduras de muérdago se encontraban con frutos desarrollados. Esta situación se observó en el 91% de las plantas de muérdago maduras. En tanto que la floración era poca.

Para el caso de los ejemplares juveniles de muérdago, todos se encontraban en etapa vegetativa únicamente.

### 9.7.7 Estimación de un indicador de dispersión de la infestación

Con el desagregado de los datos obtenidos en el muestreo de campo, se realizó una estimación del **porcentaje de dispersión** o afectación relativa de arbolado en cada sitio, a efecto de que dichos datos sirvan de orientación durante el proceso de utilización de imágenes de satélite, de tal manera que se puedan realizar análisis visuales y espaciales del comportamiento de infestación o distribución de muérdago en función de la densidad de arbolado, cercanía a claros vinculados a potreros, parcelas o espacios degradados, o incluso cercanía a brechas o lugares de mayor acceso a paseantes.

De manera particular para el presente diagnóstico, se generaron cuatro clases o categorías para identificar el grado de dispersión de la infestación, considerando los

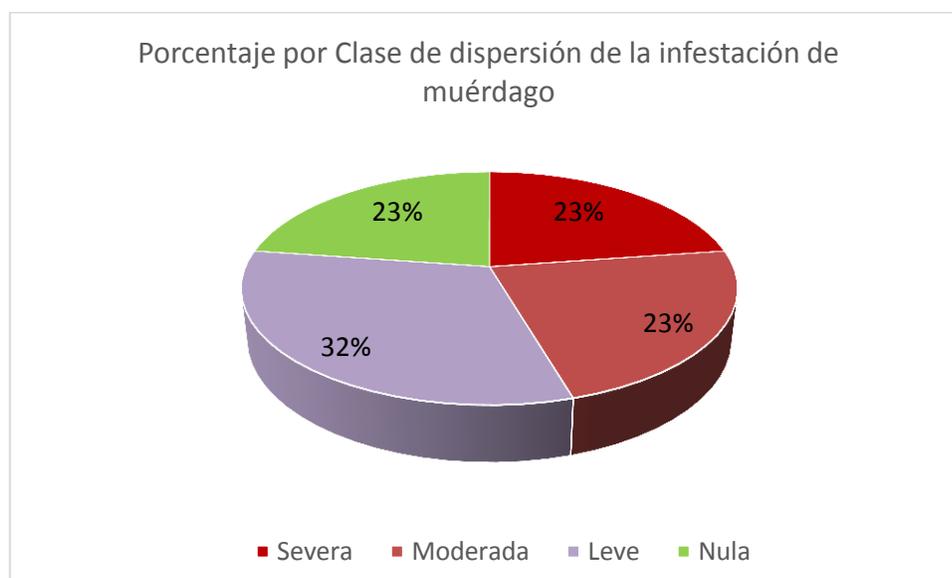
siguientes valores: Dispersión severa para sitios con más de 20% de los individuos arbóreos infestados, moderada para los que la infestación es de 10 a 20%, leve para los que son menores a 10%, y nula para los sitios donde no se identificó presencia de muérdago.

En el Cuadro 13, se presentan los datos desagregados por sitio, manteniendo también la referencia de densidad de arbolado asignada, dado que se observó una clara correlación entre espacios poco densos con presencia evidente de muérdago.

**Cuadro 13. Dispersión de la infestación por sitio**

Consecutivo	Sitio	Individuos totales	densidad	Individuos con muérdago	Porcentaje de infestación	Dispersión de la infestación
1	2	41	Media		0%	Nula
2	3	18	Muy baja	2	11%	Moderada
3	8	49	Media		0%	Nula
4	17	86	Alta	3	3%	Leve
5	19	80	Alta	3	4%	Leve
6	26	65	Alta		0%	Nula
7	40	38	Baja	6	16%	Moderada
8	47	74	Alta	1	1%	Leve
9	50	22	Baja	3	14%	Moderada
10	58	56	Media	14	25%	Severa
11	60	77	Alta	3	4%	Leve
12	71	57	Media	9	16%	Moderada
13	73	69	Alta	11	16%	Moderada
14	83	50	Media	11	22%	Severa
15	94	40	Media		0%	Nula
16	103	22	Baja	1	5%	Leve
17	105	90	Alta	3	3%	Leve
18	120	34	Baja		0%	Nula
19	122	6	Muy baja	3	50%	Severa
20	131	36	Baja	1	3%	Leve
21	142	14	Muy baja	3	21%	Severa
22	Ex	29	Baja	12	41%	Severa
	<b>Total/Promedio</b>	<b>1053</b>		<b>89</b>		

En términos generales, la cantidad de los sitios de muestreo conforme a la clasificación de dispersión de la infestación, se presenta en la Gráfica 11.



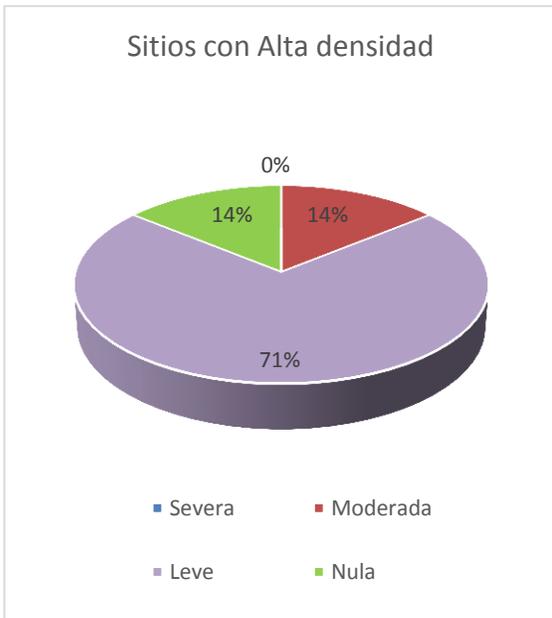
Gráfica 11. Porcentaje por clase de dispersión de la infestación de muérdago

Como puede observarse, prácticamente se dividen en partes iguales, pero resalta que en **70%** de los sitios se detectó presencia de muérdago, lo que denota el grado de dispersión, aunque la severidad del daño aún no sea tan severa.

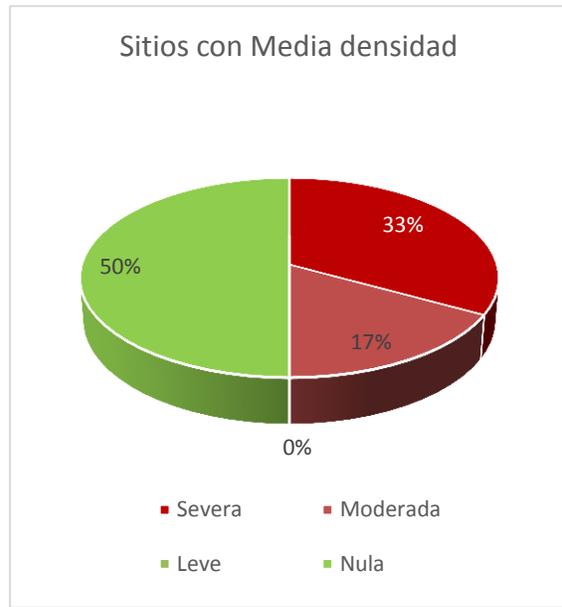
Con el fin de resaltar la asociación que existe entre el factor de presencia de muérdago y densidad de los individuos arbóreos, se presenta el análisis de datos con dichos factores en forma tabular y gráfica:

Cuadro 14. Presencia de muérdago y densidad de individuos

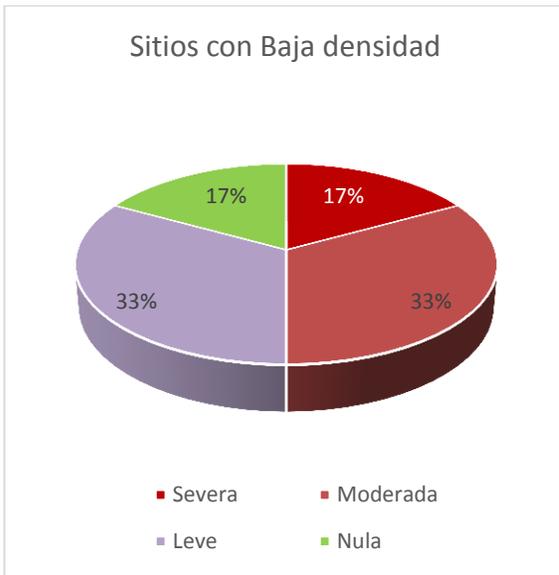
Categoría de densidad	Dispersión de la Infestación			
	Severa (mayor a 20%)	Moderada (10 a 20 %)	Leve (menor a 10%)	Nula
Alta (mayor a 600)	0	1	5	1
	0%	14%	71%	14%
Media (401 a 600)	2	1		3
	33%	17%	0%	50%
Baja (201 a 400)	1	2	2	1
	17%	33%	33%	17%
Muy baja (menor a 200)	2	1	0	0
	67%	33%	0%	0%



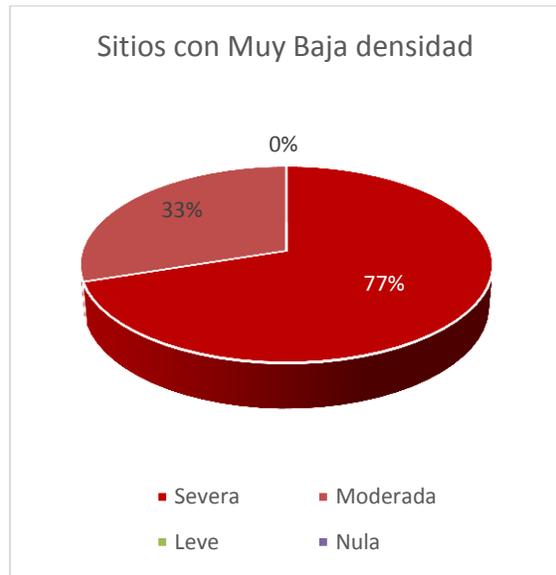
**Gráfica 12. Sitios con alta densidad**



**Gráfica 13. Sitios con media densidad**



**Gráfica 14. Sitios con baja densidad**



**Gráfica 15. Sitios con muy baja densidad**

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo del presente diagnóstico, se corroboró la importancia de disponer de información obtenida en campo como base fundamental para la utilización de insumos de sensores remotos en la identificación de áreas afectadas por plagas, especialmente asociadas a presencia de muérdago verdadero, ya que al tratarse de una especie vegetal con potencial fotosintético, la identificación mediante firmas espectrales se dificulta.

La afectación por muérdago en las áreas forestales del Ejido San Agustín, es el principal problema y factor de disturbio, dado que se obtuvo que uno de cada tres individuos arbóreos maduros que se encuentran en el estrato vertical dominante, están infestados. Asimismo, se identificó presencia de muérdago con diversos niveles de severidad de daño en el 70% de los sitios visitados; es decir, es prácticamente seguro que al trazar un área de intervención de saneamiento de una hectárea, se encuentren árboles infestados con muérdago.

Es relevante que las autoridades del Ejido, en forma coordinada con el OPD La Primavera, realice las gestiones normativas necesarias para llevar a cabo las acciones de saneamiento que se requieran, mediante la remoción física del muérdago con técnicas de poda adecuadas, por lo que las brigadas de trabajo que se integren previamente deberían recibir capacitación al respecto.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Arce A. I. 2012. Factores bióticos asociados a la distribución de *Psittacanthus calyculatus* en la zona periurbana de la ciudad de Querétaro, México. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. 20 p.

Alvarado R. D., Saavedra-Romero de L. 2004. El Género *Cladocolea* (Loranthaceae) en México: Muérdago verdadero o injerto. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(1):5-9.

Cárdenas S. V. 2014. Alternativas de control para el manejo de *Cladocolea Ioniceroides* y *Struthanthus interruptus* presentes en la zona urbana del Distrito Federal, México. Instituto de Enseñanza e Investigaciones Agrícolas en Ciencias Agrícolas. Colegio de Posgraduados. 145 p.

Carrillo L. E., 2004, Pinos y encinos de la Primavera enfermos. *Gaceta Universitaria*. Universidad de Guadalajara. 347:21.

Carrillo L. E., 2005, Cancer en los árboles de la ZMG. *Gaceta Universitaria*. Universidad de Guadalajara. 413:11.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2000. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera. México. 131 p.

Comisión Nacional Forestal. 2007 Manual de Sanidad Forestal. Gerencia de Sanidad Forestal 78 p.

Cházaro B.,M.J.; Oliva R.H. 1987 Loranthaceae del centro de Veracruz y zona límite de Puebla I. *Cactaceas y Suculentas Mexicanas* 32:55-60.

Cházaro B.,M.J.; Oliva R.H. 1988 Loranthaceae del centro de Veracruz y zona límite de Puebla IV. Cactaceas y Suculentas Mexicanas 33:42-48.

Gutiérrez Godínez M. 1994. Revisión Bibliográfica sobre los muérdagos (Loranthaceas) de México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. 160 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Guías para la interpretación de cartografía: Edafología. Aguascalientes, México. 28 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Guía para la interpretación de cartografía : uso del suelo y vegetación : escala 1:250, 000 : serie V. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 195 p.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Principales resultados por localidad (ITER). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultado en febrero de 2016

Marchal V. D., 2009. El muérdago en la ciudad de México. Revista Arbolama. Asociación Mexicana de Arboricultura. 1:18-30.

Negrete Aguayo J. M. 1993. Morfología Polínica de las Loranthaceae (Muérdagos) de la Sierra de Tapalpa, Jalisco. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. 91 p.

Organismo Público Descentralizado Bosque la Primavera. 2015. Programa de Mejores Prácticas de Manejo para promover Mecanismos Locales de Pago por Servicios Ambientales a través de Fondos Concurrentes (versión borrador).

Patiño Ramírez R. 1994. Estudio Taxonómico de los muérdagos (Loranthaceae) del Volcán Tequila, Jalisco, México. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Guadalajara. 60 p.

Registro Agrario Nacional (RAN). Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (PHINA). Consulta realizada en febrero de 2016. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. <http://phina.ran.gob.mx/>

Reyna Bustos O. 1989. Estudio de la vegetación de la Reserva Forestal de la Primavera, Jalisco. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. 90 p.

Ruiz Montes M. A. 1994. Estudio taxonómico de los muérdagos (Loranthaceae) del nevado de Colima y Volcan de Fuego, Jalisco-Colima, Mexico. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. 109 p.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2ª ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.

Vázquez C., Pérez, C. & Pérez, C. 1986. Control químico del muérdago verdadero (*Psittacanthus* sp.) en la sierra purépecha (Meseta tarasca. Rev. Ciencia Forestal. 59:11:106-126.

Emilio Chuvieco Salinero, 2da Edición. 2006. Teledetección Ambiental, La observación de la Tierra desde el Espacio. 215, 217, 260, 264 p.

Vázquez C I., Villa R. A, Madrigal H. S. 2006. Los Muérdagos (Loranthaceae) en Michoacán. Libro Técnico No 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, División Forestal, Uruapan, Michoacán. 93 p.

Vázquez G., J.A., R. Cuevas G., T. S. Cochrane y H. H. litis. 1995. Flora de Manantlán, Plantas Vasculares de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán Jalisco-Colima, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), University of Winsconsin-Madison, Universidad de Guadalajara y Botanical Research Institute of Texas (BRIT), 312 p.

Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. Fifth edition. 20 p.