

**EVOLUCIÓN DE LA AFECCIÓN DEL MUÉRDAGO
(*Viscum album* subsp. *austriacum*)
EN PINARES DE LA PROVINCIA DE ZARAGOZA.
LÍNEAS DE ACTUACIÓN.**



Viscum album subsp. *austriacum* sobre *Pinus halepensis*. MUP 142, Ejea de los Caballeros

Álvaro Hernández Jiménez
Jefe de Sección de Sanidad Forestal

Mayo de 2020

Índice

1.	Introducción.....	2
2.	El muérdago y su papel en el decaimiento de masas arboladas.....	4
3.	Las interacciones ecológicas del muérdago.....	13
4.	Evolución de la afección del muérdago en la provincia de Zaragoza.	20
4.1.	Evolución de la afección a largo plazo en la provincia de Zaragoza. Red CE Nivel I.....	23
4.2.	Evolución de la afección desde 2008 en la provincia de Zaragoza. Red de Evaluación Fitosanitaria de las Masas Forestales de Aragón (REFMFA).....	26
4.2.1.	Afección por altitud.....	33
5.	La afección del muérdago a nivel de árbol.....	35
5.1.	Total de pies vivos afectados.....	37
5.1.1.	Afección del muérdago en función del tamaño de los pies.....	43
5.2.	Pies afectados al menos desde 2010.....	49
5.3.	Pies afectados a partir de 2011.....	55
5.3.1.	Características de los nuevos pies colonizados.....	60
6.	Influencia del muérdago en el estado sanitario de los árboles y las masas.....	63
6.1.	Comparación de defoliación de árboles afectados y no afectados en las zonas ocupadas por el muérdago.....	63
6.2.	Comparación de la defoliación en zonas afectadas y no afectadas por el muérdago.....	69
7.	Mortalidad relacionada con el muérdago.....	79
8.	El muérdago en el Tercer Inventario Forestal Nacional.....	87
9.	Mapas de distribución del muérdago en la provincia.....	90
9.1.	Relación de superficies potencialmente afectadas en los términos municipales donde se ha constatado la presencia de muérdago.....	98
10.	Zonificación de la afección y superficies afectadas.....	99
10.1.	Bajo Aragón.....	99
10.2.	Bardena-Zuera-Alcubierre.....	103
10.3.	Cinco Villas.....	107
10.4.	Huerva.....	112
10.5.	Comparación entre zonas.....	115
11.	La distribución actual del muérdago: diferencias entre masas afectadas y no afectadas e interrogantes.....	122
12.	El seguimiento del muérdago en parcelas permanentes.....	138
12.1.	La parcela de seguimiento del MUP 32 “Pinar y Dehesa” de Villanueva de Huerva.....	139
13.	Conclusiones.....	142
13.1.	Expansión del muérdago.....	143
13.2.	Agravamiento de la afección del muérdago.....	144
13.3.	Pérdida de vigor y mortalidad de los árboles afectados.....	146
13.4.	Empeoramiento del estado sanitario y la mortalidad en las masas afectadas.....	149
14.	La gestión del muérdago.....	151
14.1.	Líneas de actuación a instaurar frente al muérdago.....	156
15.	Bibliografía.....	159

1. Introducción.

En abril de 2008 se celebraron en la Comunidad Valenciana las *Primeras Jornadas de Trabajo sobre Problemas de Muérdago en Masas Forestales* (VV.AA., 2008), con asistentes de Álava, Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla La Mancha, Madrid, Navarra y Comunidad Valenciana, y del Ministerio de Medio Ambiente, en las que se puso de manifiesto el importante problema fitosanitario que representa el muérdago en los pinares del Sistema Ibérico, Pirenaico, Penibético, Valle del Ebro y Sistema Central, así como el fracaso de los métodos de control ensayados hasta ese momento, planteando la puesta en marcha de las siguientes líneas de actuación:

- Unificar el método de medida de la cantidad de enfermedad, empleando una escala si la determinación se establece a nivel masa y otra si se efectúa a nivel árbol, y realizar inventarios de las masas afectadas utilizando las escalas unificadas.
- Realizar prospecciones en las comunidades autónomas con poca o escasa información.
- Establecer sistemas de seguimiento de la evolución en el tiempo del muérdago en puntos fijos, para lo que sería conveniente apoyarse en las redes de daños de la red europea y en las redes de daños autonómicas. Tratar de trabajar en estos puntos.
- Realizar proyectos de investigación que profundicen en el conocimiento de la biología del muérdago y de sus mecanismos de dispersión y su epidemiología.
- Realizar autopsias de árboles afectados, que determinen entre otros factores el tiempo transcurrido entre la primera colonización del árbol por el muérdago y su muerte.
- Realizar proyectos de investigación que profundicen en el control o manejo de la fauna implicada en su dispersión y control.
- Estudiar los hongos patógenos asociados. Profundizar en la asociación sinérgica de muérdago y hongos o de cualquier otro agente de debilidad.
- Realizar estudios encaminados a desarrollar técnicas de control biológico. Insectos, hongos y aves.
- Fomentar los usos tradicionales de recogida de muérdago.
- Tratamientos selvícolas. Establecimiento de normas selvícolas en las que se incluyan la tipología de los pies que deben ser apeados en cada intervención al objeto de reducir la población de muérdago y asegurar la regeneración de los pinares o abetales afectados. Documentación y seguimiento de las cortas de control que se efectúen para poder evaluar sus resultados como técnica de control.
 - Recuperar informes internos de los servicios forestales, así como de proyectos fin de carrera que puedan haberse redactado sobre este tema.

Por otra parte, desde que en 2001 se actualizara la Información Técnica 4/97 sobre el muérdago (Hernández et al., 1997, 2001) y se realizara un estudio de su situación en Aragón (Zapata et al., 2001), poco se ha profundizado en su conocimiento en Aragón, en tanto que se ha producido un enorme avance en el conocimiento de la fisiología, la biología, la genética y la ecología de la especie, los efectos de la misma sobre los árboles hospedantes, y su influencia en procesos ecosistémicos y en la sucesión vegetal.

El presente informe pretende responder a alguna de las líneas de trabajo mencionadas anteriormente, profundizando por una parte en el conocimiento de la especie y sus consecuencias ecológicas y patológicas, y por otra en el conocimiento de la afección del muérdago en la provincia de Zaragoza partir de todas las fuentes de información disponibles, y especialmente de las redes de seguimiento del estado fitosanitario, para terminar con el análisis de las posibles líneas de actuación y la proposición de actuaciones.

Para la confección del informe, además de realizarse una exhaustiva búsqueda bibliográfica, se han utilizado todas las fuentes de datos disponibles en la actualidad, tanto las redes de evaluación fitosanitaria como el inventario forestal nacional, así como las evaluaciones propias del Servicio Provincial.

La Red CE nivel I, también denominada “Red de Seguimiento de Daños en los Montes” o en los últimos años “Red a Gran Escala de Seguimiento de Daños en los Bosques”, forma parte de una red a escala europea en la que se disponen puntos de evaluación del estado fitosanitario de masas arboladas en una red de 16 km x 16 km, y depende del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. En España la Red de Nivel I fue constituida en 1986 de un modo sistemático, y en ella se lleva a cabo con periodicidad anual el análisis del estado de salud del arbolado y de los principales factores que actúan negativamente sobre el mismo mediante la evaluación de parámetros rutinarios como la pérdida de follaje del arbolado (defoliación), la determinación de agentes causantes de daños en los árboles, el nivel de fructificación, etc. Está formada por 620 puntos de seguimiento, en cada uno de los cuales se analiza el estado de 24 árboles vivos. En Aragón se localizan 63 puntos de evaluación, 17 de ellos en la provincia de Zaragoza, de los que 12 se disponen en pinares.

En la Comunidad Autónoma de Aragón primero la Asesoría Técnica de Plagas de Zaragoza, y después la Dirección General de Gestión Forestal establecieron una red propia, Red de Evaluación Fitosanitaria en las Masas Forestales de Aragón (REFMFA), constituida por una red de puntos de seguimiento conforme a una cuadrícula sistemática en todo el territorio aragonés de 8 x 8 km (Rango I) y una red específica para los ENP (Rango II), que supuso intensificar en ellos los puntos a una red de 4 x 4 km. En la actualidad la Red de rango I está integrada por 263 puntos (85 de ellos en la provincia de Zaragoza) y la Red de Rango II por 48 puntos, 9 de los cuales se encuentran en la provincia de Zaragoza, 5 en el P.N. del Moncayo, y 4 en el Paisaje Protegido de la Sierra de Santo Domingo, evaluados por primera vez en 2019. La REFMFA presenta 94 puntos en la provincia de Zaragoza, lo que supone el seguimiento del estado fitosanitario de 2.256 árboles. Los datos obtenidos en esta red constituyen la base de este informe.

Una tercera fuente de información la constituye el Tercer Inventario Forestal Nacional. En los años 2004 y 2005 se realizaron los trabajos de campo del Tercer Inventario Forestal Nacional en la provincia de Zaragoza. Estos trabajos supusieron la medición de 19.395 árboles con diámetro mayor de 7,5 cm., localizados en 1.407 parcelas, que se distribuyen en una malla de 1 km x 1 km en la superficie forestal de la provincia, suponiendo, con diferencia, el seguimiento de mayor intensidad de muestreo que se realiza. La enorme diferencia en la intensidad del muestreo, la no especialización de los trabajos hacia el estado fitosanitario del arbolado, y el hecho de que únicamente suponga una foto fija, sin datos de evolución, motivan que los datos del IFN3, se hayan utilizado principalmente para delimitar el área de distribución de la especie, y además para reafirmar algunas de las conclusiones obtenidas a partir de los datos de la REFMFA, en cuyo caso se ofrece la información en forma de cajas.

Por último, se ha utilizado también la información recopilada por el Servicio Provincial a través de los Agentes de Protección de la Naturaleza, de afección del muérdago en los montes de Utilidad Pública y consorciados, gestionados por la Administración.

Este informe ha contado con la discusión y las portaciones de Ana Oliván, Rodolfo Hernández, Jesús Julio Camarero y Gabriel Sangüesa-Barreda.

2. El muérdago y su papel en el decaimiento de masas arboladas.

El muérdago blanco o europeo (*Viscum album* L.) se ha venido clasificando, junto al resto de muérdagos, dentro del orden *Santalales*, familia *Loranthaceae*, subfamilia *Viscaceae*. Sin embargo, las evidencias acumuladas de estudios embriológicos, cariológicos, anatómicos y palinológicos han hecho que se imponga el reconocimiento de las *Viscaceae* como familia independiente. Es esta una familia que agrupa plantas hemiparásitas de árboles, aéreas, con sistema radicular endofítico (haustorio), colonizador de los tejidos vasculares del hospedante, donde forma una red de cordones primarios y secundarios. Integrada por 7 géneros que comprenden cerca de 400 especies, de distribución fundamentalmente tropical, con alguna representación en las regiones subtropicales y templadas de ambos hemisferios. En la Península Ibérica, aparecen dos géneros, *Arceuthobium* y *Viscum*, y únicamente tres especies:

Arceuthobium oxycedri: muérdago enano, parasita diferentes especies de enebros y sabinas (*Juniperus oxycedrus*, *J. communis*, *J. phoenicea*, más rara en *J. sabina* y *J. thurifera*).

Viscum album: muérdago europeo, muérdago blanco o visco, se distribuye ampliamente por toda Europa. Parasita en España una gran cantidad de gimnospermas (*Abies*, *Cedrus*, *Pinus*) y de angiospermas (*Acer*, *Betula*, *Corylus*, *Crataegus*, *Fraxinus*, *Malus*, *Olea*, *Populus*, *Prunus*, *Pyrus*, *Quercus*, *Robinia*, *Salix*, *Sophora*, *Sorbus*, *Tilia*, *Ulmus*). Se distinguen tres subespecies sobre la base de una cierta especificidad con respecto a la especie hospedadora, y, en menor medida, de una moderada diferenciación morfológica:

subsp. *album*, parasita dicotiledóneas.

subsp. *austriacum*, parasita diversas especies de *Pinus*.

subsp. *abietis*, parasita abeto (*Abies alba*).

Viscum cruciatum: marajo o muérdago persa, localizado en el levante (Castellón) y sur de España y norte de Marruecos (López Sáez, 1996), y fácilmente distinguible del anterior por presentar frutos rojizos o rosados en vez de blancos o blanco-amarillentos (de ahí el nombre específico del *Viscum album*).



Muérdago enano (*Arceuthobium oxycedri*) sobre *Juniperus oxycedrus*. MUP 100, Codos.



Viscum album subsp. *album* sobre *Prunus spinosa*. MUP 366, Talamantes.



Viscum album subsp. *austriacum*
sobre *Pinus halepensis*.
MUP 142, Ejea de los Caballeros

Viscum album subsp. *austriacum* es una planta dioica de hasta 0,5 (1) m. con artejos inferiores gruesos y los superiores más gráciles y cortos. Ramas 3-5 o más por nudo. Hojas opuestas y decusadas (raramente en verticilos de 3), linear-elípticas, obtusas, subsésiles, de longitud superior a cuatro veces su anchura y con 3-7 nervios paralelos poco marcados. Inflorescencias masculinas con pedúnculos de 2,5- 5 (hasta 6) mm de longitud e inflorescencias femeninas subsésiles o con pedúnculos de 1,5-3,5 mm de longitud. Frutos de 5-8 mm de diámetro, sésiles o subsésiles. Globosos u ovoides, de color verde mientras están inmaduros y blancos o amarillentos cuando maduran, con endosperma que contiene 1 embrión (más raramente 2), cuyos hipocótilos sobresalen (Catalán & Aparicio, 1997).

Viscum album se distribuye por toda Europa, si bien la subespecie con mayor rango de distribución es la subsp. *album*, que aparece prácticamente en todo el continente, Islas Británicas y sur de Escandinavia. La subespecie *austriacum* tiene una distribución algo más restringida, como muestra la figura siguiente, tomada de Zuber, 2004:

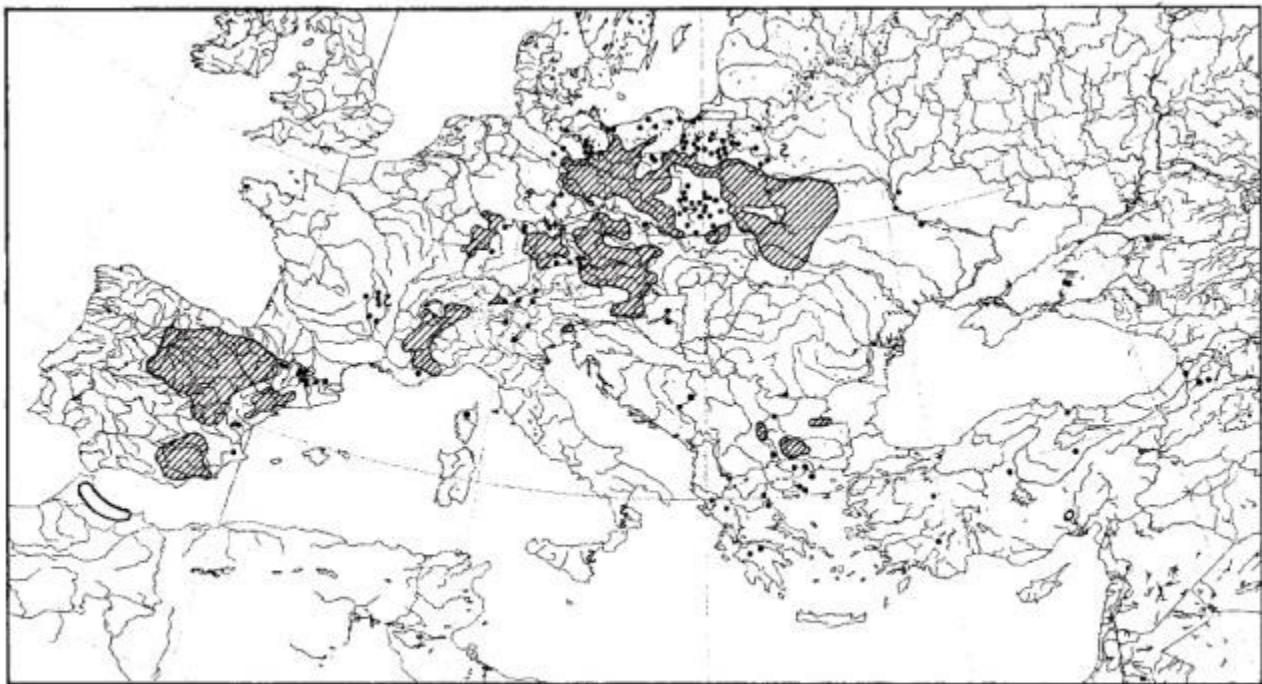


Fig. 2c. Geographic distribution of *Viscum album* subsp. *austriacum* (see comments*). – Map prepared by E. J. JÄGER (Halle).

Se considera que el mayor limitante para la expansión de la distribución del muérdago son las bajas temperaturas tanto en verano como en invierno (Lech et al, 2020). Si bien el aumento de temperaturas ligado al cambio climático puede favorecer la expansión del muérdago en estaciones frías donde las temperaturas suaves del invierno y las temperaturas cálidas de la primavera pueden reducir la fotoinhibición y, por lo tanto, promover el establecimiento y la expansión de la especie (Sangüesa-Barreda et al., 2018), en estaciones cálidas el estrés por sequía podría representar una restricción importante para la dispersión del muérdago cerca de sus límites de distribución ecológica o térmica cuando se alcanzan altos niveles de infestación.

El muérdago es una especie dioica, que en el mismo árbol suele presentar más plantas femeninas que masculinas, con flores inconspicuas, que se suelen agrupar por triadas, con una flor apical y dos laterales, y polinizadas por insectos y, quizá, el viento (Mellado, 2016). Hasta que las plantas florecen no hay posibilidad de distinguir morfológicamente las plantas femeninas de las masculinas. Las bayas se disponen por grupos de tres, normalmente en axilas de brotes del año anterior. Consisten en un epicarpio blanco-amarillento, un mesocarpio grueso formado por una sustancia pegajosa denominada viscina, y un endocarpio de pectina, no digerible, que encierra al embrión (Zuber, 2004).

Las bayas maduran en octubre en el sur de Europa y en noviembre-diciembre en el norte (Mellado, 2016). A partir de estudios realizados en Aragón (Zapata et al., 2001), la fenología del muérdago en Aragón se puede sintetizar de la siguiente forma:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Floración												
Apertura de flores												
Caída de flores y cuajado												
Formación del fruto												
Fructificación												
Fruto maduro												

Las semillas de muérdago tienen una latencia que normalmente dura de cinco a seis meses, tras los que pueden germinar durante marzo-abril sobre cualquier superficie, no necesitando estímulo de un hospedante, pero sí luz y temperatura suficiente (8-10 °C). Las plántulas presentan fototropismo y geotropismo, que perderán rápidamente para permitir la típica forma esférica que adoptan las matas. Pierden los cotiledones el segundo año, en el que aparece el primer par de hojas.

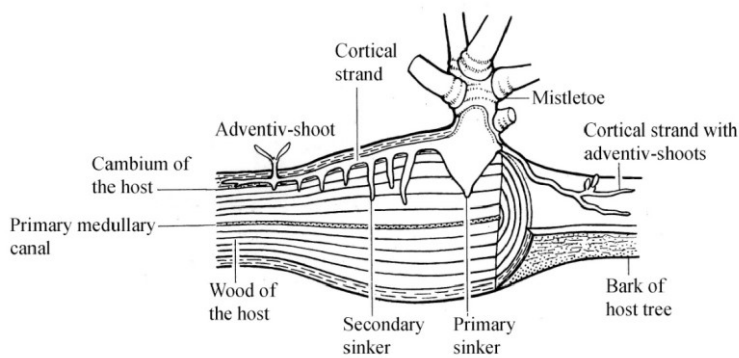
Tras la germinación de la semilla, la punta del hipocótilo responde al contacto mediante un crecimiento tangencial desigual de los lados, para aplanar la cara meristemática convexa contra el hospedante y producir un disco adhesivo o agarre en forma de cúpula, a través de una copiosa sustancia adhesiva segregada por la planta. Esta estructura de penetración¹, mediante divisiones celulares meristemáticas, genera un haustorio primario, con punta en forma de cuña, que penetra en el hospedante tanto por disolución enzimática como por compresión, posible al ser mayor la presión hidrostática de las células del parásito (Heide-Jørgesen, 2015).

Cuando el órgano intrusivo llega a las traqueidas en la madera del hospedante (xilema), el mismo tipo de traqueidas se diferencian en el órgano intrusivo. De este modo, se forma un puente de xilema entre el hospedante y el tallo del muérdago, de forma que el agua y los nutrientes pueden fluir libremente del hospedante al parásito.

Además, el órgano intrusivo se ramifica en la parte viva de la corteza, fuera del floema, generando las denominadas hebras corticales, desde las que surgirán tanto haustorios secundarios que crecerán nuevamente de forma radial para buscar el cambium, como brotes adventicios que darán lugar a nuevas partes aéreas de la planta.

Cuando los haustorios primarios o secundarios contactan con el cambium generan un meristemo, para de esta forma acompañar el crecimiento radial del hospedante. Tanto los haustorios primarios como secundarios no se detienen tras contactar con el floema y continúan penetrando el xilema del hospedante. En plantas desarrolladas la biomasa del sistema haustorial es pequeña, del orden del 2,5% del total de la biomasa del muérdago (Pfiz & Küppers, 2010).

¹ *Holdfast* en inglés. Traducido por zarcillo en el caso de los órganos de sujeción de plantas epífitas y rizoide en el de los órganos de sujeción de algas y otras plantas marinas. D. Emilio Guinea (en Rodrigáñez, 1949) se refiere a esta estructura como disco adherente y taladro: “La forma de fijarse la planta al árbol o arbusto que parasita, varía mucho, según las especies, siendo propia de nuestro muérdago la solución consistente en desarrollar en el extremo inferior del tallito embrional un diminuto disco adherente, con lo que la plántula logra agarrarse a la rama sobre la que va a vivir, apareciendo seguidamente un a modo de taladro con el que atraviesa la zona cortical de la rama hasta alcanzar la región del leño”.



Tomado de Zuber, 2004

El hospedante reacciona a la presencia del muérdago, del que intenta defenderse sin éxito. Los tejidos de la planta hospedante se ven afectados por el parásito en las zonas de contacto, acabando hipertrofiados, y con muchas de sus células destruidas. En el contacto entre el parásito y el hospedante se observan algunas perturbaciones en la estructura del hospedante: la presencia de células necrosadas y enriquecidas en taninos que intentan aislar los haustorios; vasos del xilema dispuestos de forma anómala en el contacto con los haustorios; y células parenquimatosas con paredes intensamente engrosadas, para protección en el contacto con los haustorios (Andronache et al., 2006).

La longevidad del muérdago se suele cifrar en 30-35 años (Kahle-Zuber, 2008; Mellado, 2016), si bien pueden encontrarse de forma relativamente frecuente matas de edades superiores (Vallauri, 1998; Hernández et al., 1997; Mellado, 2016). La floración comienza hacia el quinto año de vida de la planta.

A partir de la infección el número de matas de muérdago en el hospedante va a ir creciendo, alcanzando su máxima expansión alrededor de 10-15 años después (Vallauri, 1998), pudiendo llegar a 700-850 matas sobre el mismo hospedante (i.e. Sangüesa-Barreda, 2009 en *Pinus sylvestris*, o Vallauri, 1998 en *Pinus nigra*).

Como se ha visto, son múltiples las especies que pueden ser hospedantes de diversos tipos de muérdago. Sin embargo, se cita la ausencia de muérdagos que afecten al haya (*Fagus sylvatica* L.) y al pino piñonero (*Pinus pinea* L.), sin que se sepa cuáles son los mecanismos anatómicos o fisiológicos que impiden el parasitismo (López-Sáez & Sanz, 1992; López-Sáez, 1993).

El muérdago es una planta altamente especializada adaptada a la vida parasitaria en las partes aéreas de sus hospedantes. Los muérdagos son plantas con flores, dioicas, de hojas perennes, capaces de fijar el dióxido de carbono atmosférico. Sin embargo, carecen de la absorción activa de minerales a través de un sistema típico de raíces y dependen del haustorio para conectarse con el hospedante para el flujo esencialmente unidireccional de agua, fotosintatos y nutrientes del hospedante al parásito, por lo que se suelen considerar hemiparásitos: se calcula que del carbono fijado por el muérdago europeo entre el 23% y el 43% procede de su actividad parásita.

Cuanto mayor es la actividad fotosintética del hospedante menor es el potencial hídrico de su xilema, por lo que para mantener un gradiente de flujo y evitar el cierre estomático y el marchitamiento, el muérdago debe tolerar un potencial hídrico más negativo que el del hospedante y mostrar ratios de transpiración mayores. Para ello, las hojas suculentas del muérdago mejoran el almacenamiento de agua y permiten que los muérdagos se rehidraten antes de que lo hagan sus hospedantes.

Además de carbono y agua, el muérdago sustrae al hospedante macronutrientes (N, K, Ca, P, S) y micronutrientes (Mg, Fe, Cu, Zn, Mo, B, Na, Ni), lo que contribuye a la pérdida de crecimiento del hospedante debido a problemas fisiológicos, como la reducción de la eficiencia fotosintética (Mutlu et al., 2015). Un problema que debe superar el muérdago es el exceso de minerales derivado del flujo de fluidos desde el hospedante: las tasas de crecimiento moderadas, la alta tolerancia a algunos elementos, la suculencia y el recambio rápido de las hojas son algunas de las adaptaciones surgidas para este fin (Glatzel & Geils, 2009).

Las infecciones de muérdago pueden interrumpir además el control estomático del hospedante, causando el cierre temprano de sus estomas, disminuyendo así la ganancia fotosintética del hospedante. En condiciones de sequía esto agrava la situación del hospedante, puesto que si bien el cierre estomático es una respuesta a la sequía típica de los árboles, que intentan con ello reducir su tasa de transpiración, el muérdago continúa transpirando para mantener el flujo, incrementando con ello la pérdida de agua del hospedante, y empeorando por tanto su estrés hídrico. En condiciones hídricas favorables el hospedante puede superar al muérdago, pero sin embargo puede acelerar el crecimiento del muérdago.

El muérdago provoca en el hospedante de forma generalizada una disminución del crecimiento y un empeoramiento de su vigor, que se traduce tanto en una menor capacidad fotosintética, derivada, además de los problemas fisiológicos, de la defoliación de la copa y el menor tamaño de las acículas, como en problemas de regeneración (Rigling et al., 2010). La disminución del crecimiento secundario no es homogénea a lo largo del árbol sino que es mayor en las zonas altas de los fustes (Sangüesa-Barreda et al., 2012).

La disminución del crecimiento va a depender también del grado de infestación del muérdago, pudiendo ser nula o baja en hospedantes con afecciones ligeras, pero que se dispara en árboles con afecciones severas, en los que el crecimiento radial puede reducirse en más de un 66% (Catal & Carus, 2011), siendo la reducción mayor tras años secos (Sangüesa-Barreda et al., 2015).

Se produce también una disminución del crecimiento de las ramas a partir del punto de inserción de las matas, lo que junto a la defoliación de la copa contribuye a cambios en la arquitectura del árbol (Rigling et al., 2010).

La situación en la que el muérdago puede ser más dañino es en presencia de sequía (Sangüesa-Barreda et al., 2015): la sequía y el muérdago afectan sinérgica y negativamente tanto a la frondosidad de las copas como a la producción de la albura, disminuyendo tanto el crecimiento primario como el secundario. Se producen empeoramientos del vigor y la capacidad reproductiva, que pueden manifestarse en menor cantidad de fruto, piñas y semillas más pequeñas o incluso pérdida de la capacidad germinativa.

En los árboles con altas infestaciones se produce también una disminución en la eficiencia del uso del agua, así como otros cambios fisiológicos y químicos, como un cambio en el contenido de terpenos (utilizados por el árbol como medio de defensa ante agresiones) similar al que se produce por graves afecciones de procesionaria o fuego (Lázaro-González et al., 2017), o la imposibilidad de neutralizar sustancias dañinas derivadas de la oxidación (Mutlu et al., 2016).

Como caso extremo, los árboles con alto grado de infestación y pérdidas de vigor acusadas, manifestadas en defoliaciones superiores al 50%, pueden permanecer durante años vivos, pero sin acumular crecimiento secundario (Rodolfo Hernández, com. pers., Camarero et al., 2012).

Por todo ello la combinación de sequía y muérdago se ha mostrado como una de las principales causas de decaimiento en pinares de pino silvestre en condiciones relativamente xéricas, como por ejemplo los de la turolense Sierra de Gúdar (Sangüesa-Barreda et al., 2015), o en pinares de carrasco en la depresión del Ebro (Camarero et al., 2012).

En el complejo fenómeno del decaimiento de las masas actúan diferentes factores cuya interacción suele conducir a un fuerte descenso del crecimiento y en casos graves a la muerte de la vegetación y cuya explicación se basa en la actualidad, y no sin críticos (Ostry et al., 2011), en la teoría de la espiral de declive (Manion, 1991), que definió el síndrome de decaimiento como "causado por la interacción de factores abióticos y bióticos intercambiables, específicamente ordenados, que producen un deterioro general gradual, que a menudo termina en la muerte de los árboles", factores que pueden resumirse (Oliva, 2013; Sangüesa-Barreda et al., 2015) como :

- Factores de predisposición, en general factores de cambio lento ligados a las condiciones de vida de la vegetación, como las características edafológicas, la genética de las poblaciones y las interacciones dentro de ellas (fundamentalmente la competencia), y factores antrópicos como la historia de usos o la contaminación ambiental.

- Factores de incitación, normalmente de actuación rápida y localizada, muy especialmente las sequías graves.
- Factores de contribución: normalmente desencadenados por la fuerte incidencia de los anteriores, suelen ser agentes bióticos que van a contribuir aún más a la pérdida de vitalidad de la vegetación, pudiendo causar su muerte, lo que no harían en condiciones normales; plantas hemiparásitas, especialmente los diferentes tipos de muérdago; hongos, especialmente patógenos de raíz, pero también foliares; e insectos floépagos (que se alimentan de la madera viva) y muy particularmente coleópteros escolítidos.

Los efectos del muérdago en situaciones de sequía pueden terminar contribuyendo a aumentar la mortalidad normal de las masas, con lo que el muérdago puede ser considerado dentro este esquema tanto como un factor de predisposición, al contribuir al aumento de la defoliación, como un factor de contribución, al aumentar el estrés hídrico (Dobbertin et al., 2006). Esta contribución puede ser especialmente grave en rodales con fuerte competencia, y sobre todo situados sobre suelos escasos y pobres, en los que se concentra el decaimiento de las masas (Vilà-Cabrera et al, 2015) y puede aumentar la mortalidad del arbolado (Nadal-Sala et al., 2017).

En su papel de contribución, como se ha visto, puede además propiciar la afección de otros agentes bióticos, como hongos o escolítidos.

Sin embargo, las diferentes especies hospedantes pueden mostrar diferentes respuestas a la parasitación del muérdago. Así, en estudios realizados en Granada, *Pinus nigra* registró un efecto menor en la reproducción, pero una reducción importante en la biomasa, claramente reflejada en un menor crecimiento primario y secundario, conos más pequeños y semillas más ligeras. Por el contrario, *Pinus sylvestris* subsp. *nevadensis* experimentó una fuerte disminución de su capacidad reproductiva sin efectos sobre el crecimiento, manifestada en piñas más pequeñas, menor producción de semillas y menor germinación y éxito de emergencia (Mellado & Zamora, 2019).

Aunque la pérdida de crecimiento es generalizada en árboles gravemente infestados (Stanton, 2006), pueden existir diferencias en la respuesta a la combinación de muérdago y sequía entre estaciones secas y húmedas, de forma que si bien tras una sequía fuerte a largo plazo la caída del crecimiento puede ser más alta en árboles severamente infestados de estaciones secas, a corto plazo la mayor reducción de crecimiento puede aparecer en árboles severamente infestados de estaciones húmedas, lo que sugiere una mayor sensibilidad de los sitios productivos a los efectos combinados de la infestación de muérdago y la sequía (Camarero et al., 2019).



Caspe. Pino carrasco con muy alta afección del muérdago, que ha terminado muriendo por la conjunción de este, sequía y escolítidos, con enebro regenerado a su pie.

La forma en que el muérdago se distribuye y evoluciona, tanto a escala de paisaje como a escala de masa y rodal, ha sido hasta ahora poco estudiada. Existen indicios, por ejemplo, de que aún con presencia de las especies hospedantes, unos tipos de bosques son preferidos a otros a la hora de colonización, debido a su composición y estructura: por ejemplo en el centro de Polonia los pinares de silvestre con subpiso de abedul (*Betula pendula*) son mucho más afectados que las masas mixtas de pino silvestre con roble (*Quercus robur*) (Kołodziejek & Kołodziejek, 2013).

Existen también masas no afectadas aun contando con especies hospedantes y siendo visitadas por zorzales, como por ejemplo en el Moncayo, donde sí está presente *Viscum album* sbsp. *album*, tanto sobre árboles (almendros, chopos) como sobre arbustos (majuelos, endrinos).

La heterogeneidad del paisaje influye en la distribución del muérdago: en estudios realizados en Cataluña la presencia de muérdago en masas de *Pinus halepensis* parece estar determinada por múltiples factores (condiciones climáticas, características del árbol hospedante, y estructura del paisaje) que operan a diferentes escalas espaciales, jugando los cultivos de olivo (*Olea europaea*) un papel relevante, lo que parece relacionado con el hecho de que las aves granívoras seleccionan positivamente las fuentes de alimento de alta calidad (como son las olivas), por lo que su abundancia puede ser mayor y por tanto también su interacción con los bosques circundantes (Roura-Pascual et al, 2012). De igual manera la falta de estas fuentes podrían contribuir a la explicación de porqué no se expande el muérdago a nivel regional a otras masas de las especies hospedantes. La abundancia de algunas formaciones artificiales como olivares y viñedos, así como naturales, como los sabinares albares, tiene una gran importancia en las poblaciones de algunas especies de zorzales y sobre todo en el establecimiento de cantidades significativas de invernantes (Santos, 1980), al ofrecer alimento en otoño e invierno.

El cambio climático puede afectar a la distribución tanto de los hospedantes como del muérdago, pero uno de los efectos esperados es la ampliación del área de distribución de este por su límite altitudinal, lo que parece estar sucediendo en los pinares de silvestre y laricio de Zaragoza, y que se ha comprobado en la cabecera del valle del Ródano (Suiza) donde el muérdago subió entre 1915 y 2005 alrededor de 200 m, siendo previsible que para 2030 alcance otros 350 m de subida (Dobbertin et al., 2005).

Otras de las posibles afecciones del cambio climático es la alteración de los patrones migratorios de los zorzales, tanto en lo que se refiere a la época de migración (Redlisiak et al., 2018) como en la realización de la misma (Van Vliet et al., 2009).

La distribución espacial del muérdago dentro de un rodal no es azarosa ni sistemática, sino que responde a patrones en agregados (Kołodziejek & Kołodziejek, 2013; Sangüesa-Barreda et al., 2009,2012, 2015), siendo más frecuente en rodales claros que en rodales espesos, y en árboles dominantes, o bien que aún sin ser los más altos sí los más gruesos, por lo que la abundancia y distribución de estos condiciona la presencia de muérdago a nivel de rodal o masa.

En estudios realizados en las masas de pino carrasco de La Sierra de Alcubierre y los Montes de Zuera (Cabanillas, 2010), se concluyó que se detecta mayor presencia de muérdago en árboles de mayor edad, aislados o situados en malas estaciones. La afección es mayor cuanto mayor es el tamaño de la copa o su proyección, así como también cuanto mayor es el diámetro, no detectándose muérdago en pies con diámetros normales menores de 12,5 cm.



MUP 264, Zuera. Los doseles cerrados no propician la afección del muérdago, apareciendo matas únicamente en los ápices de los árboles. En cuanto se abren el muérdago es expandido con facilidad gracias a la acción de los dispersores.



Luesia. Los árboles dominantes aislados son los que mayor probabilidad presentan de sufrir altas infestaciones.

La disminución del crecimiento de los árboles se va a trasladar a una pérdida de crecimiento en el rodal, mayor en años secos (Kollas et al., 2017), pero aún no bien conocida. Aunque esta disminución depende de múltiples factores, como el grado de infestación, la pluviometría, la especie hospedante o el período de tiempo considerado, en presencia de altas infestaciones de muérdago en pino silvestre se pueden dar reducciones del incremento del área basimétrica entre el 29% y el 51% (Kollas et al., 2017; Sangüesa-Barreda, 2012), o reducciones medias de la anchura de los anillos de crecimiento en pino laricio del 26% al 63% (Catal & Carus, 2011).

Esta disminución del crecimiento deriva por una parte en consecuencias fisiológicas y ecológicas, pero por otra en consecuencias productivas, ya que se produce una pérdida de producción en los rodales afectados.



Monte Z-3049, La Puebla de Albortón. Rodal superviviente al incendio de 2009 en el que se está agravando la afección, y desde donde el muérdago se extenderá a la masa regenerada cuando tenga características favorables para los dispersores.



MUP 142, Bardena Baja, Ejea de los Caballeros. Rodal con grave afección del muérdago, y arbolado con una alta defoliación.

3. Las interacciones ecológicas del muérdago.

Tradicionalmente se ha reconocido la influencia de los muérdagos en el aumento de diversidad del ecosistema (Mathiasen et al, 2008; Watson, 2001), ya que sus frutos suponen una fuente alimenticia aprovechada por aves y mamíferos, con especial importancia durante el invierno, momento en que la disponibilidad de alimento es menor; las matas son aprovechadas como lugar de refugio y anidamiento; y su presencia supone una fuerte influencia en el ecosistema, modificando la estructura vertical y horizontal del bosque e influyendo en la sucesión.

Viscum album supone además un microhábitat (Kraus et al., 2016) que soporta una flora y fauna específica, diferente de la del hospedante, lo que ha podido ser comprobado, por ejemplo, en el caso de los artrópodos, con especies ligadas al muérdago como los hemípteros *Cacopsylla visci* (Psyllidae) y *Pinalitus viscicola* (Miridae) que se alimentan de él, y el hemíptero *Anthocoris visci* (Anthocoridae), predador de los anteriores (Lázaro-González et al., 2017), o la cochinilla *Carulaspis vici* (Hemiptera: Coccoidea: Diaspididae), que parasita al muérdago (Soria et al., 1993).

En Europa se conocen varias especies de coleópteros relacionadas con el muérdago. Las más comunes son los bupréstidos *Agrilus viscivorus* Bilý, 1991, *Agrilus graecus* Obenberger, 1916 y *Agrilus jacetanus* Sánchez & Tolosa, 2004, la dos primeras de distribución centroeuropea y greco-balcánica, y la tercera descrita en Huesca (Sobrino & López-Tolosa, 2004). Todas ellas se alimentan de muérdago y ponen los huevos en sus ramas, de forma que las larvas hacen galerías circulares que las anillan, siendo capaces de matar individuos.

Otras especies, más raramente encontradas sobre muérdago son las centroeuropeas *Gastrallus knizeki* (Zahradník, 1996) (Ptinidae), *Arthrolips nana* (Mulsant et Rey, 1861) (Cerylophidae), *Pogonocherus hispidus* (Linnaeus, 1758) (Cerambycidae), *Oplasia cinerea* (Mulsant, 1839) (Cerambycidae), e *Ixapion variegatum* (Wencker, 1864) (Apionidae), y las sí presentes en España, *Rhaphitropis marchica* (Herbst, 1797) (Anthribidae), *Lathropus sepicola* (P.W.J. Müller, 1821) (Laemophloeidae) y *Ptinomorphus imperialis* (Linnaeus, 1767) (Ptinidae).

Grupos como hongos y bacterias asociados al muérdago han sido estudiados desde el punto de vista de su patogenicidad hacia este con vistas a poder constituirse en herramientas de control biológico. En estudios realizados en Turquía en *Viscum album* que parasitaba *Pinus nigra* se aislaron hasta 193 especies de bacterias y 48 de hongos, encontrando que el mayor potencial como controladores biológicos podía ser ejercido por los hongos *Alternaria alternata* y *Acremonium kiliense* (Kotan et al., 2012). En otros estudios, citados en Szmidla et al., 2019, se ha puesto también de manifiesto el potencial de hongos como *Plectophomella visci* (Sacc.) Moesz, *Septoria visci* Bres., *Sphaeropsis visci* Alb. & Schwein.) Sacc., *Colletotrichum gloeosporoides* (Sacc.) Penz., *Botryosphaerostroma visci* (Plectophomella visci Moesz), *Botryosphaeria dothidea* (Moug. Fr.) Ces. & De Not., *Gibberidea visci* (Fuckel), y *Phaeobotryosphaeria visci* (Kalchbr.) A.J.L. Phillips & Crous, siendo esta última la especie que parece mostrar mayor potencial para la lucha contra el muérdago (Varga et al., 2012).

Tanto el ganado doméstico (ovino pero también vacuno), como los ungulados silvestres² parecen sentir apetencia por el muérdago (Hernández et al., 2001), pero su papel como agentes de control carece de importancia por la altura a la que se encuentra la planta en los árboles. Como alimento para el ganado³, el muérdago tiene mayor contenido en minerales que otros forrajes, pero menor en proteína (Derya et al., 2007).

² No es raro que los ciervos acudan a ramonear el muérdago en árboles apeados para su aprovechamiento.

³ Algunos autores mencionan que el muérdago puede aumentar la producción de leche (Rodrigáñez, 1949), motivo por el cual los pastores lo recolectaban en invierno para alimentar a ovejas y cabras a punto de parir (Guadalajara, 2010).

Se ha puesto de manifiesto que los muérdagos pueden propiciar la afección de insectos al hospedante, tanto perforadores como defoliadores (Hawksworth et al., 1989), y de hongos patógenos como *Heterobasidium annosum* o de pudrición como *Fomitopsis pinicola* (Tuset et al, 2009; Generalitat Valenciana, 2009). En los pinares turolenses de pino albar parece existir cierta asociación entre el muérdago y el hongo *Cronartium flaccidum*. Existen sin embargo estudios donde no aparece relación entre la infestación de muérdago y la actuación de hongos patógenos (Gea-Izquierdo et al., 2019).



MUP TE-25, Noguera de Albarracín. Árboles con chancros debidos a *Cronartium flaccidum* y afecciones moderadas de muérdago.

Por otra parte el muérdago va a competir con el resto de consumidores de los pinos (Lázaro-González et al, 2019b), reduciendo las poblaciones de defoliadores y chupadores, sobre todo en árboles con alta afección de la parásita. Esta reducción está motivada tanto por el empeoramiento de la capacidad alimenticia del pino, que pierde nutrientes como consecuencia de la parasitación, como por los cambios inducidos en sus defensas químicas, lo que perjudica especialmente a defoliadores como procesionaria o *Brachyderes sp.*, aunque también en menor medida y sólo en presencia de muy altas afecciones de muérdago a chupadores como *Cinara pini*. Además puede generar un aumento de las tasas de mortalidad de insectos de baja movilidad, poco capaces de cambiar a otros árboles no parasitados, como algunos pulgones, o incluso lepidópteros como *Graellsia isabellae* (Lázaro-González et al, 2015).



Sos del Rey Católico. 3 de abril de 2019. Graves defoliaciones por procesionaria y afección de muérdago sobre *Pinus nigra* subsp. *nigra* y *P. sylvestris*, con pies en diferentes grados de defoliación. El muérdago también decae en el caso de las altas defoliaciones.

La reproducción sexual generalmente comienza cuando la planta alcanza una edad de 4-5 años. El muérdago es estrictamente dioico y, como resultado, la autofecundación es imposible. Es rara la reproducción asexual, salvo traumatismos o daños por frío. La proporción de sexos en las poblaciones a menudo se desvía significativamente de una proporción de 1:1 siendo mayoritarios los individuos femeninos, que suelen suponer entre el 66% y el 75% del total, proporción fijada genéticamente (Kahle-Zuber, 2008).

La polinización del muérdago es realizada fundamentalmente por insectos, jugando el viento un papel menor. Las flores femeninas producen más néctar que las masculinas, las cuales sin embargo emiten un mayor olor. Las abejas (*Apis mellifera*) y los abejorros (*Bombus terrestris*) únicamente visitan las flores masculinas, siendo realmente moscas (*Diptera*) las encargadas de la polinización, entre otras: *Dasyphora cyanella* (*Muscidae*), *Musca autumnalis* (*Muscidae*), *Opsolasia spp.* (*Muscidae*), *Pollenia rudis*, *P.vespilio* (*Calliphoridae*), *Heteromyza rotundicornis* (*Helomyzidae*), *Madiza glabra* (*Milichiidae*), *Sepsis spp.* (*Sepsidae*) o *Scatopse pulicaria* (*Bibionidae*). La distancia de polinización puede variar entre cientos de metros hasta 2 km.

El muérdago depende de numerosas aves no especializadas para su dispersión, que se produce tanto por endozoocoria como por ectozoocoria, puesto que no es necesario que la semilla pase por el tracto digestivo del ave para germinar (Mellado & Zamora, 2014), lo que posibilita que prácticamente cualquier ave frugívora pueda dispersarlo, simplemente mediante semillas adheridas al pico o las patas, y que la comunidad ornitológica presente en cualquier pinar pueda ser efectiva en la dispersión.

En Europa los principales vectores dispersantes del muérdago son aves paseriformes de las familias *Turdidae*, entre los que destaca el zorzal charlo (*Turdus viscivorus* L.) y el zorzal real (*Turdus pilaris* L.), y *Bombycillidae*, por ejemplo, la curruca capirotada (*Sylvia atricapilla* L.) y el ampelis europeo (*Bombycilla garrulus* L.), este último muy raro en España. Los zorzales pueden alcanzar distancias de dispersión de hasta 20 km (Kahle-Zuber, 2008).



Zorzal charlo (*Turdus viscivorus*) alimentándose.
Fotografía: Laboratorio de Sanidad Forestal de Mora de Rubielos (Teruel)

Los zorzales son los dispersores más habituales y eficaces, pero los más ineficientes: son los que más dispersan el muérdago, pero a costa de consumir grandes cantidades de frutos para dispersar una semilla. El muérdago ofrece, como estrategia atractora, una gran cantidad de frutos ya que además de presentar mayoría de plantas femeninas, dedica una alta proporción de recursos a la reproducción, del orden del doble que sus árboles hospedantes por ejemplo (Pfiz & Küppers, 2010) y similar a la de matorrales de diseminación zoócora.

Los ya citados zorzal charlo (*Turdus viscivorus*) y zorzal real (*T. pilaris*), pero también el zorzal común (*T. philomelos*), el zorzal alirrojo (*T. iliacus*), y el mirlo común (*T. merula*), muestran preferencias por sitios de percha situados en estructuras firmes y robustas, normalmente en zonas apicales, donde dispersan semillas

al defecar o regurgitar al azar y desde la copa de los árboles, lo que produce una abundante lluvia de semillas con la mayoría de las semillas alcanzando las partes basales y más gruesas de las ramas, que aunque no son los mejores sitios para la germinación, dada su abundancia suele terminar en la germinación de alguna de las semillas transportadas.

Todas estas aves, que no son especialistas sino omnívoras y frugívoras generalistas, se alimentan, sobre todo en invierno, de bayas de muérdago⁴. Algunas especies son predominantemente residentes, otras hibernan en el África subsahariana, con migraciones primaverales y otoñales, y por fin otras presentan comportamientos mixtos (Herrera, 2004). Se cree que sus rutas de migración influyen en la presencia y abundancia de muérdago en Centroeuropa (Gill & Hawksworth, 1961). La propagación del muérdago por las aves, debido a su preferencia por posarse en las partes superiores de los árboles más altos, se considera la razón principal para infectar inicialmente los árboles dominantes, más viejos y de mayor tamaño dentro de un rodal.

Otras aves más pequeñas, en general frugívoras oportunistas, si bien en mucha menor cantidad, ofrecen una dispersión de alta calidad, dirigiendo las semillas a los puntos óptimos de reclutamiento, en general en ramas delgadas situada en zonas periféricas y apicales de la copa, entre las acículas del pino (Mellado & Zamora, 2014b). La curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*), el petirrojo (*Erithacus rubecula*), el carbonero común (*Parus major*) o el herrerillo común (*Cyanistes caeruleus*) van a dispersar semilla localmente, dentro de los árboles ya infectados o a árboles cercanos, frotando sus picos contra las acículas de los pinos o defecando directamente sobre las ramitas. Se citan también como dispersores el arrendajo (*Garrulus glandarius*) y la urraca (*Pica pica*) (Hernández et al., 1997, 2001). Aunque la contribución a la dispersión de este grupo es pequeña, muestra gran eficiencia, puesto que trasladan las semillas a las zonas periféricas de las copas, donde encuentran las mejores condiciones para la germinación.

Por el contrario algunos páridos⁵ como el herrerillo común (*Parus caeruleus*), el carbonero palustre, (*P. palustris*) y fundamentalmente el carbonero garrapinos (*Periparus ater*) se consideran frugívoros depredadores o parásitos (Herrera, 2004), ya que consumen los frutos en gran número principalmente para forrajear el endospermo, con lo que dañan en alta proporción las semillas (Kahle-Zuber, 2008).

Algunos mamíferos que utilizan el muérdago y pueden tener un papel, mínimo, como dispersantes son el lirón careto (*Elyomis quercineus*), la marta (*Martes martes*) y la ardilla (*Sciurus vulgaris*) (Hernández et al., 1997, 2001).

El amplio y heterogéneo rango de dispersores de semillas puede aumentar la efectividad general de la dispersión de la población de muérdago, con varias especies de aves moviendo semillas a diferentes distancias; esto asegura las funciones de la población local, incluidos los procesos de reinfección, en los que también interviene la diseminación por gravedad desde las propias matas, y el establecimiento de nuevas poblaciones locales, o la expansión del ámbito de distribución de la planta a zonas sin colonizar.

⁴ La dieta de túrdidos y sílvidos es muy variada, ya sea en migración o en invernada, y puede incluir además de semillas, anélidos, gasterópodos, crustáceos, arácnidos, y todo tipo de insectos, tanto imagos como larvas y pupas. En general la fracción vegetal es claramente mayoritaria en su dieta, y aunque existen especies con una cierta especialización, consumen una amplísima variedad de frutos y semillas (Herrera, 2004) de arbustos y árboles como *Arbutus unedo*, *Asparagus acutifolius*, *Berberis hispanica*, *Celtis australis*, *Crataegus monogyna*, *Evonymus europaeus*, *Frangula alnus*, *Hedera helix*, *Ilex aquifolius*, *Juniperus communis*, *J. oxycedrus*, *J. phoenicea*, *J. sabina*, *J. thurifera*, *Ligustrum vulgare*, *Olea europea*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea latifolia*, *Prunus mahaleb*, *P. spinosa*, *Sambucus nigra*, *Smilax aspera*, *Solanum dulcamara*, *Rhamnus alaternus*, *Rosa canina*, *Rubia peregrina*, *Rubus ulmifolius*, *Sorbus torminalis*, *Viburnum opalus*, o *Vitis vitifera*. (Obeso, 1986; Soler et al., 1988; González-Solís & Ruiz, 1990; Rodríguez & Bermejo, 1995; Hernández, A., 2007)

⁵ Los páridos, aunque muestran una dieta mixta, consumen mayoritariamente insectos y arañas, sobre todo en época de cría, teniendo la fracción vegetal mayor importancia en invierno, muy centrada en el caso del carbonero garrapinos en el consumo de piñón (Salvador, 2012; Polo, 2016).



MUP 32, Villanueva de Huerva. Típica localización de matas dispersadas por aves de forma local, que se han establecido en ramas bajas delgadas, en el lado de las copas que dan al claro.

Los efectos del muérdago en la pérdida de crecimiento y vitalidad del árbol modifican las condiciones del dosel como consecuencia de la defoliación que sufren las copas, de forma que se produce una mayor entrada de luz bajo los árboles parasitados. Por otra parte el desfronde del muérdago y la actividad de las aves conllevan una deposición de compuestos orgánicos ricos en nutrientes debajo del hospedante, de mayor calidad que la pinocha (Mellado et al, 2016), que incrementa la abundancia de la comunidad microbiana del suelo conforme aumenta la infestación del hospedante, maximizándose bajo los árboles muertos.

La conjunción de ambos factores genera un nicho favorable para la germinación y el establecimiento de plántulas, de forma que el muérdago determina claramente la cubierta y la composición botánica de la vegetación herbácea debajo de los pinos parasitados en comparación con los no parasitados siendo los resultados más notables un aumento general de la cubierta vegetal, de la riqueza de especies y de su diversidad (Hódar et al., 2018).

Las especies frugívoras dispersoras del muérdago, que como se ha visto son especies no especializadas sino que predan sobre una diversidad de especies que ofrecen fruto, visitan indistintamente árboles parasitados y no parasitados, así como pies muertos, lo que resulta en una lluvia de semillas bajo los árboles, que encuentran las mejores condiciones de germinación bajo los árboles parasitados, incrementando el número y diversidad de especies de diseminación zoócora, que tras la muerte del hospedante se van a consolidar. De esta forma el muérdago juega un papel clave en las rutas sucesionales de los rodales afectados, que van a ver un incremento de arbustos zoócoros (como enebros, sabinas, encinas o coscojas) en detrimento de los pinos, cuya regeneración en general no se produce bajo los árboles debilitados, y que deberá esperar a la muerte de estos para encontrar oportunidades de establecimiento, al abrigo de posibles efectos facilitadores de los arbustos establecidos previamente (Mellado & Zamora, 2017). Estas rutas sucesionales van a ser diferentes a las seguidas por rodales no parasitados, aumentando así la heterogeneidad del paisaje.

El muérdago se configura, al igual que otros parásitos, como una especie ingeniera del ecosistema, con profundas implicaciones en su dinámica y composición e implicaciones en múltiples procesos ecosistémicos. La infección por muérdago es un proceso dinámico que modifica continuamente la dinámica de las masas a lo largo del tiempo con tasas de infección que aumentan progresivamente, lo que puede conducir a un aumento de la mortalidad de los árboles. Esta dinámica, siguiendo a Griével et al, 2014, se puede sintetizar en los siguientes epígrafes:

Al principio, los efectos del establecimiento del parásito se limitan a ramas individuales, donde la germinación y el crecimiento temprano de las plántulas de muérdago aumentan el volumen de las hojas de

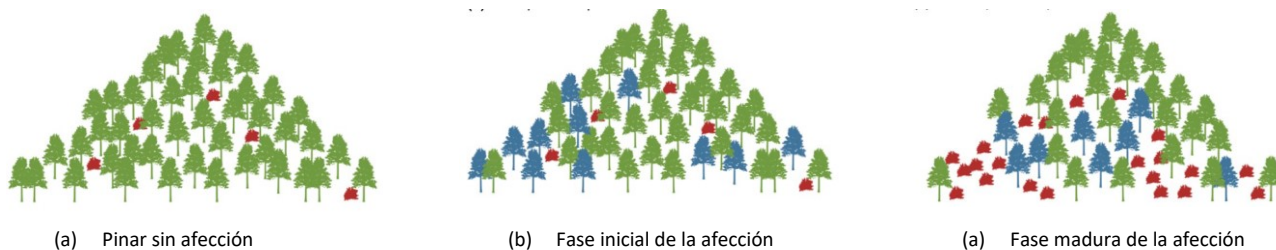
las ramas mediante la adición de hojas de muérdago. Las hojas de muérdago aumentan la conductividad de las ramas del hospedante y disminuyen su potencial hídrico para mantener altas tasas de transpiración y acumular agua, carbono y nutrientes del hospedante. El aumento en la transpiración de las ramas da como resultado un aumento marginal en el flujo de calor latente, junto con una disminución marginal en el flujo de calor sensible a través del aumento del sombreado del área debida al follaje del muérdago.

El aumento de la carga de muérdago en árboles individuales comenzará a mostrar efectos notables en el árbol hospedante después de unos años. En esta etapa temprana de infección, se pueden observar los impactos iniciales en la biodiversidad, ya que las matas de muérdago proporcionan sitios de anidación favorables y recursos alimenticios para especies dependientes de los bosques.

En la siguiente década los dispersores de semillas propagan la infección de individuos altamente infectados en todo el rodal. En este momento, los árboles altamente infectados pierden vigor, ya que las copas muestran cada vez más signos de degradación. La reducción en el área foliar viva conduce a una reducción en las tasas de transpiración de los rodales y a un aumento en la evaporación del suelo debido a una mayor penetración de la luz. El aumento en el ciclo de nutrientes y la disponibilidad de luz mejora la biodiversidad vegetal, mientras que la diversidad de fauna se mejora a través de la mayor disponibilidad de alimento y refugio. La deposición de las hojas muertas del muérdago, con un alto contenido en diferentes minerales y con una alta tasa de renovación precisamente para evitar intoxicaciones, mejora en gran medida las condiciones del suelo, lo que permite una mayor y más variada comunidad herbácea, al tiempo que se establecen especies arbustivas y arbóreas de diseminación zoócora, cuyas semillas son portadas por los dispersores del muérdago.

En escalas de tiempo de diez años o más, los rodales pierden resiliencia y las tasas de infección pueden alcanzar niveles lo suficientemente altos como para aumentar las tasas de mortalidad de árboles individuales y rodales si la pérdida de eficiencia en el uso del agua causada por el muérdago causa estrés hídrico excesivo en el árbol hospedante en condiciones climáticas adversas. La muerte de múltiples árboles puede modificar el balance de agua y energía del rodal hasta un punto en que las dinámicas sucesionales se pueden ver afectadas.

Puesto que los muérdagos están predominantemente presentes en árboles dominantes y codominantes la muerte de estos generan huecos medios-grandes, disminuyendo la competencia de árboles colindantes. Este hecho, junto a la pérdida de capacidad reproductiva de los árboles afectados, favorecen la consolidación y desarrollo de las especies zoócoras establecidas al pie de los mismos, lo que puede dar lugar a la sustitución, al menos temporal, de las masas de pinar por matorrales más o menos arborescentes (enebros, sabinas) y/o arbustivos (majuelos, endrinos, espinos, aladiernos, etc.), o bien favorecer la expansión y desarrollo de matorrales ya instalados como los coscojares o los romerales.



Esquema temporal de los efectos impulsados por el muérdago en el ensamblaje de la comunidad a escala de paisaje. (a) *Pinus nigra* (el árbol dominante en el bosque estudiado), coexiste con otras especies menos representadas, como los arbustos de frutos carnosos. (b) Cuando el muérdago coloniza un pino, los dispersores de semillas aviares comienzan un proceso de reinfección que resulta en la agregación espacial del parásito dentro de los huéspedes individuales, expandiéndose a árboles cercanos y a otras zonas del pinar. (c) Como consecuencia, los efectos del muérdago en el hospedante individual pueden traducirse en un paisaje con una distribución irregular del parásito, lo que resulta en un bosque heterogéneo y dinámico en el que rodales de árboles parasitados, mezclados con rodales no afectados, están siendo reemplazados por una comunidad diversa de especies zoócoras a medida que los hospedantes mueren. En verde representa los árboles no parasitados, en rojo los arbustos zoócoros rojos y en azul los árboles parasitados de muérdago. Tomado de Mellado & Zamora, 2017.



MUP 164 Valdearatas, Orés, tras el incendio de Luna de 2015.

La relación del muérdago blanco con el fuego no está descrita, sin embargo es razonable plantear que en condiciones de sequía el muérdago va a contribuir a disminuir la humedad del combustible por debajo de parámetros normales, por lo que las zonas de alta afección van a quemar con intensidades mayores de las que serían esperables⁶: es habitual ver que en incendios de alta intensidad donde se han quemado totalmente acículas y ramas finas, las matas de muérdago no han sufrido igual nivel de calcinación, poniendo de manifiesto la diferencia en el contenido de agua entre ambos combustibles.

Tras grandes incendios la masa que se regenere carecerá de capacidad de acogida durante un tiempo, seguramente por cambios en la comunidad ornítica y por la falta de árboles percha, y en el caso del pino carrasco, por la generación de doseles sin rugosidad debidos a los regenerados homogéneos y espesos⁷. Por el contrario los pies o rodales adultos supervivientes dentro de zonas quemadas, van a concentrar las visitas de la avifauna, lo que va a conllevar en muchas ocasiones un aumento de su grado de infestación, sirviendo de reservorio a la espera de que la nueva generación conforme doseles más favorables para la colonización.

⁶ Estudios realizados en Norteamérica en pinares de *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta* afectados por muérdagos enanos (*Arceuthobium vaginatum*, *A. americanum*) muestran que en condiciones meteorológicas normales, las altas afecciones de muérdago propician una mayor capacidad de antorcheos y una mayor probabilidad de incendios pasivos de copas, mayores que las previstas en simuladores de comportamiento del fuego. Todo ello lleva a proponer las zonas con alta afección como áreas prioritarias para el tratamiento de combustibles (Hoffman et al., 2007; Agne, 2013). Aunque algunos de estos estudios (Agne, 2013) defiende la posibilidad de que las altas afecciones de muérdago, dada la alta defoliación que suponen, perjudiquen la posibilidad de fuegos activos de copas, el comportamiento de los incendios de los pinares de Zuera parece desmentir esta posibilidad.

⁷ Nuevamente en Norteamérica, en pinares de *Pinus contorta* (ecológicamente similar a nuestro pino carrasco) afectados por muérdago enano (*Arceuthobium americanum*), se ha comprobado que tras incendio, los rodales regenerados estarán libres de muérdago únicamente en el caso de incendios de alta severidad que matan al menos el 85% de los pies. Los pies supervivientes se convierten en un reservorio desde el que volver a colonizar los regenerados, de forma que el principal predictor del grado de afección en la nueva generación es el tiempo pasado tras el incendio. Por ello puede ser recomendable en trabajos de restauración post-incendio eliminar el muérdago de los pies supervivientes a fin de evitar o retrasar la colonización de los regenerados (Ritter, 2016).

4. Evolución de la afeción del muérdago en la provincia de Zaragoza.

El muérdago es una planta autóctona⁸ en Aragón, citada ya por Asso en 1779, que refiere que habita sobre los árboles, y que sus semillas son apetecidas por los zorzales, así como su uso para cazar aves. Loscos (1876-1877) lo sitúa en el Pirineo Aragonés, citando a la Comisión Forestal (1870), que como resultado de los trabajos realizados en 1867 y 1868 lo localizaron sobre pino silvestre en el Puerto Fenés, entre Fiscal y Yebra (Huesca).

Font Quer ya lo califica de frecuente de las montañas y la tierra baja del Sur de Aragón, como resultado de visitas efectuadas en 1946 (Font Quer, 1953). Parece que su expansión se ha realizado en los últimos 60-80 años, pues Braun-Blanquet y Bolós en 1957 al tratar de los pinares de carrasco con coscoja de la Depresión del Ebro describen que hay grandes superficies recubiertas por el *Pinus halepensis*, frecuentemente parasitado por el *Viscum album*, lo citan en un inventario florístico de los montes de Zuera y señalan que los pinares de la zona de Caspe se hallan invadidos por el muérdago (Braun-Blanquet y Bolós, 1987). Sin embargo, en la obra monográfica sobre la Corología de *Viscum álbum* en la Península Ibérica de López-Sáez, son muy escasas las citas de la especie recogidas en la provincia de Zaragoza (López-Sáez, 1993).

En cualquier caso se produjo una importante expansión del muérdago entre 1985 y 1995 (Zapata et al, 2001), lo que ha hecho que a partir de mediados de los noventa haya aumentado su afeción a los pinares aragoneses. La presencia del muérdago en buena parte de los pinares zaragozanos de pino carrasco, pino silvestre y pino laricio ha venido incrementándose en los últimos años, siendo en muchas ocasiones el principal agente patógeno biótico de estas masas, como ocurre en otras regiones del Levante peninsular. Hasta el momento no se ha detectado en las masas de pino rodeno evaluadas.

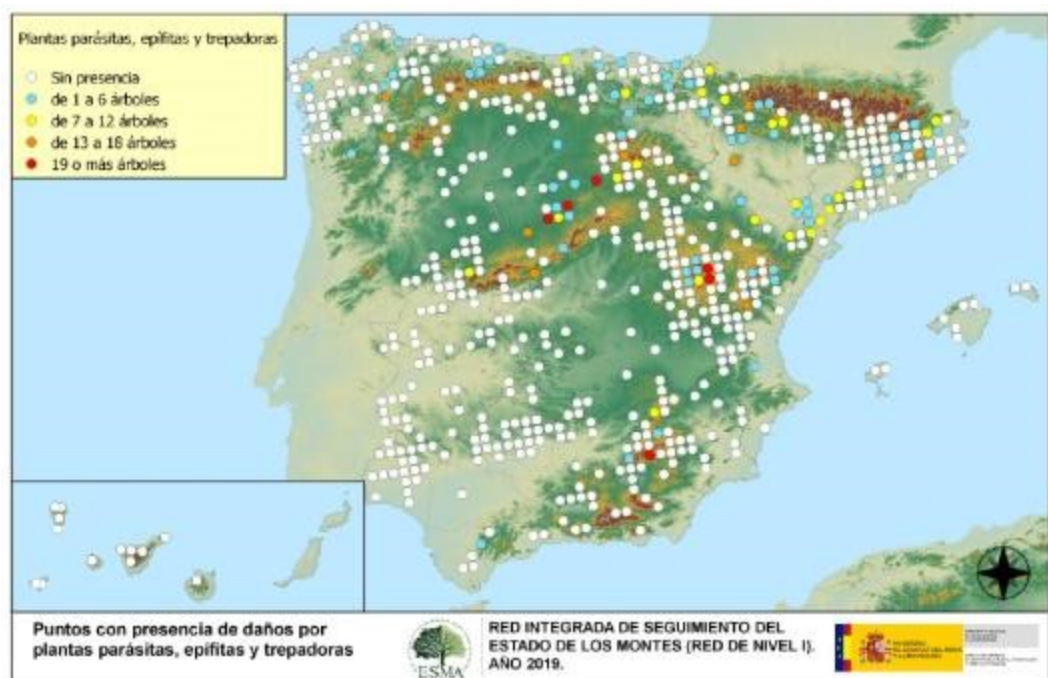
En Europa el muérdago se ha convertido en una de las principales causas de daños de los pinares, tanto de pino silvestre y laricio como de pinos mediterráneos. En 2018 la mayoría de los daños en pino silvestre fueron causados por la competencia (13,2%) y en segundo lugar por el muérdago (7,6%). En el caso del pino negral (*Pinus nigra*) el muérdago fue también la segunda causa de daños (13,1%), únicamente por detrás de los insectos defoliadores (25,0%) dada la alta incidencia de la procesionaria en esta especie (Michel et al., 2019).

La expansión del muérdago en los últimos años ha sido puesta de manifiesto en países como Suiza (Dobbertin & Rigling, 2006), Hungría (Varga et al., 2014), Alemania o Polonia (Lech et al, 2020). En los últimos años es la principal causa de daños en los pinares de silvestre de Francia y una de las principales en los pinares de Turquía (Michel et al., 2019).

En España el muérdago afecta a pinares de pino silvestre, pino laricio, pino rodeno y pino carrasco. Su expansión ha sido detectada por ejemplo en la provincia de Castellón, en pinares de pino silvestre, negral y carrasco (Pérez-Laorga et al., 2001), en la Sierra de Baza (Granada), o en la Sierra de los Filabres (Almería). En la evaluación de 2019 de la Red CE Nivel I se constató que la especie más afectada en España es el pino silvestre. Tanto este como el laricio están afectados en el norte y sur de Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha, Castilla y León y algunas zonas de Andalucía. En la zona centro de la Península la especie más afectada es el pino rodeno, en tanto que el pino carrasco se encuentra afectado tanto en Aragón como en Cataluña y norte de la Comunidad Valenciana, con la distribución⁹ mostrada en la figura siguiente (MAPA, 2020).

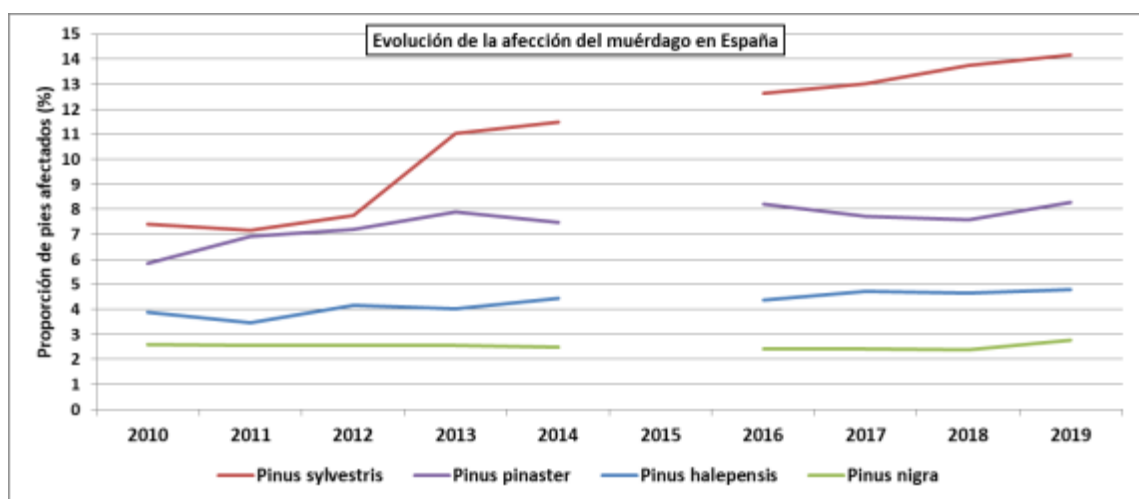
⁸ De hecho la Península Ibérica constituyó un refugio para *Viscum album* sbsp. *austriacum* durante el período glacial (Kahle-Zuber, 2008).

⁹ El mapa recoge la presencia tanto de *Viscum sp.* como de *Arceuthobium sp.*, así como de *Hedera helix* y *Clematis vitalba*. Del total de pies que presentan estos daños (634), el 66% son debidos a *Viscum album*.



Se constata un fuerte aumento de la afección en los pinares de pino albar (*Pinus sylvestris*), que si en 2010 mostraban un 7,4% de los pies afectados del total de los evaluados, en 2019 la proporción ha subido hasta el 14,2%. Incrementos más moderados se produjeron en el caso de los pinares de carrasco y de rodeno, en tanto que no se ha dado incremento de la afección en los pinares de laricio.

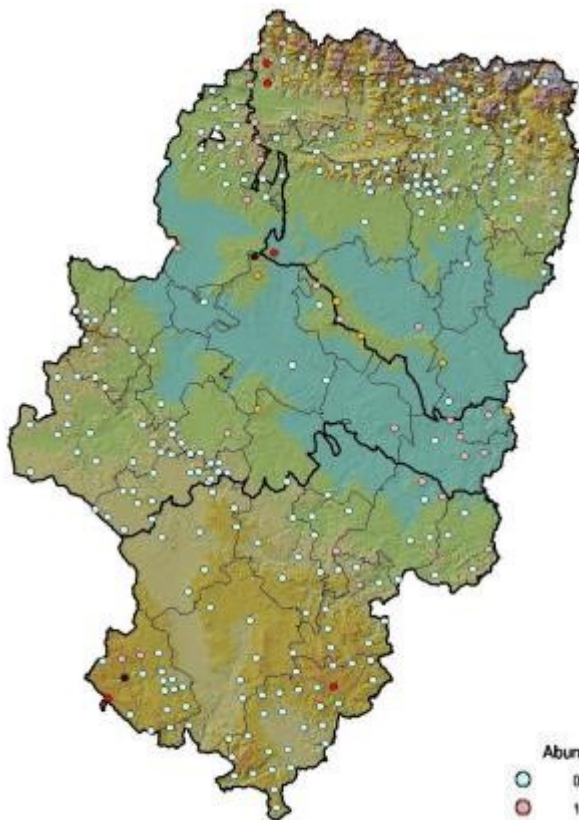
	Proporción de pies afectados por muérdago respecto a los evaluados (%). Red CE Nivel I. España.									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<i>Pinus halepensis</i>	3,9	3,4	4,2	4,0	4,4		4,4	4,7	4,7	4,8
<i>Pinus sylvestris</i>	7,4	7,2	7,7	11,0	11,5		12,6	13,0	13,7	14,2
<i>Pinus nigra</i>	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5		2,4	2,4	2,4	2,7
<i>Pinus pinaster</i>	5,8	6,9	7,2	7,9	7,5		8,2	7,7	7,6	8,3



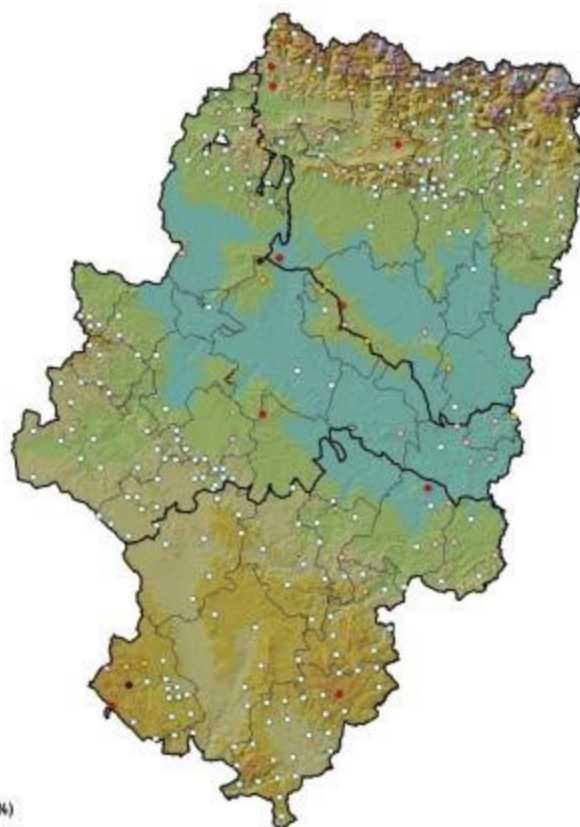
La extensión del muérdago se está produciendo en todo Aragón, como se ha visto una de las zonas más afectadas del país, de forma que, si en el año 2009 en la Comunidad Autónoma se evaluaron en la Red de Evaluación Fitosanitaria de las Masas Forestales de Aragón (REFMFA) 291 pies afectados en un total de 52 puntos de evaluación, en 2019 se han evaluado 648 pies afectados en 80 puntos de evaluación (si bien una parte de este crecimiento se debe a la instalación de nuevos puntos de evaluación en zonas afectadas, como los instalados en el Paisaje Protegido de la Sierra de Santo Domingo en 2019).

La extensión se ha producido fundamentalmente en la zona central y oriental del Pirineo y el prepirineo, el Bajo Aragón zaragozano y turolense, el Matarraña y Montes Universales-Sierra de Albarraacín.

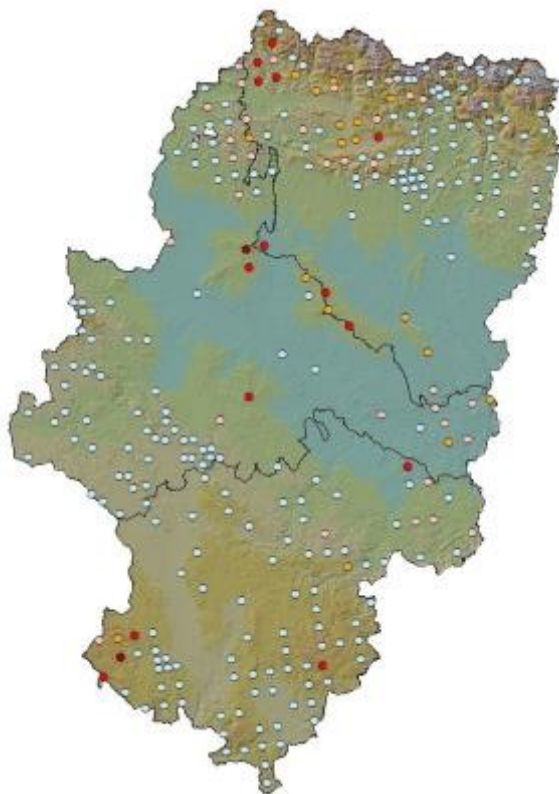
Abundancia de Muérdago. 2009



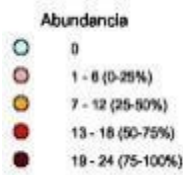
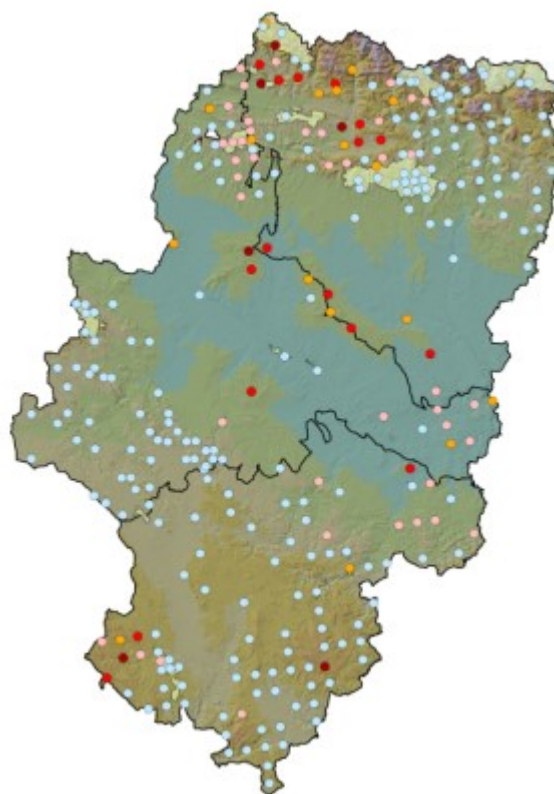
Abundancia de Muérdago. 2012



Abundancia de Muérdago. 2015



Abundancia de Muérdago. 2019



4.1. Evolución de la afección a largo plazo en la provincia de Zaragoza. Red CE Nivel I.

En la Red CE de nivel I existen 12 puntos de evaluación dispuestos en pinares de la provincia, en los que se evalúa el estado sanitario de 198 pies de pino carrasco, 34 pies de pino silvestre, 23 pies de pino rodeno y únicamente 1 pie de pino laricio, por lo que es imposible sacar conclusiones sobre esta última especie. El muérdago está presente desde el comienzo de la evaluación en 1988-1989.

En 1990 existían 27 pies de pino carrasco y 13 de pino silvestre afectados por muérdago, en 5 puntos de evaluación de la red, el 41,7% del total de los dispuestos en pinares. En 2019, el número de pies afectados es de 47 pies de pino carrasco y 20 pies de pino silvestre, en 9 puntos de evaluación, que representan el 75,0% del total de los dispuestos en pinares.

Punto de evaluación Red CE I	Término Municipal	Especie principal	Fecha de instalación	Número de pies evaluados				
				Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	Pino rodeno	Otras
479	Biel-Fuencalderas	Pino silvestre	07/08/1988		21	1		2
519	Ejea de Los Caballeros	Pino carrasco	07/09/1989	24				
520	Luna	Pino silvestre	07/09/1989		13			11
619	Tauste	Pino carrasco	05/08/1988	15				9
668	Borja	Pino carrasco	18/08/1999	24				
819	Ariza	Pino carrasco	04/08/1988	24				
825	Fuendetodos	Pino carrasco	04/08/1988	24				
879	Caspe	Pino carrasco	07/08/1999	24				
880	Mequinenza	Pino carrasco	27/10/1988	15				9
918	Val de San Martín	Pino rodeno	14/11/1987				23	1
926	Fabara	Pino carrasco	27/10/1988	24				
927	Nonaspe	Pino carrasco	07/09/1990	24				
TOTAL PUNTOS DE EVALUACIÓN EN PINAR				198	34	1	23	32

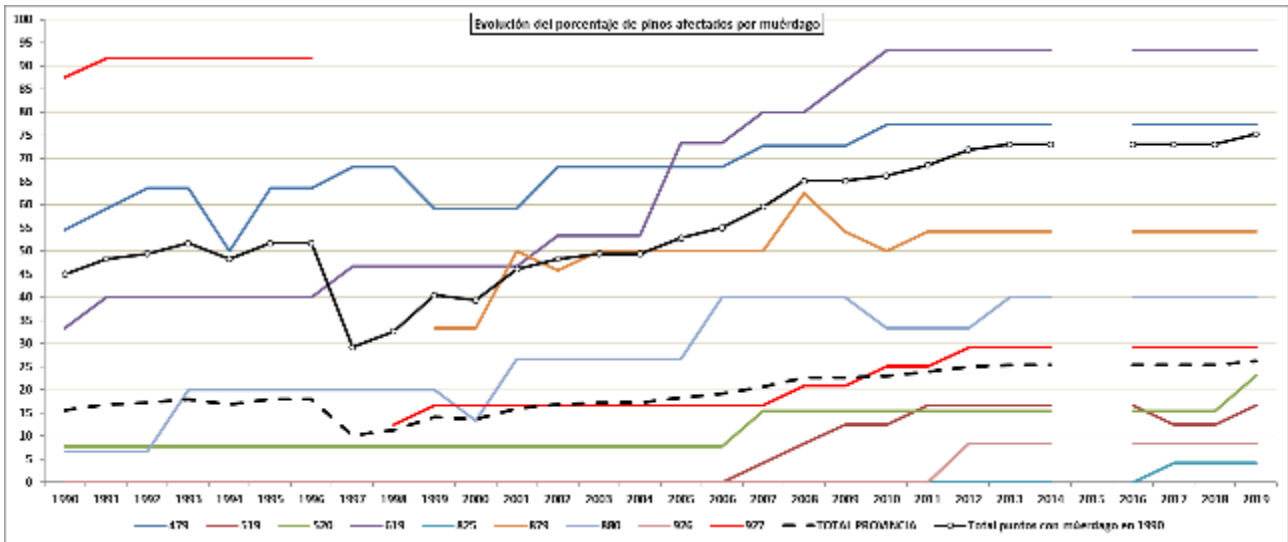
Se constata en primer lugar una extensión superficial del muérdago, que si en 1990 únicamente se encontraba en Cinco Villas y Bajo Aragón, en 2019 se está extendiendo hacia otras zonas del valle del Ebro como Fuendetodos.

Punto de evaluación Red CE I	Término Municipal	% Pinos afectados en 1990	% Pinos afectados en 2019
479	Biel-Fuencalderas	54,5	77,3
519	Ejea de Los Caballeros	0,0	16,7
520	Luna	7,7	23,1
619	Tauste	33,3	93,3
668	Borja	0,0	0,0
819	Ariza	0,0	0,0
825	Fuendetodos	0,0	4,2
879	Caspe	-	54,2
880	Mequinenza	6,7	40,0
918	Val de San Martín	0,0	0,0
926	Fabara	0,0	8,3
927	Nonaspe	87,5	29,2
TOTAL PUNTOS DE EVALUACIÓN		15,6	26,2

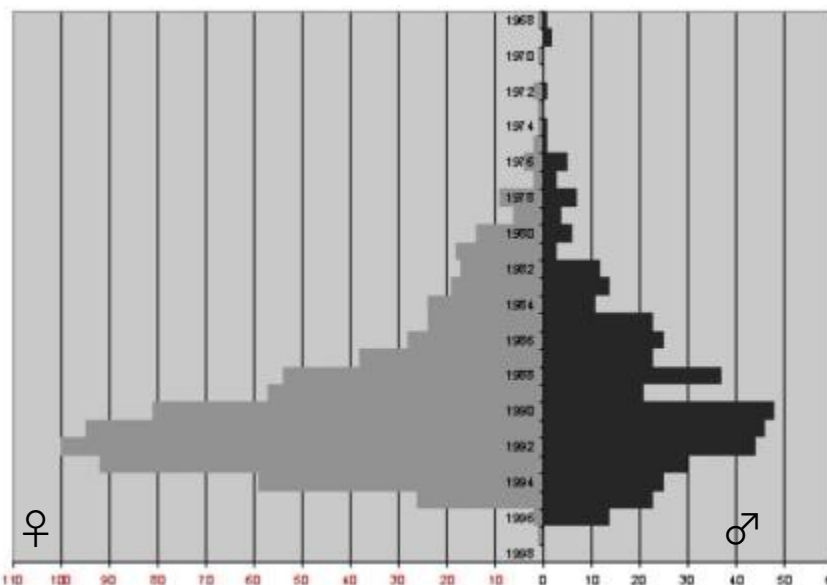
En segundo lugar se ha producido un agravamiento de la presencia del muérdago, de forma que si en 1990 el 15,6% de los pies de pino evaluados por la Red presentaba muérdago, en 2019 este porcentaje se ha elevado al 26,2%. Si nos referimos únicamente a puntos de evaluación que ya presentaban muérdago en 1990 la proporción de pinos afectados ha pasado del 44,9% al 75,0% de los pies en 2019.

Por puntos de evaluación, en todos los que está presente el muérdago en 2019 la evolución ha sido creciente, destacando el caso del punto 619 en Tauste, donde la afección llega ya a valores del 93,3% de los pies.

La evolución del punto 927 de Nonaspe está condicionada por el incendio de septiembre de 1994, que afectó al punto de evaluación, en el que entre el incendio y 1997 murieron los 24 pies evaluados. En el momento de quemarse presentaba un 91,7% de los pies con muérdago. El nuevo punto instalado en 1997-1998, también con 24 pies de pino carrasco, presentaba un 12,5% de pies afectados, frente al actual porcentaje del 29,2%, siguiendo también la tendencia creciente general.



Se detecta un importante agravamiento de la afección del muérdago a partir de 1997, lo que viene a coincidir con estudios anteriores, que encontraron un importante establecimiento de muérdago en la década de los ochenta en España (López-Saéz, 1993), y más concretamente en Aragón en el período 1988-1996 (Zapata et al, 2001):

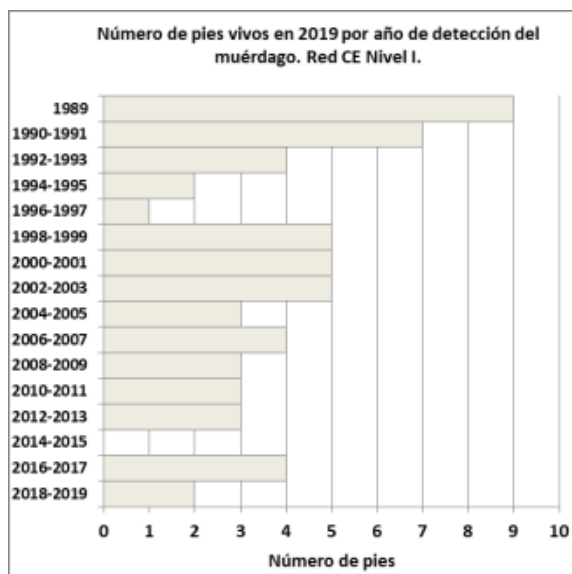


Distribución media por edades y sexos de matas de muérdago en las parcelas estudiadas en Aragón por Zapata et al, 2001, de donde se ha tomado la figura. Se observa un importante incremento del establecimiento del muérdago en 1988-1995, así como que el ratio entre plantas femeninas y masculinas en Aragón se sitúa en el entorno de 2.

El tiempo en que un hospedante puede soportar al muérdago no es conocido. En las parcelas de las Red Nivel I de los 60 árboles afectados por muérdago en 2019, en un tercio de ellos la afección ya se detectó en las evaluaciones de 1989 a 1994, con lo que llevan afectados más de 25 años. En otro tercio de los pies la

detección se produjo entre 2001 y 2009, disminuyendo la proporción de pies detectados en la última década.

Año de detección	Años desde la detección	Número de pies	Proporción (%)
2018-2019	1-2	2	3,3
2016-2017	3-4	4	6,7
2014-2015	5-6	0	0,0
2012-2013	7-8	3	5,0
2010-2011	9-10	3	5,0
2008-2009	11-12	3	5,0
2006-2007	13-14	4	6,7
2004-2005	15-16	3	5,0
2002-2003	17-18	5	8,3
2000-2001	19-20	5	8,3
1998-1999	21-22	5	8,3
1996-1997	23-24	1	1,7
1994-1995	25-26	2	3,3
1992-1993	27-28	4	6,7
1990-1991	29-30	7	11,7
1989	31	9	15,0



4.2. Evolución de la afección desde 2008 en la provincia de Zaragoza. Red de Evaluación Fitosanitaria de las Masas Forestales de Aragón (REFMFA).

La mayor densidad de datos en la Red de Evaluación Fitosanitaria de las Masas Arboladas de Aragón (REFMFA) permite profundizar en las tendencias generales vistas anteriormente, a partir del año 2008, momento en que esta red queda definitivamente instalada.

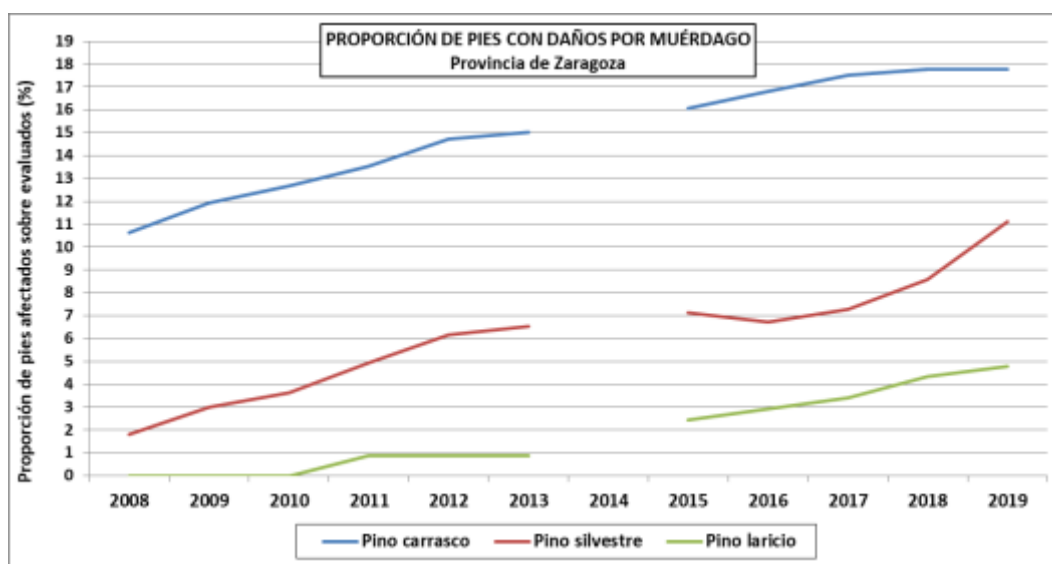
Para la confección de este estudio se ha partido de la información sobre los árboles afectados contenidos en las bases de datos anuales, comprobando posteriormente los datos en las fichas de campo de cada evaluación, con lo que se han corregido errores y se han introducido una serie de datos nuevos, por lo que la información ofrecida no coincide exactamente con la que se puede extraer de las bases de datos.

En 2008 se detectaron en la REFMFA de la provincia una proporción de pies dañados por muérdago del 10,6% de los pies de pino carrasco evaluados y del 1,8% de los pies de silvestre evaluados. En 2019 esos valores se han incrementado al 17,8% en el caso del carrasco, y al 11,1% en el del silvestre.

En 2011 se detectó por primera vez muérdago en pies de pino laricio, y en 2019 la afección alcanzaba al 4,8% de los pies evaluados de esta especie.

Hasta el momento no se ha detectado muérdago en los pies evaluados de pino piñonero y pino rodeno.

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Pino carrasco	Evaluados	706	703	701	702	700	698		697	696	697	697	697
	Afectados	75	84	89	95	103	105		112	117	122	124	124
	% Afección	10,6	11,9	12,7	13,5	14,7	15,0		16,1	16,8	17,5	17,8	17,8
Pino silvestre	Evaluados	166	166	165	162	162	168		168	164	165	163	171
	Afectados	3	5	6	8	10	11		12	11	12	14	19
	% Afección	1,8	3,0	3,6	4,9	6,2	6,5		7,1	6,7	7,3	8,6	11,1
Pino laricio	Evaluados	219	220	222	224	224	224		204	206	206	207	293
	Afectados	0	0	0	2	2	2		5	6	7	9	14
	% Afección	0,0	0,0	0,0	0,9	0,9	0,9		2,5	2,9	3,4	4,3	4,8



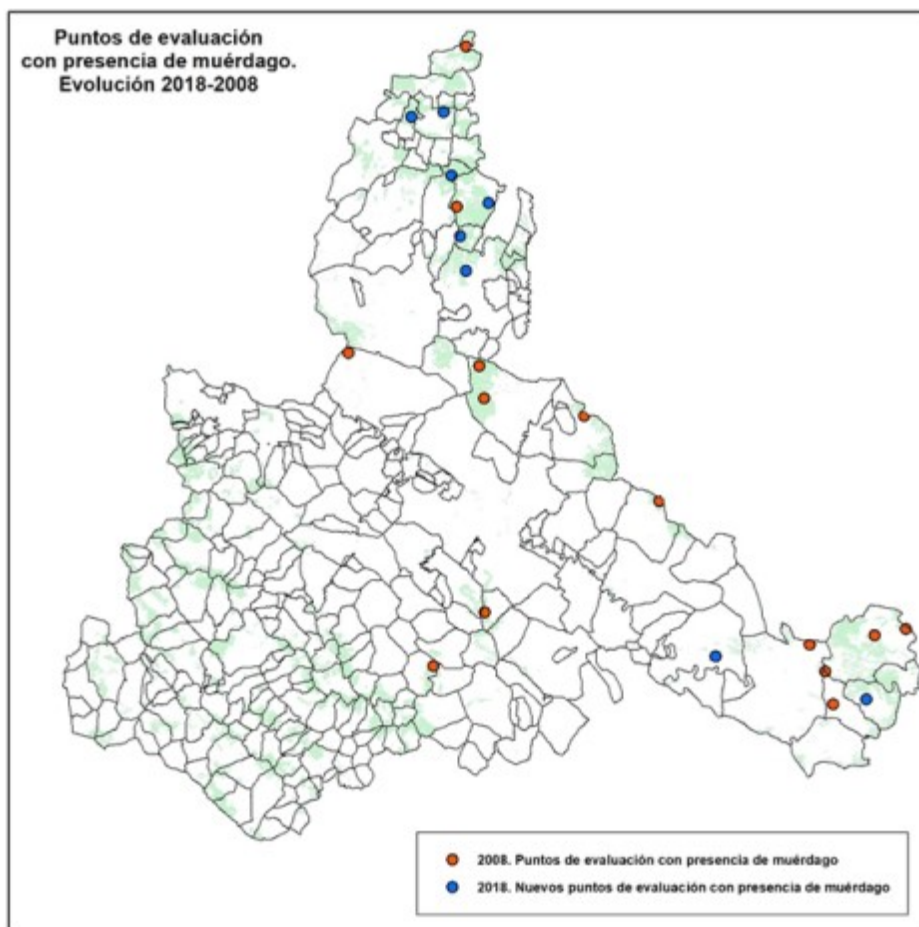
En general es el pino carrasco la especie más afectada, tanto en extensión superficial, ya que los pinares de carrasco con muérdago aparecen en Cinco Villas, la Bardena de Tauste, Ejea y Sádaba, la sierra de Alcubierre, el valle medio y bajo del Ebro y el valle del Huerva, en contraposición con el pino laricio y el pino silvestre, las otras especies afectadas, y en cuyas masas hasta el momento únicamente se ha detectado muérdago en la zona prepirenaica de las Cinco Villas.

En la provincia de Zaragoza en 2008 eran 14 los puntos de evaluación en los que se detectó la presencia de muérdago en tanto que en la actualidad son 25 las parcelas de evaluación en las que se detecta, si bien 3

puntos de evaluación son de nueva instalación en 2019. Refiriéndonos únicamente a los puntos instalados desde 2008 la presencia del muérdago ha pasado de 14 a 22 puntos, un 57% más, mientras que los árboles afectados han aumentado de 78 en 2008 a 149 en 2019, con un aumento del 91%.

PUNTO	T.M.	Comarca	X	Y	Alt (m)	Observaciones	Año 1ª detección muérdago
501020.1.A	Fabara	Bajo Aragón-Caspe	761.550	4.566.724	283	Evaluado desde 2008	2008
501895.1.A	Nonaspe	Bajo Aragón-Caspe	769.769	4.567.948	184	Evaluado desde 2008	2009
500747.2.A	Caspe	Bajo Aragón-Caspe	755.699	4.581.601	190	Evaluado desde 2008	2008
501651.1.A	Mequinenza	Bajo Aragón-Caspe	779.714	4.585.469	332	Evaluado desde 2008	2008
501651.2.A	Mequinenza	Bajo Aragón-Caspe	771.857	4.583.830	232	Evaluado desde 2008	2008
501651.3.A	Mequinenza	Bajo Aragón-Caspe	759.593	4.574.892	167	Evaluado desde 2008	2009
502758.1.A	Valmadrid	Campo de Belchite	674.427	4.589.579	663	Evaluado desde 2008	2008
502647.1.A	Tosos	Campo de Cariñena	661.627	4.576.232	651	Evaluado desde 2008	2008
502989.1.A	Zuera	Central	674.317	4.643.018	634	Evaluado desde 2008	2008
502989.2.A	Zuera	Central	673.164	4.651.028	561	Evaluado desde 2008	2008
501443.1.B	Longás	Cinco Villas	673.964	4.703.710	874	Instalado en 2019	2019
501481.2.AB	Luesia	Cinco Villas	666.171	4.698.581	915	Evaluado desde 2008	2011
501481.3.B	Luesia	Cinco Villas	662.013	4.698.122	990	Instalado en 2019	2019
501481.4.B	Luesia	Cinco Villas	670.253	4.699.081	1.038	Instalado en 2019	2019
501092.1.A	El Frago	Cinco Villas	668.417	4.683.467	688	Evaluado desde 2008	2017
501514.1.A	Luna	Cinco Villas	669.828	4.674.830	596	Evaluado desde 2008	2009
502105.1.A	Los Pintanos	Cinco Villas	664.195	4.714.481	819	Evaluado desde 2008	2018
502528.1.A	Tauste	Cinco Villas	640.406	4.654.323	451	Evaluado desde 2008	2008
502702.1.A	Urriés	Cinco Villas	656.206	4.713.278	775	Evaluado desde 2008	2011
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	Cinco Villas	667.528	4.690.738	753	Evaluado desde 2008	2008
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	Cinco Villas	675.450	4.691.817	741	Evaluado desde 2008	2009
502323.1.A	Salvatierra de Esca	Jacetania	669.777	4.730.809	841	Evaluado desde 2008	2008
501377.1.A	Leciñena	Los Monegros	699.281	4.638.654	521	Evaluado desde 2008	2008
501703.1.A	Monegrillo	Los Monegros	718.092	4.617.390	730	Evaluado desde 2008	2008
502409.1.A	Sástago	Ribera Baja del Ebro	732.132	4.578.643	241	Evaluado desde 2008	2009

En 2008 el muérdago se encontraba en los pinares de carrasco del Valle del Ebro (Tauste, Zuera, Monegros, Bajo Aragón) y el del Huerva (Valmadrid, Tosos). Su principal extensión se ha producido en las masas de carrasco y silvestre de las Altas Cinco Villas, y en menor medida en los pinares de carrasco del Bajo Aragón.



El número de pies con daños por muérdago en cada punto de evaluación donde aparece ha variado conforme a la tabla siguiente, en la que se aprecia tanto la evolución de pies afectados en cada punto como la incorporación de nuevos puntos afectados que se ha producido en la última década.

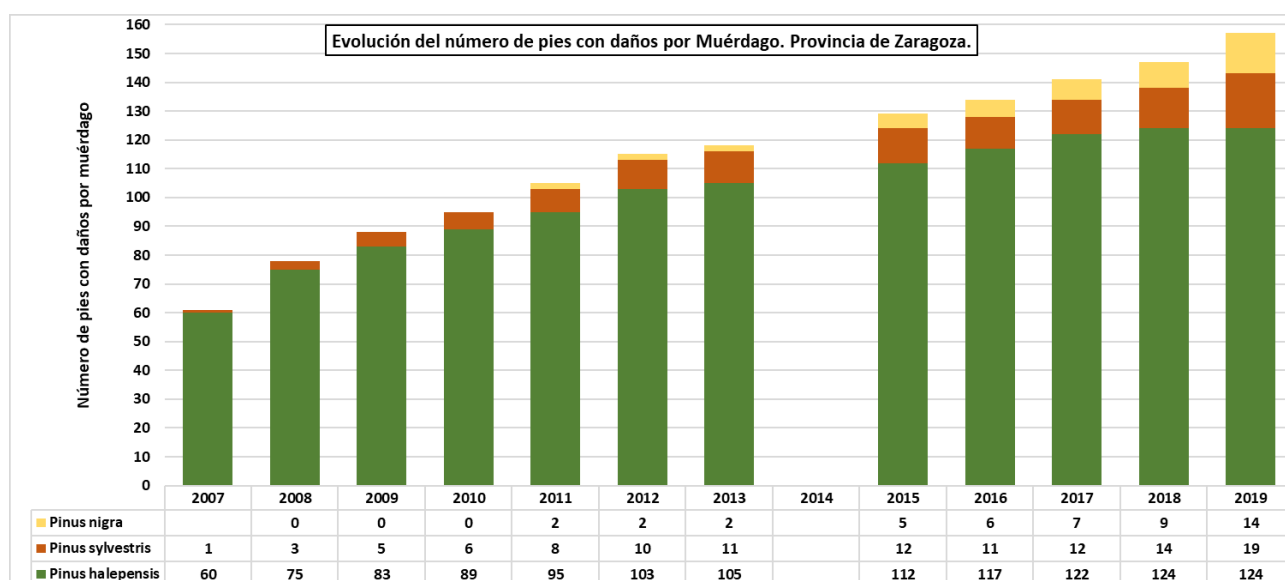
PUNTO REFMFA	T.M.	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
500747.2.A	Caspe	2	3	3	3	3	3		3	3	3	2	2
501020.1.A	Fabara	1	3	3	4	4	4		7	10	10	10	10
501092.1.A	El Frago	0	0	0	0	0	0		0	0	1	1	1
501377.1.A	Leciñena	4	5	6	7	8	10		11	12	12	12	12
501443.1.B	Longás												5
501481.2.AB	Luesia	0	0	0	2	2	2		2	1	1	1	1
501481.3.B	Luesia												1
501481.4.B	Luesia												2
501514.1.A	Luna	0	1	1	1	2	2		1	1	1	2	2
501651.1.A	Mequinenza	8	9	10	10	10	10		10	11	12	12	12
501651.2.A	Mequinenza	2	2	2	2	3	2		2	2	2	2	2
501651.3.A	Mequinenza	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3
501703.1.A	Monegrillo	11	11	12	12	12	13		13	13	14	15	15
501895.1.A	Nonaspe	0	1	1	1	1	1		1	2	2	2	2
502105.1.A	Los Pintanos	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1
502323.1.A	Salvatierra de Esca	2	2	2	2	4	4		5	5	5	6	6
502409.1.A	Sástago	0	1	1	2	3	3		3	3	3	3	3
502528.1.A	Tauste	3	3	3	3	3	4		5	5	6	7	7
502647.1.A	Tosos	1	1	1	1	1	1		1	2	2	2	2
502702.1.A	Urriés	0	0	0	2	2	2		5	6	7	9	10
502758.1.A	Valmadrid	12	12	12	14	18	16		16	16	16	16	16
502989.1.A	Zuera	8	8	11	12	12	13		15	14	15	15	15
502989.2.A	Zuera	20	20	20	20	20	20		21	20	20	20	20
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	1	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	0	1	2	2	2	3		3	3	4	4	5
TOTAL ANUAL		78	88	95	105	115	118	0	129	134	141	147	157

En 2019 los mayores grados de afección se dan en general en el Bajo Aragón, Alcubierre y los montes de Zuera, destacando también el punto de Valmadrid.

PUNTO REFMFA	T.M.	Pies con daños por categoría				Nº pinos en la parcela	% pinos afectados	IMD	Especie
		Total	Ligeros	Moderados	Graves				
502989.2.A	Zuera	20	8	9	3	21	95,2	1,667	Ph
502758.1.A	Valmadrid	16	4	9	3	21	76,2	1,476	Ph
500747.2.A	Caspe	2	1	1	0	3	66,7	1,000	Ph
501703.1.A	Monegrillo	15	8	7	0	23	65,2	0,957	Ph
502989.1.A	Zuera	15	8	6	1	24	62,5	0,958	Ph
501651.1.A	Mequinenza	12	9	2	1	20	60,0	0,800	Ph
501377.1.A	Leciñena	12	10	1	1	23	52,2	0,652	Ph
502105.1.A	Los Pintanos	1	1	0	0	2	50,0	0,500	Ps
501020.1.A	Fabara	10	8	2	0	24	41,7	0,500	Ph
502702.1.A	Urriés	10	8	1	0	24	41,7	0,417	22 Pn, 2 Ps
502528.1.A	Tauste	7	4	3	0	23	30,4	0,435	Ph
502323.1.A	Salvatierra de Esca	6	3	2	1	21	28,6	0,476	Ps
501443.1.B	Longás	5	5	0	0	22	22,7	0,227	17 Pn, 4 Ps
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	5	5	0	0	22	22,7	0,227	Ps
501481.2.AB	Luesia	1	1	0	0	5	20,0	0,200	Ps
501651.3.A	Mequinenza	3	3	0	0	22	13,6	0,136	Ph
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	2	2	0	0	15	13,3	0,133	11 Pn, 4 Ps
502409.1.A	Sástago	3	3	0	0	24	12,5	0,125	Ph
501651.2.A	Mequinenza	2	1	1	0	19	10,5	0,158	Ph
501481.4.B	Luesia	2	2	0	0	24	8,3	0,083	23 Pn, 1 Ps
501514.1.A	Luna	2	1	1	0	24	8,3	0,125	Ph
501895.1.A	Nonaspe	2	1	1	0	24	8,3	0,125	Ph
502647.1.A	Tosos	2	2	0	0	24	8,3	0,083	Ph
501092.1.A	El Frago	1	1	0	0	20	5,0	0,050	Ph
501481.3.B	Luesia	1	1	0	0	24	4,2	0,042	Pn
		157	101	46	10	498	31,5	0,446	

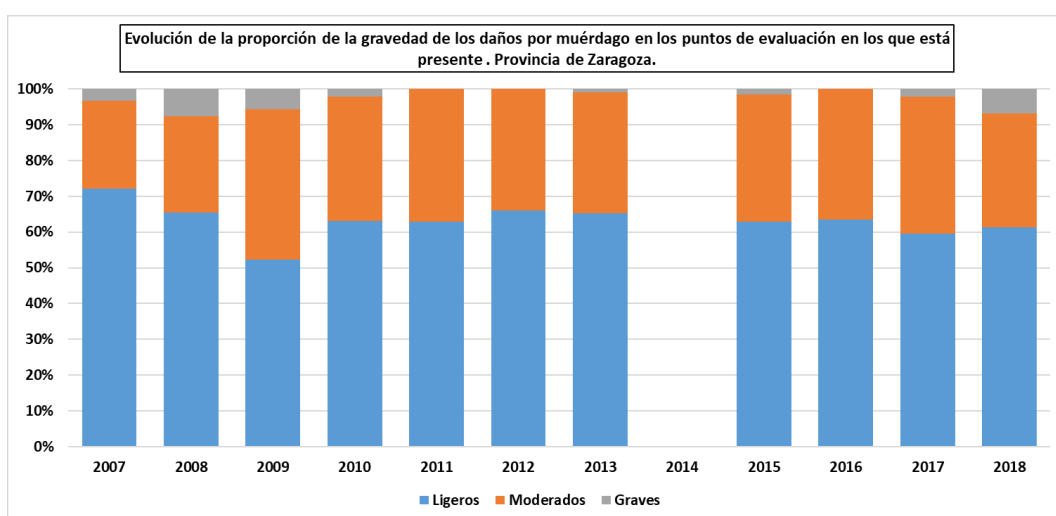
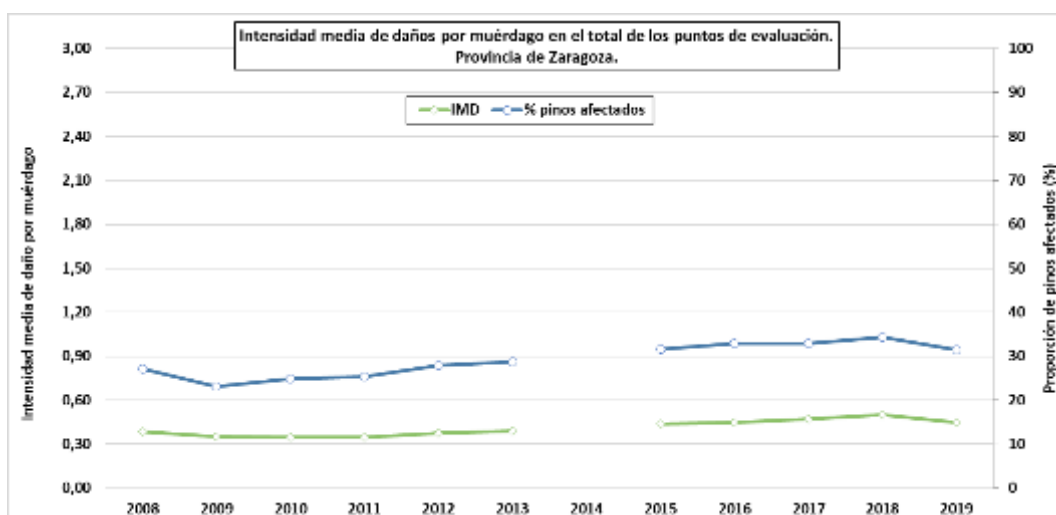
El número total de pies afectados ha pasado de 78 en el año 2008 a 157 en 2019 (149 descontando los puntos de nueva instalación), habiéndose duplicado. Contemplando la evolución en el total de parcelas afectadas, el muérdago en 2019 producía daños en 157 de los 498 pinos que contienen, un 31,5% del total de pinos presentes.

	% pinos afectados	Intensidad media de daños ¹⁰	Nº pies afectados				Proporción (%)		
			TOTAL	Daños Ligeros	Daños Moderados	Daños Graves	Daños Ligeros	Daños Moderados	Daños Graves
2008	27,1	0,385	78	51	21	6	65,4	26,9	7,7
2009	23,0	0,353	88	46	37	5	52,3	42,0	5,7
2010	24,9	0,346	95	60	33	2	63,2	34,7	2,1
2011	25,4	0,349	105	66	39	0	62,9	37,1	0,0
2012	27,9	0,374	115	76	39	0	66,1	33,9	0,0
2013	28,8	0,390	118	77	40	1	65,3	33,9	0,8
2014									
2015	31,5	0,438	129	81	46	2	62,8	35,7	1,6
2016	32,9	0,450	134	85	49	0	63,4	36,6	0,0
2017	32,9	0,470	141	84	54	3	59,6	38,3	2,1
2018	34,3	0,500	147	90	47	10	61,2	32,0	6,8
2019	31,5	0,448	157	101	46	10	64,3	29,3	6,4



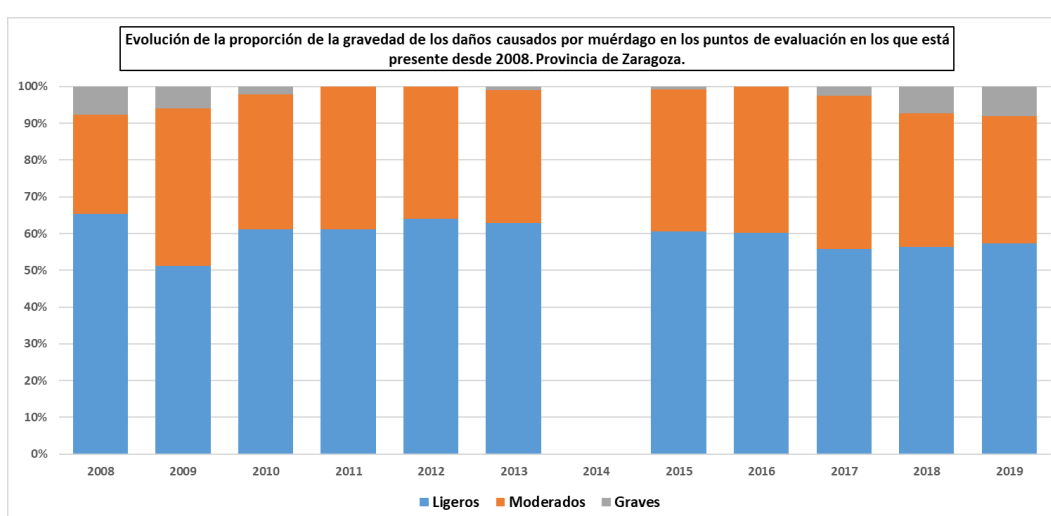
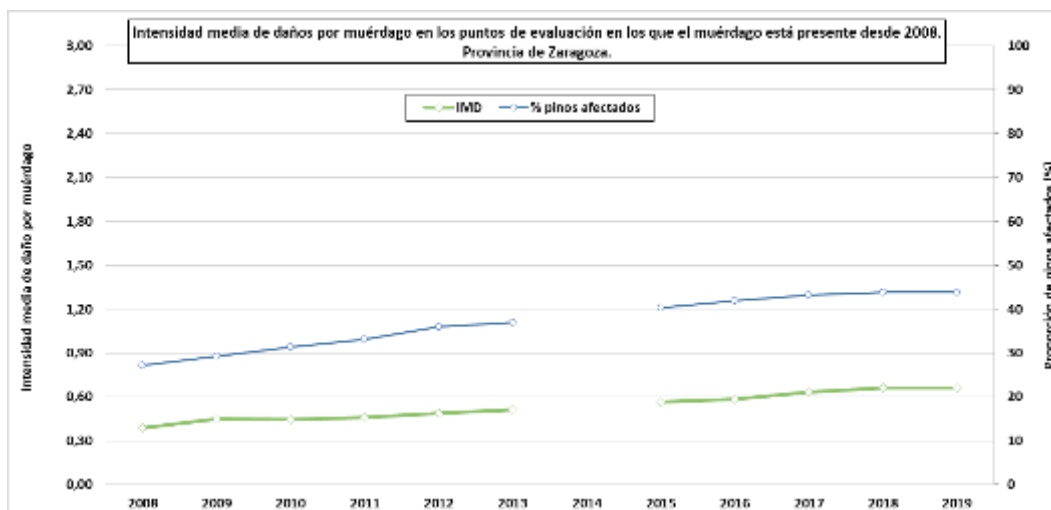
En una primera evaluación de la intensidad de los daños (escala de 0 a 3; 0: nulo, 1: ligero, 2: moderado, 3: grave) la intensidad media de los daños se ha incrementado ligeramente, de un valor de 0,385 a 0,446, si bien la disminución registrada en 2019 se debe a la incorporación de nuevos puntos de evaluación con baja afección, ya que el valor en 2018 se situó en 0,500.

¹⁰ La Intensidad media de daños (IMD) de un conjunto de árboles es la media ponderada del número de árboles con daños graves (factor 3), moderados (factor 2) y ligeros (factor 1), variando por tanto entre 0 y 3.



En el caso de los puntos de evaluación en los que el muérdago está presente desde 2008 el número total de pies afectados ha pasado de 78 en el año 2008 a 124 en 2019, con un incremento del 59,0%. La intensidad media de los daños ha pasado de 0,385 a 0,661, mientras que la proporción de pinos afectados ha crecido desde el 27,1% al 43,8%, lo que muestra un considerable agravamiento de la afección en estas zonas, si bien algo atenuado en los últimos años.

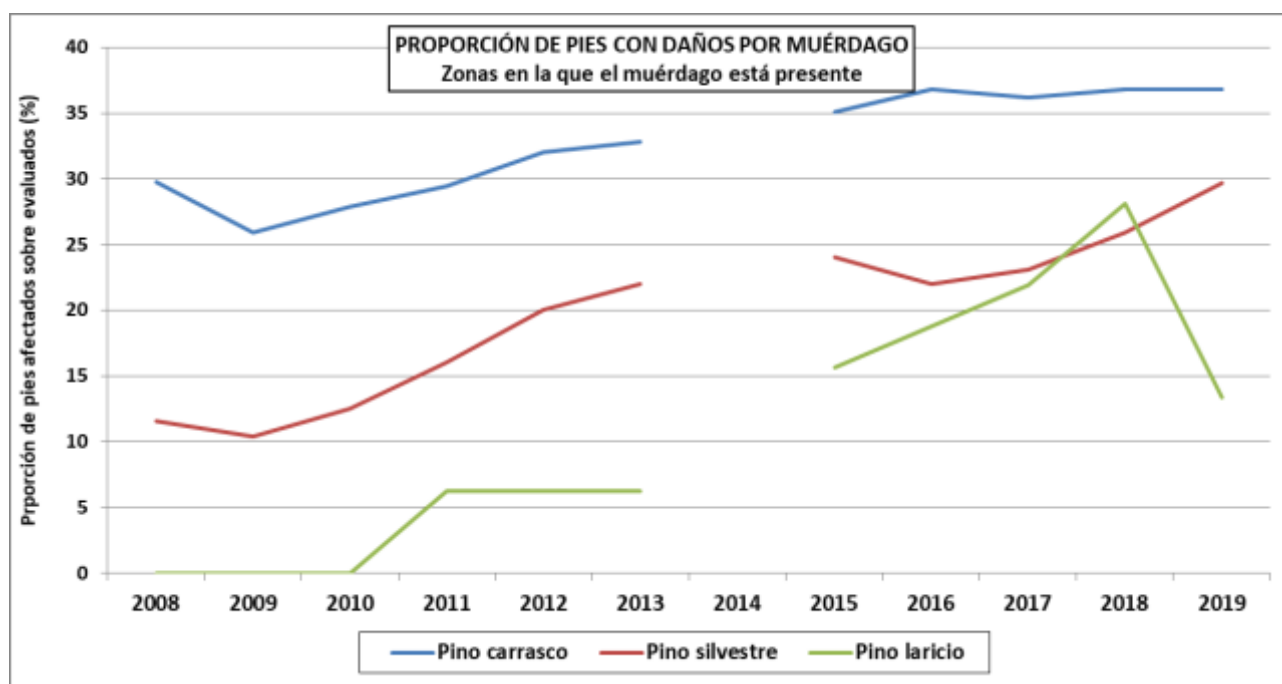
	% pinos afectados	Intensidad media de daños	Nº pies afectados				Proporción (%)		
			Total	Ligeros	Moderados	Graves	Ligeros	Moderados	Graves
2008	27,1	0,385	78	51	21	6	65,4	26,9	7,7
2009	29,2	0,451	84	43	36	5	51,2	42,9	6,0
2010	31,4	0,443	90	55	33	2	61,1	36,7	2,2
2011	33,1	0,460	95	58	37	0	61,1	38,9	0,0
2012	36,0	0,490	103	66	37	0	64,1	35,9	0,0
2013	37,0	0,511	105	66	38	1	62,9	36,2	1,0
2014									
2015	40,3	0,565	114	69	44	1	60,5	38,6	0,9
2016	41,8	0,585	118	71	47	0	60,2	39,8	0,0
2017	43,1	0,633	122	68	51	3	55,7	41,8	2,5
2018	43,8	0,661	124	70	45	9	56,5	36,3	7,3
2019	43,8	0,661	124	71	43	10	57,3	34,7	8,1



Todas las especies muestran una tendencia creciente en la proporción de pies afectados en las zonas ocupadas por el muérdago, destacando la rápida expansión de la afección en el pino laricio en los últimos años¹¹. La gravedad de este patógeno crece tanto por su extensión superficial como por el aumento de grado de afección en las zonas en las que ya está instalado.

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Pino carrasco	Evaluados	252	324	323	323	322	320		319	318	337	337	337
	Afectados	75	84	89	95	103	105		112	117	122	124	124
	% Afección	29,8	25,9	27,6	29,4	32,0	32,8		35,1	36,8	36,2	36,8	36,8
Pino silvestre	Evaluados	26	48	48	50	50	50		50	50	52	54	64
	Afectados	3	5	6	8	10	11		12	11	12	14	19
	% Afección	11,5	10,4	12,5	16,0	20,0	22,0		24,0	22,0	23,1	25,9	29,7
Pino laricio	Evaluados	10	10	10	32	32	32		32	32	32	32	97
	Afectados	0	0	0	2	2	2		5	6	7	9	14
	% Afección	0,0	0,0	0,0	6,3	6,3	6,3		15,6	18,8	21,9	28,1	14,4

¹¹ La disminución en el porcentaje de afección de 2019, debida al incremento de puntos de evaluación tiene una doble lectura: los nuevos puntos tienen una afección menor que los evaluados hasta ahora, pero al intensificar el muestreo se mejora la representatividad.



Las mayores afecciones, como se ha visto, aparecen en pinares de pino carrasco o mezclas de estos con otras especies, y en menor medida en pinares de silvestre. El pino laricio es una especie poco afectada, que además cuando se mezcla con el pino silvestre se ve mucho menos afectada, de forma que las afecciones en estas masas mixtas se centran fundamentalmente en el silvestre.

Punto REFMA	T.M.	Proporción de pies en la parcela			Proporción de pies afectados	
		Pino silvestre	Pino laricio	Otras especies	Pino silvestre	Pino laricio
501443.1.B	Longás	16,7	75,0	8,3	75,0	11,1
501481.4.B	Luesia	4,2	95,8	0,0	0,0	4,3
502702.1.A	Urries	12,5	87,5	0,0	33,3	4,8
509017.1.A	Biel	16,7	45,8	37,5	25,0	0,0

En las parcelas mixtas del Tercer Inventario Forestal Nacional se obtuvo un resultado muy similar, de forma que en las masas mixtas de silvestre y laricio es el pino silvestre el que presenta mayores afecciones, y en la mayor parte de los casos únicamente aparecían pies afectados de pino silvestre.

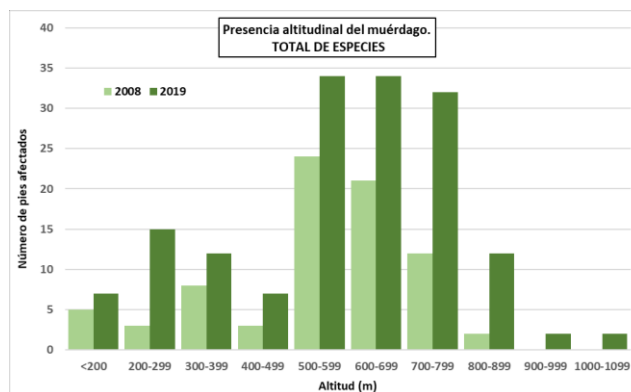
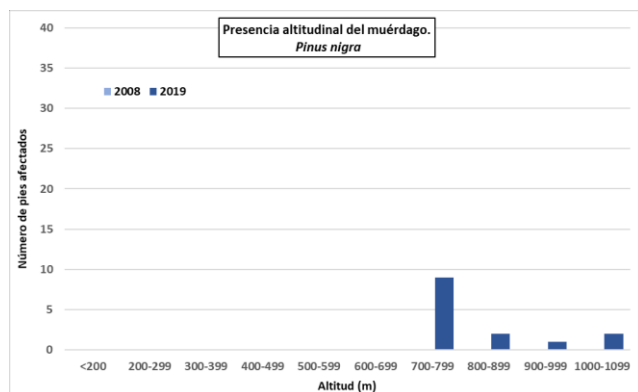
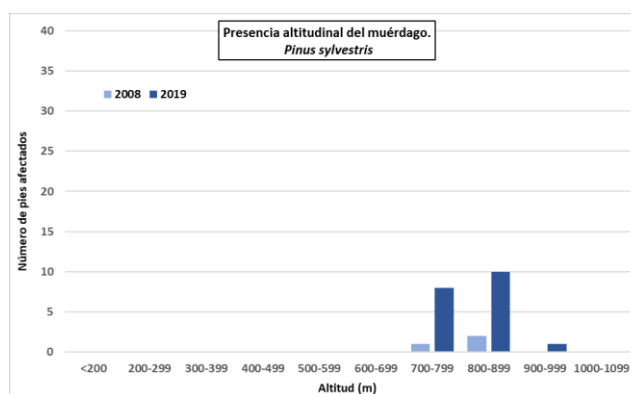
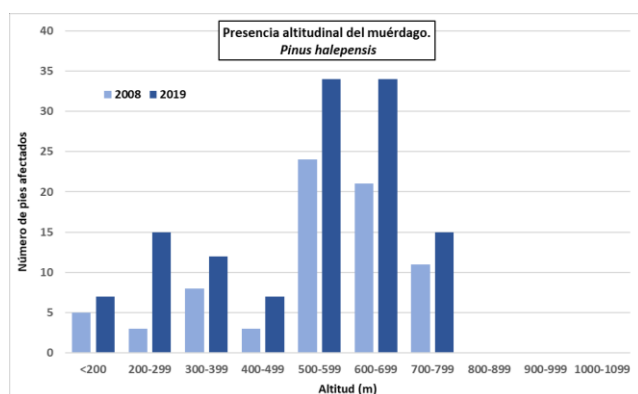
Parcela IFN3	Proporción de pies en la parcela			Proporción de pies afectados	
	Pino silvestre	Pino laricio	Otras especies	Pino silvestre	Pino laricio
0075	70,0	30,0	0,0	71,4	33,3
0204	84,0	16,0	0,0	4,8	0,0
0217	57,1	7,1	35,7	37,5	0,0
0220	23,5	70,6	5,9	0,0	8,3
0224	9,7	16,1	74,2	33,3	0,0
0249	61,1	11,1	27,8	18,2	0,0
0311	61,1	16,7	22,2	18,2	0,0

4.2.1. Afección por altitud.

El muérdago se localiza en masas situadas hasta los 1.038 m de altitud, con una mayor afección entre los 500 y los 800 m. En su expansión únicamente ha subido en el caso de los pinares de silvestre, ocupando la franja de 700 a 1.000 m, mientras que en el caso de los pinares de carrasco se localiza por debajo de los 800 m., sin que se haya expandido hacia zonas más altas.

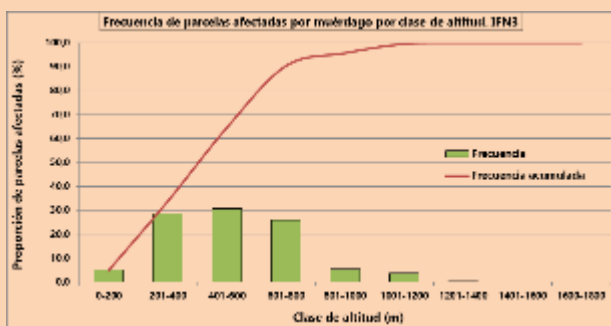
	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	Total
Altitud máxima (m)	730	1038	915	1038
Altitud mínima (m)	167	775	741	167
Altitud media (m)	516	847	798	580

Altitud (m)	Variación del número de pies con muérdago por rango altitudinal							
	<i>Pinus halepensis</i>		<i>Pinus nigra</i>		<i>Pinus sylvestris</i>		Total	
	2008	2019	2008	2019	2008	2019	2008	2019
<200	5	7					5	7
200-299	3	15					3	15
300-399	8	12					8	12
400-499	3	7					3	7
500-599	24	34					24	34
600-699	21	34					21	34
700-799	11	15		9	1	8	12	32
800-899				2	2	10	2	12
900-999				1		1	0	2
1000-1099				2			0	2
Total	75	124	0	13	3	19	78	157



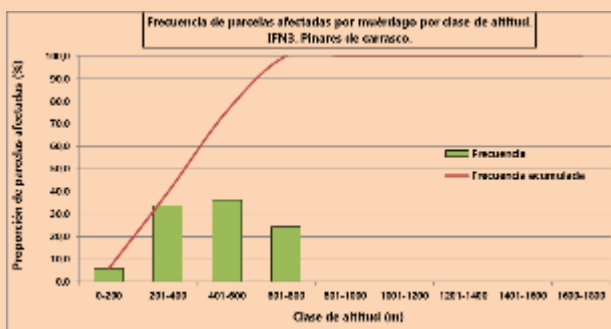
El Tercer Inventario Forestal Nacional ofrece un mejor muestreo altitudinal, si bien los datos de las parcelas aparecen clasificados, imposibilitando ofrecer un rango altitudinal preciso. Las parcelas afectadas por muérdago en el IFN3 se clasifican entre las clases 0-200 m y 1201-1400 m, con una gran mayoría de las parcelas afectadas por muérdago en 2005 (90,4%) localizadas por debajo de los 800 m y únicamente un 4,2% de las parcelas por encima de los 1.000 m.

Altitud (m)	Total de especies hospedantes		
	Número de parcelas	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
0-200	13	5,0	5,0
201-400	75	28,8	33,8
401-600	80	30,8	64,6
601-800	67	25,8	90,4
801-1000	14	5,4	95,8
1001-1200	10	3,8	99,6
1201-1400	1	0,4	100,0
1401-1600	0	0,0	100,0
1600-1800	0	0,0	100,0

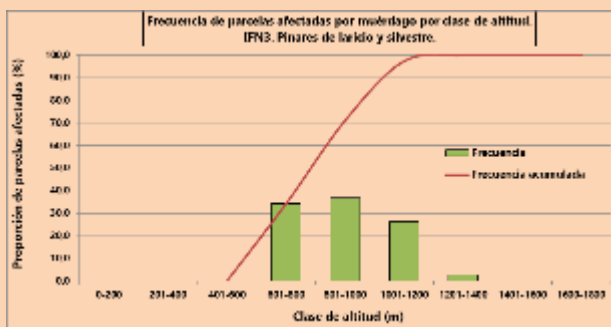


Este rango altitudinal total se divide en función de las especies hospedantes. Los pinares de carrasco afectados se sitúan por debajo de los 800 m, con la mayor parte de las parcelas afectadas situadas entre los 201 y los 600 m. Por su parte los pinares de silvestre y laricio se ven afectados a partir de los 601 m de altitud, con la gran mayoría de las parcelas afectadas situadas hasta los 1.200 m. La única franja de altitud que comparte especies hospedantes es la de 601 m a 800 m de altitud.

Altitud (m)	Pinares de carrasco		
	Número de parcelas	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
0-200	13	5,9	5,9
201-400	75	33,8	39,6
401-600	80	36,0	75,7
601-800	54	24,3	100,0
801-1000	0	0	100,0
1001-1200	0	0	100,0
1201-1400	0	-	-
1401-1600	0	-	-
1600-1800	0	-	-



Altitud (m)	Pinares de laricio y silvestre		
	Número de parcelas	Frecuencia (%)	Frecuencia acumulada (%)
0-200	0	0,0	-
201-400	0	0,0	-
401-600	0	0,0	-
601-800	13	34,2	34,2
801-1000	14	36,8	71,1
1001-1200	10	26,3	97,4
1201-1400	1	2,6	100,0
1401-1600	0	0,0	100,0
1600-1800	0	0,0	100,0



5. La afección del muérdago a nivel de árbol.

La afección del muérdago y el debilitamiento del árbol es gradual a lo largo del tiempo. En general se produce la infestación desde el ápice de las copas, y el muérdago va desplazándose a zonas más bajas del árbol y más externas de la copa. Los zorzales y otras aves dispersantes seleccionan positivamente los pies más altos que sobresalen del dosel, o bien árboles con la copa individualizada, de forma que son los pies más añosos o los de mayor tamaño los que suelen mostrar las mayores infestaciones. No es raro comprobar en árboles defoliados o quemados cómo la infestación se produce muchas veces por gravedad desde la zona apical hacia la inserción de ramas en el tronco en zonas más bajas, para en un segundo lugar ser trasladadas por aves a zonas periféricas de la copa. Así, lo habitual es que las matas de muérdago se sitúen con mayor profusión en el tercio superior y junto al tronco del árbol, que es donde aparecen las matas de más edad, disposición que ha sido comprobada por ejemplo en pino albar en Teruel (Sangüesa-Barreda, 2009) y Polonia (Kołodziejek & Kołodziejek, 2013), o en pino laricio en los Alpes (Vallauri, 1999).

Para clasificar el grado de afección a nivel de árbol se recurre a escalas semicuantitativas. A partir del año 2010 la REFMFA ofrece los datos de afección de muérdago a nivel de árbol mediante dos escalas diferentes: la evaluación del grado de infestación, y la estimación de la afección según la escala de Hawksworth, que es una de las más utilizadas.

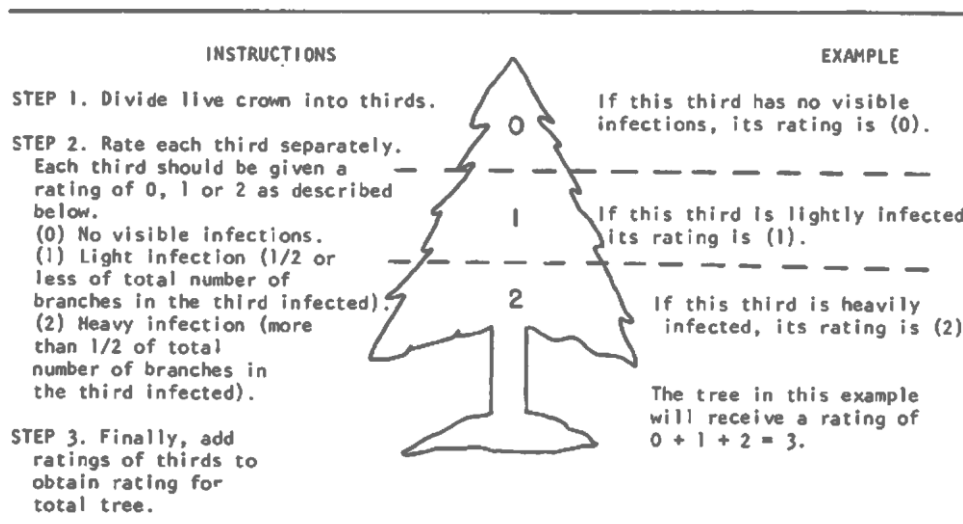
a) El Grado de infestación de muérdago en cada árbol, se califica según las siguientes categorías:

1. No hay presencia de muérdago.
2. Sólo se observa una mata de muérdago.
3. Más de una mata, pero la parte verde de acículas es más abundante que la de muérdago. Se ven más acículas que muérdago.
4. Más de una mata, pero la parte verde de las acículas es menor que la de muérdago. Se ve más muérdago que acículas.
5. Árbol muerto con abundante muérdago

b) El Grado de infestación de muérdago según la escala de Hawksworth requiere una evaluación dividiendo la altura total del árbol en tercios (Hawksworth, 1977), evaluando la afección en cada uno de ellos mediante la siguiente escala:

0. Ausencia; 1. Ligera infección, la mitad o menos de las ramas infestadas; 2. Fuerte infección, más de la mitad de las ramas infestadas.

El Grado de infestación de muérdago de Hawksworth a nivel de árbol se obtiene como la suma de los valores de cada uno de los tercios, calificándose según la siguiente escala: 0-2: Bajo; 3-4: Moderado; 5-6: Severo.



Tomado de Hawksworth, 1977

Esta clasificación, ampliamente utilizada, presenta algunos problemas en el caso de pies de porte aparasolado, como el pino carrasco de edad media o avanzada, que aún en el caso de afecciones muy altas es muy improbable que pase de una valoración de 4 sobre 6, por lo que proporciona mejor representatividad en el caso de los pinos albar y negral.

Entre 2007 y 2019 se han detectado en los puntos de evaluación de la REFMFA un total de 190 pies afectados por muérdago, cuyos datos se ofrecen en el anexo 1. De ellos 154 pies son pinos carrascos, 21 pinos silvestres y 15 pinos laricios.

De estos 190 pies, en el período estudiado han muerto un total de 33 pies, que se estudian en epígrafe aparte.

De todos los pies se dispone desde 2007 del valor de la defoliación media anual, y desde 2010 además del grado de infestación y el índice de Hawksworth.

Dada la desproporción entre las muestras de los pies que continúan vivos de las tres especies se manejan los datos en conjunto, contemplando por separado:

- i) los datos anuales del total de pies vivos afectados. Se incluyen en el análisis los datos de todos los pies afectados por muérdago y que continúan vivos en la evaluación de 2019.

Número de pies analizados	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	Total
Vivos, total	125	18	14	157

- ii) los datos anuales de los pies vivos en 2019 y que muestran muérdago al menos desde 2010, con lo que se poseen datos de infestación de los 9 años evaluados en la última década. Con este conjunto se intenta representar cuál ha sido la evolución de la infestación en los árboles.

Número de pies analizados	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	Total
Vivos, afectados antes de 2010	71	6	0	77

- iii) los datos cronológicos en los árboles en que se han detectado la afección de muérdago a partir de 2011, con lo que se intenta caracterizar cuál es la evolución del muérdago los años posteriores a su establecimiento (o al menos a su detección).

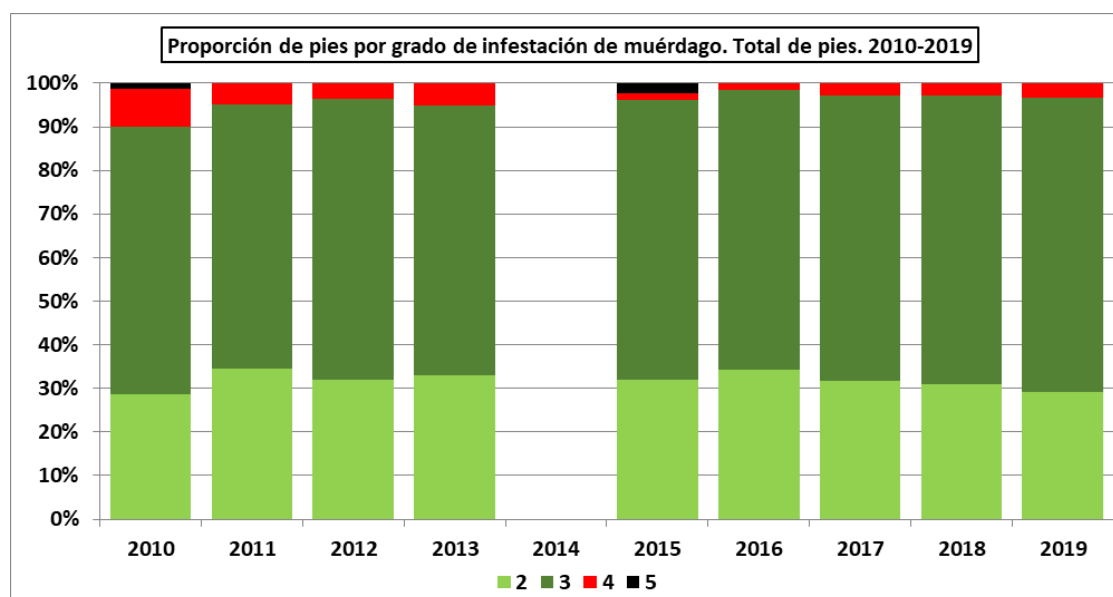
Número de pies analizados	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	Total
Vivos, afectados a partir de 2011	54	12	14	80

5.1. Total de pies vivos afectados.

En lo que se refiere al grado de infestación la mayoría de los pies se engloban en la clase 3 (árboles con más de una mata de muérdago, pero en los que la parte verde de acículas es más abundante que la de muérdago), entre el 61,3 % en 2010 y el 67,7% en 2019. Este incremento se ha producido a costa de la disminución de la proporción de los pies con mayores grados de infestación, que ha pasado del 10,0% en 2010 al 3,2% en 2019.

Grado de Infestación	Número de pies afectados (total de pies)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2	23	35	36	39		41	46	43	45	45
3	49	61	73	73		82	86	89	97	105
4	7	5	4	6		2	2	4	4	5
5	1	0	0	0		3	0	0	0	0

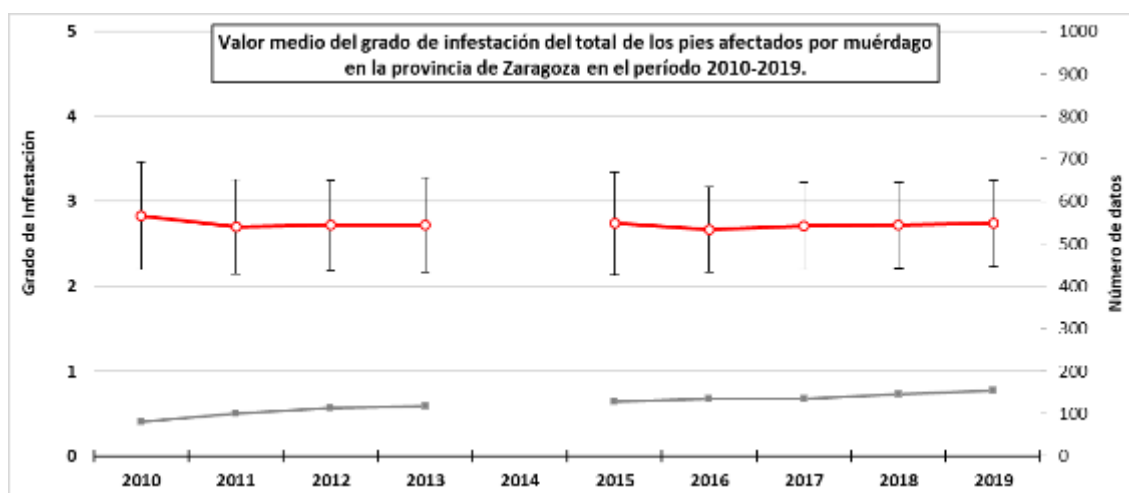
Grado de Infestación	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	28,8	34,7	31,9	33,1		32,0	34,3	31,6	30,8	29,0
4	61,3	60,4	64,6	61,9		64,1	64,2	65,4	66,4	67,7
5	8,8	5,0	3,5	5,1		1,6	1,5	2,9	2,7	3,2



Esta evolución hace que el valor medio del grado de infestación se mantenga constante a lo largo del tiempo, alrededor de un valor de 2,7, con desviación típica¹² que viene disminuyendo, desde 0,63 en 2010 a 0,51 en 2019, mostrando esta mayor agrupación de pies en la clase central del grado de infestación.

Grado de Infestación	Número de pies afectados									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	80	101	113	118		128	134	136	146	155
Media	2,825	2,703	2,717	2,720		2,742	2,672	2,713	2,719	2,742
Desviación típica	0,632	0,558	0,526	0,553		0,605	0,502	0,515	0,508	0,508

¹² En todos los gráficos de valores medios se muestra la desviación típica como barras de error del dato correspondiente (salvo indicación en contrario) y se incluye además gráfico con en el número de datos considerado.



La evaluación mediante la escala de Hawksworth permite una mejor caracterización de la evolución de las afecciones y muestra mejor y en mayor grado el empeoramiento de los pies: en 2010 dos tercios de los pies mostraban una afección baja, en tanto que en 2019 esa proporción se ha reducido al 54%. Los pies con afecciones severas han pasado de representar el 4% en 2010 al 10% en 2019.

Índice de Hawksworth	Número de pies afectados (total de pies)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	32	43	43	47		48	55	55	58	58
2	20	22	28	24		24	18	16	18	26
3	13	16	18	18		20	20	21	24	24
4	12	16	19	22		28	30	29	31	31
5	2	4	5	6		7	9	12	13	13
6	1	0	0	1		1	1	3	3	3

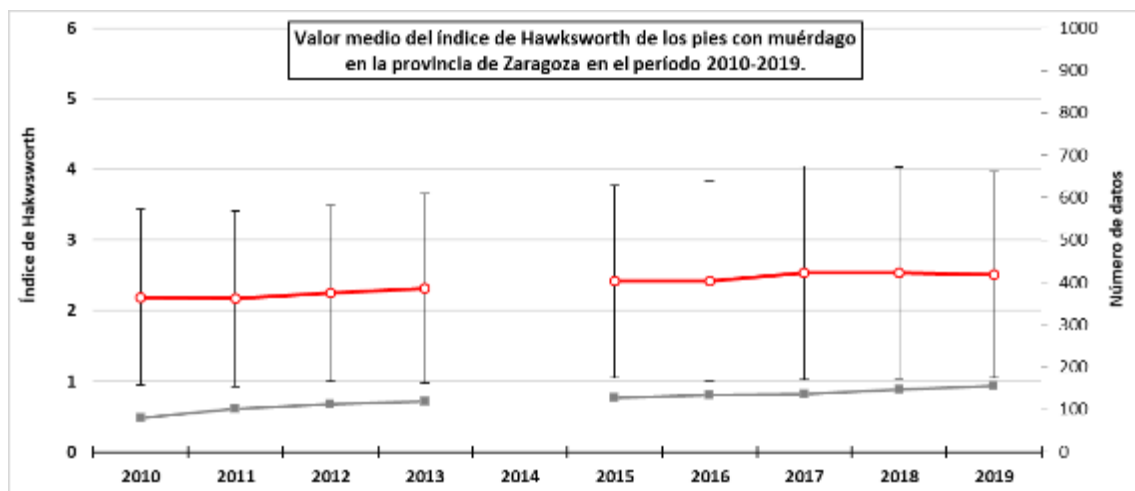
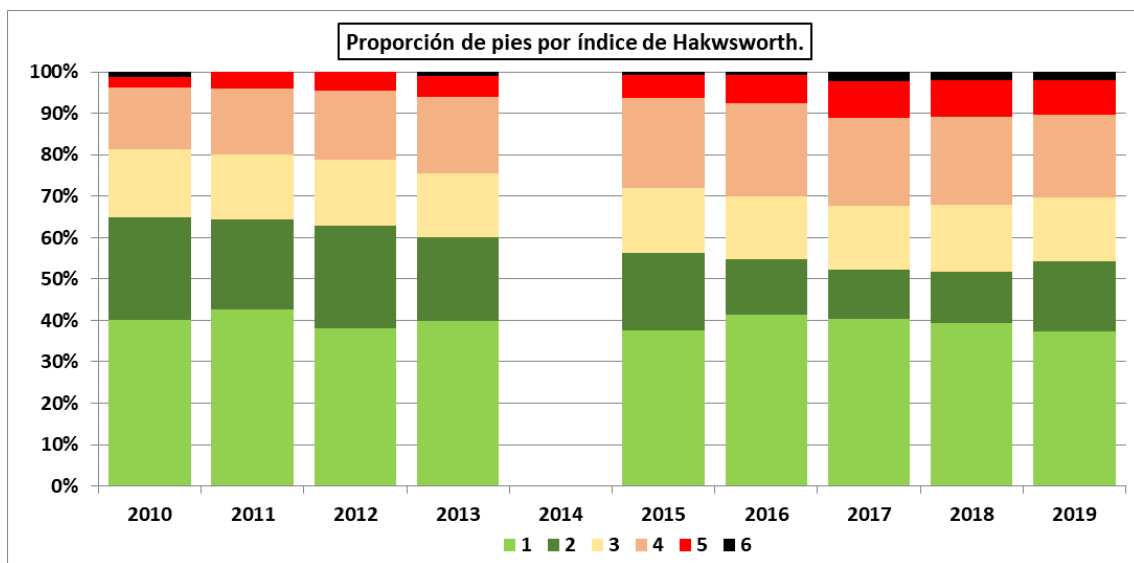
Índice de Hawksworth	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	40,0	42,6	38,1	39,8		37,5	41,4	40,4	39,5	37,4
2	25,0	21,8	24,8	20,3		18,8	13,5	11,8	12,2	16,8
3	16,3	15,8	15,9	15,3		15,6	15,0	15,4	16,3	15,5
4	15,0	15,8	16,8	18,6		21,9	22,6	21,3	21,1	20,0
5	2,5	4,0	4,4	5,1		5,5	6,8	8,8	8,8	8,4
6	1,3	0,0	0,0	0,8		0,8	0,8	2,2	2,0	1,9

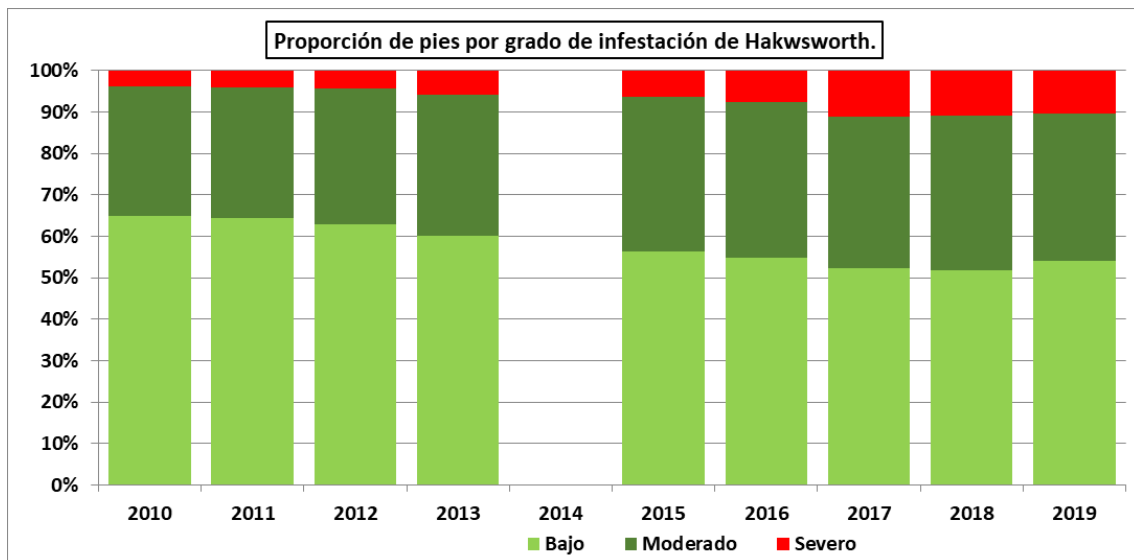
El valor medio del índice de Hawksworth se ha elevado de 2,2 a 2,5, si bien la variable muestra una alta dispersión.

Índice de Hawksworth	Número de pies afectados (total de pies)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	80	101	113	118		128	133	136	147	155
Media	2,188	2,168	2,248	2,314		2,414	2,421	2,529	2,537	2,510
Desviación típica	1,246	1,243	1,245	1,338		1,361	1,421	1,509	1,495	1,461

Grado de infestación de Hawksworth	Número de pies afectados (total de pies)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bajo	52	65	71	71		72	73	71	76	84
Moderado	25	32	37	40		48	50	50	55	55
Severo	3	4	5	7		8	10	15	16	16

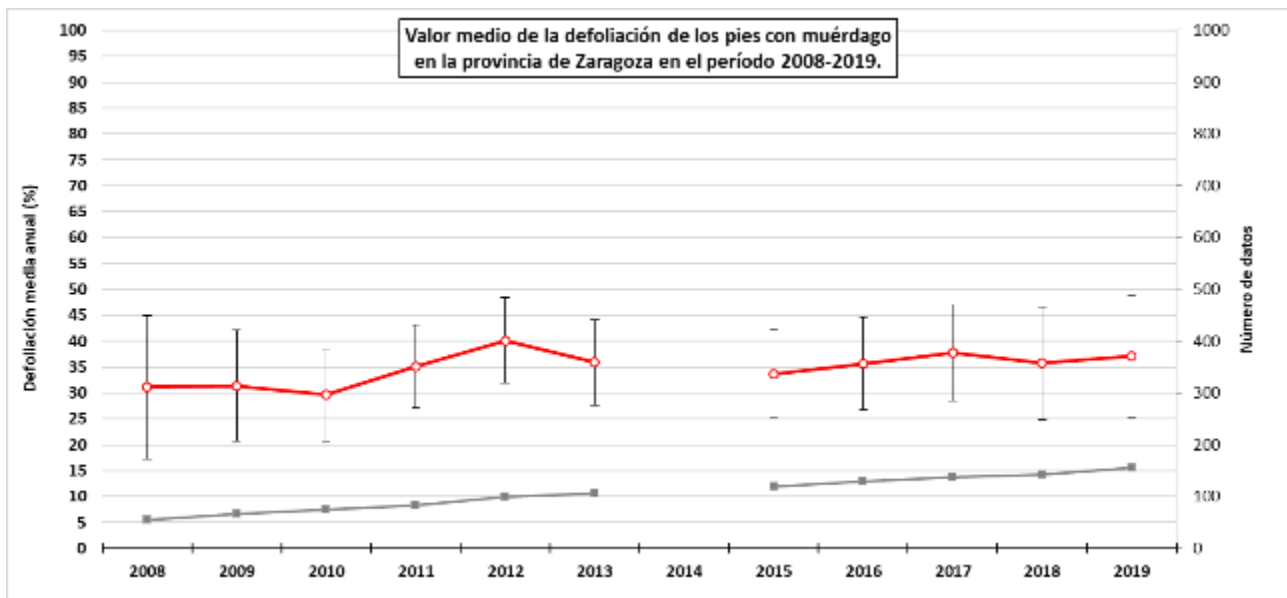
Grado de infestación de Hawksworth	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bajo	65,0	64,4	62,8	60,2		56,3	54,9	52,2	51,7	54,2
Moderado	31,3	31,7	32,7	33,9		37,5	37,6	36,8	37,4	35,5
Severo	3,8	4,0	4,4	5,9		6,3	7,5	11,0	10,9	10,3





La defoliación media anual del conjunto de pies vivos afectados se ha mantenido relativamente constante en valores en el entorno del 35%, con un repunte en el año 2012, y otro mucho menor en 2017, años de fuerte sequía.

Defoliación media anual	Pies afectados (total de pies vivos)											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	55	66	75	83	99	106		119	130	137	143	155
Media	31,1	31,4	29,6	35,1	40,2	35,9		33,7	35,7	37,8	35,7	37,0
Desviación típica	13,8	10,7	9,0	8,1	8,2	8,3		8,6	8,9	9,4	10,9	11,8

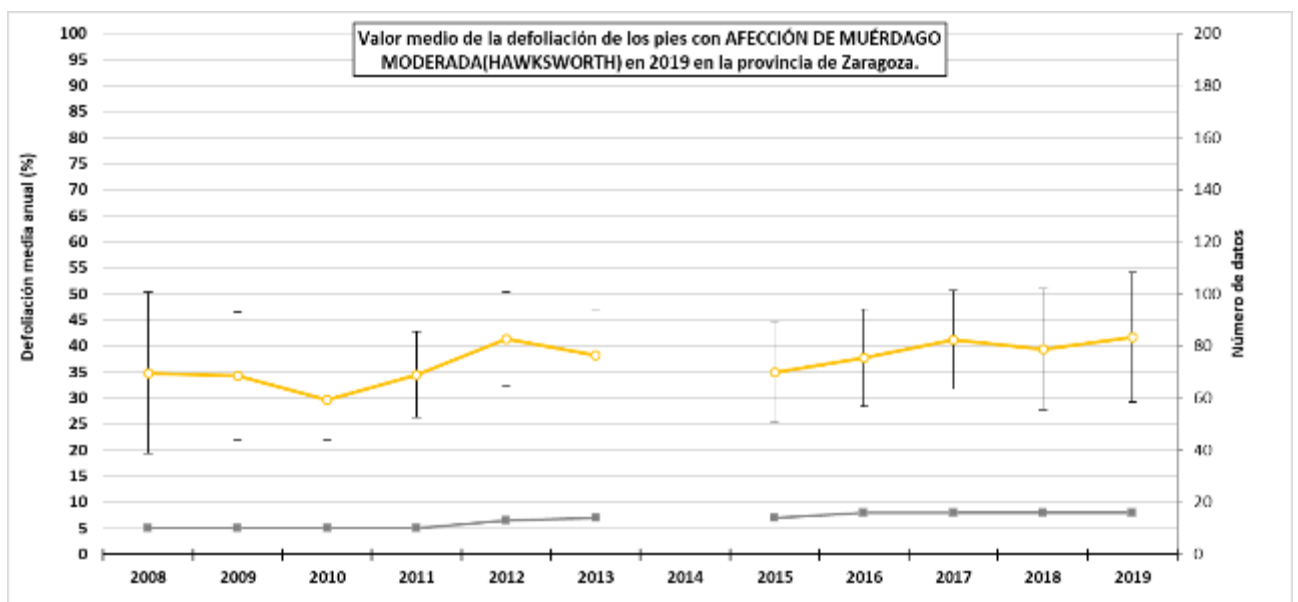
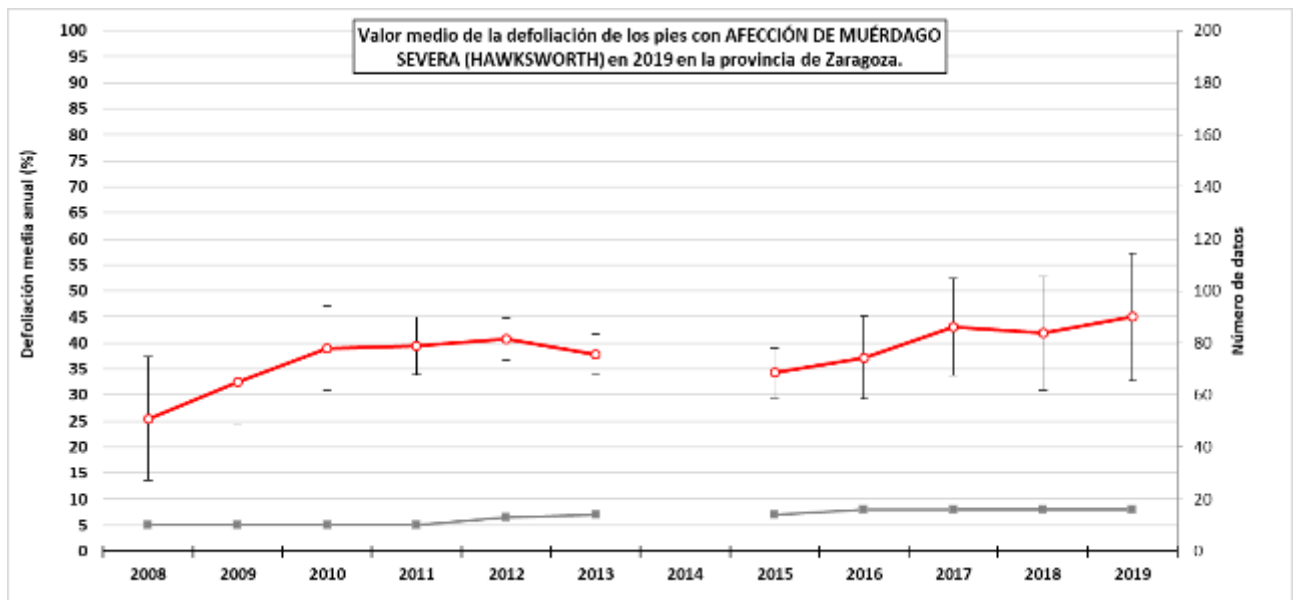


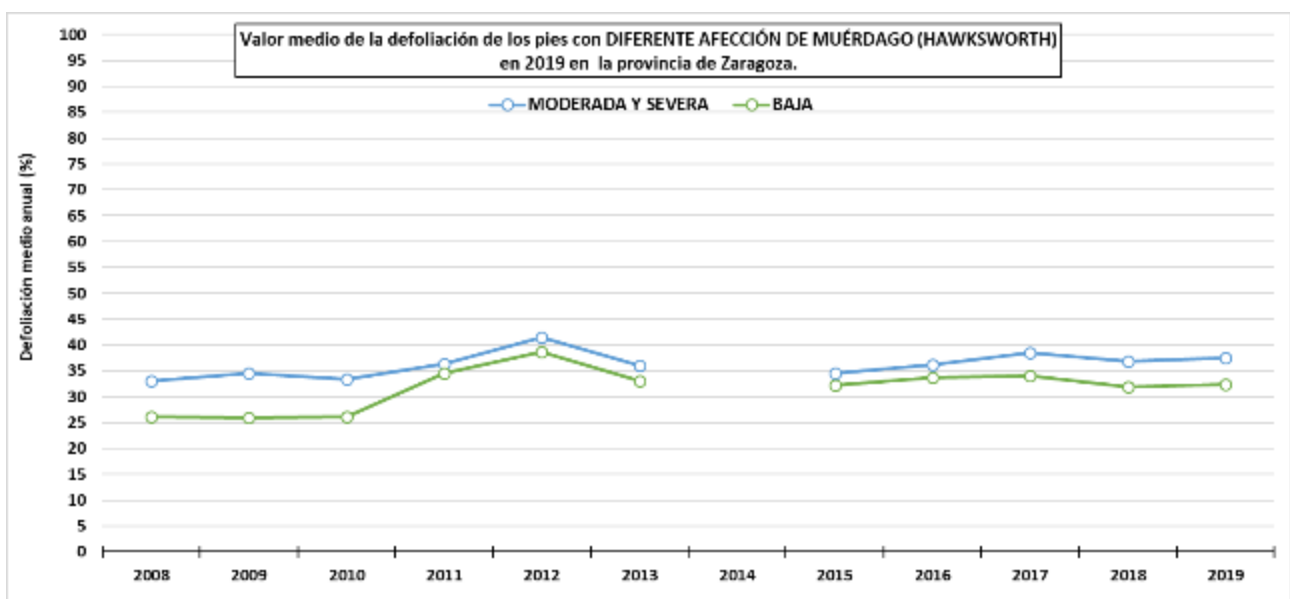
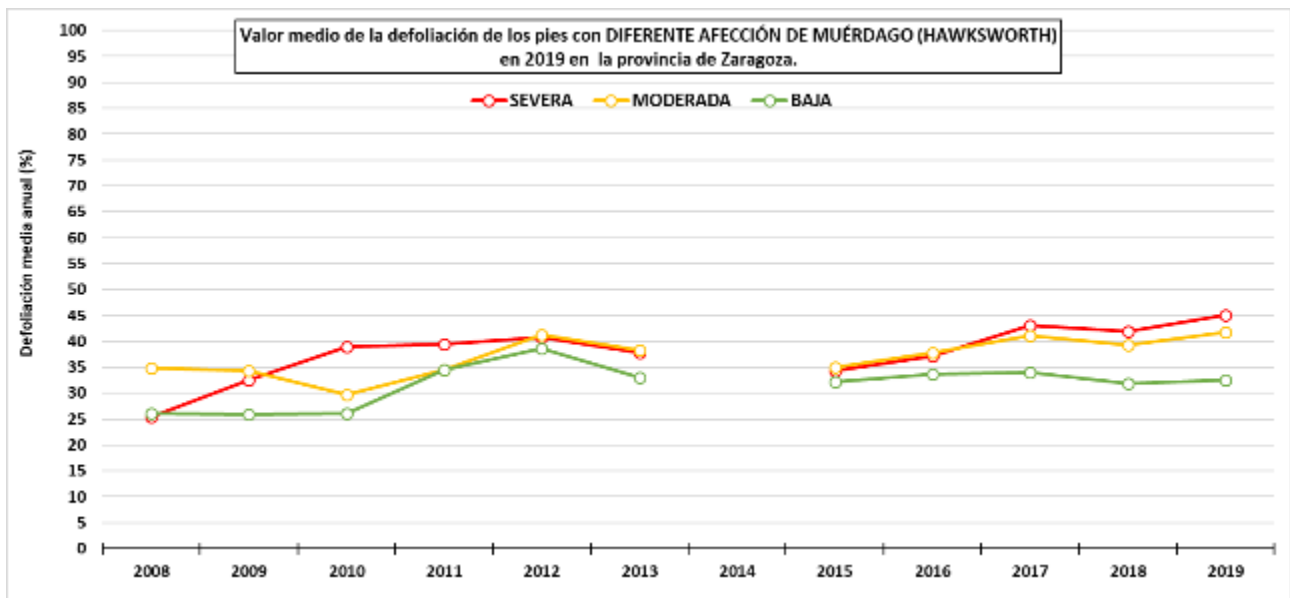
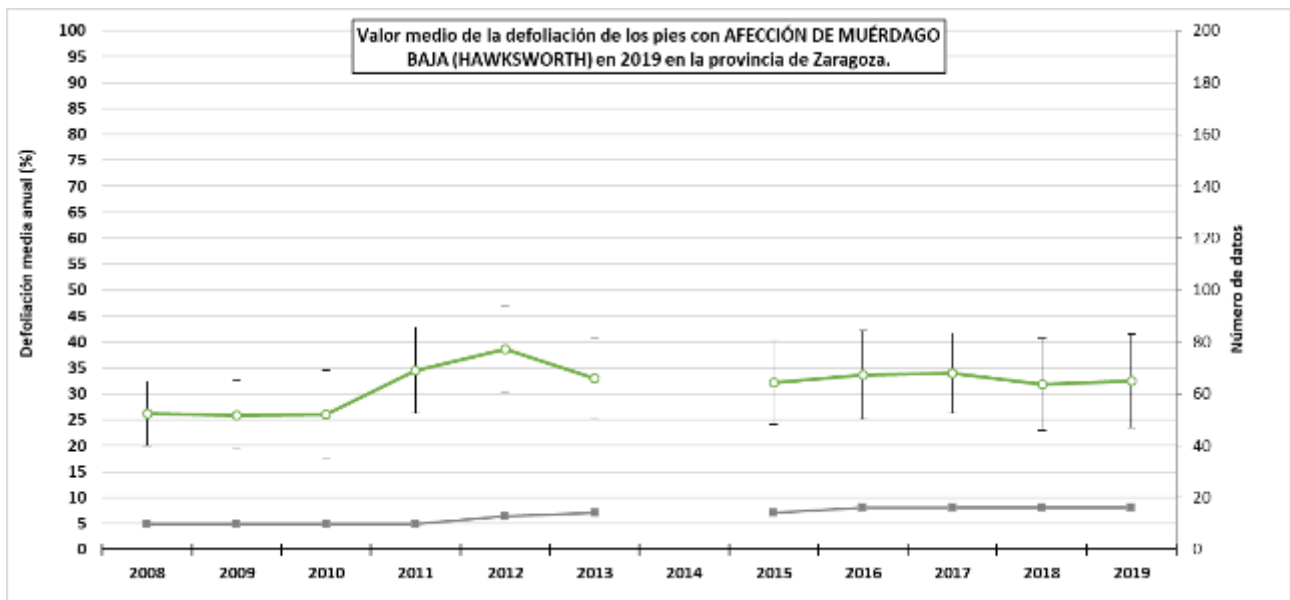
Sin embargo existen diferencias en el vigor de los pies según su grado de afección: si separan los pies por su grado de afección en 2019, se ve que la defoliación media ha aumentado más en los pies con afecciones severas y moderadas (Hawksworth), que presentan en los últimos años defoliaciones del 40%-45%, que en los pies con afecciones bajas, con defoliación en el entorno del 30%-35%.

Defoliación media anual	Número de pies afectados con afección severa (5-6 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	10	10	10	10	13	14		14	16	16	16	16
Media	25,5	32,5	39,0	39,5	40,8	37,9		34,3	37,2	43,1	41,9	45,0
Desviación típica	11,9	7,9	8,1	5,5	4,0	3,8		4,7	8,0	9,3	10,9	12,2

Defoliación media anual	Número de pies afectados con afección moderada (3-4 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	32	35	37	40	46	46		51	51	52	53	55
Media	34,8	34,3	29,7	34,5	41,3	38,3		35,0	37,7	41,2	39,3	41,7
Desviación típica	15,5	12,3	7,8	8,2	9,0	8,8		9,7	9,3	9,5	11,6	12,4

Defoliación media anual	Número de pies afectados con afección baja (1-2 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	13	21	28	33	40	46		54	63	69	74	84
Media	26,2	26,0	26,1	34,5	38,6	33,0		32,2	33,7	34,0	31,8	32,4
Desviación típica	6,2	6,6	8,4	8,3	8,2	7,9		8,0	8,5	7,7	8,8	9,0





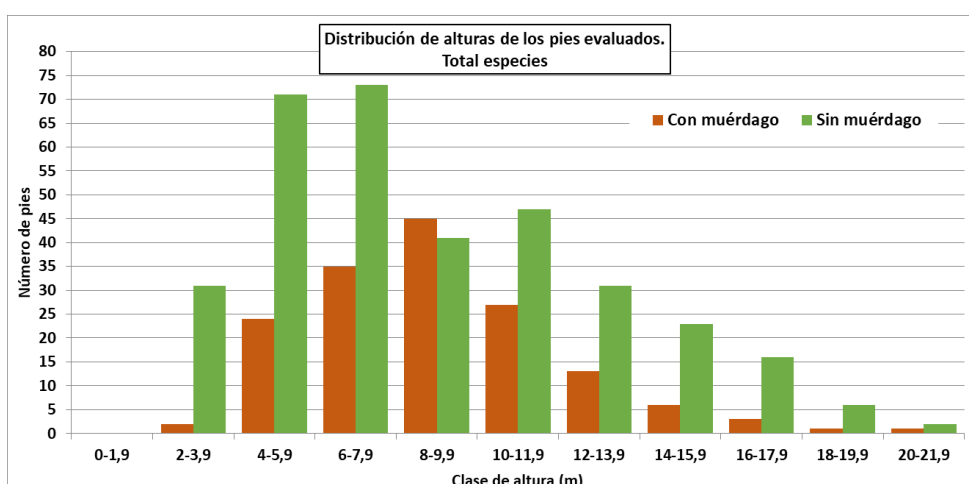
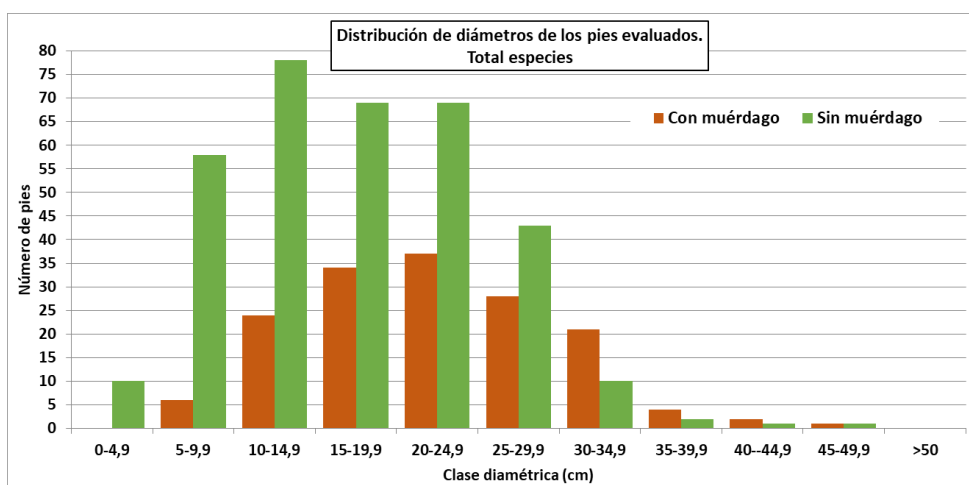
5.1.1. Afección del muérdago en función del tamaño de los pies.

A partir de los datos dendrométricos de 2019 ofrecidos por la REFMFA se pueden estudiar los valores de diámetro normal y altura total de todos los pies afectados por el muérdago, confrontándolos con los pies de igual especie no afectados evaluados en los mismos puntos de evaluación.

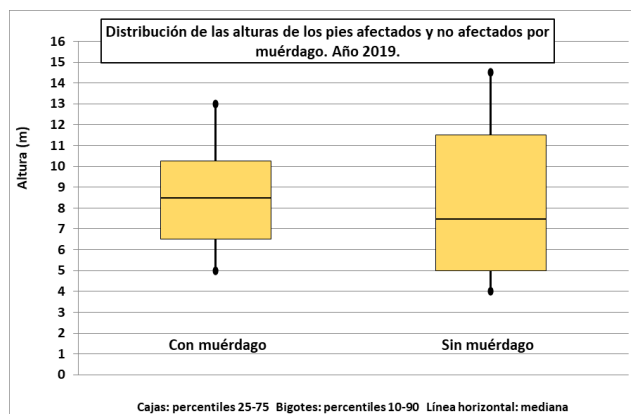
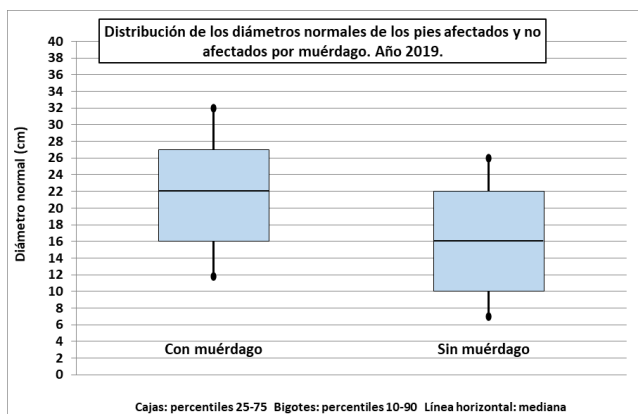
Para el **total de especies estudiadas** el diámetro normal medio de los pies afectados es de 21,9 cm en contraste con el diámetro normal de los pies no afectados, de 16,5 cm. En el caso de las alturas, la altura total media de los pies afectados se sitúa en 8,7 m, en tanto que la de los no afectados es de 8,6 m. A pesar de este último resultado las distribuciones de ambos parámetros muestran que los pies afectados tienen más tamaño que los no afectados.

Clase diamétrica (cm)	Con muérdago	Sin muérdago
0-4,9	0	10
5-9,9	6	58
10-14,9	24	78
15-19,9	34	69
20-24,9	37	69
25-29,9	28	43
30-34,9	21	10
35-39,9	4	2
40--44,9	2	1
45-49,9	1	1
>50	0	0

Clase de altura (m)	Con muérdago	Sin muérdago
0-1,9	0	0
2-3,9	2	31
4-5,9	24	71
6-7,9	35	73
8-9,9	45	41
10-11,9	27	47
12-13,9	13	31
14-15,9	6	23
16-17,9	3	16
18-19,9	1	6
20-21,9	1	2

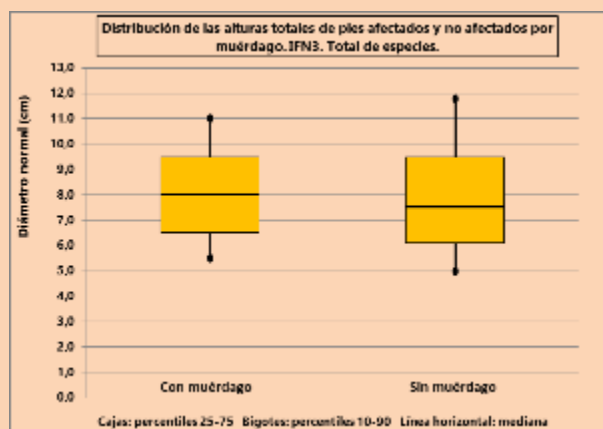
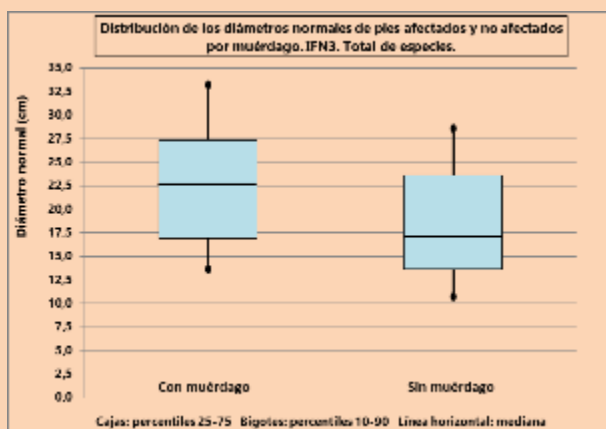


	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	157	341	157	341
MÍNIMO	5,0	2,0	3,0	2,0
Percentil 10	11,8	7,0	5,0	4,0
Percentil 25	16,0	10,0	6,5	5,0
MEDIA	21,9	16,5	8,7	8,6
DESVIACIÓN TIPICA	7,9	7,6	3,1	4,2
MEDIANA	22,0	16,0	8,5	7,5
Percentil 75	27,0	22,0	10,3	11,5
Percentil 90	32,0	26,0	13,0	14,5
MÁXIMO	46,0	46,0	21,0	21,0



Igual resultado se obtiene analizando los pies mayores (diámetro mínimo de 7,5 cm) afectados y no afectados por muérdago en el conjunto de parcelas en las que aparece muérdago en el Tercer Inventario Forestal Nacional (2004-2005). En este caso, para el total de especies el diámetro medio de los pies afectados es de 22,9 cm, frente a un diámetro medio de los pies no afectados de 18,9 cm. Las alturas medias son similares, de 8,1 m en el caso de los pies afectados y 8,0 m. en de los pies no afectados.

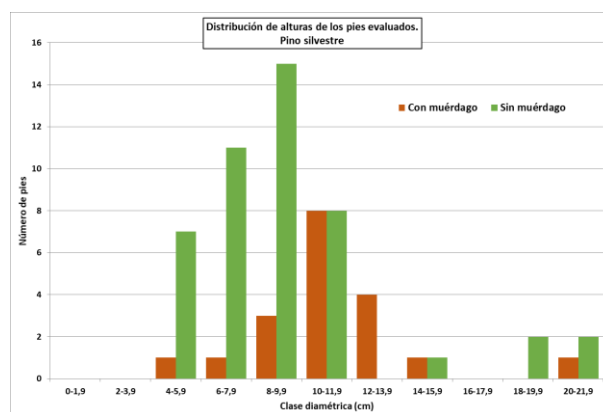
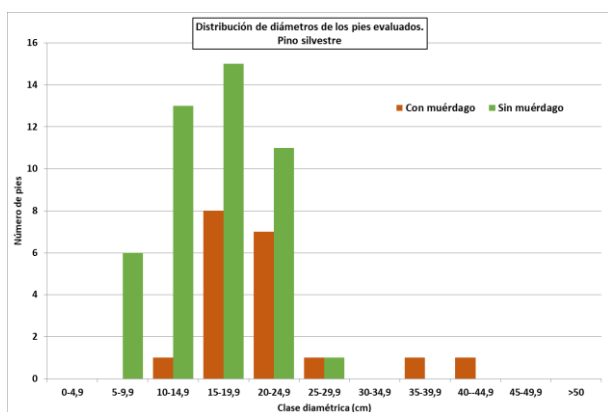
	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	1.073	1.587	1.031	1.587
MÍNIMO	7,50	7,50	3,00	1,70
Percentil 10	13,55	10,70	5,50	5,00
Percentil 25	16,90	13,65	6,50	6,10
MEDIA	22,94	18,94	8,14	8,03
DESVIACIÓN TIPICA	7,92	7,52	2,29	2,60
MEDIANA	22,70	17,10	8,00	7,50
Percentil 75	27,35	23,63	9,50	9,50
Percentil 90	33,23	28,55	11,00	11,80
MÁXIMO	53,55	62,40	17,50	17,00



En el caso del **pino albar (*Pinus sylvestris*)** el diámetro normal medio de los pies afectados es de 21,9 cm en contraste con el diámetro normal de los pies no afectados, de 15,5 cm. En el caso de las alturas, la altura total media de los pies afectados se sitúa en 11,1 m, en tanto que la de los no afectados es de 9,2 m. Las distribuciones de ambos parámetros muestran que los pies afectados tienen más tamaño que los no afectados.

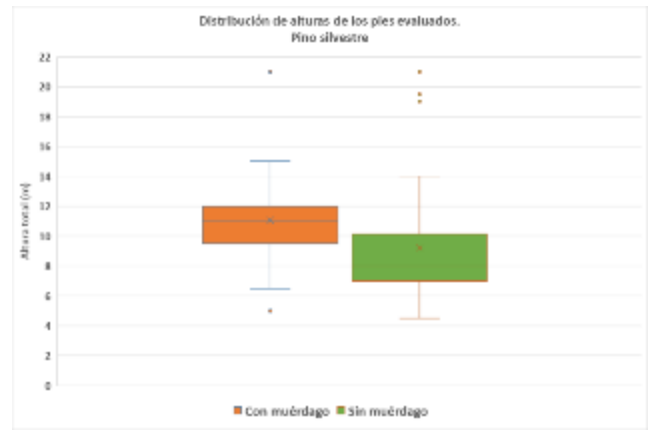
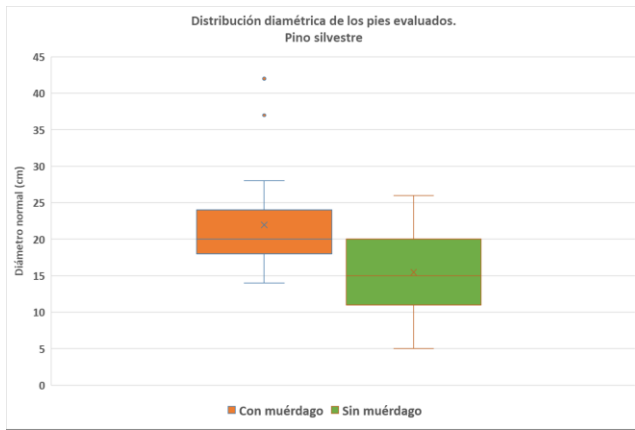
Clase diamétrica (cm)	Con muérdago	Sin muérdago
0-4,9	0	0
5-9,9	0	6
10-14,9	1	13
15-19,9	8	15
20-24,9	7	11
25-29,9	1	1
30-34,9	0	0
35-39,9	1	0
40--44,9	1	0
45-49,9	0	0
>50	0	0

Clase de altura (m)	Con muérdago	Sin muérdago
0-1,9	0	0
2-3,9	0	0
4-5,9	1	7
6-7,9	1	11
8-9,9	3	15
10-11,9	8	8
12-13,9	4	0
14-15,9	1	1
16-17,9	0	0
18-19,9	0	2
20-21,9	1	2



Todos los estadísticos muestran que el muérdago afecta a los pies de mayor tamaño de la masa, si bien la diferencia es más destacada en el caso del diámetro que en el de la altura, poniendo de manifiesto seguramente una mayor afección en los pies de mayor tamaño de copa, con más probabilidad de ser visitados por dispersores.

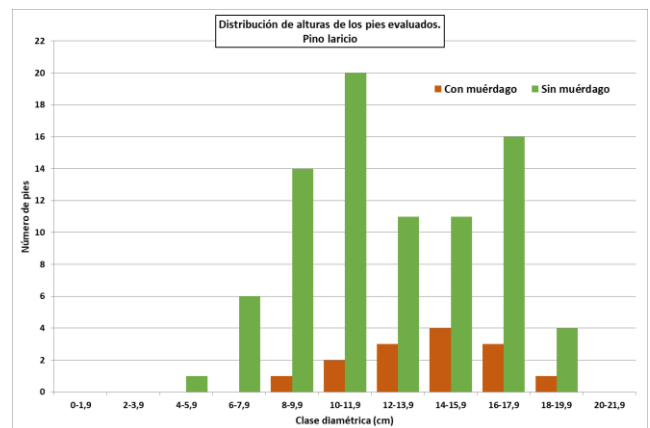
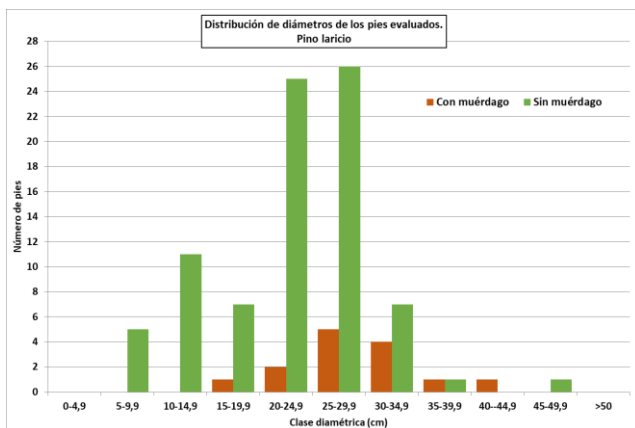
	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	19	46	19	46
MÍNIMO	14,0	5,0	5,0	4,5
Percentil 10	16,0	7,0	6,5	5,4
Percentil 25	18,0	11,0	9,5	7,0
MEDIA	21,9	15,5	11,1	9,2
DESVIACIÓN TÍPICA	7,0	5,4	3,3	4,0
MEDIANA	20,0	15,0	11,0	8,0
Percentil 75	24,0	20,0	12,0	10,1
Percentil 90	37,0	24,0	15,0	15,5
MÁXIMO	42,0	26,0	21,0	21,0



En el caso del **pino negro o laricio (*Pinus nigra*)** se repite el patrón visto para el silvestre en lo que respecta a la diferente afección por tamaños: los pies afectados presentan un diámetro medio de 28,6 cm y una altura media de 13,9 m, frente a un diámetro medio de 21,9 cm y una altura media de 12,4 m los pies no afectados.

Clase diamétrica (cm)	Con muérdago	Sin muérdago
0-4,9	0	0
5-9,9	0	5
10-14,9	0	11
15-19,9	1	7
20-24,9	2	25
25-29,9	5	26
30-34,9	4	7
35-39,9	1	1
40--44,9	1	0
45-49,9	0	1
>50	0	0

Clase de altura (m)	Con muérdago	Sin muérdago
0-1,9	0	0
2-3,9	0	0
4-5,9	0	1
6-7,9	0	6
8-9,9	1	14
10-11,9	2	20
12-13,9	3	11
14-15,9	4	11
16-17,9	3	16
18-19,9	1	4
20-21,9	0	0



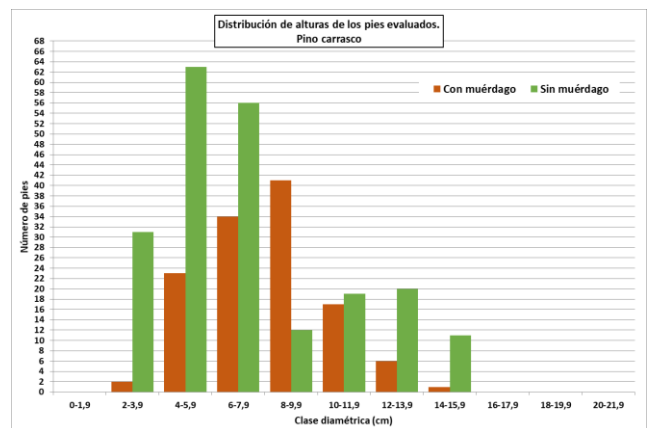
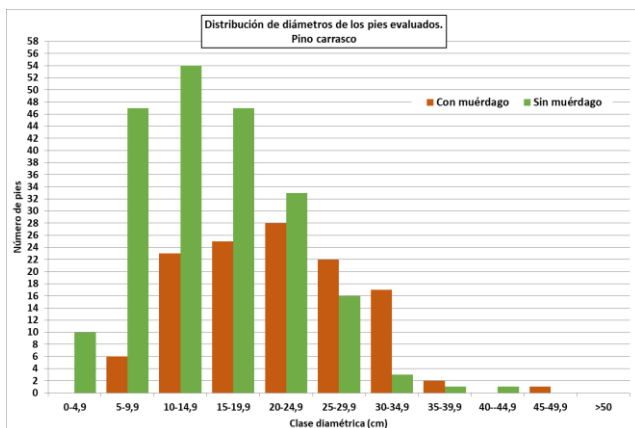
	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	14	83	14	83
MÍNIMO	16,0	6,0	9,5	5,0
Percentil 10	18,0	10,0	9,8	8,0
Percentil 25	24,5	17,0	11,9	9,5
MEDIA	28,6	21,9	13,9	12,4
DESVIACIÓN TÍPICA	6,8	7,4	2,7	3,5
MEDIANA	28,5	23,0	14,0	12,0
Percentil 75	31,8	27,0	16,1	15,5
Percentil 90	40,0	30,0	18,3	17,0
MÁXIMO	42,0	46,0	19,0	19,5



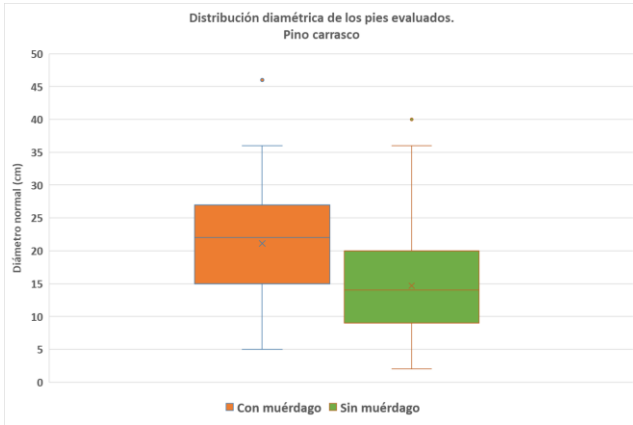
Por su parte el **pino carrasco (*Pinus halepensis*)** muestra también una patente diferencia en cuanto al diámetro medio de los pies afectados, 21,1 cm, frente al de los no afectados, de 14,7 cm. Sin embargo en la altura los valores medios de ambos grupos son más similares que en el caso de las otras especies.

Clase diamétrica (cm)	Con muérdago	Sin muérdago
0-4,9	0	10
5-9,9	6	47
10-14,9	23	54
15-19,9	25	47
20-24,9	28	33
25-29,9	22	16
30-34,9	17	3
35-39,9	2	1
40-44,9	0	1
45-49,9	1	0
>50	0	0

Clase de altura (m)	Con muérdago	Sin muérdago
0-1,9	0	0
2-3,9	2	31
4-5,9	23	63
6-7,9	34	56
8-9,9	41	12
10-11,9	17	19
12-13,9	6	20
14-15,9	1	11
16-17,9	0	0
18-19,9	0	0
20-21,9	0	0

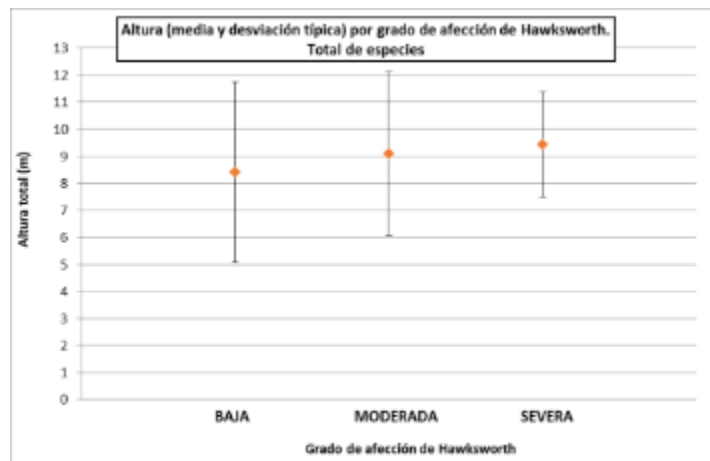
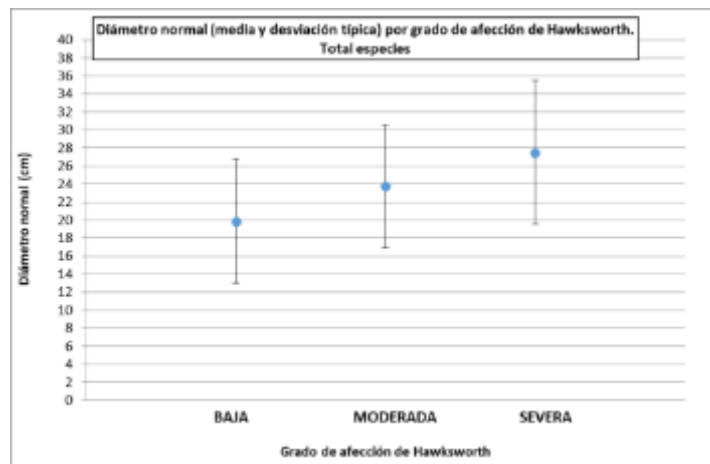


	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	124	212	124	212
MÍNIMO	5,0	2,0	3,0	2,0
Percentil 10	11,0	6,0	5,0	3,5
Percentil 25	15,0	9,0	6,0	4,5
MEDIA	21,1	14,7	7,8	7,0
DESVIACIÓN TÍPICA	7,8	7,2	2,3	3,4
MEDIANA	22,0	14,0	8,0	6,0
Percentil 75	27,0	20,0	9,5	8,9
Percentil 90	31,0	24,7	11,0	13,0
MÁXIMO	46,0	40,0	14,0	15,5



Además de constatar que la aparición de muérdago depende del tamaño, también se constata que el grado de infestación también está relacionado con el tamaño. Así, para el total de las especies, los árboles con afección baja (Hawksworth) tienen un diámetro medio de 19,9 cm y una altura media de 8,4 m, frente al diámetro medio de 27,5 cm y altura media de 9,4 m de los pies con afecciones severas.

Grado de afección de Hawksworth	N	Diámetro normal (cm)		Altura total (m)	
		Media	Desv Típica	Media	Desv Típica
Baja	84	19,9	7,5	8,4	3,3
Moderada	55	23,8	7,1	9,1	3,0
Severa	16	27,5	8,0	9,4	1,9

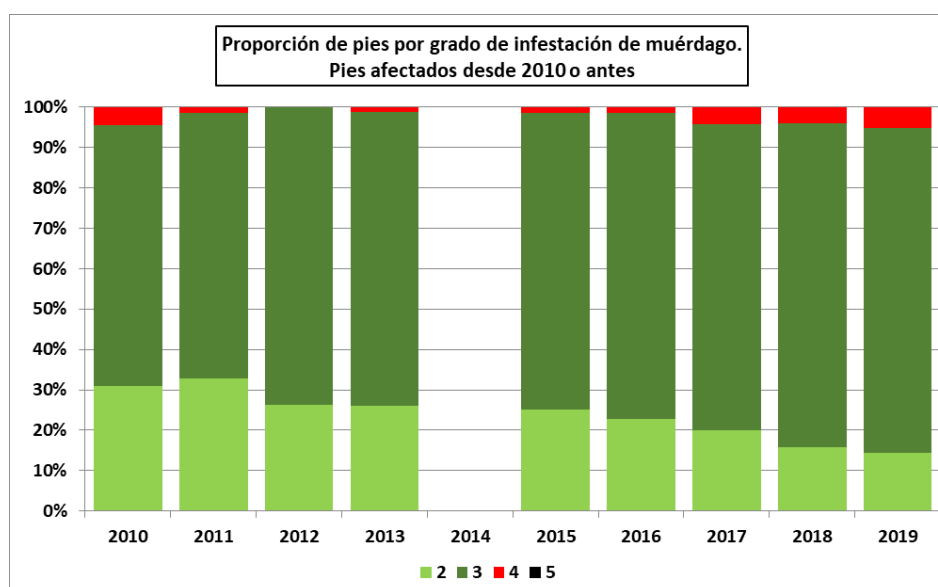


5.2. Pies afectados al menos desde 2010.

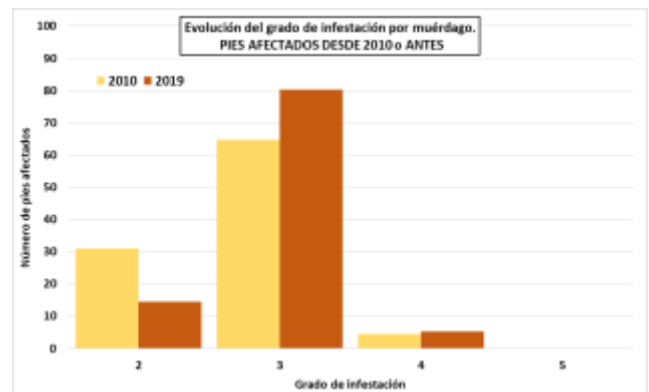
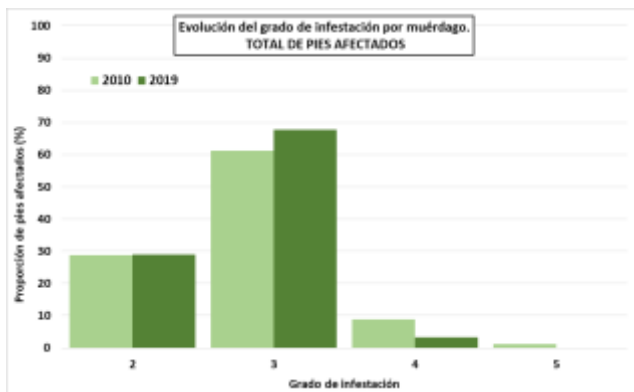
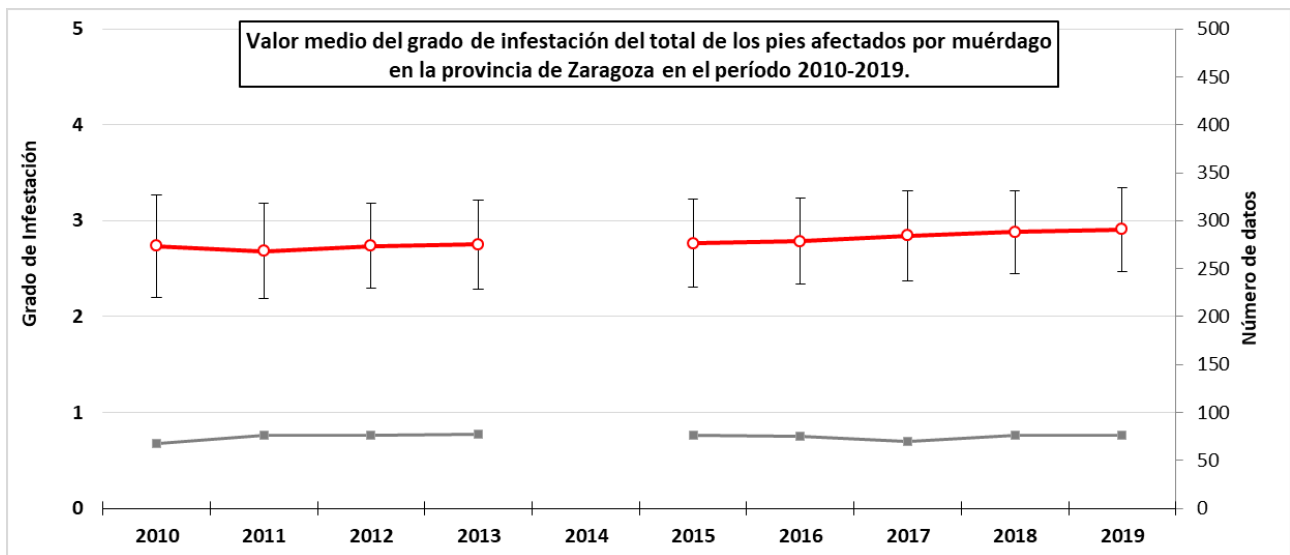
Parte del comportamiento visto para el total de pies se debe a la incorporación de nuevos pies afectados, generalmente con valores bajos del grado de infestación, y la desaparición de los pies que van muriendo (que no siempre presentan altos grados de infestación). Para desechar estos factores y comprobar cómo varía la afección en los pies, se ha estudiado por separado la evolución de los 77 pies que muestran afección desde 2010 o antes y siguen vivos en 2019, y que muestra un mayor agravamiento que en el caso del conjunto total, de forma que los pies van incrementando su afección de forma bastante constante: entre 2010 y 2019 los pies con baja afección han disminuido del 30,9% al 14,5%, comprobándose que efectivamente se produce un agravamiento de los pies afectados con el tiempo.

Grado de Infestación	Número de pies afectados con muérdago desde 2010 o antes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2	21	25	20	20		19	17	14	12	11
3	44	50	56	56		56	57	53	61	61
4	3	1	0	1		1	1	3	3	4
5	0	0	0	0		0	0	0	0	0

Grado de Infestación	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2	30,9	32,9	26,3	26,0		25,0	22,7	20,0	15,8	14,5
3	64,7	65,8	73,7	72,7		73,7	76,0	75,7	80,3	80,3
4	4,4	1,3	0,0	1,3		1,3	1,3	4,3	3,9	5,3
5	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Grado de Infestación	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	68	76	76	77		76	75	70	76	76
Media	2,735	2,684	2,737	2,753		2,763	2,787	2,843	2,882	2,908
Desviación típica	0,536	0,496	0,443	0,463		0,458	0,444	0,470	0,431	0,437



El mayor agravamiento de la afección en los pies que muestran afección desde 2010 o antes y siguen vivos en 2019 frente al del conjunto total se muestra mejor nuevamente con el índice de Hawksworth, de forma que entre 2010 y 2019 los pies con baja afección han disminuido del 72% al 33%, en tanto que los pies con afección severa han aumentado del 3% al 12%.

Índice de Hawksworth	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	31	32	25	26		21	20	16	16	16
2	18	18	23	20		17	12	9	9	11
3	9	12	14	14		16	16	15	17	14
4	8	11	11	13		17	22	22	25	25
5	2	3	3	4		5	5	7	8	9
6	0	0	0	0		0	0	1	1	1

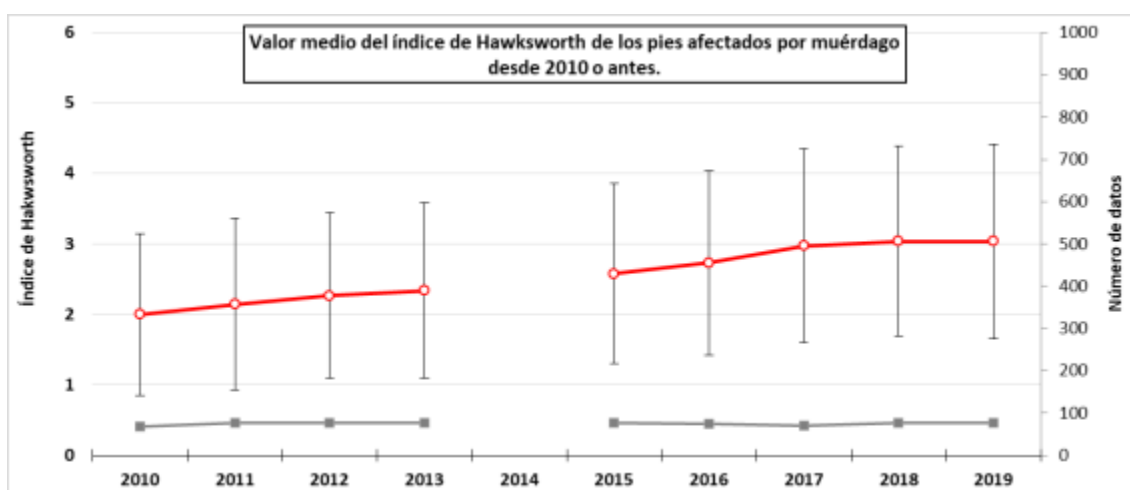
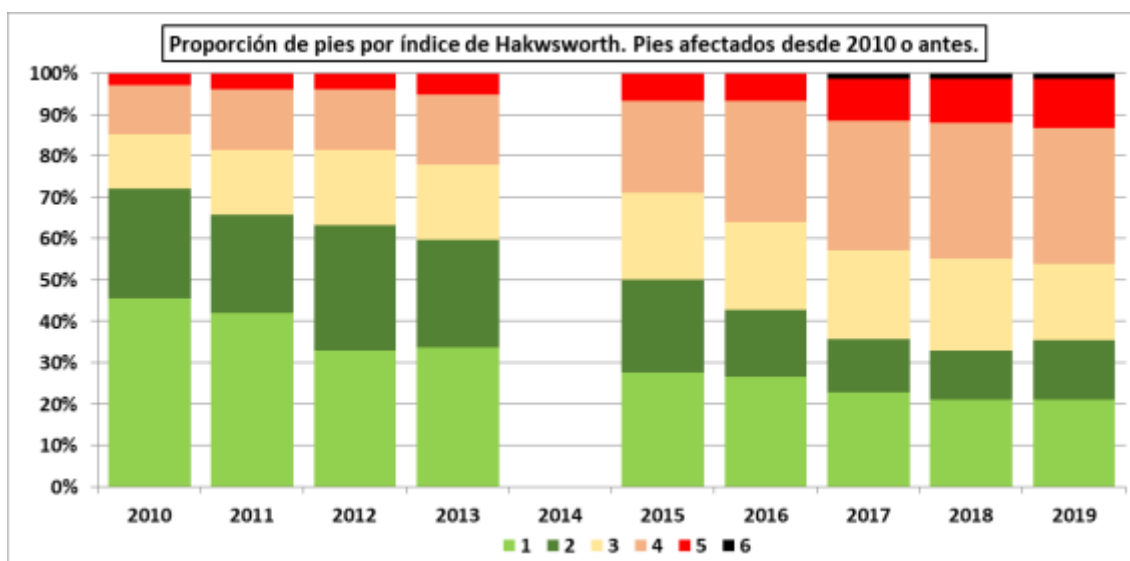
Índice de Hawksworth	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	45,6	42,1	32,9	33,8		27,6	26,7	22,9	21,1	21,1
2	26,5	23,7	30,3	26,0		22,4	16,0	12,9	11,8	14,5
3	13,2	15,8	18,4	18,2		21,1	21,3	21,4	22,4	18,4
4	11,8	14,5	14,5	16,9		22,4	29,3	31,4	32,9	32,9
5	2,9	3,9	3,9	5,2		6,6	6,7	10,0	10,5	11,8
6	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	1,4	1,3	1,3

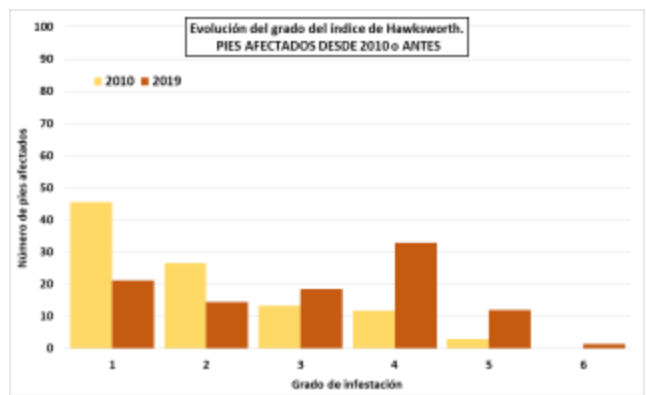
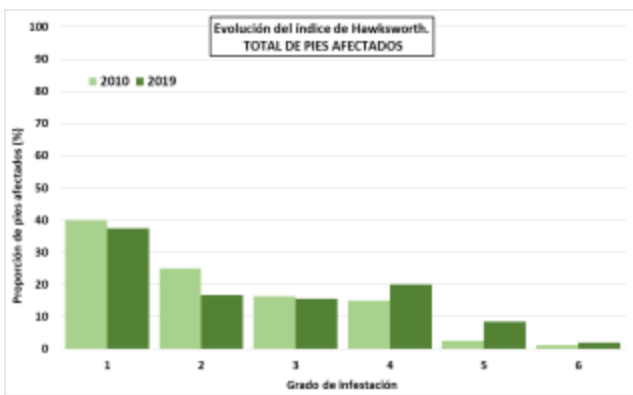
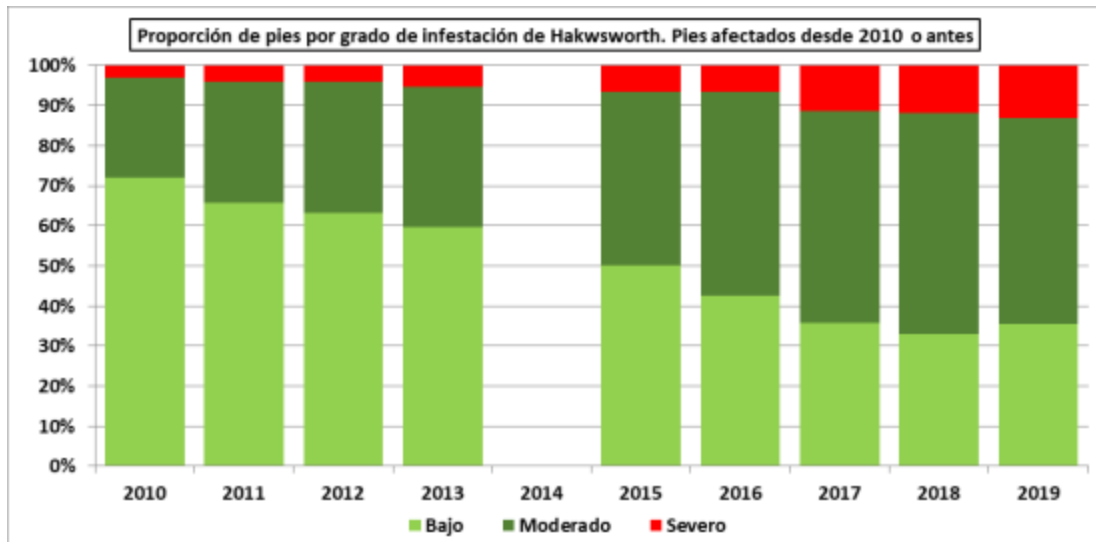
También el valor medio del índice de Hawksworth muestra un incremento mayor, de forma que se ha incrementado de 2,0 a 3,0 en el período estudiado.

Índice de Hawksworth	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	68	76	76	77		76	75	70	76	76
Media	2,000	2,145	2,263	2,338		2,579	2,733	2,971	3,039	3,039
Desviación típica	1,150	1,222	1,174	1,244		1,280	1,310	1,373	1,352	1,381

Grado de infestación de Hawksworth	Número de pies afectados con muérdago desde 2010 o antes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bajo	52	65	71	71		72	73	71	76	84
Moderado	25	32	37	40		48	50	50	55	55
Severo	3	4	5	7		8	10	15	16	16

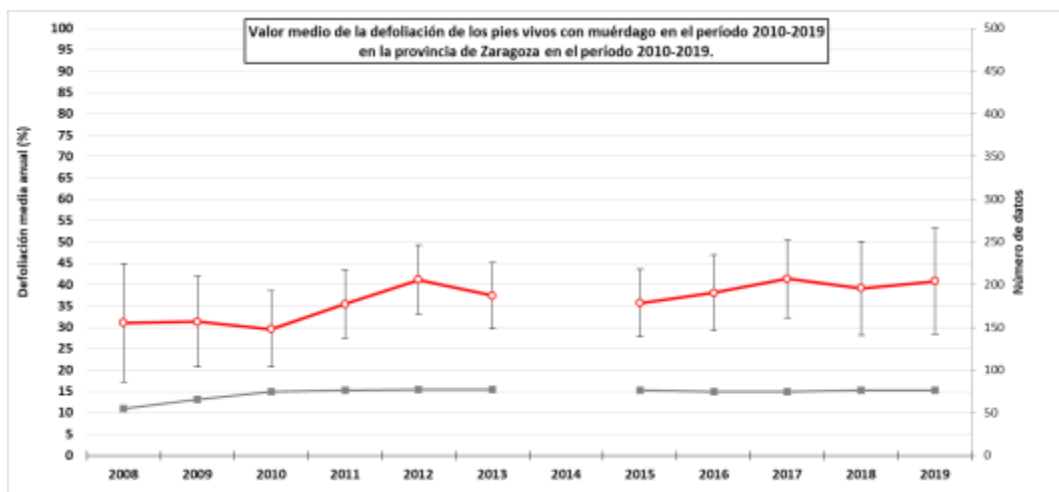
Grado de infestación de Hawksworth	Proporción de pies por clase (%)									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bajo	72,1	65,8	63,2	59,7		50,0	42,7	35,7	32,9	35,5
Moderado	25,0	30,3	32,9	35,1		43,4	50,7	52,9	55,3	51,3
Severo	2,9	3,9	3,9	5,2		6,6	6,7	11,4	11,8	13,2





Este agravamiento de la infestación respecto al total de los pies con muérdago se traduce también en un mayor grado de defoliación, puesto que la defoliación media anual del conjunto de los pies con muérdago al menos desde 2010 se ha elevado desde el 31% ese año hasta el 41% en 2019.

Defoliación media anual	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	55	66	75	76	77	77		76	75	75	76	76
Media	31,1	31,4	29,6	35,5	41,2	37,4		35,7	38,1	41,4	39,1	40,9
Desviación típica	13,8	10,7	9,0	8,0	8,0	7,8		8,0	8,8	9,1	11,0	12,4

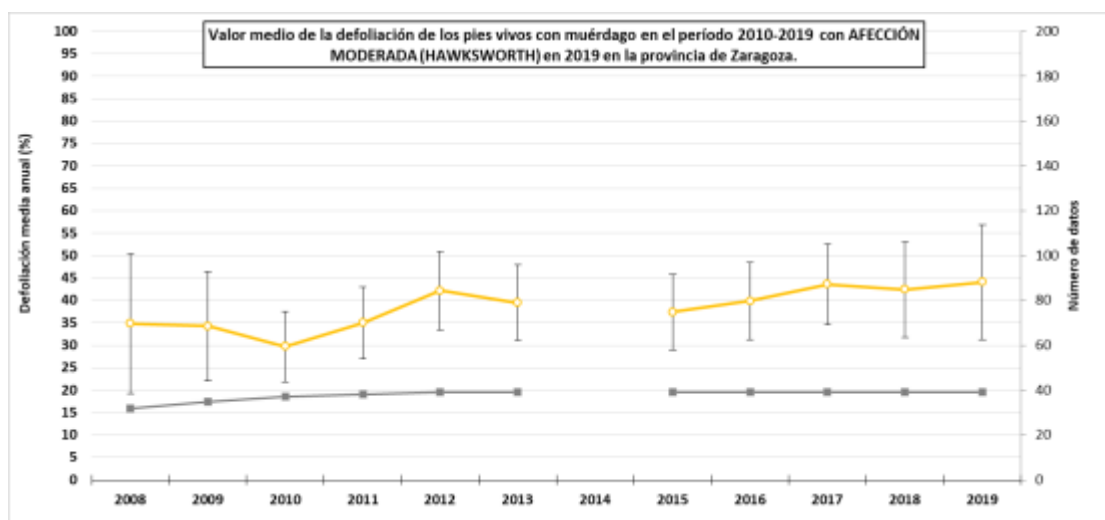
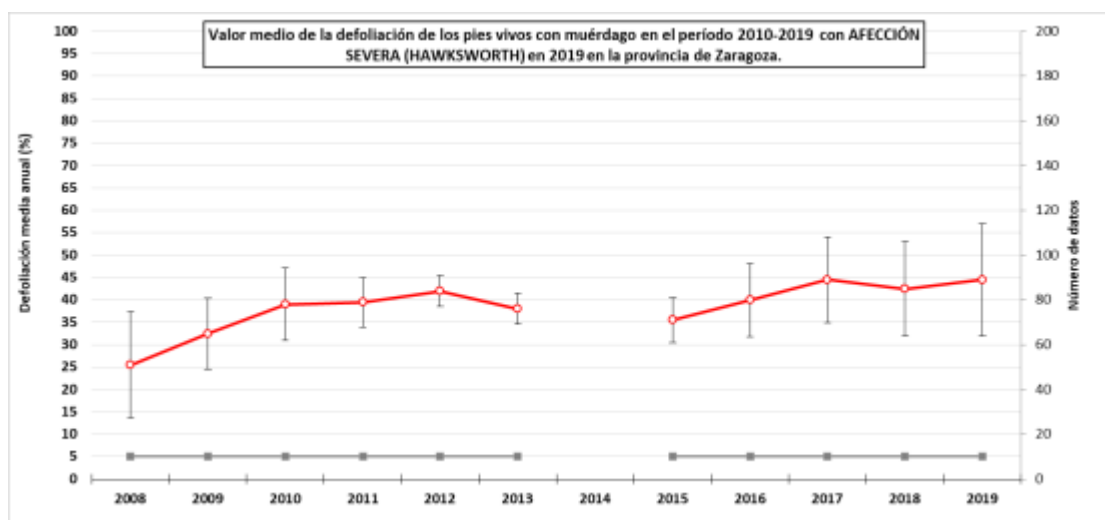


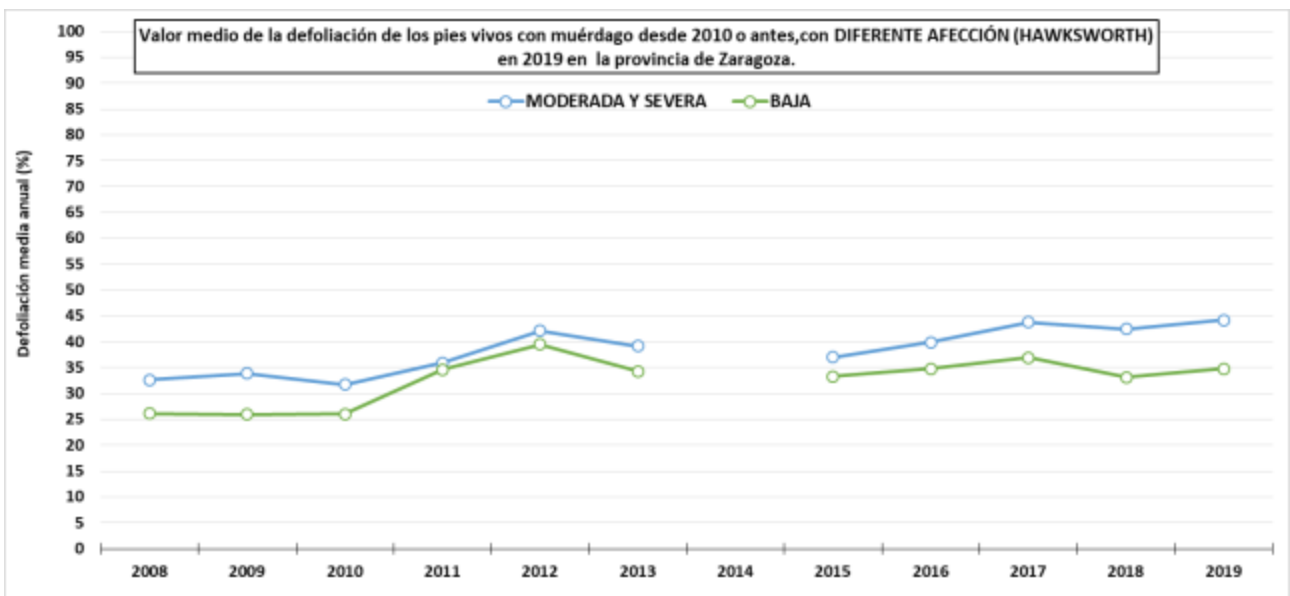
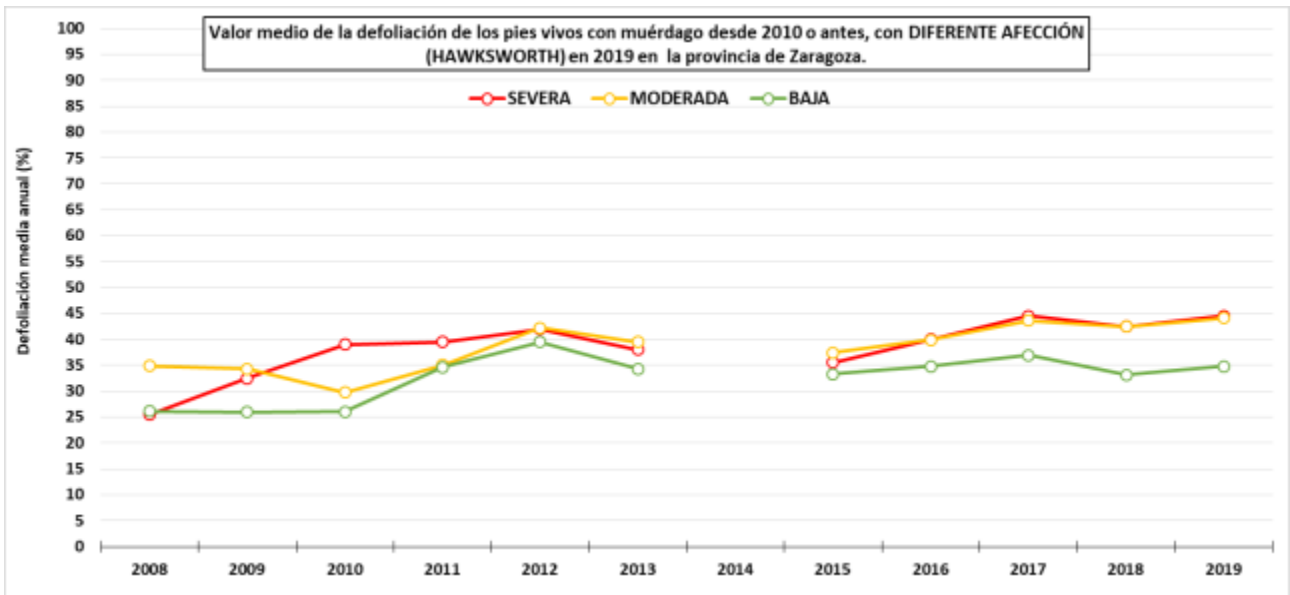
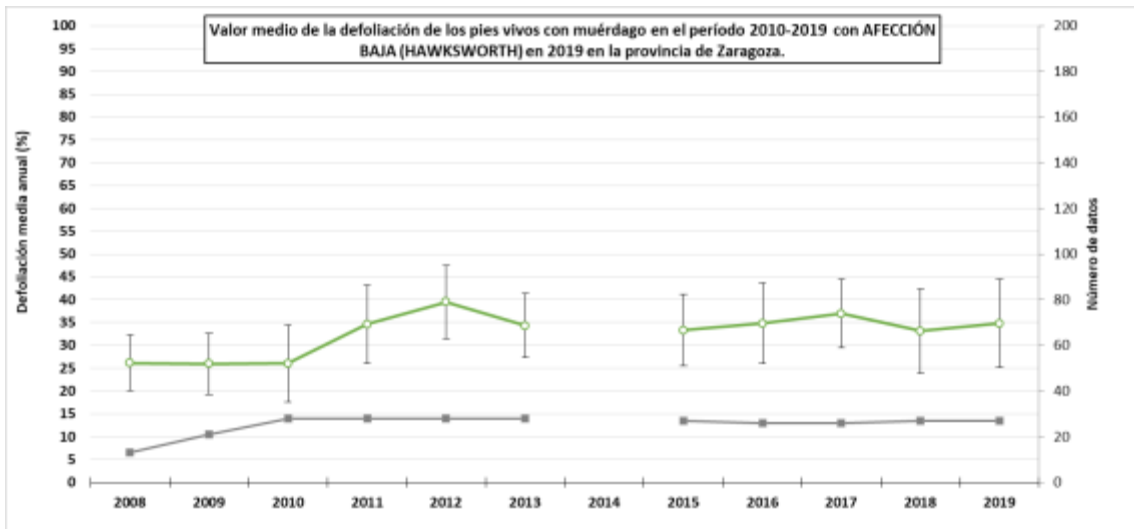
Tal como en el conjunto total, existen diferencias en el vigor de los pies según su grado de afección actual: si se separan los pies por su grado de afección en 2019, se ve que la defoliación media ha aumentado más en los pies con afecciones severas y moderadas (Hawksworth), pies que muestran una defoliación prácticamente idéntica en los últimos años, del 40%-45%, que en los pies con afecciones bajas, con defoliación en el entorno del 30%-35%.

Defoliación media anual	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes, y con afección severa (5-6 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	9	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10
Media	26,7	25,5	32,5	39,0	39,5	42,0	38,0		35,5	40,0	44,5	42,5
Desviación típica	7,1	11,9	7,9	8,1	5,5	3,5	3,5		5,0	8,2	9,6	10,6

Defoliación media anual	Pies afectados con muérdago desde 2010 o antes, y con afección moderada (3-4 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	24	32	35	37	38	39	39		39	39	39	39
Media	21,5	34,8	34,3	29,7	35,0	42,2	39,5		37,4	39,9	43,6	42,4
Desviación típica	3,8	15,5	12,3	7,8	8,1	8,8	8,4		8,4	8,5	9,0	10,6

Defoliación media anual	Pies afectados con muérdago desde 2010o antes, y con afección baja (1-2 Hawksworth) en 2019											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	10	13	21	28	28	28	28		27	26	26	27
Media	23,0	26,2	26,0	26,1	34,6	39,5	34,3		33,3	34,8	36,9	33,1
Desviación típica	3,5	6,2	6,6	8,4	8,6	8,0	7,0		7,8	8,9	7,5	9,2





5.3. Pies afectados a partir de 2011

Por su parte los pies afectados a partir de 2011 permiten estudiar cómo evoluciona la afección en los pies durante los primeros años tras la detección del muérdago. De la muestra total es necesario distinguir dos casos: los pies en que efectivamente se detecta muérdago por primera vez, y los pies que se han comenzado a evaluar ya con muérdago desde el primer año, y que para los fines perseguidos deben ser descontados de la muestra, y que son los siguientes:

Pies pertenecientes a los puntos de evaluación de nueva instalación en 2019: pies 9, 18, 19, 22 y 23 del punto 501443.1.B de Longás; 17 del punto 501481.3.B de Luesia; y 8 y 13 del punto 501481.4.B de Luesia.

Pies que se comienzan a evaluar en sustitución de pies muertos y que presentan muérdago desde el primer año de evaluación: árboles 33 y 40 del punto 502702.1.A de Urriés; árboles 34, 36, 41, 43, 44, 45, 46, 52, 54, 55 y 56 del punto 502758.1.A de Valmadrid; árboles 33 y 35 del punto 502989.1.A de Zuera; y árbol 32 del punto 502989.2.A de Zuera.

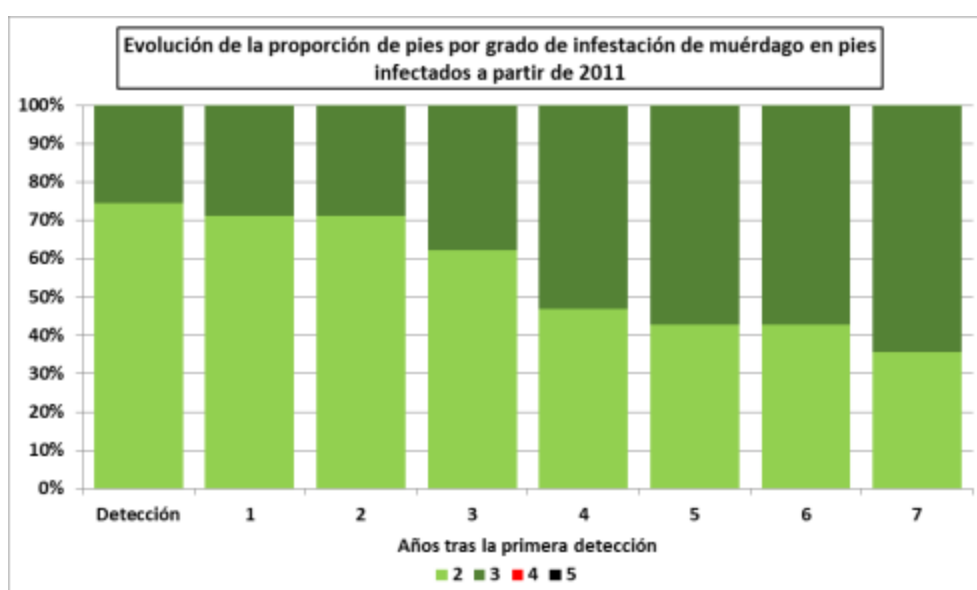
Por tanto, la muestra queda constituida por los siguientes árboles:

Año 1ª detección	Punto	TM	Árbol	Año 1ª detección	Punto	TM	Árbol
2011	501377.1.A	Leciñena	4	2016	501020.1.A	Fabara	5
2011	501481.2.AB	Luesia	8	2016	501020.1.A	Fabara	16
2011	502409.1.A	Sástago	22	2016	501020.1.A	Fabara	17
2011	502989.1.A	Zuera	18	2016	501020.1.A	Fabara	18
2012	501377.1.A	Leciñena	23	2016	501377.1.A	Leciñena	20
2012	501514.1.A	Luna	4	2016	501651.1.A	Mequinenza	31
2012	501651.2.A	Mequinenza	7	2016	501895.1.A	Nonaspe	20
2012	502323.1.A	Salvatierra de Esca	7	2016	502647.1.A	Tosos	13
2012	502409.1.A	Sástago	3	2016	502702.1.A	Urriés	45
2012	502758.1.A	Valmadrid	9	2017	501092.1.A	El Frago	31
2012	502758.1.A	Valmadrid	10	2017	501651.1.A	Mequinenza	22
2012	502758.1.A	Valmadrid	14	2017	501703.1.A	Monegrillo	15
2012	502989.1.A	Zuera	17	2017	502528.1.A	Tauste	20
2012	502989.2.A	Zuera	23	2017	502702.1.A	Urriés	44
2013	501377.1.A	Leciñena	7	2017	502989.1.A	Zuera	32
2013	501377.1.A	Leciñena	21	2017	509017.2.A	Biel-Fuencalderas	18
2013	501703.1.A	Monegrillo	9	2018	501703.1.A	Monegrillo	23
2013	502528.1.A	Tauste	21	2018	502105.1.A	Los Pintanos	20
2013	502989.1.A	Zuera	21	2018	502528.1.A	Tauste	19
2013	509017.2.A	Biel-Fuencalderas	20	2018	502702.1.A	Urriés	6
2015	501020.1.A	Fabara	3	2018	502702.1.A	Urriés	33
2015	501020.1.A	Fabara	11	2019	502323.1.A	Salvatierra de Esca	32
2015	501020.1.A	Fabara	21	2019	502702.1.A	Urriés	43
2015	501377.1.A	Leciñena	22	2019	502702.1.A	Urriés	48
2015	502323.1.A	Salvatierra de Esca	6	2019	509017.2.A	Biel-Fuencalderas	1
2015	502528.1.A	Tauste	18				
2015	502702.1.A	Urriés	34				
2015	502702.1.A	Urriés	36				
2015	502702.1.A	Urriés	37				
2015	502989.1.A	Zuera	1				
2015	502989.1.A	Zuera	5				
2015	502989.2.A	Zuera	24				

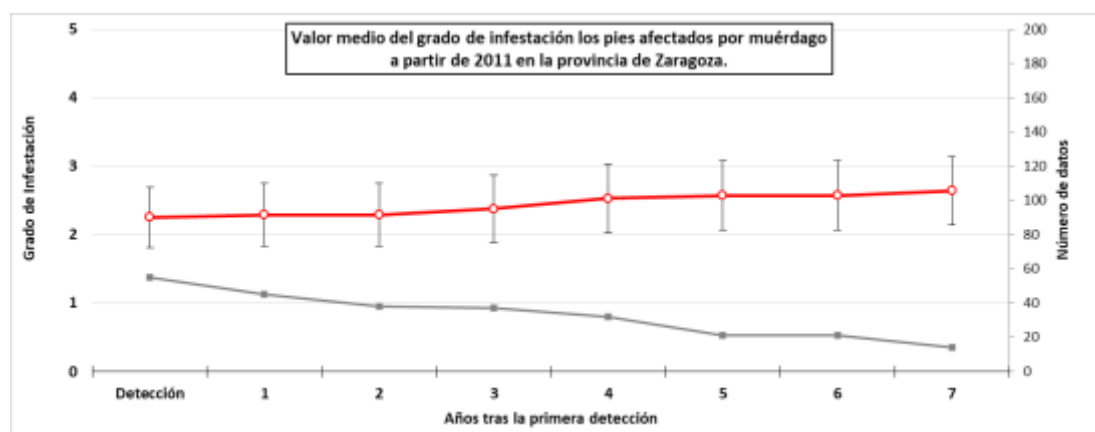
Los pies de nueva colonización muestran una clara evolución creciente de la infestación por muérdago, de forma que el primer año más del 74% de los pies muestran un grado de infestación 2, proporción que siete años tras la detección se reduce al 36% de los pies.

Grado de Infestación	Número de pies afectados (pies con muérdago a partir de 2011)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
2	41	32	27	23	15	9	9	5
3	14	13	11	14	17	12	12	9
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0

Grado de Infestación	Proporción de pies por clase (%)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
2	74,5	71,1	71,1	62,2	46,9	42,9	42,9	35,7
3	25,5	28,9	28,9	37,8	53,1	57,1	57,1	64,3
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



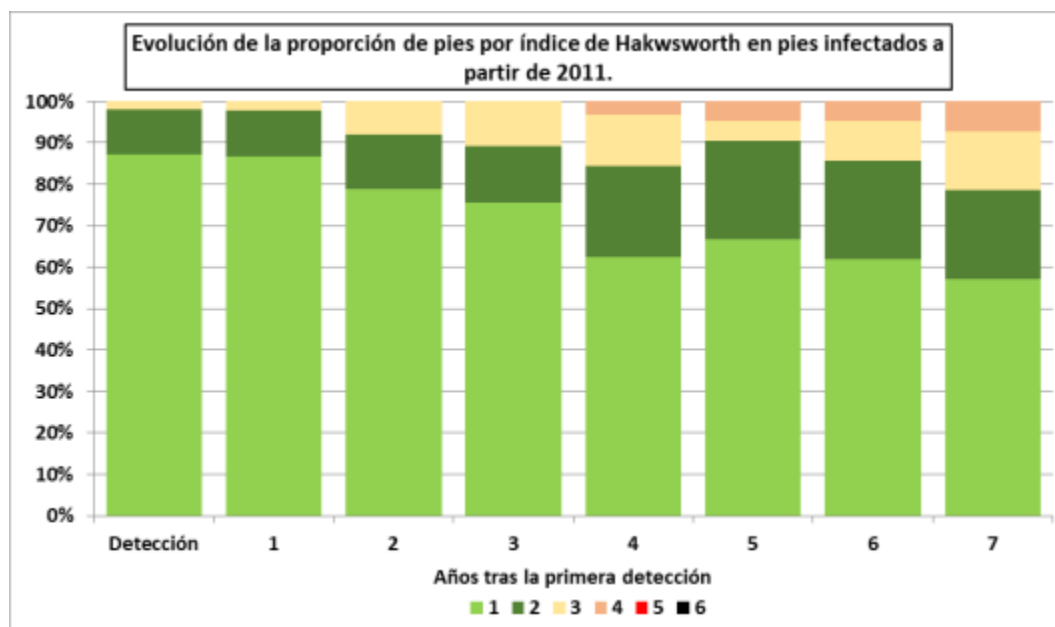
Grado de Infestación	Número de pies afectados (pies con muérdago a partir de 2011)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
Número de datos	55	45	38	37	32	21	21	14
Media	2,255	2,289	2,289	2,378	2,531	2,571	2,571	2,643
Desviación típica	0,440	0,458	0,460	0,492	0,507	0,507	0,507	0,497



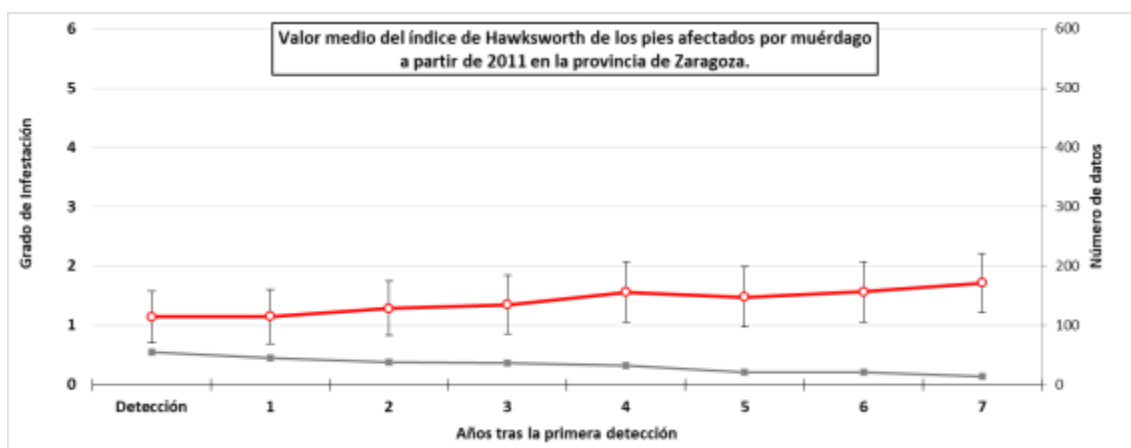
Mucho más patente es la evolución creciente del índice de Hawksworth, de forma que el primer año el 87% de los pies muestran un índice de Hawksworth de 1, proporción que 7 años tras la detección se reduce al 57% de los pies, en tanto que las afecciones moderadas, que el primer año suponen el 1,8% de los casos se incrementan hasta el 21,4% tras 7 años. El valor medio del índice de Hawksworth se incrementa desde 1,14 en el año de la detección hasta 1,71 tras siete años.

Grado de infestación de Hawksworth	Número de pies afectados (pies con muérdago a partir de 2011)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
1	48	39	30	28	20	14	13	8
2	6	5	5	5	7	5	5	3
3	1	1	3	4	4	1	2	2
4	0	0	0	0	1	1	1	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0

Grado de infestación de Hawksworth	Proporción de pies por clase (%)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
1	87,3	86,7	78,9	75,7	62,5	66,7	61,9	57,1
2	10,9	11,1	13,2	13,5	21,9	23,8	23,8	21,4
3	1,8	2,2	7,9	10,8	12,5	4,8	9,5	14,3
4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	4,8	4,8	7,1
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

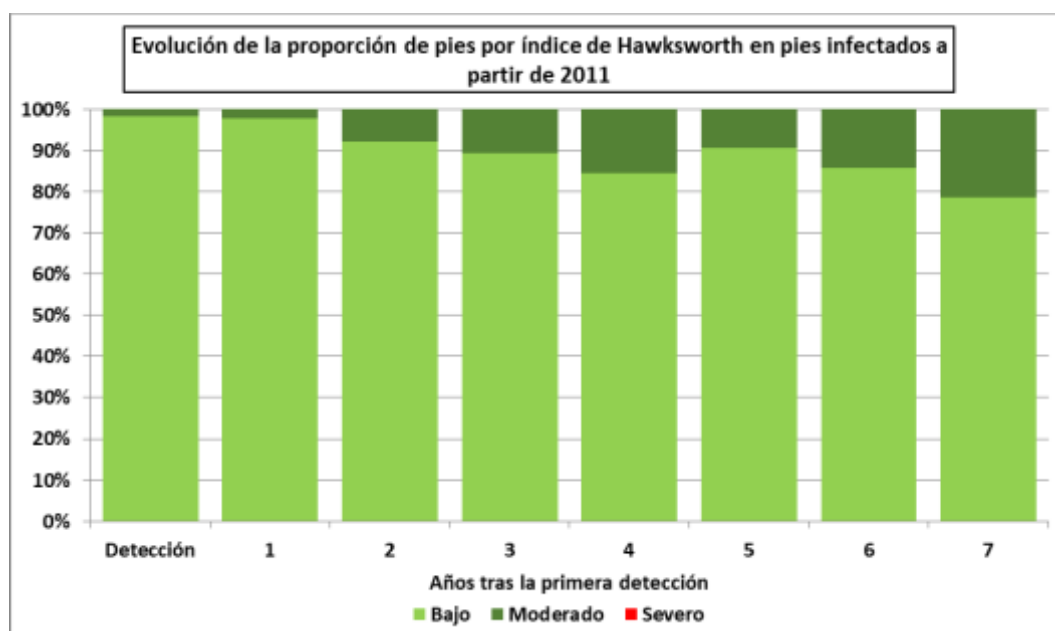


Grado de infestación de Hawksworth	Número de pies afectados (pies con muérdago a partir de 2011)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
Número de datos	55	45	38	37	32	21	21	14
Media	1,145	1,156	1,289	1,351	1,563	1,476	1,571	1,714
Desviación típica	0,401	0,419	0,603	0,666	0,827	0,794	0,849	0,958



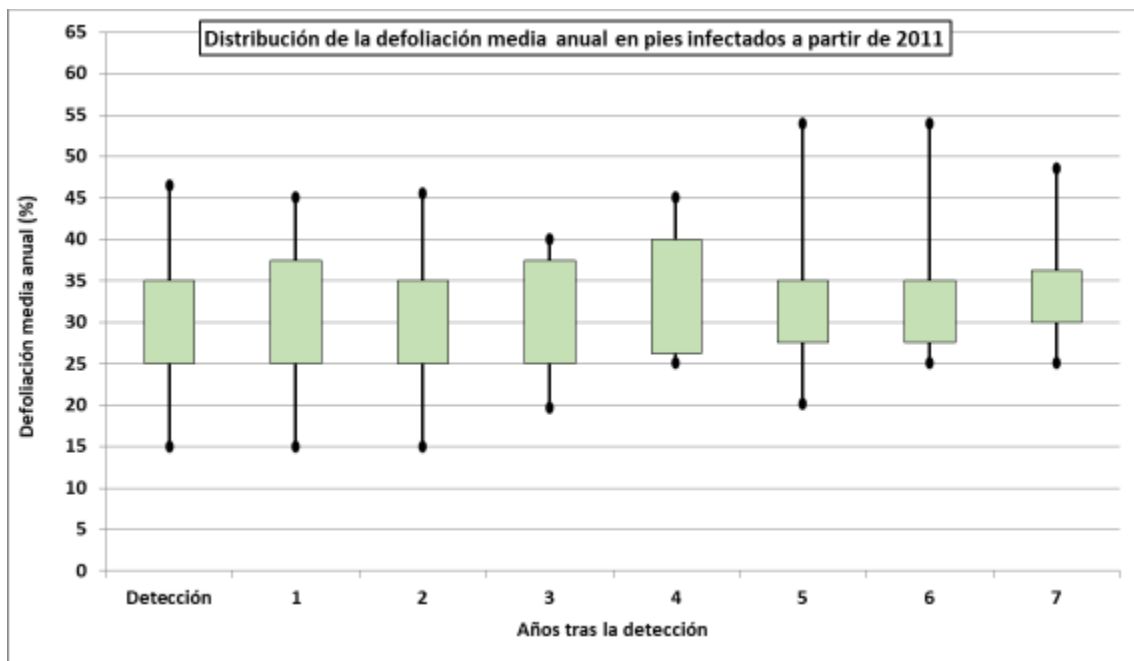
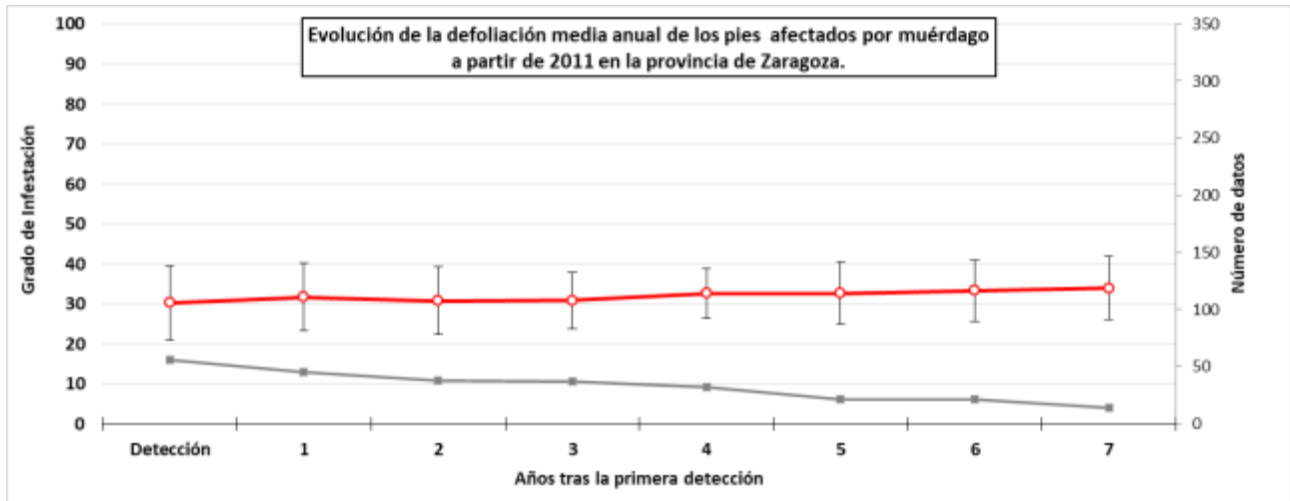
Grado de infestación de Hawthorn	Número de pies afectados (pies con muérdago a partir de 2011)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
Bajo	54	44	35	33	27	19	18	11
Moderado	1	1	3	4	5	2	3	3
Severo	0	0	0	0	0	0	0	0

Grado de infestación de Hawthorn	Proporción de pies por clase (%)							
	Años tras la primera detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
Bajo	98,2	97,8	92,1	89,2	84,4	90,5	85,7	78,6
Moderado	1,8	2,2	7,9	10,8	15,6	9,5	14,3	21,4
Severo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Sin embargo, este rápido incremento de la afección del muérdago en los primeros años de infección de los pies no se traduce en un aumento de defoliación de los mismos, que se mantiene constante en valores en el entorno del 30%-35%, manteniéndose el 75% de los pies con valores de defoliación menores del 40%, valor medio de defoliación de los pies que presentan muérdago al menos desde 2010.

Defoliación media anual	Años tras la detección							
	Detección	1	2	3	4	5	6	7
Número de datos	56	45	38	37	32	21	21	14
Percentil 5	15,0	15,0	15,0	19,5	25,0	20,0	25,0	25,0
Percentil 25	25,0	25,0	25,0	25,0	26,3	27,5	27,5	30,0
Mediana	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	35,0	30,0	30,0
Media	30,3	31,7	30,8	30,8	32,7	32,6	33,3	33,9
Percentil 75	35,0	37,5	35,0	37,5	40,0	35,0	35,0	36,3
Percentil 95	46,5	45,0	45,5	40,0	45,0	54,0	54,0	48,5
Desviación típica	9,3	8,5	8,5	7,1	6,2	7,8	7,6	7,8
Varianza	87,0	72,2	71,7	50,7	39,0	61,0	57,9	61,4



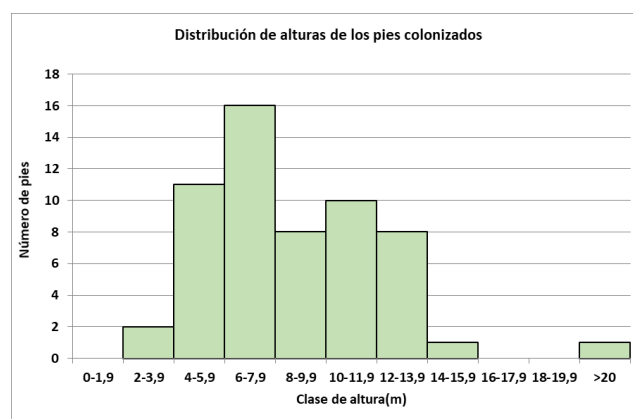
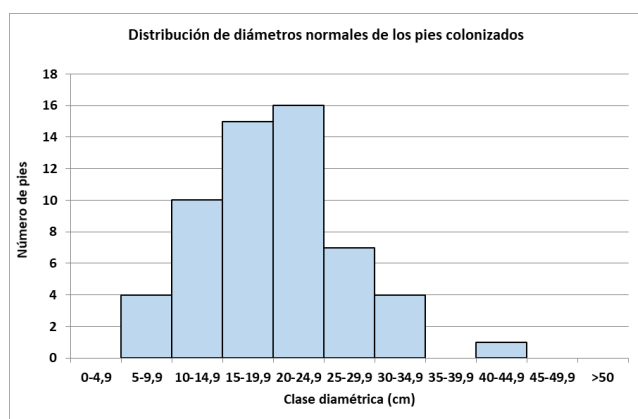
Cajas: percentiles 25-75, bigotes: percentiles 5-95

5.3.1. Características de los nuevos pies colonizados.

Los pies en el momento de la primera detección del muérdago presentaban diámetros normales entre 5 y 40 cm, con alturas entre 3,0 y 20,0 m.

El diámetro medio de los nuevos pies colonizados es de 19,5 cm, y la altura media es de 8,4 m.

	Diámetro normal (cm)	Altura total (m)
Número de datos	57	57
Mínimo	5,0	3,0
Percentil 10	10,6	4,6
Percentil 25	15,0	6,0
MEDIA	19,5	8,4
Desviación típica	7,2	3,3
Mediana	19,0	7,5
Percentil 75	24,0	10,5
Percentil 90	31,2	13,1
Máximo	40,0	20,0



Para estudiar qué tipo de pies son colonizados por el muérdago se analiza en primer lugar la relación entre la altura de los pies y la altura media del punto de evaluación en el año de la primera detección. Para ello se han clasificado los pies en tres clases sociológicas:

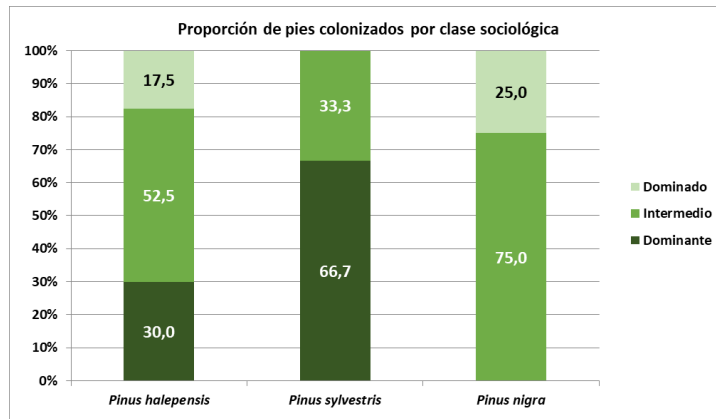
Dominantes: si $h_i > 1,15 H_m$

Codominantes e intermedios: si $0,9 H_m \leq h_i \leq 1,15 H_m$

Dominados: si $h_i < 0,9 H_m$

La mayor proporción de los pies colonizados son pies codominantes o intermedios, especialmente en el caso del pino laricio, donde no se han detectado pies dominantes. Los pies que menor proporción presentan son los pies dominados, que para el total de especies es del 15,8%, y que en el caso del pino silvestre únicamente representa un 8,3%. Aunque las muestras de pino silvestre y laricio son muy reducidas, parece ponerse de manifiesto que en el caso del pino silvestre la colonización tiende más a producirse en árboles dominantes, mientras que en el caso del laricio y el carrasco la colonización se presenta mayoritariamente en pies codominantes. Se constata en todos los casos que los pies dominados presentan una colonización sustancialmente menor.

Clase sociológica	Número de pies colonizados					Diámetro medio (cm)				Altura media (cm)			
	Ph	Ps	Pn	Total	%	Ph	Ps	Pn	Total	Ph	Ps	Pn	Total
Dominante	12	6	0	18	31,6	22,3	22,7		22,4	7,6	13,1		9,4
Intermedio	21	3	6	30	52,6	19,0	19,7	23,3	19,9	7,4	8,7	12,0	8,5
Dominado	7	0	2	9	15,8	10,3		18,5	12,1	5,2		10,0	6,3
Total	40	9	8	57		18,4	21,7	22,1	19,5	7,1	11,6	11,5	8,4



En segundo lugar se analiza el tamaño de los pies a partir de la relación entre el diámetro normal de los pies y el diámetro normal medio del punto de evaluación en el año de primera detección, clasificando los árboles en:

Gruesos: si $dn_i > 1,2 D_m$

Intermedios: si $0,8 D_m \leq dn_i \leq 1,2 D_m$

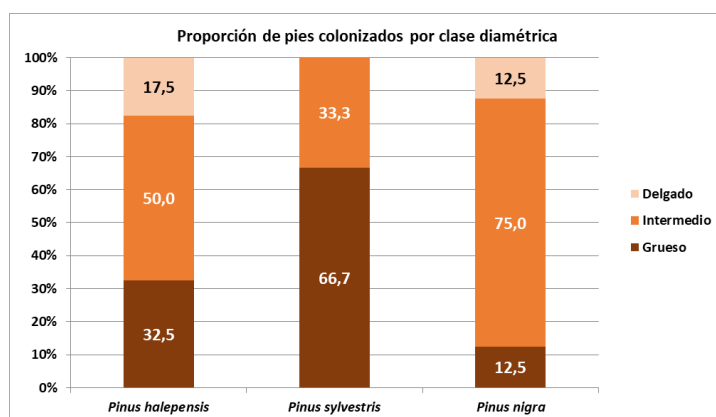
Delgados: si $dn_i < 0,8 D_m$

La mayor proporción de los pies colonizados son nuevamente pies de diámetros intermedios, si bien disminuye la proporción de pies delgados colonizados frente a dominados, que para el total de especies alcanza únicamente el 14,0%, y que no han sido colonizados en el caso del pino silvestre, lo que refuerza la conclusión anterior, de que en esta especie parece haber una clara preferencia hacia los pies de mayor tamaño, superior que en las otras.

En el caso del pino laricio también aumenta la proporción de pies gruesos colonizados frente a la proporción de dominados colonizados, lo que podría poner de manifiesto una discriminación más relacionada con el mayor tamaño de la copa que con la mayor altura.

En el caso del pino carrasco los repartos en categorías diamétricas son prácticamente idénticos a los repartos en clases sociológicas, por lo que parece ponerse de manifiesto una preferencia de pies codominantes, intermedios tanto en diámetro como en altura.

Clase diamétrica	Número de pies colonizados					Diámetro medio (cm)				Altura media (cm)			
	Ph	Ps	Pn	Total	%	Ph	Ps	Pn	Total	Ph	Ps	Pn	Total
Grueso	13	6	1	20	35,1	24,3	25,2	28,0	24,8	8,3	13,6	10,5	10,0
Intermedio	20	3	6	29	50,9	17,9	14,7	22,3	18,4	6,9	7,7	11,9	8,0
Delgado	7	0	1	8	14,0	9,1		15,0	9,9	5,4		10,0	5,9
Total	40	9	8	57		18,4	21,7	22,1	19,5	7,1	11,6	11,5	8,4



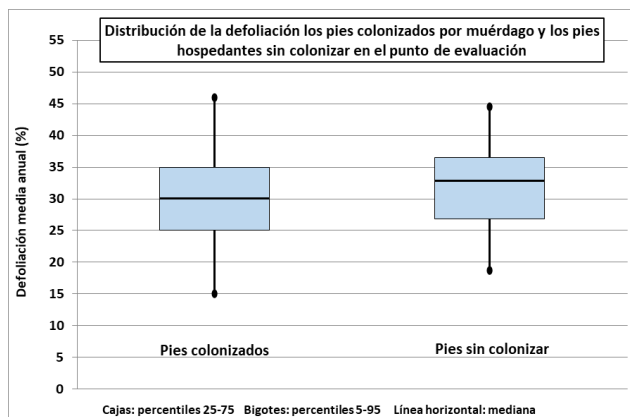
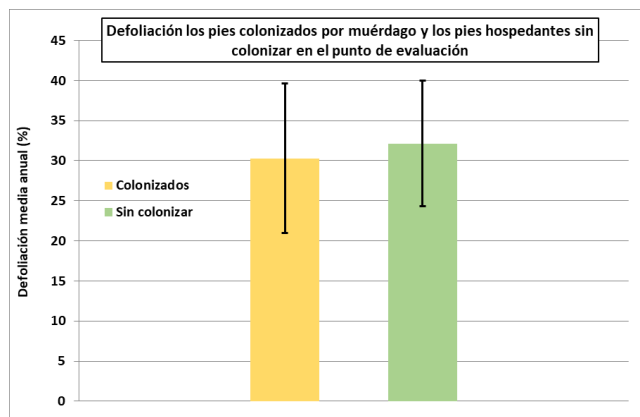
Algunos estudios han dejado entrever la posibilidad de que el muérdago se instale en pies debilitados, ya con una alta defoliación. Para estudiar este extremo se ha comparado la diferencia entre la defoliación de cada pie colonizado en el año de la primera detección del muérdago con la defoliación media de los pinos hospedantes no afectados en el correspondiente punto de evaluación (no teniendo en cuenta la defoliación de pies muertos).

La defoliación media de los nuevos pies colonizados es en el momento de la primera detección del muérdago del 30,3%, en tanto que la defoliación media de los pies hospedantes no colonizados en el año de esa primera detección se eleva al 32,1%.

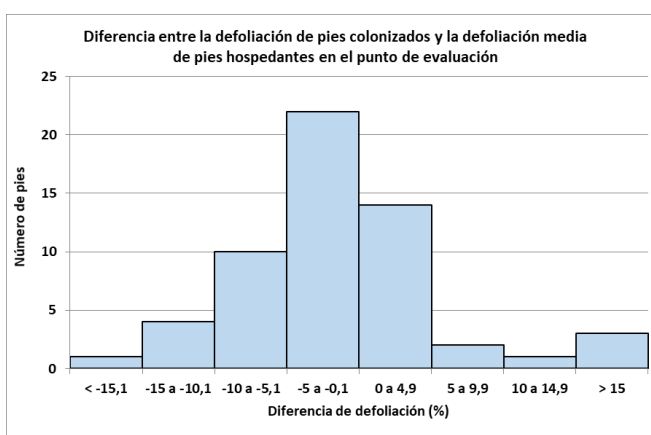
En la gran mayoría de los casos (63,2%) la diferencia entre la defoliación del pie colonizado y la de los pies de las especies hospedantes presentes en el punto de evaluación en el año de colonización es menor de un +/- 5%, no pudiendo por tanto establecer que el pie colonizado presente un estado sanitario diferente al estado medio de los pies sin colonizar.

En el 64,9% de los casos la defoliación del pie colonizado es igual o inferior a la defoliación media de los pies sin colonizar.

	Defoliación de pies colonizados en el año de la primera detección (%)	Defoliación media de los pies no colonizados (%)
Número de datos	57	57
Mínimo	15,0	15,0
Percentil 5	15,0	18,7
Percentil 25	25,0	26,9
MEDIA	30,3	32,1
Desviación típica	9,3	7,8
Mediana	30,0	33,0
Percentil 75	35,0	36,5
Percentil 95	46,0	44,5
Máximo	55,0	51,4



Diferencia de defoliación (%) entre el pie colonizado y la media de los pies no colonizados en el punto de evaluación	N	%
< -15,1	1	1,75
-15 a -10,1	4	7,02
-10 a -5,1	10	17,54
-5 a -0,1	22	38,60
0 a 4,9	14	24,56
5 a 9,9	2	3,51
10 a 14,9	1	1,75
> 15	3	5,26



6. Influencia del muérdago en el estado sanitario de los árboles y las masas.

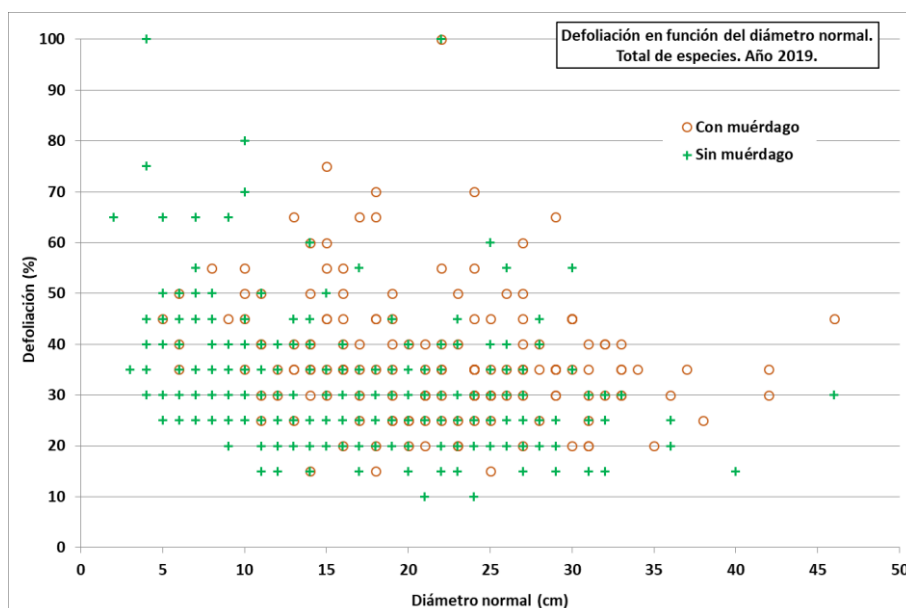
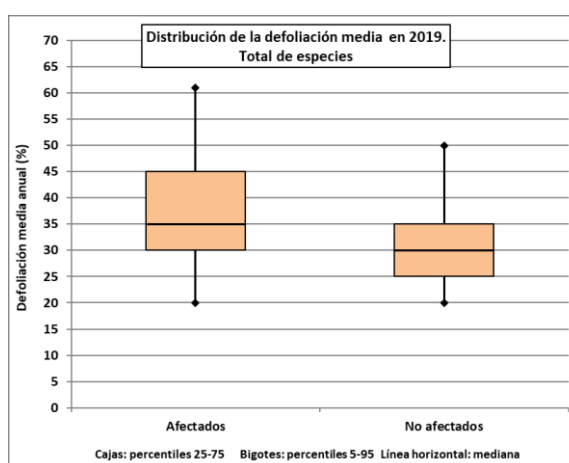
6.1. Comparación de defoliación de árboles afectados y no afectados en las zonas ocupadas por el muérdago.

La defoliación es un parámetro básico para cuantificar el estado aparente de salud del arbolado. Se define como la pérdida de hojas que sufre un árbol en la parte de su copa evaluable comparándola con la de un árbol de referencia ideal, de la misma especie y zona, si no tuviera ningún daño.

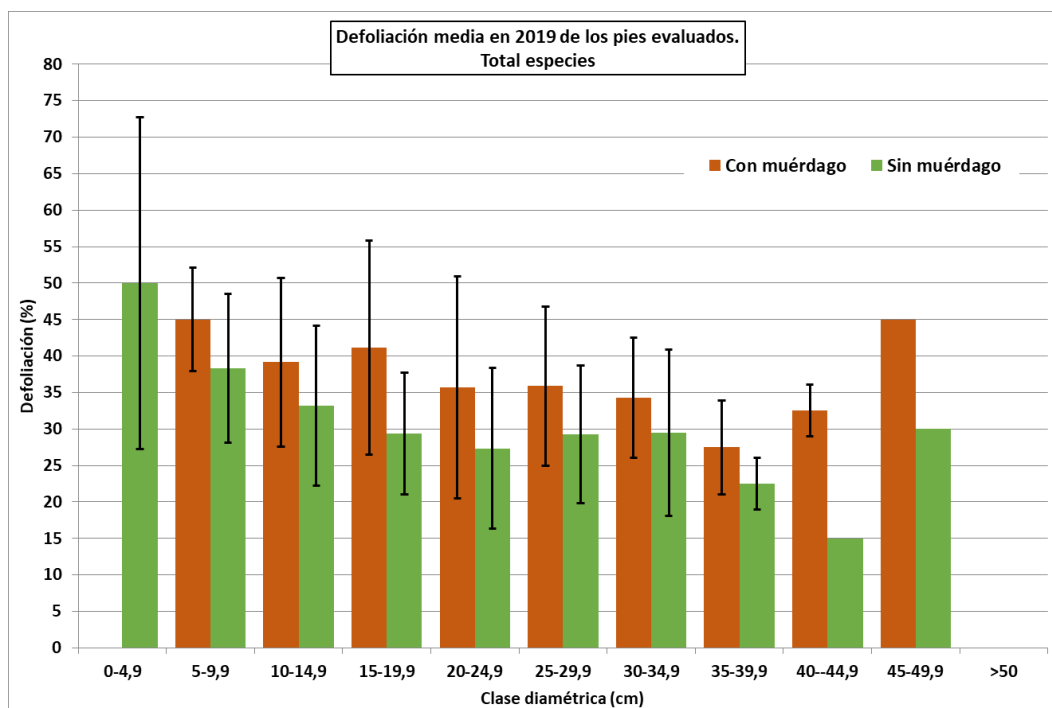
La afección de patógenos y otros agentes bióticos y abióticos suele traducirse en una pérdida de vigor del árbol que se manifiesta, entre otras cosas, por la pérdida de follaje o densidad de copa, lo que hace de la defoliación un indicador bastante general del estado de vigor, que ha podido ser comprobado en el caso del muérdago (Rigling et al., 2010), que provoca una importante degradación de la copa tanto por la pérdida de acículas como por la disminución del tamaño de las mismas y de las ramas afectadas.

A partir de los datos de defoliación del año 2019 se comparan los pies afectados por muérdago con los no afectados situados en los mismos puntos de evaluación y se comprueba que los pies afectados por muérdago presentan mayores defoliaciones que los pies no afectados: la defoliación media de los pies afectados se eleva al 37,3% (intervalo de confianza 34,7%-39,9% con un nivel de probabilidad del 99%), en tanto que la de los pies no afectados es del 31,7% (intervalo de confianza 30,1%-33,2% con un nivel de probabilidad del 99%).

	Defoliación (%). Año 2019.	
	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	157	341
Mínimo	15,0	10,0
Percentil 5	20,0	20,0
Percentil 25	30,0	25,0
MEDIA	37,3	31,7
DESV TIPICA	12,8	11,1
MEDIANA	35,0	30,0
Percentil 75	45,0	35,0
Percentil 95	61,0	50,0
Máximo	100,0	100,0



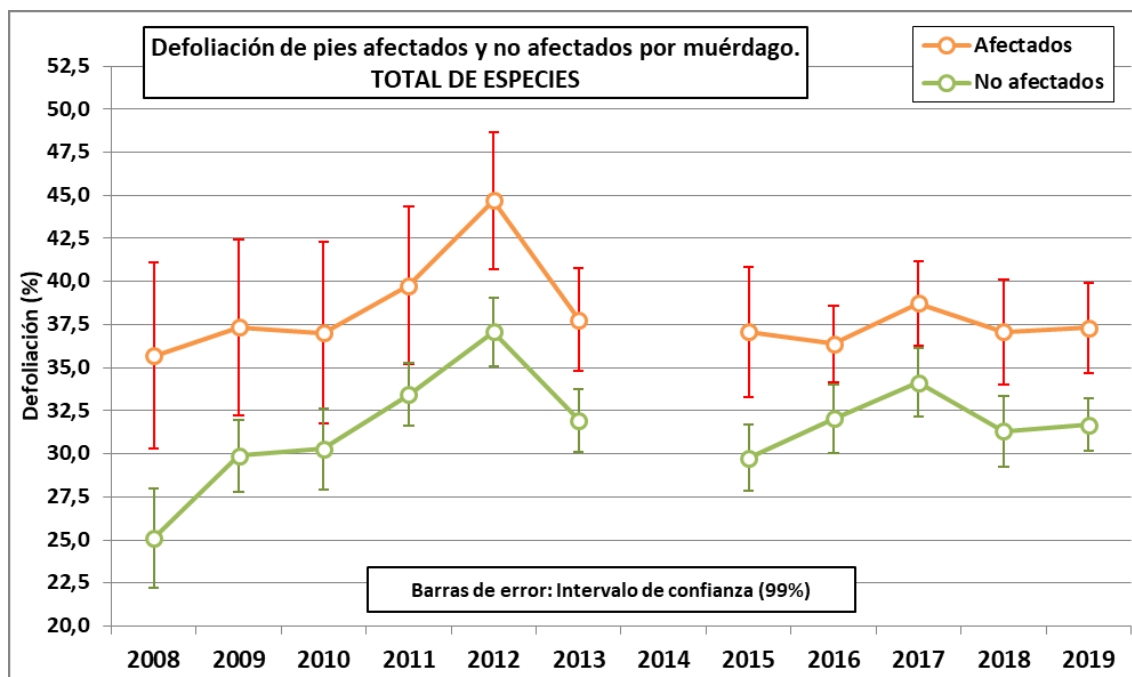
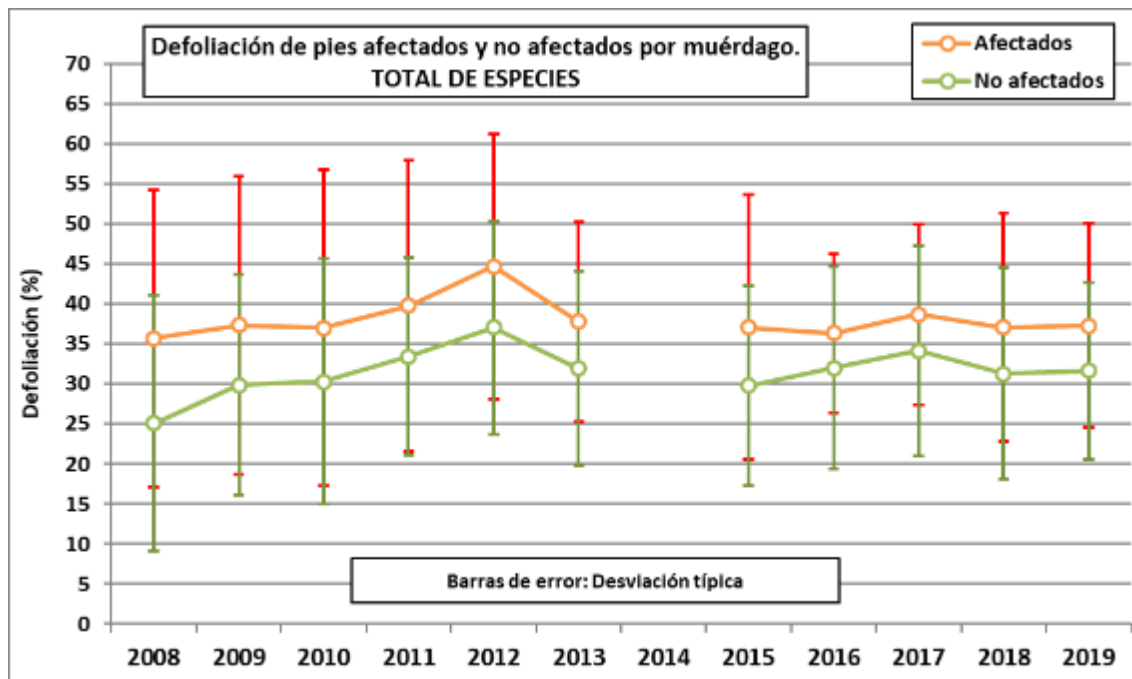
Esta tendencia general ocurre a lo largo de todas las clases diamétricas, de forma que en todas ellas los pies afectados por muérdago presentan mayor defoliación que los no afectados, aunque en general también mayor dispersión de los datos.



La evolución anual de ambos conjuntos de pies (afectados y no afectados por el muérdago) es similar, difiriendo la defoliación de media de cada uno de ellos en valores entre 4,3 y 10,6 puntos. Para el cálculo¹³ se han utilizado para cada año los valores de pies afectados y no afectados en el total de puntos de evaluación en los que aparecen pies afectados por muérdago.

AÑO	Número de pies		DEFOLIACIÓN (%). TOTAL DE ESPECIES					
			Afectados			No afectados		
	Afectados	No afectados	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)
2008	78	200	35,7	18,6	30,3-41,1	25,1	15,9	22,2-28,0
2009	88	294	37,3	18,7	32,2-42,5	29,9	13,8	27,8-32,0
2010	94	287	37,0	19,8	31,8-42,3	30,3	15,3	27,9-32,6
2011	105	308	39,8	18,2	35,2-44,3	33,4	12,3	31,6-35,3
2012	115	297	44,7	16,5	40,7-48,7	37,1	13,3	35,1-39,1
2013	117	293	37,8	12,5	34,8-40,8	31,9	12,1	30,1-33,8
2014								
2015	127	282	37,1	16,6	33,3-40,9	29,8	12,5	27,9-31,7
2016	134	273	36,4	9,9	34,2-38,6	32,0	12,7	30,1-34,0
2017	141	287	38,7	11,3	36,3-41,2	34,1	13,2	32,1-36,1
2018	147	281	37,1	14,3	34,0-40,1	31,3	13,2	29,3-33,3
2019	157	341	37,3	12,8	34,7-39,9	31,7	11,1	30,1-33,2

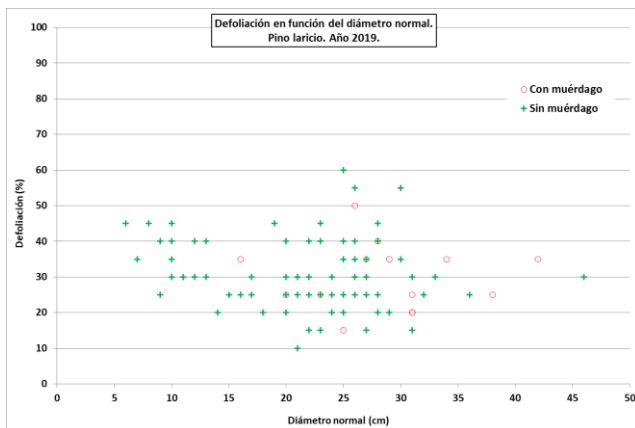
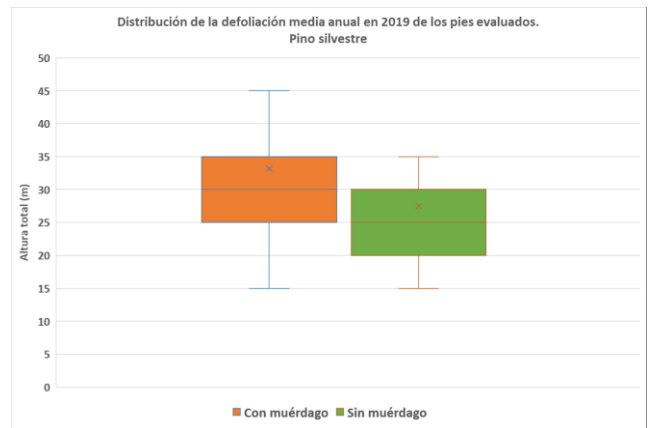
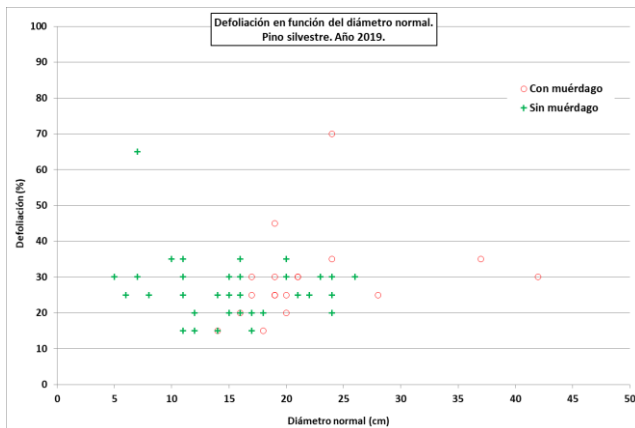
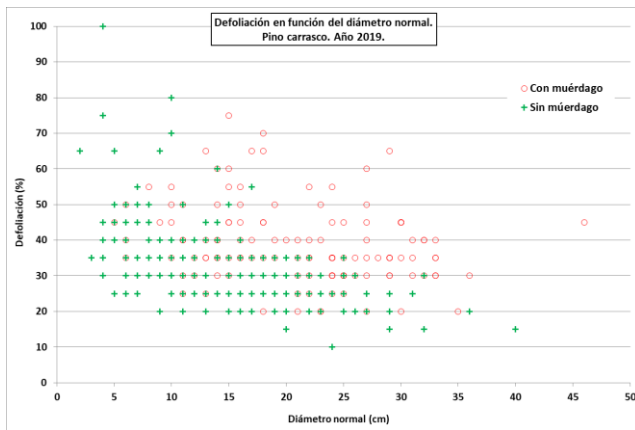
¹³ Se asume, en todos los casos, que la defoliación es una variable que se distribuye según una distribución normal.



La evolución seguida por los pies afectados es similar a la mostrada por los pies no afectados, pareciendo que otros agentes, y muy particularmente la sequía, no deterioran en mayor medida el estado de los árboles con muérdago. La respuesta a la grave sequía de 2012 y la sequía de 2017 fue de igual magnitud en ambos conjuntos de árboles, sin que hubiera un mayor empeoramiento de los árboles afectados por muérdago, lo que en principio hubiera sido esperable.

Por especies, tanto en el caso del pino carrasco como en el del pino silvestre en 2019 es significativamente mayor la defoliación de los pies afectados por el muérdago que la de los no afectados. Sin embargo, no se encuentra diferencia en el caso del pino laricio.

	Defoliación (%) en 2019 en puntos de evaluación donde está presente el muérdago					
	<i>Pinus halepensis</i>		<i>Pinus sylvestris</i>		<i>Pinus nigra</i>	
	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	124	213	19	45	14	83
Mínimo	20,0	10,0	15,0	15,0	15,0	10,0
Percentil 5	20,8	20,0	15,0	15,0	18,3	15,0
Percentil 25	30,0	25,0	25,0	20,0	25,0	25,0
MEDIA	38,8	33,3	33,2	25,9	30,0	30,5
DESV TIPICA	11,2	11,6	20,2	8,1	9,4	9,8
MEDIANA	35,0	30,0	30,0	25,0	30,0	30,0
Percentil 75	45,0	40,0	32,5	30,0	35,0	35,0
Percentil 95	60,0	52,0	73,0	35,0	43,5	45,0
Máximo	75,0	100,0	100,0	65,0	50,0	60,0

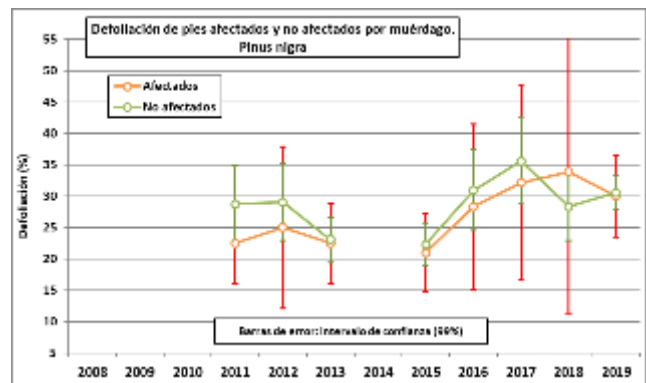
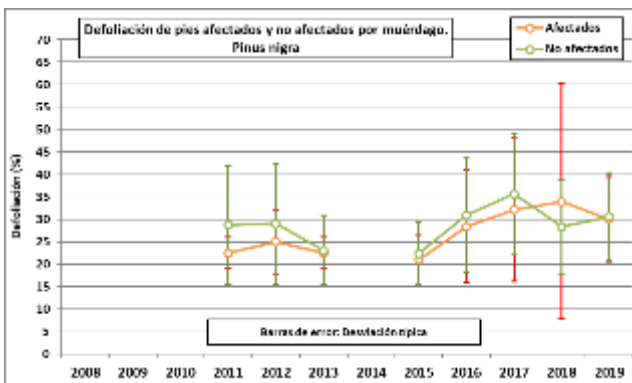
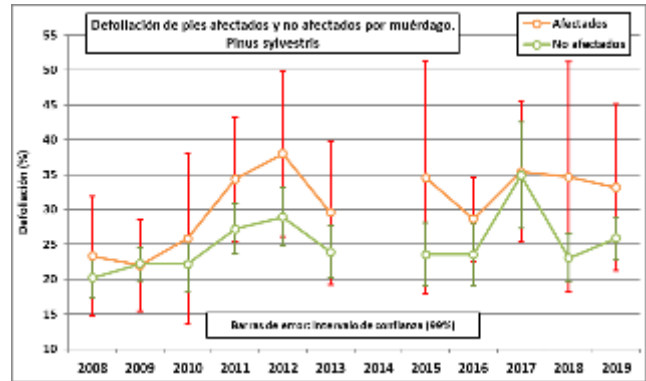
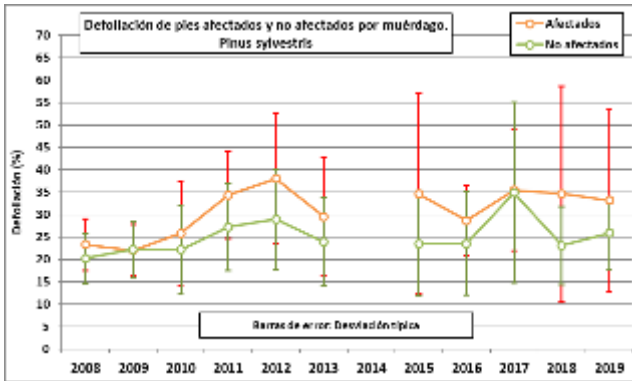
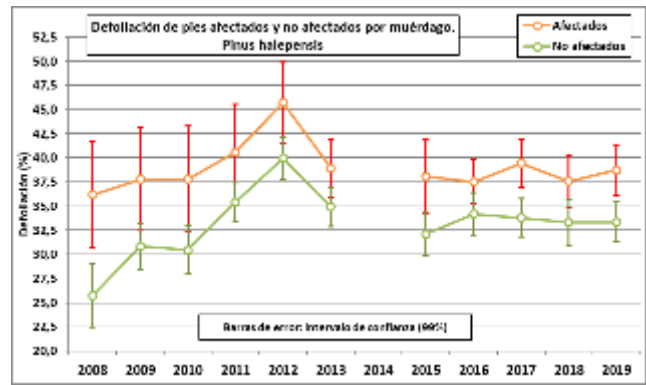
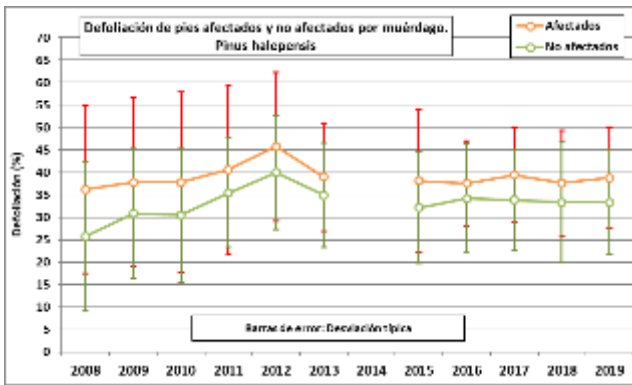


La disimetría entre el tamaño de las muestras y la concentración geográfica de los pies de pino silvestre y pino laricio evaluados, que los hace muy sensibles a posibles daños localizados por ejemplo por procesionaria, hacen que la tendencia general vista se deba fundamentalmente al comportamiento del pino carrasco, y que la evolución de la defoliación de silvestre y laricio encontrada deba ser contemplada con precaución.

AÑO	Número de pies		DEFOLIACIÓN (%). <i>Pinus halepensis</i> .					
			Afectados			No afectados		
	Afectados	No afectados	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)
2008	75	177	36,2	18,8	30,6 - 41,8	25,7	16,7	22,5 - 29,0
2009	83	241	37,8	18,8	32,5 - 43,1	30,9	14,4	28,5 - 33,2
2010	88	235	37,8	20,1	32,3 - 43,3	30,4	14,8	28,0 - 32,9
2011	95	228	40,6	18,7	35,6 - 45,5	35,4	12,1	33,3 - 37,5
2012	103	219	45,7	16,5	41,5 - 49,9	40,0	12,6	37,8 - 42,2
2013	104	216	38,9	12,0	35,9 - 42,0	34,9	11,7	32,9 - 37,0
2014								
2015	110	209	38,1	15,9	34,2 - 42,0	32,1	12,4	29,9 - 34,3
2016	117	201	37,5	9,5	35,3 - 39,8	34,2	12,1	32,0 - 36,4
2017	122	215	39,4	10,6	36,9 - 41,9	33,8	11,2	31,9 - 35,8
2018	124	213	37,6	11,7	34,9 - 40,3	33,3	13,5	30,9 - 35,7
2019	124	213	38,8	11,2	36,2 - 41,3	33,3	11,6	31,3 - 35,4

AÑO	Número de pies		DEFOLIACIÓN (%). <i>Pinus sylvestris</i> .					
			Afectados			No afectados		
	Afectados	No afectados	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)
2008	3	23	23,3	5,8	14,7 - 31,9	20,2	5,5	17,2 - 23,2
2009	5	43	22,0	5,7	15,4 - 28,6	22,2	6,2	19,8 - 24,6
2010	6	41	25,8	11,6	13,7 - 38,0	22,2	9,9	18,2 - 26,2
2011	8	49	34,4	9,8	25,5 - 43,3	27,2	9,8	23,6 - 30,8
2012	10	47	38,0	14,6	26,1 - 49,9	28,9	11,1	24,8 - 33,1
2013	11	46	29,5	13,3	19,2 - 39,9	23,9	9,8	20,2 - 27,6
2014								
2015	12	45	34,6	22,4	17,9 - 51,2	23,6	11,8	19,0 - 28,1
2016	11	45	28,6	7,8	22,6 - 34,7	23,6	11,5	19,2 - 28,0
2017	12	46	35,4	13,6	25,3 - 45,5	34,9	20,1	27,3 - 42,5
2018	14	44	34,6	24,0	18,1 - 51,1	23,1	8,7	19,7 - 26,4
2019	19	45	33,2	20,2	21,2 - 45,1	25,9	8,1	22,8 - 29,0

AÑO	Número de pies		DEFOLIACIÓN (%). <i>Pinus nigra</i> .					
			Afectados			No afectados		
	Afectados	No afectados	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)	Media	Desv. típica	Intervalo confianza (99%)
2008								
2009								
2010								
2011	2	31	22,5	3,5	16,1 - 28,9	28,7	13,2	22,6 - 34,8
2012	2	31	25,0	7,1	12,1 - 37,9	29,0	13,4	22,8 - 35,2
2013	2	31	22,5	3,5	16,1 - 28,9	23,1	7,8	19,4 - 26,7
2014								
2015	5	28	21,0	5,5	14,7 - 27,3	22,3	7,0	18,9 - 25,7
2016	6	27	28,3	12,5	15,2 - 41,5	30,9	12,9	24,5 - 37,3
2017	7	26	32,1	16,0	16,5 - 47,8	35,6	13,6	28,7 - 42,4
2018	9	24	33,9	26,2	11,4 - 56,4	28,3	10,4	22,9 - 33,8
2019	14	83	30,0	9,4	23,5 - 36,5	30,5	9,8	27,8 - 33,3



Tanto el pino carrasco como el pino silvestre muestran que los pies afectados por muérdago sufren una mayor defoliación que los no afectados, con evoluciones anuales similares.

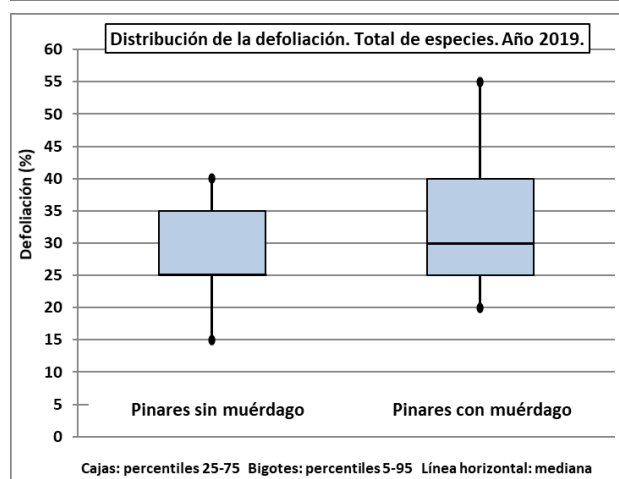
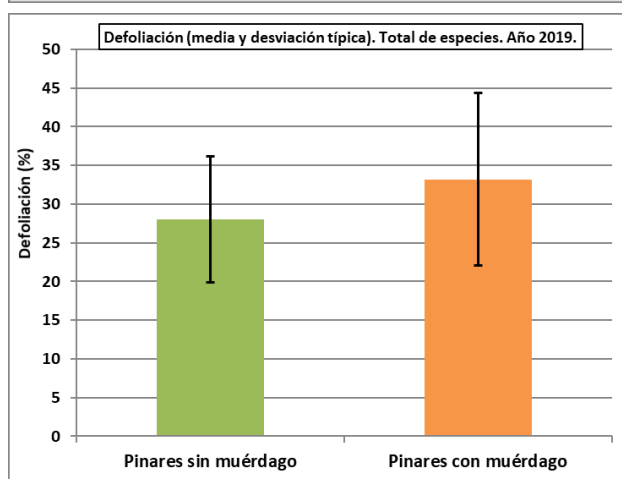
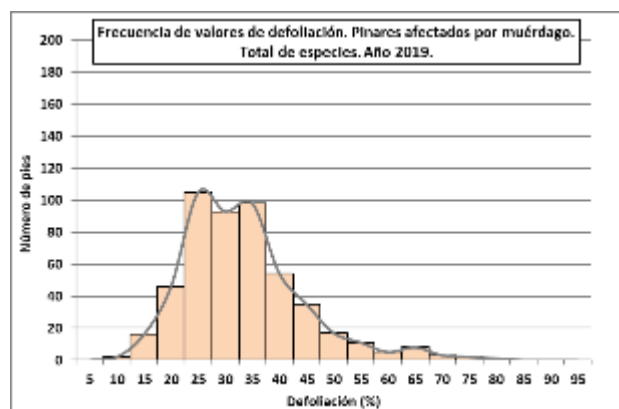
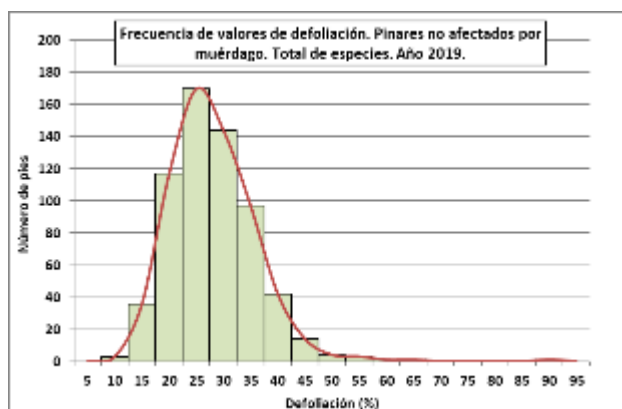
Sin embargo en el caso del pino laricio, sin olvidar la escasez de la muestra de pies afectados, y que estos lo han sido recientemente, la defoliación se muestra mayor en los pies no afectados por muérdago, lo que podría estar relacionado con una posible selección positiva de pies libres de muérdago por la procesionaria, defoliador que afecta reiteradamente a esta especie.

6.2. Comparación de la defoliación en zonas afectadas y no afectadas por el muérdago.

Para comprobar si la afección del muérdago conlleva un empeoramiento del estado sanitario de los pinares afectados se van a comparar los valores de defoliación de los pies vivos de pino carrasco, pino silvestre y pino laricio situados en puntos de evaluación donde anualmente hay presencia de muérdago con la defoliación de los pies situados en puntos de evaluación donde no hay presencia de muérdago.

Para el total de especies en el año 2019 la defoliación media de los pinares sin muérdago se situó en el 28,1% (intervalo de confianza 27,3%-28,9% con un nivel de probabilidad del 99%) frente al 33,2% de defoliación en los pinares afectados por el muérdago (intervalo de confianza 31,9%-34,5% con un nivel de probabilidad del 99%).

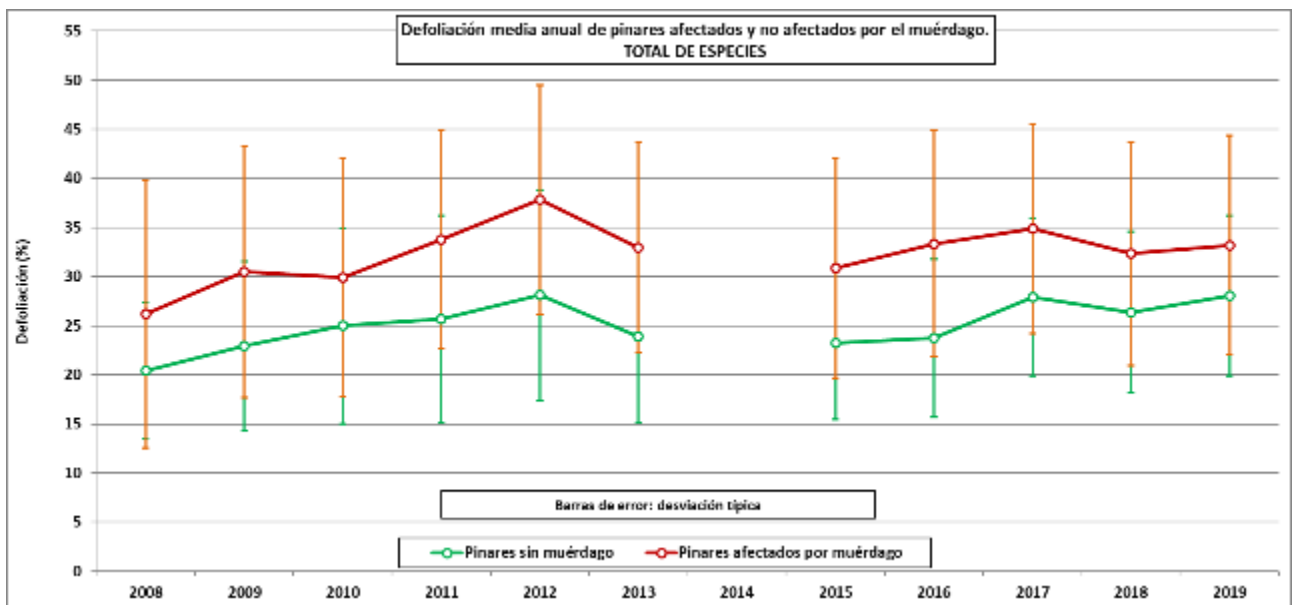
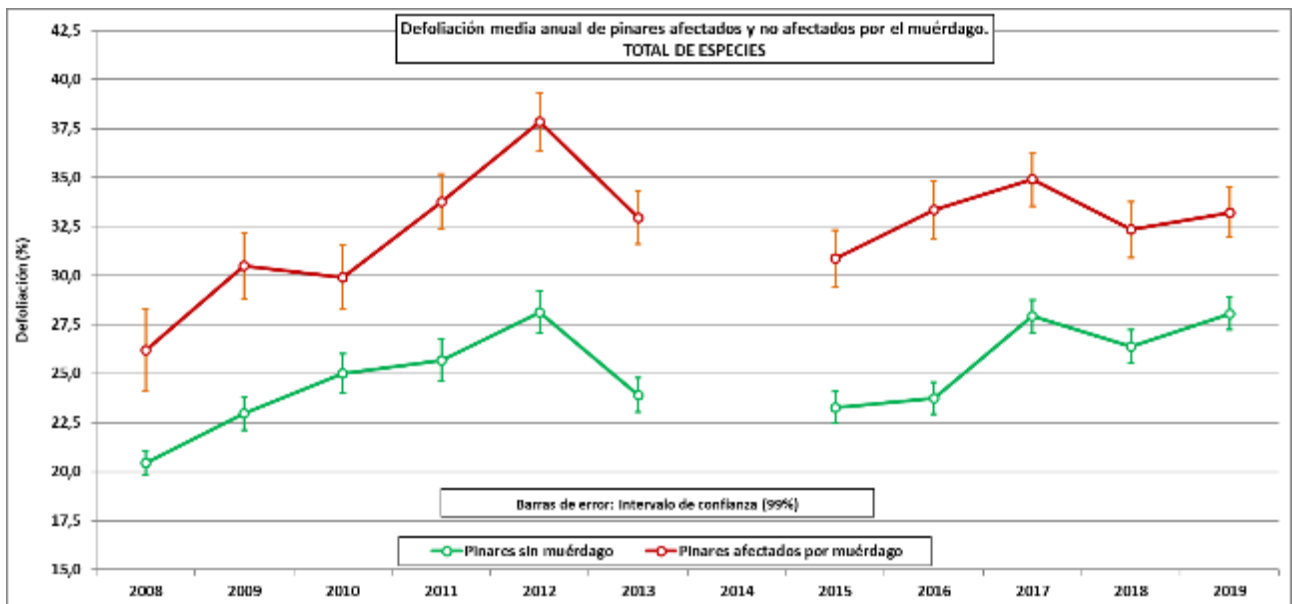
	Defoliación (%). Año 2019.	
	Pinares sin muérdago	Pinares con muérdago
Número de datos	633	496
Mínimo	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	20,0
Percentil 10	20,0	20,0
Percentil 25	25,0	25,0
Media	28,1	33,2
Intervalo de confianza (p:99%)	+/-0,8	+/-1,3
Desviación típica	8,1	11,2
Mediana	25,0	30,0
Moda	25,0	25,0
Percentil 75	35,0	40,0
Percentil 90	40,0	45,0
Percentil 95	40,0	55,0
Máximo	90,0	80,0

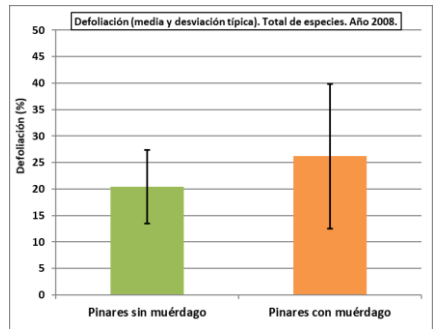
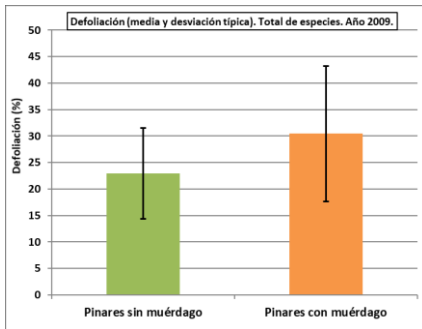
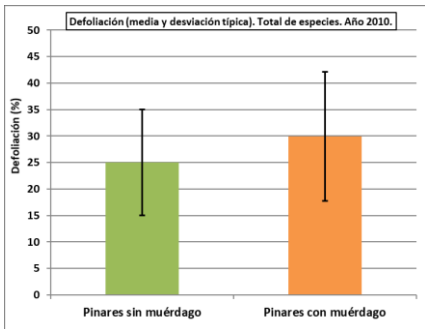
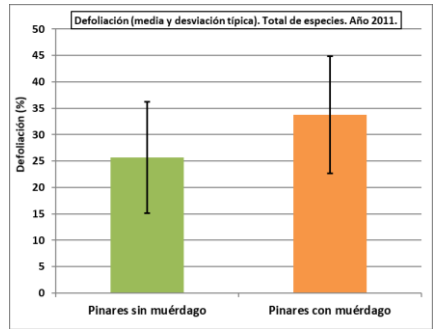
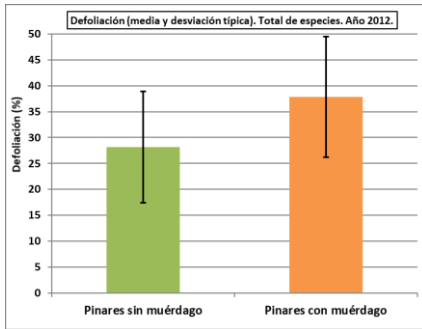
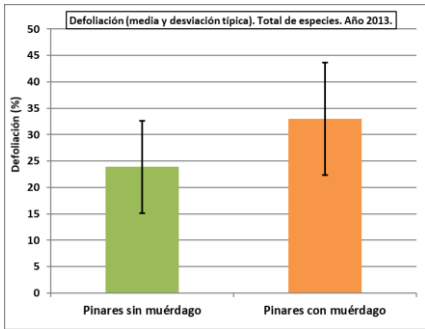
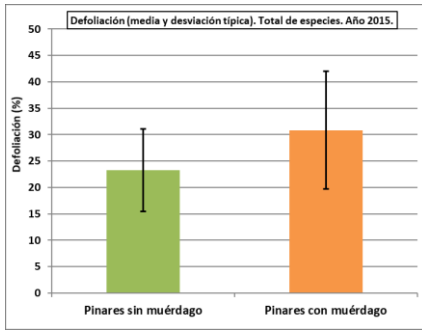
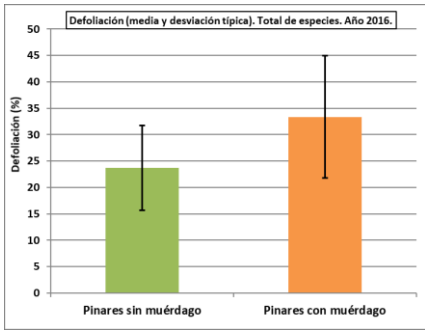
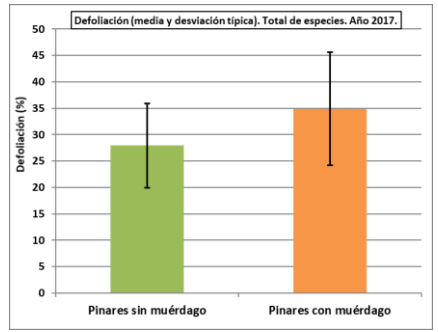
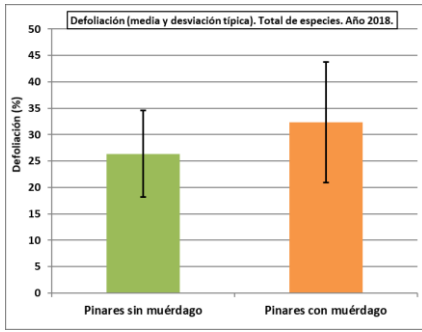
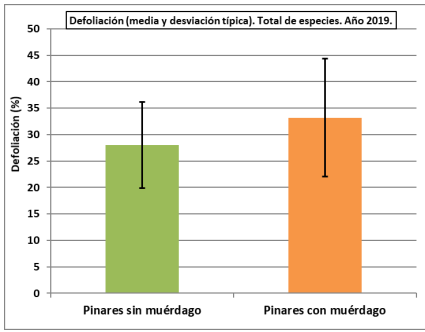


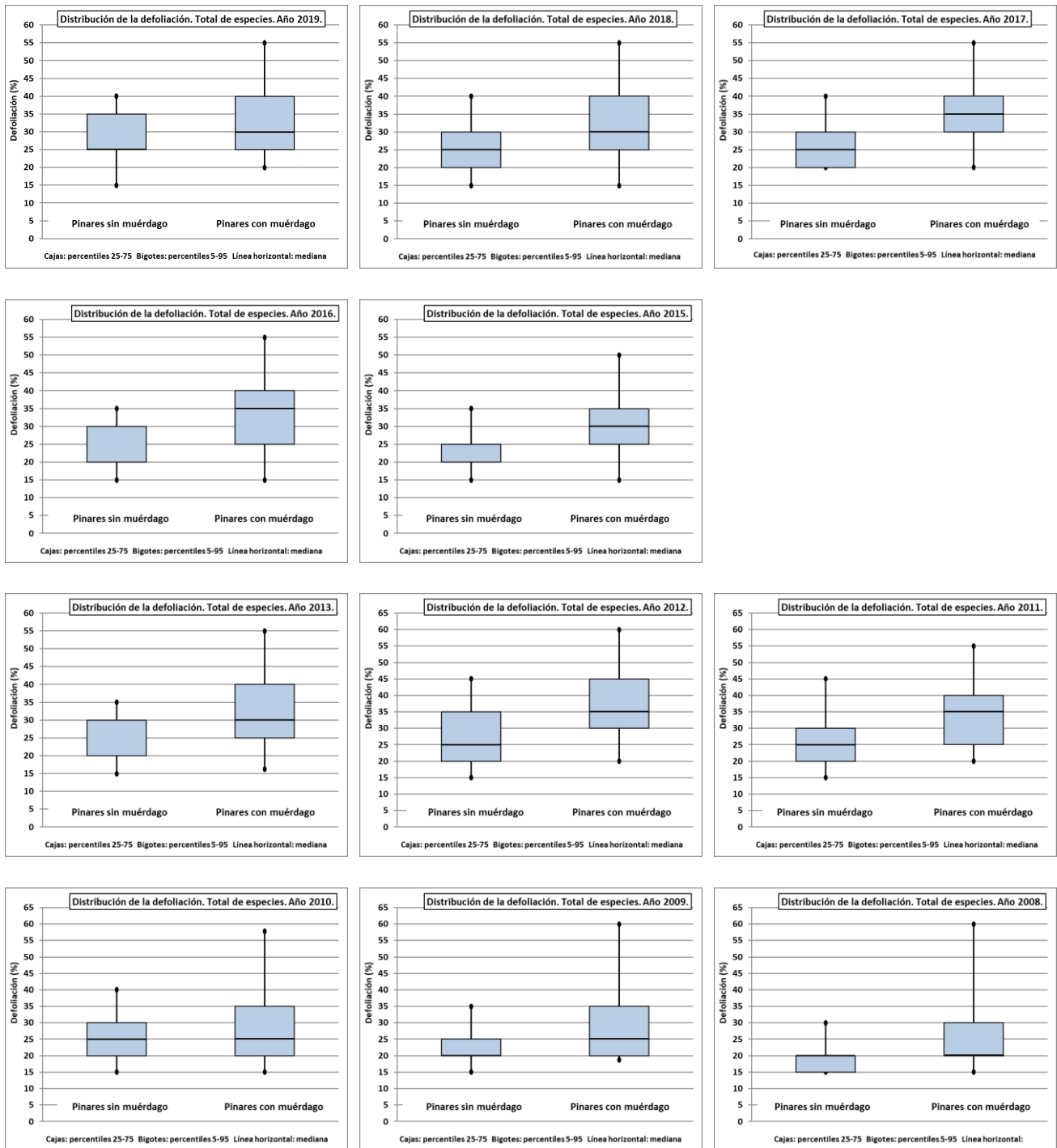
Nuevamente la evolución anual de la defoliación es similar en los pinares sin muérdago que en los pinares afectados por el muérdago, con un empeoramiento generalizado en todo el período, agudizado los años de fuerte sequía, tras los cuales se produce una cierta mejoría. Las defoliaciones medias anuales de los pinares sin muérdago y los afectados por muérdago difieren en valores del 4,9% al 9,7%, pudiendo afirmar también que los estados sanitarios de ambos tipos de pinares son efectivamente diferentes, peores en el caso de la afección por muérdago. El peor estado sanitario de los pinares afectados por el muérdago se mantiene todos los años analizados, con ligeras diferencias.

Defoliación media anual (%) de los pinares afectados por muérdago.												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	282	376	370	405	403	406		402	406	423	422	496
Mínimo	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	18,8	15,0	20,0	20,0	16,3		15,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Percentil 10	15,0	20,0	20,0	20,0	25,0	20,0		20,0	20,0	21,0	20,0	20,0
Percentil 25	20,0	20,0	20,0	25,0	30,0	25,0		25,0	25,0	30,0	25,0	25,0
Media	26,2	30,5	29,9	33,8	37,8	33,0		30,9	33,4	34,9	32,3	33,2
Interv. confianza	2,1	1,7	1,6	1,4	1,5	1,4		1,4	1,5	1,3	1,4	1,3
Desviación típica	13,7	12,8	12,2	11,1	11,7	10,7		11,2	11,6	10,7	11,4	11,2
Mediana	20,0	25,0	25,0	35,0	35,0	30,0		30,0	35,0	35,0	30,0	30,0
Moda	20,0	25,0	25,0	35,0	35,0	35,0		30,0	35,0	35,0	30,0	25,0
Percentil 75	30,0	35,0	35,0	40,0	45,0	40,0		35,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Percentil 90	45,0	45,0	45,0	50,0	55,0	45,0		45,0	45,0	50,0	45,0	45,0
Percentil 95	60,0	60,0	57,8	55,0	60,0	55,0		50,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Máximo	80,0	80,0	80,0	85,0	80,0	80,0		85,0	85,0	75,0	80,0	80,0

Defoliación media anual (%) de los pinares no afectados por muérdago.												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	799	707	668	672	669	656		644	655	630	629	633
Mínimo	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		10,0	10,0	15,0	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	15,0	15,0
Percentil 10	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	20,0	20,0
Percentil 25	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0		20,0	20,0	20,0	20,0	25,0
Media	20,4	23,0	25,0	25,7	28,1	23,9		23,3	23,7	27,9	26,4	28,1
Interv. confianza	0,6	0,8	1,0	1,0	1,1	0,9		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Desviación típica	6,9	8,6	10,0	10,5	10,7	8,7		7,8	8,0	8,0	8,2	8,1
Mediana	20,0	20,0	25,0	25,0	25,0	20,0		20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
Moda	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0		20,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Percentil 75	20,0	25,0	30,0	30,0	35,0	30,0		25,0	30,0	30,0	30,0	35,0
Percentil 90	25,0	30,0	35,0	40,0	40,0	35,0		30,0	35,0	40,0	35,0	40,0
Percentil 95	30,0	35,0	40,0	45,0	45,0	35,0		35,0	35,0	40,0	40,0	40,0
Máximo	70,0	85,0	95,0	95,0	85,0	90,0		75,0	65,0	90,0	80,0	90,0



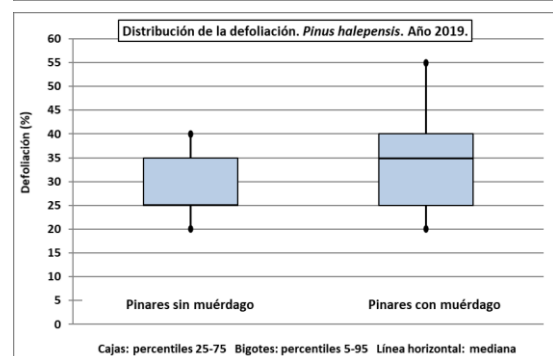
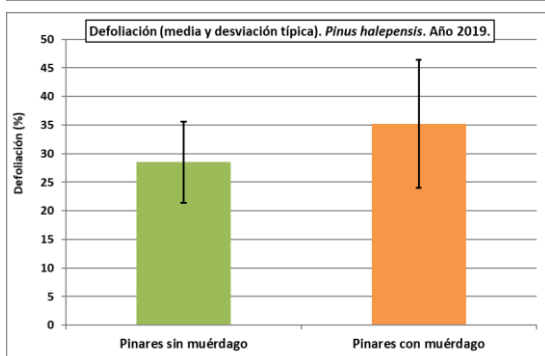
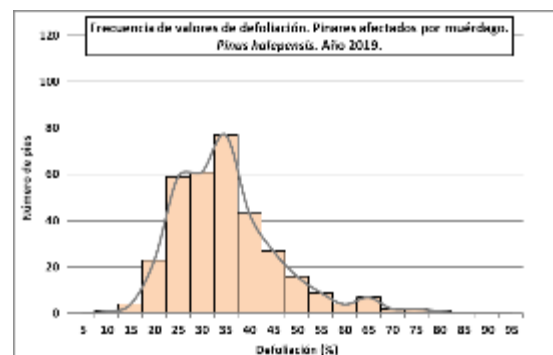
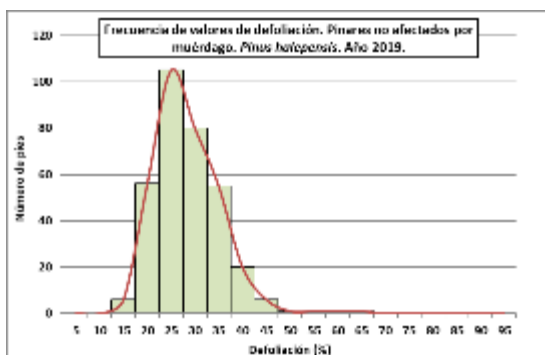


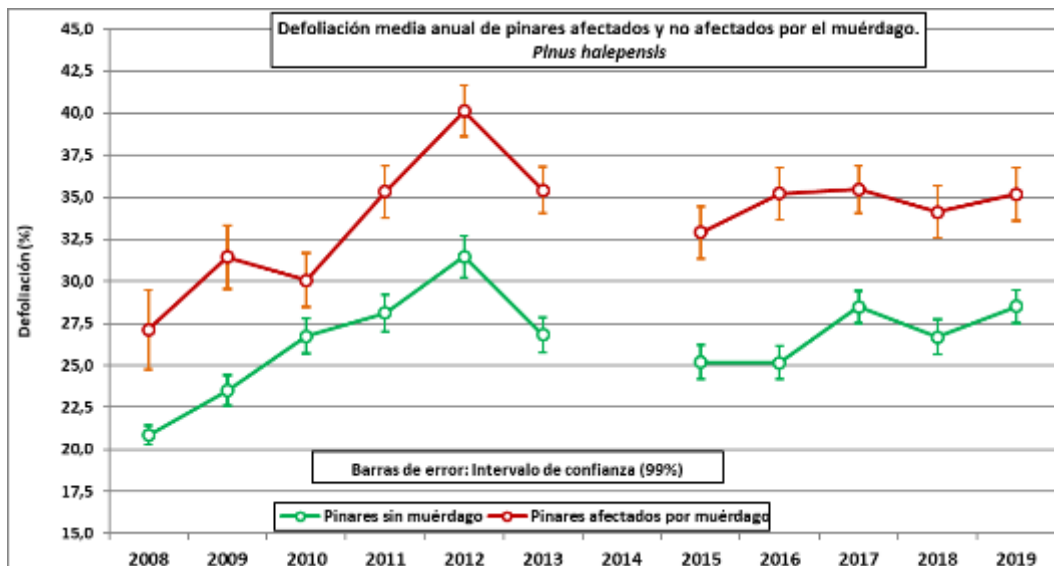


En el caso de los pinares de carrasco la evolución es muy similar a la del total de especies, al ser los que más peso tienen en la muestra total. La defoliación media en 2019 de los pinares afectados por muérdago es del 35,2% (33,6%-36,8%, $p=99\%$), en tanto que la de los pinares no afectados por muérdago es del 28,5% (27,5%-29,5%, $p=99\%$), denotando un mejor estado sanitario. La evolución de ambos grupos es similar, con defoliaciones medias anuales que difieren en valores del 3,3% al 10,1%.

Defoliación media anual (%) de los pinares afectados por muérdago. <i>Pinus halepensis</i> .												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	246	318	312	315	316	316		313	317	335	333	336
Mínimo	10,0	15,0	15,0	20,0	20,0	15,0		10,0	15,0	10,0	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	20,0	20,0	20,0	25,0	23,8		20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Percentil 10	15,0	20,0	20,0	25,0	30,0	25,0		20,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Percentil 25	20,0	25,0	23,8	30,0	35,0	30,0		25,0	25,0	30,0	25,0	25,0
Media	27,1	31,4	30,1	35,3	40,1	35,4		32,9	35,2	35,5	34,1	35,2
Interv. confianza	2,3	1,9	1,6	1,5	1,5	1,4		1,6	1,6	1,4	1,5	1,6
Desviación típica	14,3	13,1	11,0	10,6	10,4	9,6		10,7	10,8	10,2	10,9	11,2
Mediana	20,0	30,0	25,0	35,0	40,0	35,0		30,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Moda	20,0	25,0	25,0	35,0	35,0	35,0		30,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Percentil 75	30,0	35,0	35,0	40,0	45,0	40,0		40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Percentil 90	45,0	45,0	40,0	50,0	55,0	47,5		45,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Percentil 95	60,0	60,0	50,0	55,0	60,0	55,0		50,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Máximo	80,0	80,0	80,0	85,0	80,0	80,0		85,0	85,0	75,0	80,0	80,0

Defoliación media anual (%) de los pinares no afectados por muérdago. <i>Pinus halepensis</i> .												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	450	379	357	377	377	377		367	377	355	360	332
Mínimo	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		10,0	10,0	15,0	10,0	15,0
Percentil 5	15,0	15,0	19,0	20,0	20,0	15,0		15,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Percentil 10	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0		15,0	15,0	20,0	20,0	20,0
Percentil 25	20,0	20,0	20,0	20,0	25,0	20,0		20,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Media	20,8	23,5	26,7	28,1	31,5	26,8		25,2	25,1	28,5	26,7	28,5
Interv. confianza	0,6	0,9	1,0	1,1	1,2	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Desviación típica	4,6	7,0	7,6	8,4	9,4	7,9		7,7	7,5	7,1	7,6	7,1
Mediana	20,0	20,0	25,0	25,0	30,0	25,0		25,0	25,0	30,0	25,0	25,0
Moda	20,0	20,0	25,0	25,0	35,0	25,0		20,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Percentil 75	25,0	25,0	30,0	30,0	35,0	30,0		30,0	30,0	32,5	30,0	35,0
Percentil 90	25,0	30,0	35,0	40,0	40,0	35,0		35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
Percentil 95	30,0	35,0	35,0	45,0	45,0	40,0		40,0	36,0	40,0	40,0	40,0
Máximo	45,0	80,0	85,0	85,0	85,0	80,0		75,0	65,0	65,0	60,0	65,0





En el caso de los pinares de pino silvestre, pino laricio o mixtos, las tendencias son algo más irregulares, por una parte por presentar muestras bastante más pequeñas, y por otra por verse localizados los pinares afectados por muérdago en su totalidad en las altas Cinco Villas, lo que les hace muy sensibles a daños localizados, y en particular a la defoliación por procesionaria¹⁴.

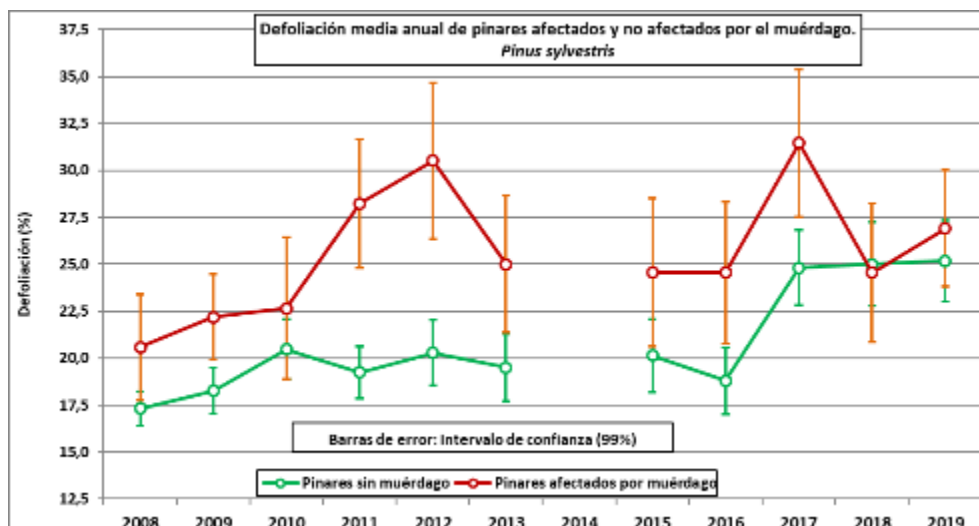
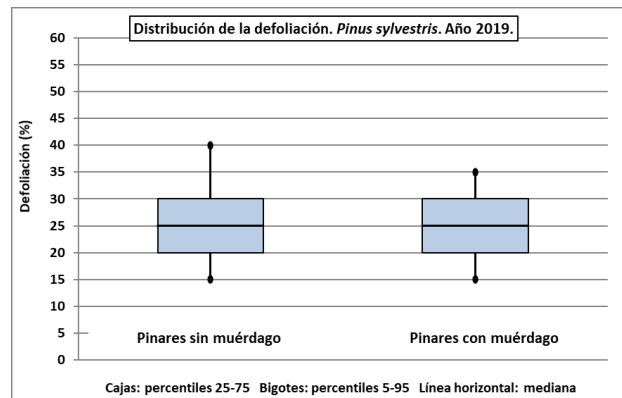
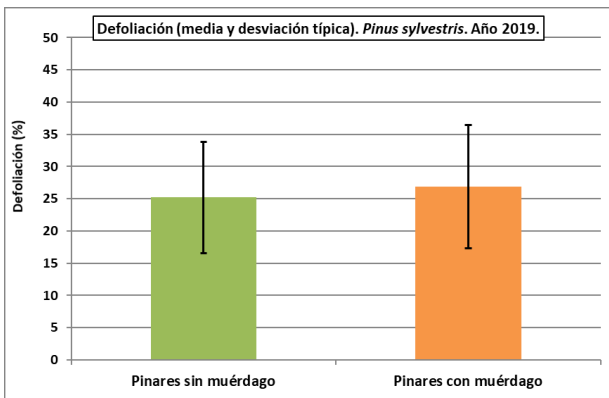
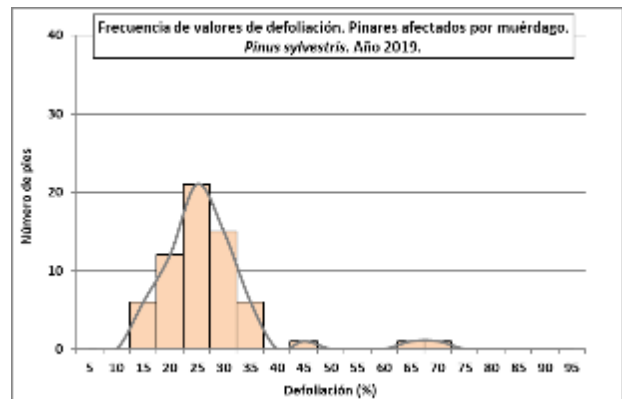
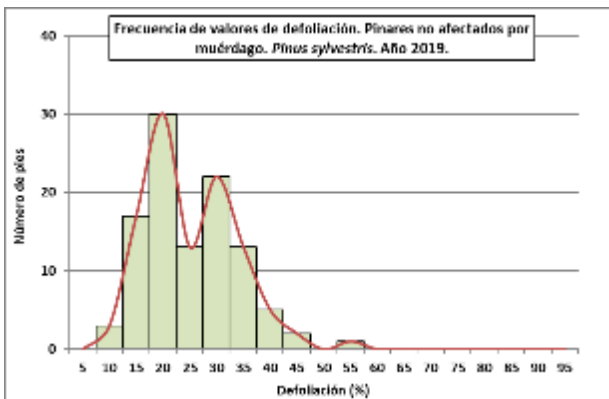
En cualquier caso tanto el pino silvestre como el pino laricio muestran que en estos pinares también es peor el estado sanitario de las masas afectadas por muérdago, con una defoliación media en 2019 del 26,9% en el caso del silvestre y del 30,5% en el del laricio, frente a valores del 25,2% y del 28,9% respectivamente en las masas no afectadas.

Sin embargo las diferencias entre masas afectadas y no afectadas alcanzan en general menores valores que en los pinares de carrasco, apareciendo incluso años en que las masas no afectadas presentan una defoliación superior a la de las afectadas.

	Defoliación media anual (%) de los pinares afectados por muérdago. <i>Pinus sylvestris</i> .											
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	26	48	47	57	57	57		56	56	55	57	63
Mínimo	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	10,0	15,0
Percentil 5	15,0	15,0	15,0	15,0	20,0	15,0		15,0	15,0	20,0	15,0	15,0
Percentil 10	15,0	15,0	15,0	20,0	20,0	15,0		15,0	15,0	25,0	15,0	20,0
Percentil 25	15,0	20,0	15,0	20,0	25,0	20,0		20,0	20,0	25,0	20,0	20,0
Media	20,6	22,2	22,7	28,2	30,5	25,0		24,6	24,6	31,5	24,6	26,9
Interv. confianza	2,8	2,3	3,8	3,4	4,1	3,6		3,9	3,8	3,9	3,7	3,1
Desviación típica	5,5	6,1	10,0	10,0	12,2	10,7		11,5	11,0	11,2	10,8	9,6
Mediana	20,0	20,0	20,0	25,0	25,0	20,0		20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
Moda	15,0	20,0	20,0	25,0	25,0	20,0		20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
Percentil 75	25,0	25,0	25,0	35,0	35,0	30,0		25,0	25,0	35,0	25,0	30,0
Percentil 90	30,0	30,0	32,0	45,0	47,0	34,0		37,5	37,5	43,0	30,0	35,0
Percentil 95	30,0	30,0	43,5	50,0	60,0	44,0		41,3	40,0	61,5	40,0	35,0
Máximo	30,0	40,0	65,0	55,0	65,0	65,0		85,0	85,0	65,0	65,0	70,0

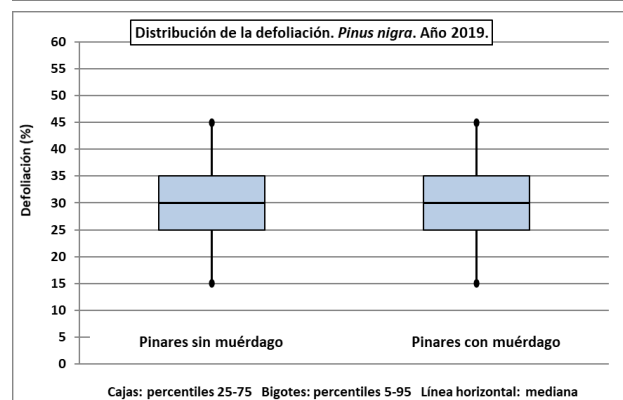
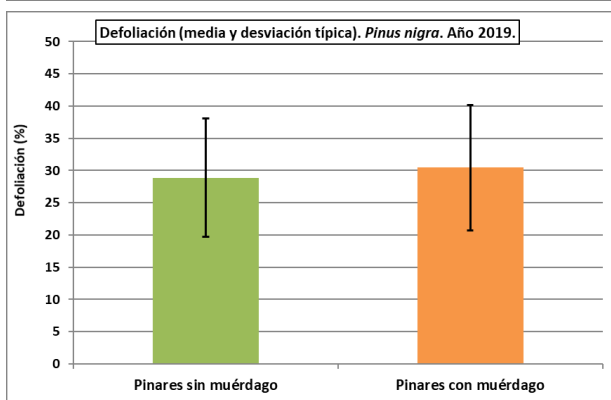
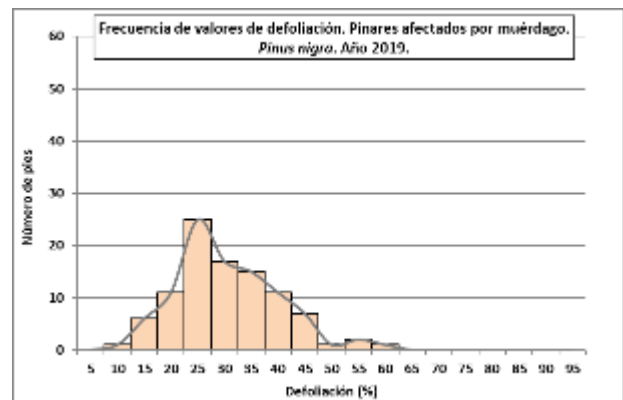
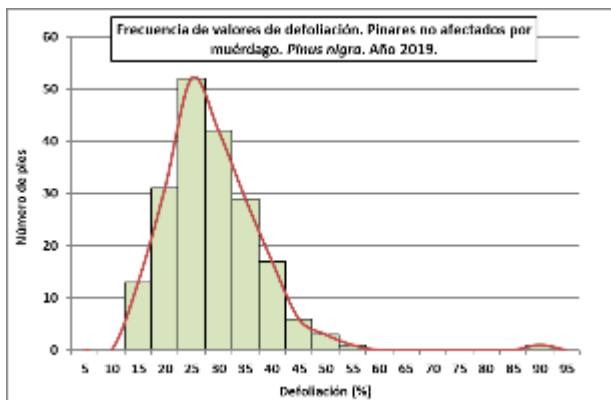
¹⁴ En los años 2008 a 2010 los únicos pies de pino laricio evaluados en las zonas con presencia de muérdago correspondían a la masa mixta de silvestre, laricio y quejigo del punto de evaluación 509017.1.A de Biel, que en los años 2009 y 2010 sufrió en los pinos graves defoliaciones por procesionaria, lo que eleva los valores para esta especie en dichos años.

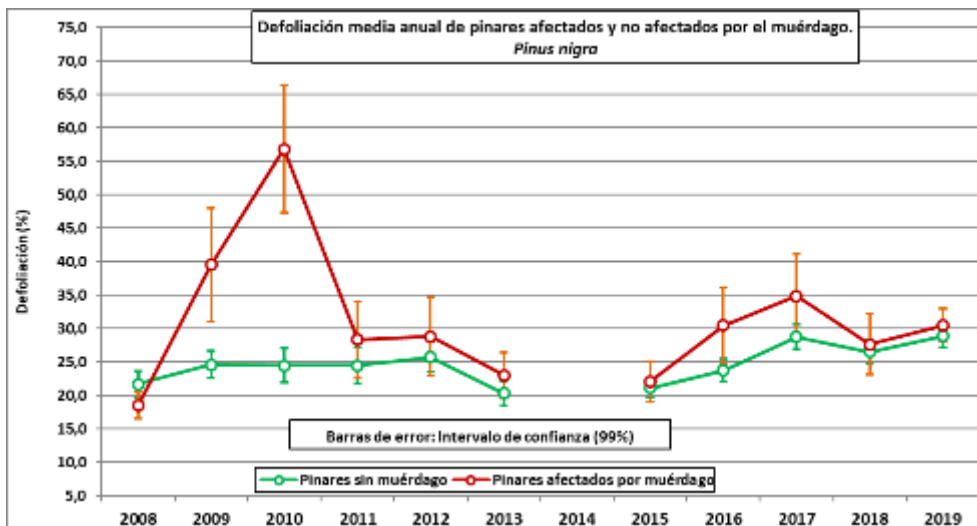
Defoliación media anual (%) de los pinares no afectados por muérdago. <i>Pinus sylvestris</i> .												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	140	118	115	105	105	111		108	108	107	99	106
Mínimo	10,0	15,0	10,0	10,0	10,0	10,0		10,0	10,0	15,0	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	15,0	13,5	10,0	11,0	10,0		10,0	10,0	15,0	15,0	15,0
Percentil 10	15,0	15,0	15,0	12,0	15,0	10,0		13,5	10,0	15,0	15,0	15,0
Percentil 25	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	20,0	20,0
Media	17,3	18,3	20,5	19,2	20,3	19,5		20,1	18,8	24,8	25,0	25,2
Interv. confianza	0,9	1,2	1,6	1,4	1,8	1,8		2,0	1,8	2,0	2,2	2,2
Desviación típica	4,2	5,1	6,7	5,6	7,0	7,3		7,9	7,2	8,0	8,6	8,6
Mediana	15,0	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0		20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
Moda	15,0	15,0	20,0	20,0	20,0	15,0		15,0	15,0	20,0	20,0	20,0
Percentil 75	20,0	20,0	25,0	20,0	25,0	20,0		25,0	20,0	30,0	30,0	30,0
Percentil 90	20,5	25,0	30,0	25,0	30,0	30,0		30,0	25,0	35,0	35,0	35,0
Percentil 95	25,0	30,0	35,0	30,0	35,0	35,0		35,0	30,0	40,0	40,5	40,0
Máximo	45,0	45,0	40,0	35,0	45,0	50,0		50,0	50,0	55,0	55,0	55,0



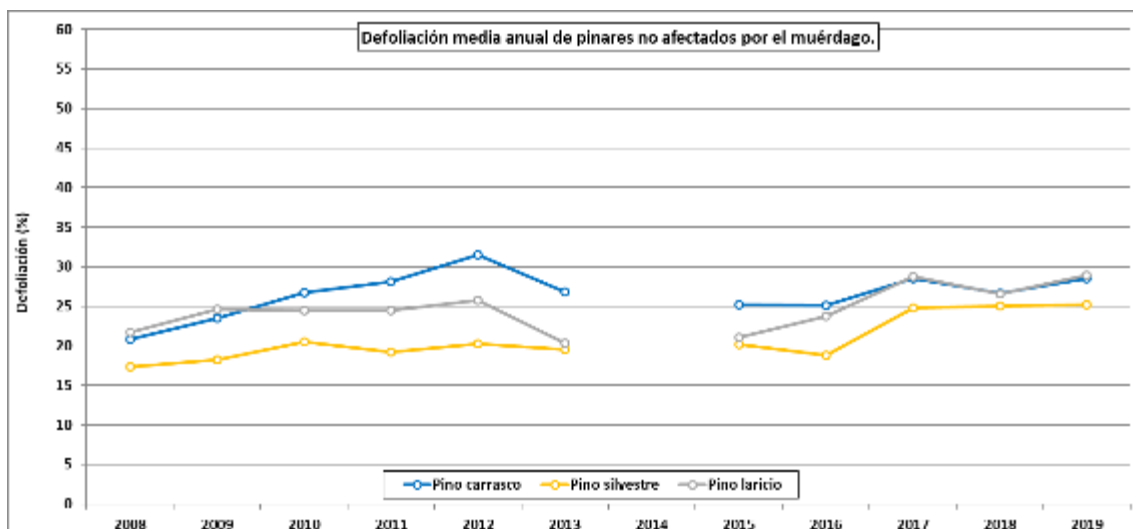
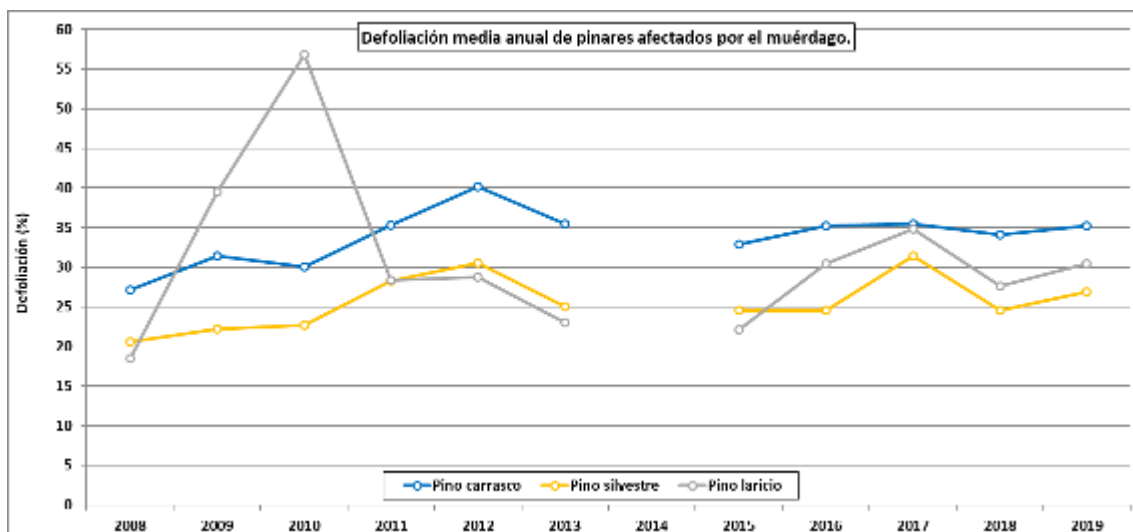
Defoliación media anual (%) de los pinares afectados por muérdago. <i>Pinus nigra</i> .												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	10	10	11	33	33	33		33	33	33	32	97
Mínimo	15,0	25,0	35,0	15,0	15,0	15,0		10,0	10,0	15,0	10,0	10,0
Percentil 5	15,0	25,0	37,5	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Percentil 10	15,0	25,0	40,0	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Percentil 25	16,3	32,5	47,5	20,0	20,0	15,0		15,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Media	18,5	39,5	56,8	28,3	28,8	23,0		22,1	30,5	34,8	27,7	30,5
Interv. confianza	2,0	8,5	9,6	5,8	5,9	3,4		3,0	5,7	6,3	4,6	2,5
Desviación típica	2,4	10,4	12,3	12,8	13,1	7,6		6,7	12,7	13,9	10,0	9,7
Mediana	20,0	40,0	60,0	25,0	25,0	20,0		20,0	30,0	30,0	27,5	30,0
Moda	20,0	40,0	65,0	20,0	20,0	20,0		15,0	35,0	30,0	30,0	25,0
Percentil 75	20,0	47,5	65,0	40,0	40,0	25,0		30,0	35,0	40,0	35,0	35,0
Percentil 90	20,0	50,5	70,0	50,0	49,0	35,0		30,0	44,0	57,0	40,0	45,0
Percentil 95	20,0	52,8	70,0	52,0	55,0	35,0		32,0	57,0	65,0	45,0	45,0
Máximo	20,0	55,0	70,0	55,0	55,0	45,0		35,0	60,0	65,0	45,0	60,0

Defoliación media anual (%) de los pinares no afectados por muérdago. <i>Pinus nigra</i> .												
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Número de datos	209	210	196	190	187	168		169	170	168	170	195
Mínimo	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0		10,0	10,0	15,0	10,0	15,0
Percentil 5	15,0	15,0	10,0	10,0	15,0	10,0		12,0	15,0	20,0	15,0	15,0
Percentil 10	15,0	15,0	12,5	15,0	15,0	15,0		15,0	15,0	20,0	15,0	20,0
Percentil 25	15,0	20,0	15,0	15,0	20,0	15,0		15,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Media	21,7	24,6	24,5	24,5	25,7	20,3		21,1	23,8	28,7	26,5	28,9
Interv. confianza	1,9	2,0	2,6	2,7	2,3	1,8		1,4	1,7	1,8	1,8	1,7
Desviación típica	10,8	11,5	13,9	14,2	12,0	8,9		6,9	8,5	9,3	9,1	9,2
Mediana	20,0	20,0	20,0	20,0	25,0	20,0		20,0	20,0	27,5	25,0	30,0
Moda	15,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0		20,0	20,0	25,0	25,0	25,0
Percentil 75	25,0	25,0	25,0	25,0	30,0	25,0		25,0	25,0	30,0	30,0	35,0
Percentil 90	30,0	40,0	45,0	45,0	45,0	30,0		30,0	30,5	40,0	35,0	40,0
Percentil 95	43,0	52,7	51,3	55,0	55,0	30,0		30,0	35,0	43,3	45,0	45,0
Máximo	70,0	85,0	95,0	95,0	75,0	90,0		60,0	65,0	90,0	80,0	90,0





Mientras que la defoliación de los pinares no afectados por muérdago es en la actualidad similar en el caso de todas las especies, los pinares de carrasco afectados alcanzan niveles de defoliación mayores que los de silvestre y laricio.

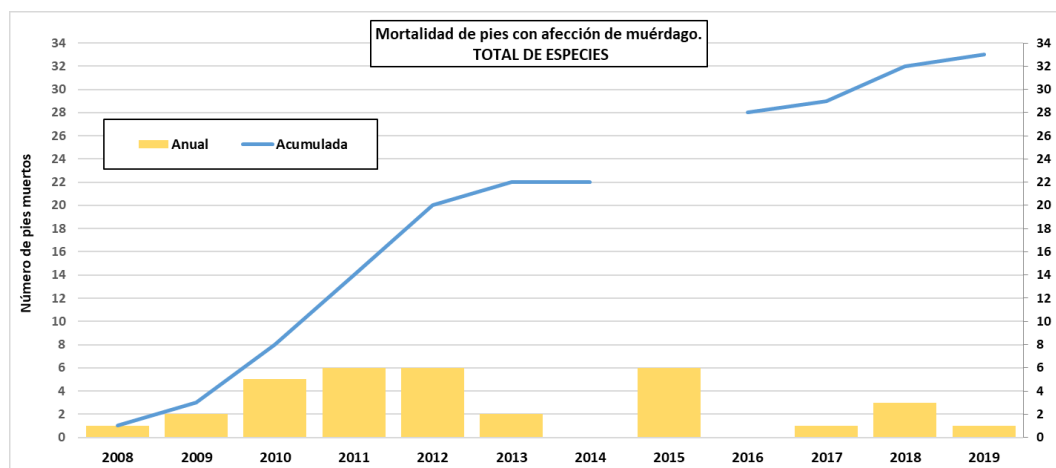


7. Mortalidad relacionada con el muérdago.

A partir de los datos de la REFMFA se puede estudiar la mortalidad relacionada con el muérdago en el período 2008-2019, a través de los pies muertos en este período que estuvieron afectados por muérdago. La muerte de estos pies no se puede achacar al muérdago de forma directa, siendo lo más probable que en ellos haya actuado como agente debilitador, propiciando la muerte por causas bióticas o fisiológicas, relacionadas con la sequía.

Entre 2008 y 2019, ambos incluidos, murieron en la REFMFA 33 pies afectados por muérdago, la gran mayoría (88%) pertenecientes a la especie *Pinus halepensis*. Al estudiar las tasas de mortalidad se debe tener en cuenta que no se tomaron datos en el año 2014, por lo que los datos del 2015 contemplan la mortalidad acumulada en los años 2014 y 2015, habiéndose repartido equitativamente entre ambos para los cálculos posteriores.

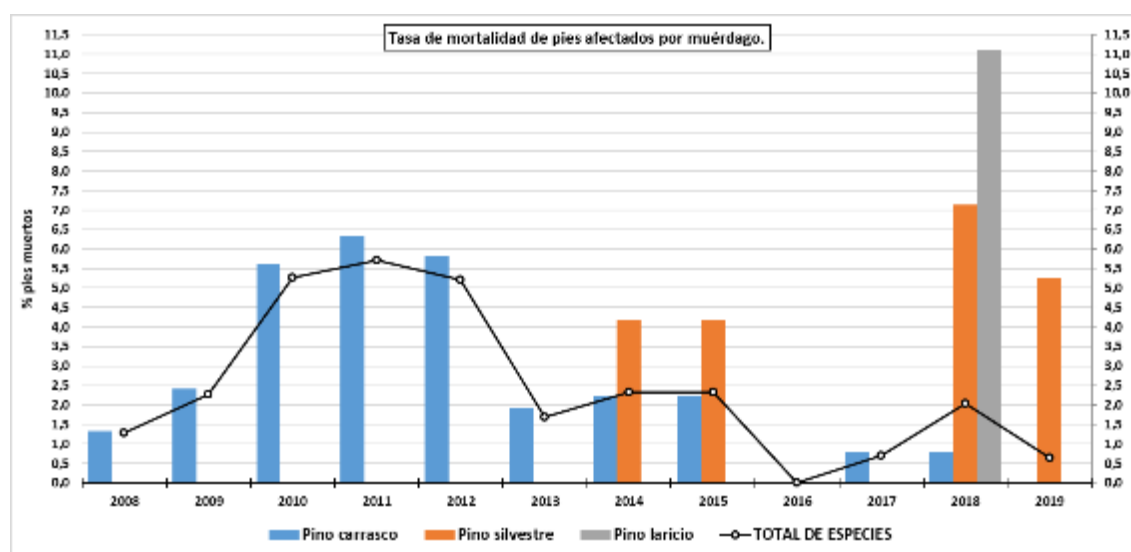
	Mortalidad anual de pies afectados por muérdago				Mortalidad acumulada de pies afectados por muérdago			
	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL
2008	1	0	0	1	1	0	0	1
2009	2	0	0	2	3	0	0	3
2010	5	0	0	5	8	0	0	8
2011	6	0	0	6	14	0	0	14
2012	6	0	0	6	20	0	0	20
2013	2	0	0	2	22	0	0	22
2014					22	0	0	22
2015	5	1	0	6				
2016	0	0	0	0	27	1	0	28
2017	1	0	0	1	28	1	0	29
2018	1	1	1	3	29	2	1	32
2019	0	1	0	1	29	3	1	33



En lo que se refiere a la mortalidad de pies afectados por muérdago, en los últimos años se han registrado tasas de mortalidad de entre el 0 y el 5,7% anual (media anual del 2,46%, con desviación típica del 1,84%). Las tasas de mortalidad máxima alcanzan el 5,7% y el 5,2% de los pies afectados, registradas en 2011 y 2012.

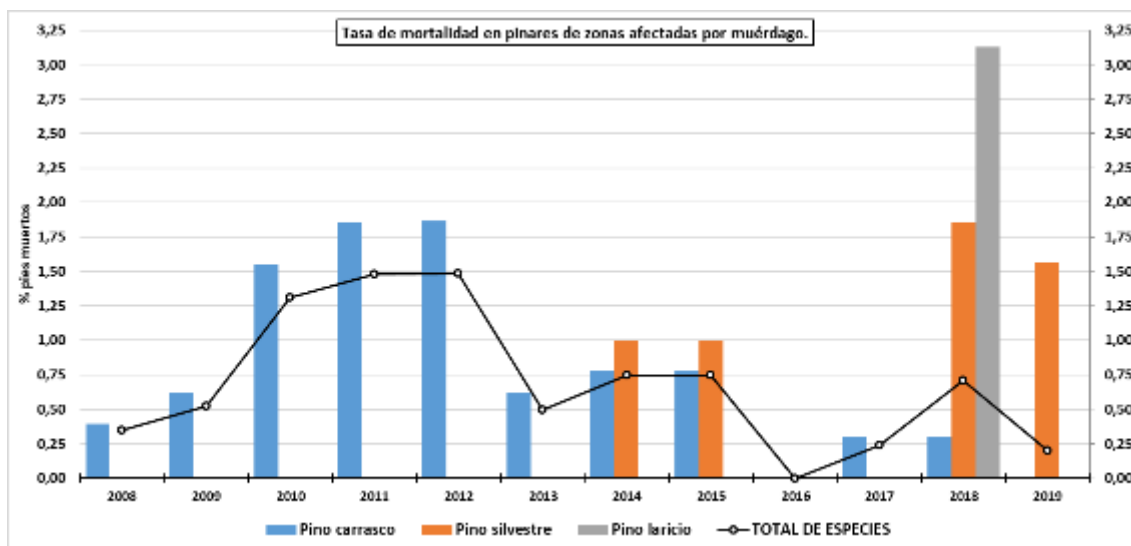
En el caso del pino carrasco la mortalidad anual llega a un máximo del 6,3% de los pies afectados, con media anual del 2,46%, con desviación típica del 2,15%. Dado el bajo número de pies afectados evaluados de pino silvestre y pino laricio, los valores hallados para estas especies no pueden considerarse suficientemente representativos.

	Pies muertos afectados por muérdago				Total pies afectados por muérdago				Tasa mortalidad pies afectados			
	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL
2008	1	0	0	1	75	3	0	78	1,333	0,000		1,282
2009	2	0	0	2	83	5	0	88	2,410	0,000		2,273
2010	5	0	0	5	89	6	0	95	5,618	0,000		5,263
2011	6	0	0	6	95	8	2	105	6,316	0,000	0,000	5,714
2012	6	0	0	6	103	10	2	115	5,825	0,000	0,000	5,217
2013	2	0	0	2	105	11	2	118	1,905	0,000	0,000	1,695
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	2,232	4,167	0,000	2,326
2015	5	1	0	6	112	12	5	129	2,232	4,167	0,000	2,326
2016	0	0	0	0	117	11	6	134	0,000	0,000	0,000	0,000
2017	1	0	0	1	122	12	7	141	0,820	0,000	0,000	0,709
2018	1	1	1	3	124	14	9	147	0,806	7,143	11,111	2,041
2019	0	1	0	1	124	19	13	156	0,000	5,263	0,000	0,641
Media anual									2,458	1,728	1,235	2,457
Desv. típica									2,148	2,543	3,492	1,842



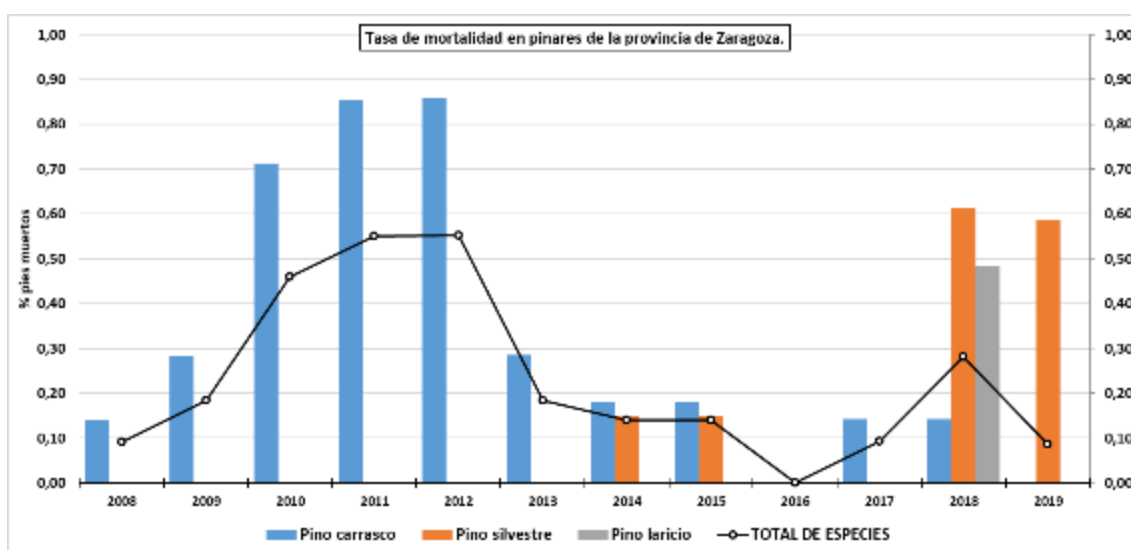
Si se toma como referencia el total de pinos evaluados en los puntos afectados se puede hallar una tasa de mortalidad correspondiente a los pinares de las zonas donde el muérdago está presente, y que para el total de especies asciende a un valor medio anual del 0,69%, con desviación típica del 0,48% y valor máximo anual del 1,49%.

	Pies muertos afectados por muérdago				Total pinos en las parcelas afectadas				Tasa mortalidad en zonas afectadas			
	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL
2008	1	0	0	1	252	26	10	288	0,397	0,000		0,347
2009	2	0	0	2	324	48	10	382	0,617	0,000		0,524
2010	5	0	0	5	323	48	10	381	1,548	0,000		1,312
2011	6	0	0	6	323	50	32	405	1,858	0,000	0,000	1,481
2012	6	0	0	6	322	50	32	404	1,863	0,000	0,000	1,485
2013	2	0	0	2	320	50	32	402	0,625	0,000	0,000	0,498
2014	-	-	-	-					0,784	1,000	0,000	0,748
2015	5	1	0	6	319	50	32	401	0,784	1,000	0,000	0,748
2016	0	0	0	0	318	50	32	400	0,000	0,000	0,000	0,000
2017	1	0	0	1	337	52	32	421	0,297	0,000	0,000	0,238
2018	1	1	1	3	337	54	32	423	0,297	1,852	3,125	0,709
2019	0	1	0	1	337	64	97	498	0,000	1,563	0,000	0,201
Media anual									0,756	0,451	0,347	0,691
Desv. típica									0,632	0,673	0,982	0,479



Por fin, si se refieren los datos al total de pinos evaluados, se obtiene una tasa de mortalidad provincial, que para el total de especies asciende a un valor medio anual del 0,23%, con desviación típica del 0,18% y valor máximo anual del 0,55%.

	Pies muertos afectados por muérdago				Total pinos en la REFMA de Zaragoza				Tasa mortalidad provincial			
	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL	Pino carrasco	Pino silvestre	Pino laricio	TOTAL
2008	1	0	0	1	706	166	219	1.091	0,142	0,000		0,092
2009	2	0	0	2	703	166	220	1.089	0,284	0,000		0,184
2010	5	0	0	5	701	165	222	1.088	0,713	0,000		0,460
2011	6	0	0	6	702	162	224	1.088	0,855	0,000	0,000	0,551
2012	6	0	0	6	700	162	224	1.086	0,857	0,000	0,000	0,552
2013	2	0	0	2	698	168	224	1.090	0,287	0,000	0,000	0,183
2014	-	-	-	-					0,179	0,149	0,000	0,140
2015	5	1	0	6	697	168	204	1.069	0,179	0,149	0,000	0,140
2016	0	0	0	0	696	164	206	1.066	0,000	0,000	0,000	0,000
2017	1	0	0	1	697	165	206	1.068	0,143	0,000	0,000	0,094
2018	1	1	1	3	697	163	207	1.067	0,143	0,613	0,483	0,281
2019	0	1	0	1	697	171	293	1.161	0,000	0,585	0,000	0,086
Media anual									0,315	0,125	0,054	0,230
Desv. típica									0,299	0,219	0,152	0,181



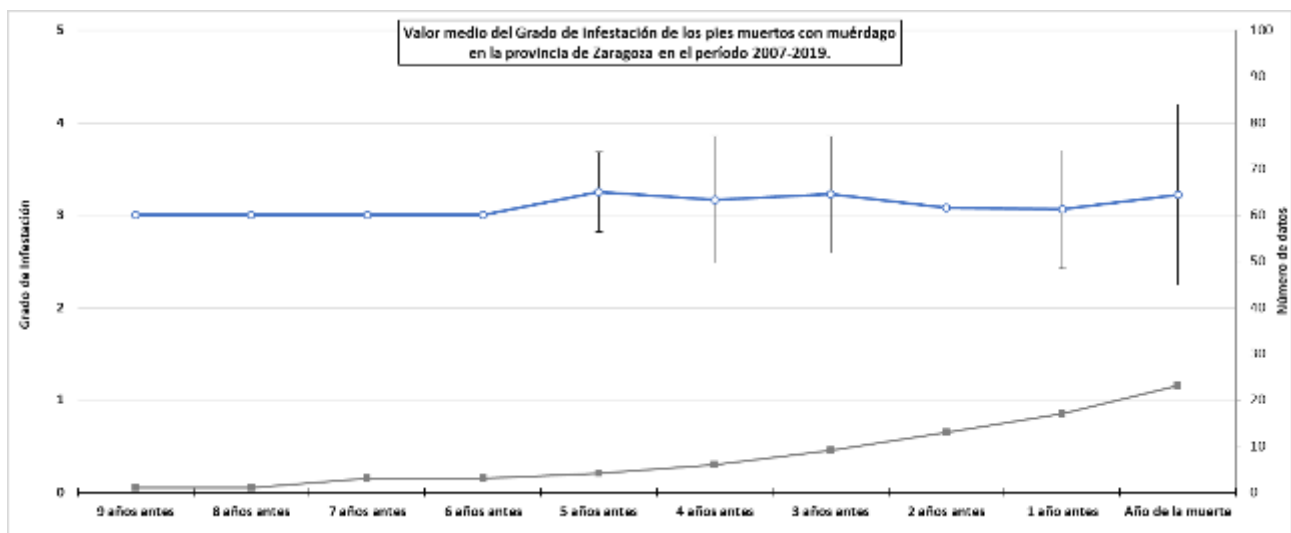
Los pies muertos presentaban diámetros normales entre 3 y 38 cm, con alturas entre 1,7 y 19,0 m. El diámetro medio de los pies muertos es de 19,8 cm, y la altura media es de 9,1 m.

A través de la relación entre la altura del pie muerto y la altura media del punto de evaluación se han dividido los pies en tres clases sociológicas: dominantes si $h_i > 1,15 H_m$, codominantes si $0,9 H_m < h_i < 1,15 H_m$, y dominados si $h_i < 0,9 H_m$. De esta manera se comprueba que la gran mayoría de los pies muertos eran pies codominantes, en tanto que la menor proporción corresponde a pies dominados.

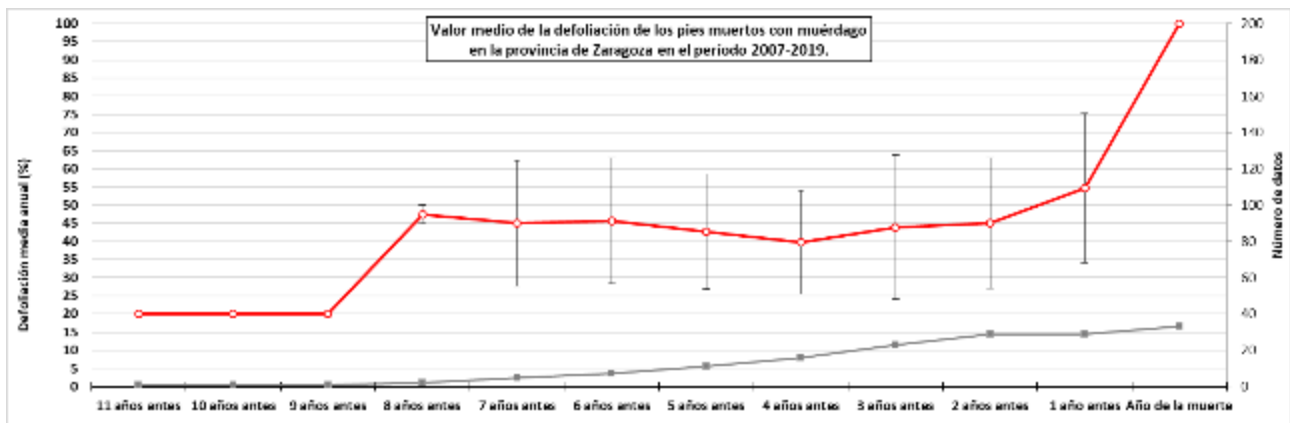
	Número de pies muertos					Diámetro medio (cm)				Altura media (cm)			
	Ph	Ps	Pn	Total	%	Ph	Ps	Pn	Total	Ph	Ps	Pn	Total
Dominante	7	3	0	10	30,3	20,9	22,0		22,0	10,1	14,0		11,3
Codominante	19	0	1	20	60,6	19,3		38,0	20,2	8,5		12,5	8,7
Dominado	3	0	0	3	9,1	9,7			9,7	3,9			3,9
Total	29	3	1	33		18,7	24,7	38,0	19,8	8,4	14,0	12,5	9,1

La mortalidad no se produce en general a partir de los pies que muestran mayor afección: los pies muertos durante el período estudiado presentaban a su comienzo mayoritariamente afecciones moderadas o bajas. El índice de Hawksworth medio de los pies muertos se sitúa en un valor de 3,13 correspondiente a un grado de afección moderado.

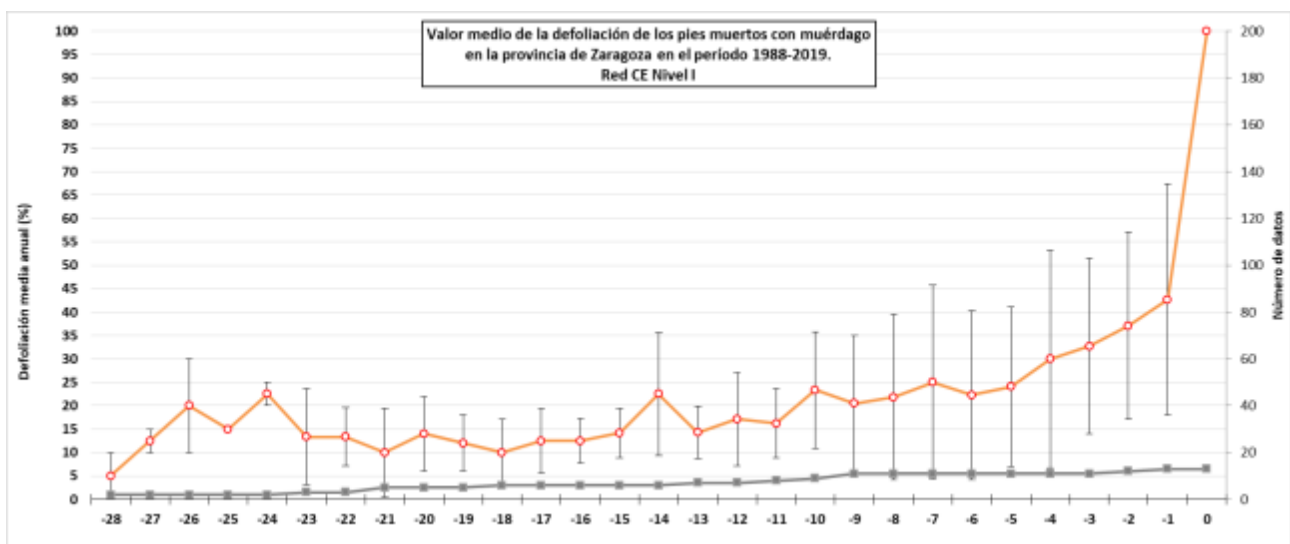
El comportamiento del grado de afección los años anteriores a la muerte del pie muestra que en general no se produce un agravamiento paulatino, sino que la situación se mantiene relativamente constante. De media los pies se mantienen con un grado de afección moderado hasta el momento de su muerte, tal como muestra el gráfico siguiente (las barras de error representan la desviación típica).



Si se analiza cuál es la evolución de la defoliación media anual de estos pies, utilizando esta como indicador de la vitalidad de los mismos, se comprueba que estos pies se mantienen durante años con valores de defoliación moderados-graves, en el entorno del 25% al 55%, con un ligero agravamiento en los últimos años. Parece que una vez superado el 50% de defoliación el árbol tiene ya altas probabilidades de morir, si bien se puede mantener años por encima de ese valor.



En todos los resultados tiene bastante peso la mortalidad ocurrida en el punto de evaluación 502758.1.A de Valmadrid, afectado por un incendio en 2009, dejando a los árboles gravemente afectados, y que reúne el 48% del total de pies muertos. Para reforzar el resultado anterior se ha estudiado también el comportamiento del vigor de los pies muertos en la Red CE nivel I, que con una serie de datos mucho más larga (si bien con escaso número), muestran, al igual que los árboles muertos en la REFMFA, una pérdida de vigor algo acusada únicamente los años más próximos a la muerte del pie.



Como se ha dicho la muerte de estos pies no se puede achacar al muérdago de forma directa, sino que probablemente este ha actuado como agente debilitador, propiciando una mayor gravedad de la afección de otros agentes bióticos, y agravando los efectos de la sequía y la procesionaria.

Únicamente 3 de los 33 pies muertos, un 9%, no registraron otro tipo de daños el año de la muerte o años anteriores, siendo el muérdago el único agente patógeno.

En 19 casos (58%) los árboles fueron afectados por escolítidos (*Tomicus destruens*, *T. piniperda* y *Orthomicus sp.*, se incluyen también los perforadores sin identificar) en el año de la muerte o inmediatamente anteriores. Este resultado es muy influenciado por el historial de los árboles muertos en Valmadrid, de forma que en este punto, de los 16 árboles muertos, 13 de ellos (81%) fueron afectados por escolítidos, en un comportamiento normal del pino carrasco afectado por fuego (Bordón et al., 2012). De esta forma en los pies no afectados previamente por fuego, aparecieron daños por escolítidos en 6 casos de 17, un 35%. Llama la atención que los escolítidos en su gran mayoría aparecen el año de la muerte y/o el año anterior, de forma que siendo los causantes últimos de la muerte, seguramente encuentran los árboles que ya presentan muy altos grados de debilitamiento.

Los daños por viento han sucedido en 7 pies (21% del total), pero aún más concentrados en Valmadrid, donde 6 pies sufrieron daños por viento, por lo que la proporción en los pies no quemados es del 6%.

En 14 árboles (42%) se registraron daños causados por la sequía (incluye daños por golpe de calor), con especial asiduidad en Caspe.

La procesionaria afectó a 7 pies (un 21%), destacando los pies muertos en Urriés y Salvatierra de Esca, que mostraron daños 3 y 5 años, en consonancia con el comportamiento de la plaga en esta zona en el último decenio, y en los que el debilitamiento causado por el lepidóptero pudo estar relacionado con su muerte.

La competencia afectó a 12 pies, 10 de ellos situados en Valmadrid, y los daños aparecieron antes del incendio, por lo que no parece un factor relacionado con la muerte de los pies con muérdago. Otros agentes de menor entidad, y seguramente sin relación con la muerte de los pies fueron encontrados en 6 árboles.

Se detectó en tres pies (9%) el año de su muerte la presencia de *Monochamus galloprovincialis*, sin relación causal ya que coloniza a árboles moribundos o muertos, pero con importancia por ser vector del nematodo del pino. Todos los pies estaban situados en término municipal de Zuera.

Agentes de daños	Nº de pies	%
Fuego, sequía, escolítidos y viento	1	3,0
Fuego, sequía y escolítidos	1	3,0
Fuego y sequía	1	3,0
Fuego, competencia, escolítidos y viento	2	6,1
Fuego, competencia y escolítidos	8	24,2
Fuego, escolítidos y viento	1	3,0
Fuego y viento	2	6,1
Sequía, competencia y procesionaria	1	3,0
Sequía, escolítidos y procesionaria	3	9,1
Sequía y escolítidos	1	3,0
Sequía y procesionaria	5	15,2
Sequía	1	3,0
Competencia y escolítidos	1	3,0
Escolítidos y procesionaria	1	3,0
Viento	1	3,0
Sin daños	3	9,1

La evaluación de hasta qué punto el muérdago eleva la tasa de la mortalidad en los pinares afectados es compleja debido a que las principales causas de muerte de árboles en la REFMFA son las cortas y los incendios. Puesto que la evaluación se realiza en puntos de pequeño tamaño estas perturbaciones suelen afectarlos en su totalidad disparando los valores medios de cualquier tipo de agrupación que se haga, cuando realmente se trata de fenómenos locales de no más de centenares o miles de hectáreas. Por ello las conclusiones siguientes se deben tomar con mucha precaución, siendo necesarios otros métodos de estudio para caracterizar las diferencias de mortalidad debidas al muérdago.

Para realizar esta evaluación se han descontado los pies muertos como resultados de cortas, pero no los muertos en incendios o como consecuencia de los mismos. El total de pies muertos evaluados en la REFMFA entre 2008 y 2019 es de 210, 56 de los cuales (26,7%) fueron apeados. El fuego fue la causa directa de la muerte de 46 pies (21,9%), en tanto que los pies muertos como consecuencia de la afección del fuego y la participación de agentes secundarios fueron 27 (12,9%)

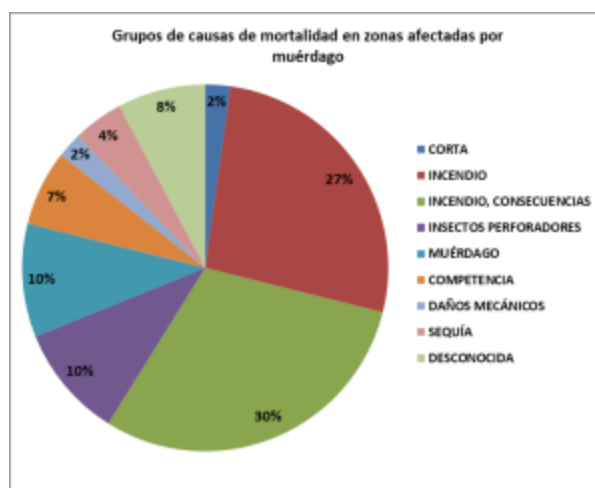
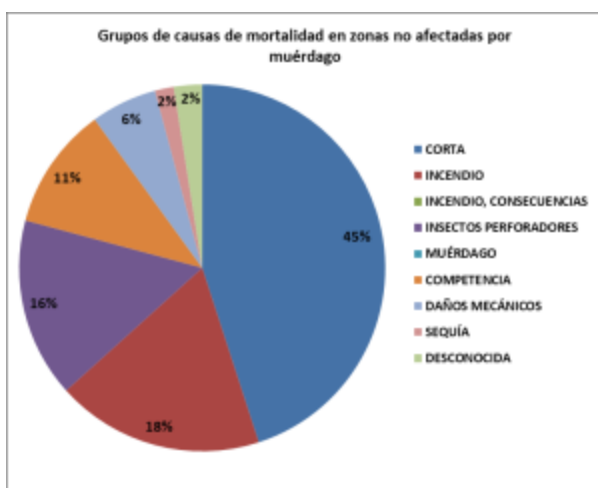
Se han separado los pies muertos en dos grupos, representando las zonas afectadas y no afectadas por el muérdago. Para ello se considera para cada año la zona afectada por muérdago la representada por los puntos de evaluación en los que aparecen pies afectados.

En el caso de la zona afectada por el muérdago se han separado los pies muertos con muérdago de los que no presentaban muérdago.

Como causa de la muerte se relacionan los daños que se consideraron graves en el año de la muerte del pie, si bien en el caso de pies afectados por incendios, se considera este uno de los factores causales aunque se produjeran los daños años antes de la muerte.

Por fin, para referir la tasa de mortalidad se emplea la suma del número de pies evaluados de pino carrasco, pino silvestre y pino laricio en los puntos de evaluación incluidos en cada zona. No se separa en especies dada la mínima muestra de pies muertos de silvestre y laricio.

GRUPO CAUSAS	Causa muerte	Zona no afectada por muérdago	Zona afectada por muérdago		TOTAL
			Pies sin muérdago	Pies con muérdago	
CORTA	Apeo	54	0	2	56
INCENDIO	Fuego	22	24	0	46
INCENDIO, CONSECUENCIAS	Afectado por incendio. Derribado por viento	0	2	4	6
	Afectado por incendio. Tronchado por viento.	0	0	2	2
	Afectado por incendio. Tomicus sp	0	9	10	19
INSECTOS PERFORADORES	<i>Ips acuminatus</i>	1	0	0	1
	<i>Ips sexdentatus</i>	5	0	0	5
	<i>Tomicus sp.</i>	2	0	0	2
	<i>Orthotomicus sp.</i>	0	1	1	2
	<i>Pissodes castaneus</i>	1	0	0	1
	<i>Pissodes castaneus</i> y competencia	2	0	0	2
	Perforador sin identificar	7	5	1	13
	Perforador sin identificar y competencia	1	1	0	2
MUÉRDAGO	Muérdago	0	0	4	4
	Muérdago y sequía	0	0	3	3
	Muérdago y <i>Tomicus sp.</i>	0	0	2	2
COMPETENCIA	Competencia	10	5	0	15
	Competencia y sequía	2	1	0	3
	Competencia y <i>Tomicus sp.</i>	1	0	0	1
DAÑOS MECÁNICOS	Rotura	0	1	0	1
	Rotura por nieve	6	0	0	6
	Rotura por viento	1	1	0	2
SEQUÍA	Sequía	1	0	0	1
	Sequía y competencia	0	2	0	2
	Sequía y muérdago	0	0	2	2
	Sequía y perforador sin identificar	1	0	0	1
DESCONOCIDA	Desconocida	3	5	2	10
TOTAL		120	57	33	210
Total sin cortas		66	57	31	154





AÑO	PIES MUERTOS (sin cortas)			PIES EVALUADOS			TASA MORTALIDAD (%)		
	Zona no afectada por muérdago	Zona afectada por muérdago	Total	Zona no afectada por muérdago	Zona afectada por muérdago	Total	Zona no afectada por muérdago	Zona afectada por muérdago	Total
2008	3	7	10	803	288	1091	0,374	2,431	0,917
2009	0	6	6	707	382	1089	0,000	1,571	0,551
2010	2	11	13	707	381	1088	0,283	2,887	1,195
2011	3	8	11	683	405	1088	0,439	1,975	1,011
2012	5	9	14	682	404	1086	0,733	2,228	1,289
2013	24	4	28	688	402	1090	3,488	0,995	2,569
2014							0,299	0,623	0,421
2015	4	5	9	668	401	1069	0,299	0,623	0,421
2016	4	1	5	666	400	1066	0,601	0,250	0,469
2017	5	5	10	647	421	1068	0,773	1,188	0,936
2018	10	6	16	644	423	1067	1,553	1,418	1,500
2019	6	26	32	663	498	1161	0,905	5,221	2,756
						Media	0,812	1,784	1,170
						Desv típica	0,933	1,345	0,783

El principal resultado obtenido es que la tasa de mortalidad media anual en pinares de carrasco, silvestre y laricio afectados por muérdago se eleva al 1,78%, frente a la tasa del 0,81% de los pinares no afectados.

En las zonas afectadas por muérdago el número de pies muertos con muérdago en el total del período representa el 35,2% del total de pies muertos, muy similar a la proporción actual de pies afectados, que se eleva al 31,3%.

Del total de pies muertos con muérdago se considera que el 48% de las muertes se deben a causas relacionadas con el decaimiento de las masas, siendo su muerte el resultado de la conjunción de muérdago, sequía y escolítidos, interviniendo en la muerte dos o tres de los factores mencionados.

Sin embargo el 52% de los pies murieron como consecuencia de los daños y el debilitamiento por fuego, seguido de la afección de escolítidos o de roturas provocadas por el viento, sin que este grupo se pueda considerar al muérdago como un agente directamente causal. Cuestión diferente es que seguramente algunos de estos pies podrían haber muerto sin el concurso del fuego, así como el posible papel del decaimiento en la modificación del régimen de incendios. En este sentido, como se verá posteriormente, el muérdago se encuentra extendido en las zonas de la provincia donde se ha registrado grandes incendios, por lo que los condicionantes climáticos podrían dar como resultado una cierta relación entre ambas variables.

8. El muérdago en el Tercer Inventario Forestal Nacional.

En los años 2004 y 2005 se realizaron los trabajos de campo del Tercer Inventario Forestal Nacional en la provincia de Zaragoza. Estos trabajos supusieron la medición de 19.395 árboles con diámetro mayor de 7,5 cm., localizados en 1.407 parcelas, que se distribuyen en una malla de 1 km x 1 km. En la realización del inventario¹⁵ se tomaron datos de daños fitosanitarios de los árboles, contemplando al muérdago entre los agentes. La importancia de los daños fue valorada en una escala de 0 a 3, con el siguiente significado: 0: sin daños, 1: pequeña, 2: mediana, 3: grande.

De esta forma, a partir de esta información se puede conseguir una imagen muy completa de la situación de los pinares¹⁶ de pino silvestre, pino laricio y pino carrasco, o mezclas entre ellos, para el año 2005, que lamentablemente no ha sido renovada debido al enorme retraso del IFN 4 en Aragón.

En la base de datos de pies mayores se han seleccionado todos los pies de pino silvestre, pino laricio, pino carrasco y pino rodeno (especie de la que no aparece ninguno) afectados por muérdago, que suman un total de 1.073 pies, que se localizan en un total de 260 parcelas, que constituyen la muestra de pies y parcelas afectados por el muérdago. En estas 260 parcelas se seleccionan también los pies de pino silvestre, pino laricio, pino carrasco y pino rodeno no afectados por el muérdago, que suman un total de 1.587 pies, que constituyen la muestra de pies no afectados en zonas afectadas por el muérdago.

Composición parcela (especies hospedantes)	Valores en zonas afectadas por el muérdago				
	Número de parcelas	Pies con muérdago	Pies sin muérdago	Total	%afección
Pino carrasco	221	928	1.171	2.099	44,2
Pino carrasco y silvestre	1	2	11	13	15,4
Pino laricio	2	3	22	25	12,0
Pino laricio y silvestre	1	1	7	8	12,5
Pino laricio, carrasco y rodeno	1	1	17	18	5,6
Pino laricio, silvestre y carrasco	1	1	16	17	5,9
Pino silvestre	27	110	279	389	28,3
Pino silvestre y laricio	5	25	48	73	34,2
Pino silvestre, carrasco y laricio	1	2	16	18	11,1
TOTAL	260	1.073	1.587	2.660	40,3

Aunque existe una gran disparidad en el tamaño de la muestra según la composición específica de los pinares, lo que en general hace que no se van a separar los datos por especies en este estudio, el primer resultado a destacar es la diferente afección del muérdago en las zonas en las que aparece según la especie principal de los pinares, que varía entre el 8,8% de los pinares de laricio y el 44,0% de los pinares de carrasco.

	Valores en zonas afectadas por el muérdago				
	Número de parcelas	Pies con muérdago	Pies sin muérdago	Total	% Pies afectados
Pinar de carrasco	222	930	1.182	2.112	44,0
Pinar de laricio	5	6	62	68	8,8
Pinar de silvestre	33	137	343	480	28,5
Total					

¹⁵ Tragsatec. *3er Inventario Forestal Nacional. Descripción de los códigos de la base de datos de campo.*

¹⁶ Por reducción se habla de pinares, a los que corresponden la gran mayoría de las parcelas, pero se incluyen también otras formaciones donde están presentes estas especies.

Por último, en la misma base de datos se han seleccionado todos los pies de pino silvestre, pino laricio, pino carrasco y pino rodeno de los que hay datos fitosanitarios¹⁷ y no se localizan en las parcelas anteriores. Se trata de 9.554 árboles, localizados en 600 parcelas, que constituyen la muestra de pies y parcelas no afectados por el muérdago.

La mayor intensidad del muestreo permite contemplar mejor la afección, de forma que se confirma que en la provincia seguramente no existe afección del muérdago en pino rodeno, pero se matiza que la afección a pino laricio aparecía ya en 2005, si bien muy moderada, afectando únicamente al 4,2% de las parcelas donde aparece esta especie, en las que afectaba al 8,8% de los pies, valores tan bajos que no habían sido detectados en las redes de menor intensidad.

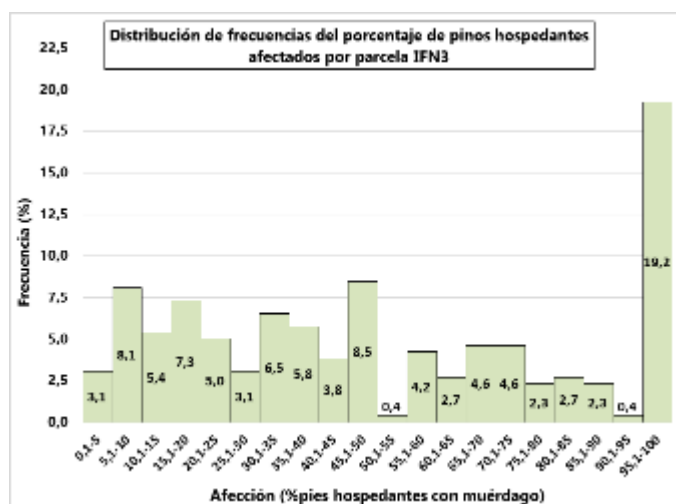
En el caso del pino rodeno únicamente apareció muérdago (y sobre pino laricio) en una parcela de pinar de laricio con presencia de pino silvestre y pino rodeno, no apareciendo en pinares cuya especie principal es el rodeno.

	Parcelas con afección de muérdago	Parcelas sin afección de muérdago	Total parcelas consideradas	% parcelas afectadas
Pinar de carrasco	222	328	550	40,4
Pinar de laricio	5	114	119	4,2
Pinar de silvestre	33	80	113	29,2
Pinar de rodeno	0	78	78	0,0
total	260	600	860	30,2

La proporción de pies afectados a nivel provincial mostró que la afección en el pino carrasco (14,5%) doblaba a la del pino silvestre (7,5%), las dos especies más afectadas de la provincia, en tanto que en 2005 era escasísima la afección a pino laricio (0,3%). Para el total de especies hospedantes la proporción de pies afectados fue del 8,8%.

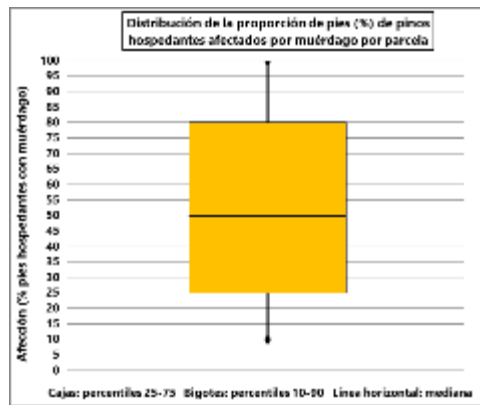
	Pino silvestre	Pino carrasco	Pino laricio	Pino rodeno	Total pinos hospedantes
Número de pies con muérdago en zonas afectadas	136	930	7	0	1.073
Número de pies sin muérdago en zonas afectadas	334	1.190	59	4	1.587
Numero de pies en zonas no afectadas	1.333	4.255	2.213	1.753	9.554
Número de pies total considerados	1.803	6.375	2.279	1.757	12.214
Proporción de pies afectados (%)	7,5	14,5	0,3	0,0	8,8

La proporción de pies de especies hospedantes afectados por parcela varía entre el 3,1% y el 100%, destacando que el 19,2% de las parcelas afectadas mostraron afecciones mayores del 95,1%. Descontando esta categoría la mayoría de las parcelas presentaron afecciones de entre el 5% y el 50% de los pies hospedantes. La media de afección se situó en el 51,3% de los pies hospedantes.

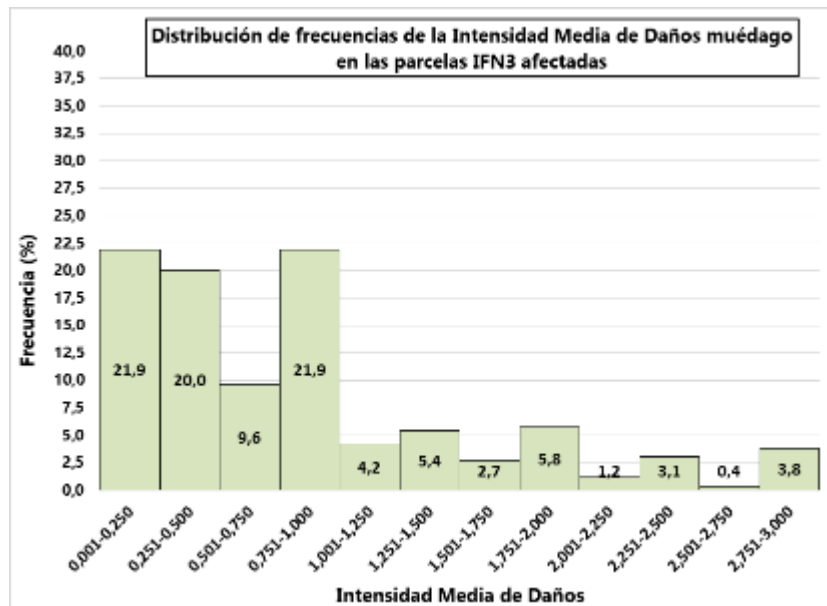


¹⁷ Existen parcelas del IFN3 donde no se tomaron datos fitosanitarios (parcelas de la clase A3C).

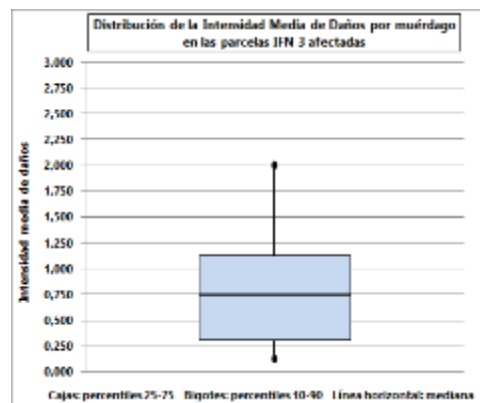
Afección por parcela IFN3 (% pies hospedantes con muérdago)	
Número de datos	260
Mínimo	3,1
Percentil 10	10,0
Percentil 25	24,8
MEDIA	51,6
DESVIACIÓN TÍPICA	32,4
MEDIANA	50,0
Percentil 75	80,0
Percentil 90	100,0
Máximo	100,0



A partir de los datos de importancia del daño tomados en el IFN 3 se puede estimar una intensidad media de daños (IMD) por muérdago, al modo de lo hecho en la REFMA, referida al total de pinos hospedantes de cada parcela. El 73,5% de las parcelas presentaron una IMD menor de 1, y únicamente el 8,5% de las parcelas mostraron una IMD mayor de 2. La media por parcela afectada de este parámetro se situó en un valor de 0,889.



Intensidad Media de Daños por muérdago en parcelas IFN3 afectadas	
Número de datos	260
Mínimo	0,031
Percentil 10	0,125
Percentil 25	0,314
MEDIA	0,889
DESVIACIÓN TÍPICA	0,556
MEDIANA	0,707
Percentil 75	1,122
Percentil 90	2,000
Máximo	3,000



9. Mapas de distribución del muérdago en la provincia.

En general en la provincia de Zaragoza el muérdago se localiza en la depresión del Ebro, sobre masas de pino carrasco, y en el prepirineo de las Cinco Villas, sobre masas de carrasco, laricio y silvestre. No existen aún masas afectadas en el Sistema Ibérico¹⁸.

En el caso de los pinares de carrasco afectados la proporción de pies con muérdago varía en 2019 entre el 5,6% y el 95,2%. Las afecciones más graves, con más del 50% de los pies afectados, se producen en Zuera, Valmadrid, Caspe, Mequinenza, Leciñena y Monegrillo.

		Proporción de pies afectados por año en puntos REFMA											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502989.2.A	Zuera	87,0	87,0	87,0	87,0	90,9	90,9		95,5	95,2	95,2	95,2	95,2
502758.1.A	Valmadrid	50,0	50,0	50,0	58,3	75,0	72,7		76,2	76,2	76,2	76,2	76,2
500747.2.A	Caspe	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	66,7	66,7
501703.1.A	Monegrillo	47,8	47,8	52,2	52,2	52,2	56,5		56,5	56,5	60,9	65,2	65,2
502989.1.A	Zuera	33,3	33,3	45,8	50,0	50,0	54,2		62,5	58,3	62,5	62,5	62,5
501651.1.A	Mequinenza	38,1	42,9	50,0	50,0	50,0	50,0		50,0	55,0	60,0	60,0	60,0
501377.1.A	Leciñena	17,4	21,7	26,1	30,4	34,8	43,5		47,8	52,2	52,2	52,2	52,2
501020.1.A	Fabara	4,2	12,5	12,5	16,7	16,7	16,7		29,2	41,7	41,7	41,7	41,7
502528.1.A	Tauste	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	17,4		21,7	21,7	26,1	30,4	30,4
501651.3.A	Mequinenza	13,6	18,2	18,2	13,6	13,6	13,6		13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
502409.1.A	Sástago		4,2	4,2	8,3	12,5	12,5		12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
501651.2.A	Mequinenza	11,1	11,1	11,1	11,1	16,7	11,1		11,1	11,1	10,5	10,5	10,5
501514.1.A	Luna		4,2	4,2	4,2	8,3	8,3		4,2	4,2	4,2	8,3	8,3
501895.1.A	Nonaspe		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2		4,2	8,3	8,3	8,3	8,3
502647.1.A	Tosos	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2		4,2	8,3	8,3	8,3	8,3
501092.1.A	El Frago										5,6	5,6	5,6
TOTAL		29,8	25,9	27,9	29,4	32,0	32,8		35,1	36,8	36,2	36,8	36,8

Las masas de pino silvestre afectadas (en ocasiones en mezcla con pino laricio, como en Biel, Longás y Luesia, y en otras con pino carrasco, como en El Frago) presentan desde puntos de evaluación sin afección a esta especie hasta afecciones del 75% de los pies.

		Proporción de pies afectados por año en puntos REFMA											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
501443.1.B	Longás												75,0
502105.1.A	Los Pintanos											50,0	50,0
502702.1.A	Urriés				0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	50,0
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	20,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0		40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
502323.1.A	Salvatierra de Esca	9,5	9,5	9,5	9,5	19,0	19,0		23,8	23,8	23,8	28,6	28,6
509017.2.A	Biel-Fuencalderas		4,5	9,1	9,1	9,1	13,6		13,6	13,6	18,2	18,2	22,7
501481.2.AB	Luesia												20,0
501092.1.A	El Frago										0,0	0,0	0,0
501481.4.B	Luesia												0,0
TOTAL		11,5	10,4	12,5	16,0	20,0	22,0		24,0	22,0	23,1	25,9	29,7

Por su parte el pino laricio, que ha venido presentando muy escasos puntos afectados (Urriés y Biel), tras la ampliación del muestreo en 2019, presenta valores entre la afección nula y el 36,4% de pies afectados.

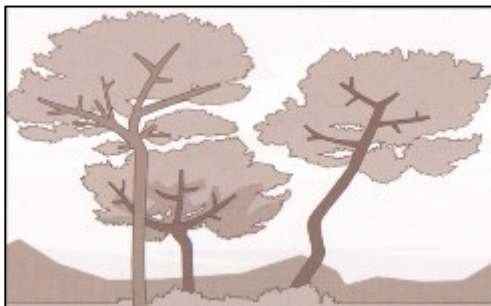
¹⁸ De todas las fuentes de información, únicamente aparece una parcela del IFN3 con muérdago en el Ibérico, en concreto la parcela 1303, situada en Abanto en pinar de repoblación, en la que se consignó muérdago en único pie de pino laricio. Con mucha probabilidad se trata de un error, que en cualquier caso será necesario confirmar.

		Proporción de pies afectados por año en puntos REFMFA											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502702.1.A	Urriés				9,1	9,1	9,1		22,7	27,3	31,8	40,9	36,4
501443.1.B	Longás												11,1
501481.4.B	Luesia												8,7
501481.3.B	Luesia												4,2
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL		0,0	0,0	0,0	6,3	6,3	6,3		15,6	18,8	21,9	28,1	13,4

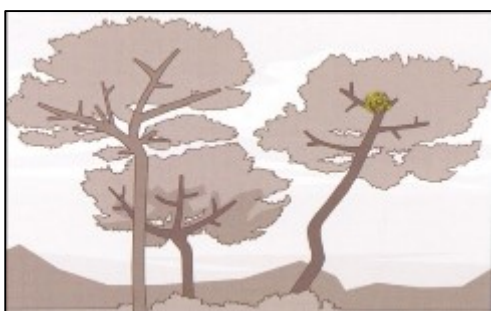
Contemplando todas las especies se confirma que las mayores afecciones se producen en los pinares de pino carrasco, y que en general los puntos de evaluación de las Cinco Villas son los que presentan un nivel de afección menor.

		Proporción de pies afectados por año en puntos REFMFA												
		Sps.	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502989.2.A	Zuera	Ph	87,0	87,0	87,0	87,0	90,9	90,9		95,5	95,2	95,2	95,2	95,2
502758.1.A	Valmadrid	Ph	50,0	50,0	50,0	58,3	75,0	72,7		76,2	76,2	76,2	76,2	76,2
500747.2.A	Caspe	Ps	66,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		100,0	100,0	100,0	66,7	66,7
501703.1.A	Monegrillo	Ph	47,8	47,8	52,2	52,2	52,2	56,5		56,5	56,5	60,9	65,2	65,2
502989.1.A	Zuera	Ph	33,3	33,3	45,8	50,0	50,0	54,2		62,5	58,3	62,5	62,5	62,5
501651.1.A	Mequinenza	Ph	38,1	42,9	50,0	50,0	50,0	50,0		50,0	55,0	60,0	60,0	60,0
501377.1.A	Leciñena	Ph	17,4	21,7	26,1	30,4	34,8	43,5		47,8	52,2	52,2	52,2	52,2
502105.1.A	Los Pintanos	Ps											50,0	50,0
501020.1.A	Fabara	Ps	4,2	12,5	12,5	16,7	16,7	16,7		29,2	41,7	41,7	41,7	41,7
502702.1.A	Urriés	Pn+Ps				8,3	8,3	8,3		20,8	25,0	29,2	37,5	37,5
502528.1.A	Tauste	Ph	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	17,4		21,7	21,7	26,1	30,4	30,4
502323.1.A	Salvaterra de Esca	Ps	9,5	9,5	9,5	9,5	19,0	19,0		23,8	23,8	23,8	28,6	28,6
501443.1.B	Longás	Pn+Ps												22,7
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	Ps		4,5	9,1	9,1	9,1	13,6		13,6	13,6	18,2	18,2	22,7
501481.2.AB	Luesia	Ps												20,0
501651.3.A	Mequinenza	Ph	13,6	13,6	9,1	13,6	13,6	13,6		13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	Pn+Ps	6,7	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3		13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
502409.1.A	Sástago	Ph		4,2	4,2	8,3	12,5	12,5		12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
501651.2.A	Mequinenza	Ph	11,1	11,1	16,7	11,1	16,7	11,1		11,1	11,1	10,5	10,5	10,5
501481.4.B	Luesia	Pn+Ps												8,3
501514.1.A	Luna	Ph		4,2	4,2	4,2	8,3	8,3		4,2	4,2	4,2	8,3	8,3
501895.1.A	Nonaspe	Ph		4,2	4,2	4,2	4,2	4,2		4,2	8,3	8,3	8,3	8,3
502647.1.A	Tosos	Ph	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2		4,2	8,3	8,3	8,3	8,3
501092.1.A	El Frago	Ph+Ps										5,0	5,0	5,0
501481.3.B	Luesia	Pn												4,2
TOTAL			27,1	23,0	24,9	25,9	28,5	29,4		32,2	33,5	33,5	34,8	31,3

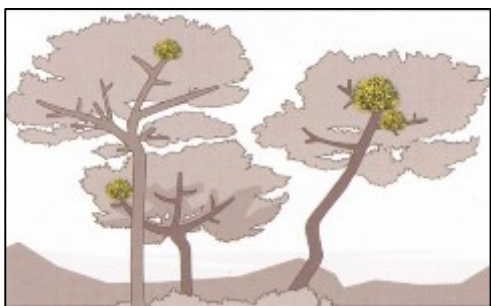
Además de las redes de evaluación fitosanitaria, entre 2001 y 2019 se ha recogido información de afección del muérdago en los montes gestionados por la Administración (montes propiedad de la Comunidad Autónoma, montes de Utilidad Pública y montes consorciados) en la provincia¹⁹. Para ello se utiliza una escala de infestación de muérdago ideada para masas forestales (Hernández et al, 2001, de donde se toma la figura), que contempla cuatro niveles:



Nivel 0: ausencia de muérdago. No existen pies afectados



Nivel 1: Presencia escasa de muérdago. Afección en pocos pies y de baja intensidad.



Nivel 2: Presencia generalizada de muérdago. Afecciones bajas y medias. Aunque puede haber pies con muérdago en copa, todavía presentan una buena masa foliar envolvente.



Nivel 3: Presencia generalizada de muérdago. Aparecen árboles “coronados” por el muérdago, con altas defoliaciones, de forma que la masa foliar del muérdago es mayor que la del árbol, y árboles muertos.

Esta recogida de información no ha supuesto un seguimiento constante y de igual esfuerzo todos los años, por lo que no permite comparaciones anuales. Sin embargo, posibilita obtener algunos datos interesantes adjudicando a cada monte el máximo nivel evaluado a lo largo de todo el período, ya que la desaparición del muérdago no es un fenómeno habitual, salvo incendio y aun así suele quedar en árboles o rodales aislados no quemados, que empeoran su grado de afección al quedar debilitados y ser durante

¹⁹ Los montes sitos en términos municipales de las comarcas de Monegros y Jacetania, aun estando en provincia de Zaragoza, son gestionados por el Servicio Provincial de Huesca, y no se incluyen en la evaluación.

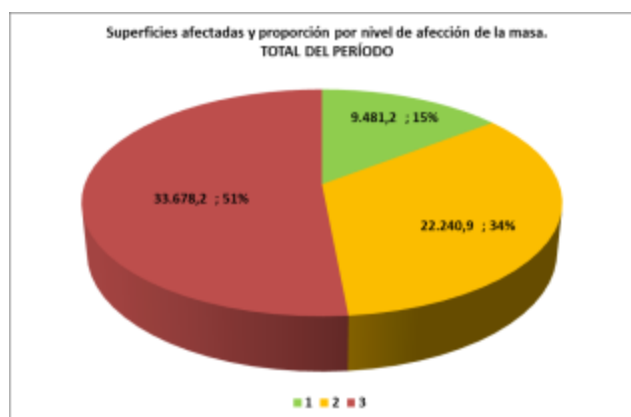
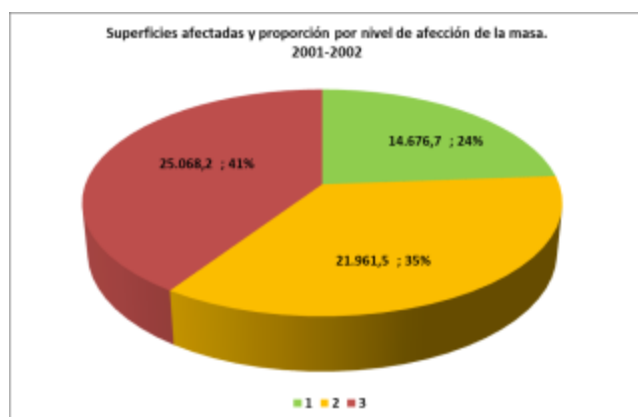
años los únicos disponibles para las aves, y desde los que se producirá la extensión a los regenerados cuando estos alcancen tamaños y características favorables para la dispersión. De igual manera, aún con tratamientos selvícolas radicales, que no se han realizado, es complicado rebajar el grado de afección de las masas, o que esta disminución se produzca de manera natural.

En el período total se han localizado 135 montes afectados por el muérdago, con una superficie de pinar²⁰ de 65.400 ha, que se constituye en una buena estimación de la superficie actualmente afectada en los montes gestionados por la administración en la provincia de Zaragoza.

En los dos primeros años de muestreo, en los que el esfuerzo fue especialmente intenso, el número de montes localizados con afección de muérdago fue de 106, con una superficie de pinar afectada, de 61.706 ha, que puede considerarse como la superficie afectada en 2002. Por tanto en el período 2002-2019 se puede estimar que como máximo se ha producido un incremento de superficie afectada de 3.694 ha, un 6,0% de la inicial.

En cuanto al grado de afección, comparando los datos del total del período con los recogidos en los dos primeros años, se ve que la tendencia al agravamiento de la afección es mayor que a la extensión, ya que han disminuido las superficies con nivel de afección 1 en un 35%, en tanto que han aumentado las superficies con afecciones de nivel 3 en un 34%.

Nivel de afección	PERÍODO TOTAL			Años 2001-2002			VARIACIÓN	
	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Diferencia superficie (ha)	Incremento (%)
1	47	9.481,2	14,5	48	14.676,7	23,8	- 5.195,5	-35,4
2	48	22.240,9	34,0	31	21.961,5	35,6	279,4	1,3
3	40	33.678,2	51,5	27	25.068,2	40,6	8.609,9	34,3
TOTAL	135	65.400,3		106	61.706,4		3.693,9	6,0



A partir de la localización de las parcelas de las redes de seguimiento y del Tercer Inventario Forestal Nacional afectadas por el muérdago, de la información de los montes gestionados, y de información propia, se llega al mapa de distribución del muérdago en la provincia de Zaragoza en el año 2020, en el que se muestran los términos municipales con masas afectadas.

En segundo lugar, a partir de la información del Mapa Forestal de España a escala 1/25.000 se han cartografiado las superficies de pinar con especies hospedantes, así como las de otras formaciones con presencia de pinos, en estos términos municipales, a partir de la cual se calcula la superficie²¹

²⁰ Todas las superficies de este informe han sido calculadas a partir del Mapa Forestal de España a escala 1/25.000.

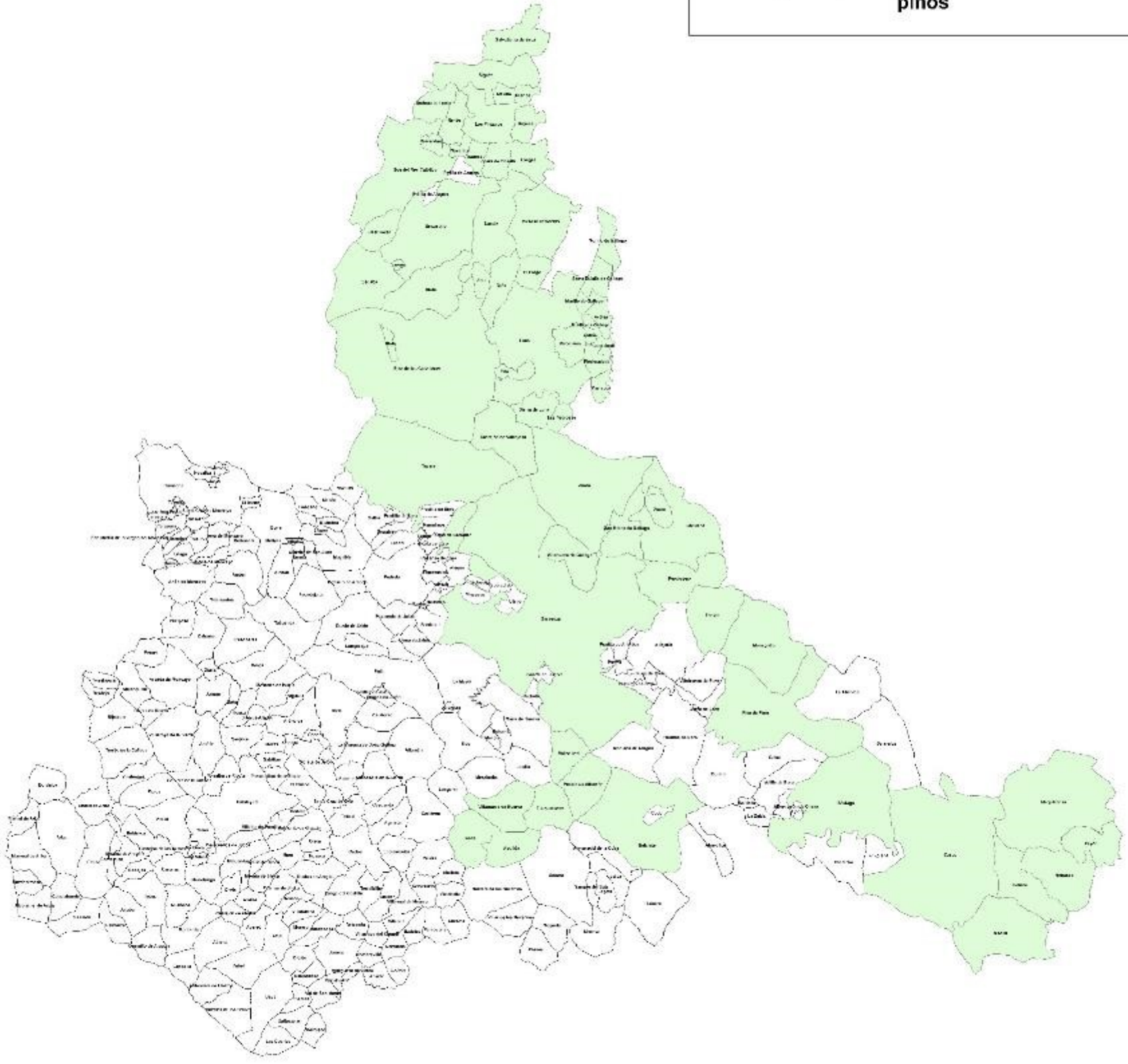
²¹ En los cálculos de superficies no se han descontado las superficies quemadas en los incendios de Valmadrid 2009 y Luna 2015, al haber afectado a masas de carrasco que están regenerándose y que con seguridad volverán a estar afectados por muérdago.

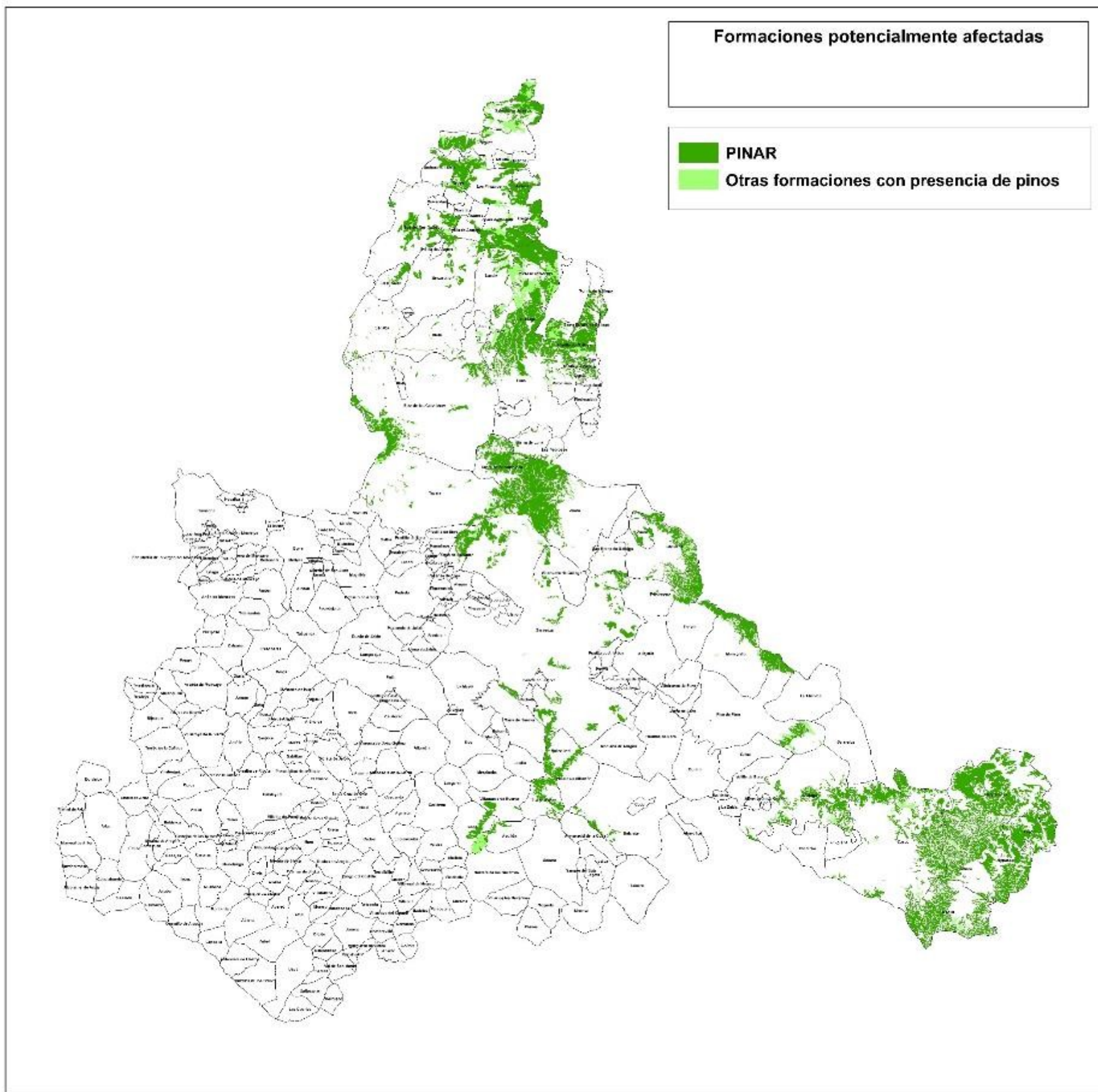
potencialmente afectada, en el sentido de que se sabe que en estos pinares existe afección, pero no se conoce la superficie real afectada en cada uno de ellos.

De esta forma, se obtiene la medición de la superficie potencialmente afectada en los términos municipales donde se ha constatado la presencia de muérdago, que se eleva a 178.386 ha, de las que 162.891 ha corresponden a pinares de pino carrasco, pino silvestre, pino laricio o mezclas entre ellos, y 15.495 ha corresponden a otras formaciones arboladas con presencia de pinos, fundamentalmente encinares, quejigares, sabinares y enebrales, con el siguiente desglose por especie principal:

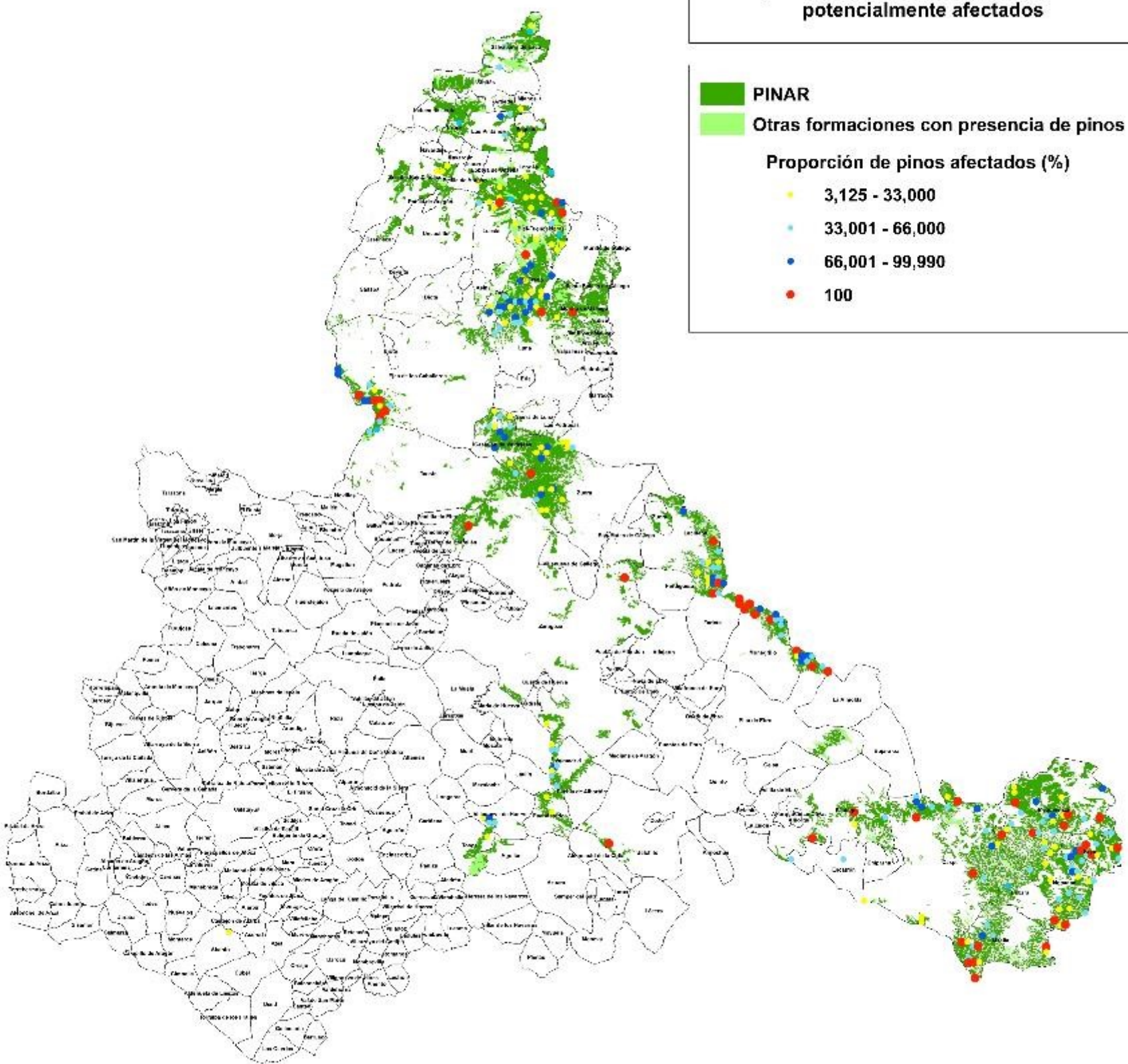
Formación vegetal	Superficie potencialmente afectada (ha)
Pinares de pino carrasco	132.878,2
Pinares de pino silvestre	14.388,3
Pinares de pino laricio	15.625,1
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	8.404,0
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	5.752,6
Otras formaciones con presencia de pino laricio	1.337,9
PINARES	162.891,6
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	15.494,6
TOTAL	178.386,2

Términos municipales con presencia de muérdago en pinares y otras formaciones con pinos





Proporción de pinos afectados por muérdago en parcelas de REFMFA e IFN3 y pinares potencialmente afectados



9.1. Relación de superficies potencialmente afectadas en los términos municipales donde se ha constatado la presencia de muérdago.

Término Municipal	Pinar de carrasco	Pinar de silvestre	Pinar de laricio	Otras ²² con carrasco	Otras con silvestre	Otras con laricio	PINAR	OTRAS CON PINOS	TOTAL
Aguilón	394,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	394,7	3,5	398,2
Ardisa	926,9	0,0	0,0	132,8	0,0	0,0	926,9	132,8	1.059,7
Artieda	0,0	188,3	118,7	0,0	57,8	0,0	307,0	57,8	364,8
Asin	126,9	0,0	0,0	201,0	0,0	0,0	126,9	201,0	327,9
Bagüés	0,0	421,4	1.221,4	0,0	41,8	0,0	1.642,8	41,8	1.684,5
Belchite	604,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	604,1	0,0	604,1
Biel-Fuencalderas	66,1	4.723,6	1.639,4	880,3	2.282,8	492,1	6.429,1	3.655,1	10.084,2
Biota	318,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	318,1	0,0	318,1
Caspe	10.171,5	0,0	0,0	694,1	0,0	0,0	10.171,5	694,1	10.865,6
Castejon de Valdejasa	6.032,8	0,0	0,0	18,0	0,0	0,0	6.032,8	18,0	6.050,8
Castiliscar	602,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	602,4	0,0	602,4
Ejea de los Caballeros	5.867,8	0,0	0,0	253,3	0,0	0,0	5.867,8	253,3	6.121,1
El Frago	3.859,2	682,0	629,8	101,0	30,0	44,1	5.171,0	175,1	5.346,2
Erla	9,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	9,1
Fabara	3.698,4	0,0	0,0	134,7	0,0	0,0	3.698,4	134,7	3.833,0
Farlete	612,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	612,2	0,0	612,2
Fayon	4.016,4	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0	4.016,4	80,0	4.096,3
Fuendetodos	1.646,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.646,7	0,0	1.646,7
Isuerre	0,0	165,2	106,2	0,0	11,2	0,0	271,4	11,2	282,5
Las Pedrosas	90,2	0,0	0,0	41,9	0,0	0,0	90,2	41,9	132,1
Leciñena	3.535,3	0,0	0,0	285,2	0,0	0,0	3.535,3	285,2	3.820,5
Lobera de Onsella	0,0	523,3	58,4	0,0	426,5	0,0	581,7	426,5	1.008,2
Longas	0,0	1.329,3	950,2	0,0	114,1	116,4	2.279,5	230,5	2.510,0
Los Pintanos	111,0	484,8	1.166,2	0,0	210,5	61,5	1.762,0	272,0	2.034,0
Luesia	99,3	1.416,7	1.514,0	167,9	378,5	25,1	3.030,0	571,4	3.601,4
Luna	13.455,1	0,0	63,2	1.363,0	38,9	0,0	13.518,3	1.401,9	14.920,2
Maella	7.547,1	0,0	0,0	217,5	0,0	0,0	7.547,1	217,5	7.764,7
Marracos	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	2,8
Mequinenza	15.055,7	0,0	0,0	67,6	0,0	0,0	15.055,7	67,6	15.123,3
Mianos	0,0	106,2	250,3	0,0	0,0	0,0	356,5	0,0	356,5
Monegrillo	3.116,4	0,0	0,0	60,5	0,0	0,0	3.116,4	60,5	3.176,9
Murillo de Gállego	1.989,1	0,5	112,6	219,0	0,0	0,0	2.102,3	219,0	2.321,3
Navardún	0,0	0,0	27,7	0,0	0,0	0,0	27,7	0,0	27,7
Nonaspe	6.062,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	6.062,8	0,2	6.063,0
Orés	2.971,5	0,2	555,0	907,8	35,3	2,0	3.526,7	945,1	4.471,8
Perdiguera	2.512,3	0,0	0,0	32,7	0,0	0,0	2.512,3	32,7	2.545,0
Piedratajada	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,7
Pina de Ebro	1.916,0	0,0	0,0	587,0	0,0	0,0	1.916,0	587,0	2.502,9
Puebla de Alborton	810,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	810,4	0,0	810,4
Puendeluna	2,2	0,0	0,0	11,2	0,0	0,0	2,2	11,2	13,3
Sádaba	311,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	319,0	0,0	319,0
Salvatierra de Esca	0,0	2.858,9	375,6	0,0	1.509,3	12,8	3.234,5	1.522,1	4.756,6
San Mateo de Gállego	334,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	334,4	0,0	334,4
Santa Eulalia de Gállego	1.929,8	31,4	61,5	21,8	0,0	0,0	2.022,6	21,8	2.044,5
Sástago	4.855,1	0,0	0,0	182,7	0,0	0,0	4.855,1	182,7	5.037,7
Sierra de Luna	370,6	0,0	0,0	8,7	0,0	0,0	370,6	8,7	379,3
Sigüés	562,5	130,8	1.241,0	0,0	398,2	130,7	1.934,3	528,9	2.463,2
Sos del Rey Catolico	1.055,8	291,3	2.013,3	37,1	41,6	211,9	3.360,4	290,6	3.651,0
Tauste	3.078,8	0,0	0,0	333,7	0,0	0,0	3.078,8	333,7	3.412,5
Torres de Berrellén	1.254,2	0,0	0,0	143,9	0,0	0,0	1.254,2	143,9	1.398,1
Tosos	967,8	0,0	0,0	792,6	0,0	0,0	967,8	792,6	1.760,4
Uncastillo	355,8	856,1	1.179,6	0,0	36,5	58,0	2.391,4	94,5	2.485,9
Undues de Lerda	6,4	0,0	768,6	0,0	0,0	17,3	775,1	17,3	792,4
Urries	220,0	0,0	1.564,4	0,0	0,0	166,0	1.784,4	166,0	1.950,4
Valmadrid	1.331,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.331,1	0,0	1.331,1
Valpalmas	306,4	0,0	0,0	198,2	0,0	0,0	306,4	198,2	504,6
Villanueva de Gállego	307,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	307,6	0,0	307,6
Villanueva de Huerva	452,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	452,9	0,0	452,9
Zaragoza	7.702,7	0,0	0,0	180,5	0,0	0,0	7.702,7	180,5	7.883,2
Zuera	9.420,0	0,0	0,0	186,1	0,0	0,0	9.420,0	186,1	9.606,1

²² Otras: incluye otras formaciones arboladas donde aparece el pino en mayor o menor medida.

10. Zonificación de la afección y superficies afectadas.

A la vista de la distribución de la afección y de todos los datos manejados se pueden distinguir cuatro zonas geográficas donde el muérdago está presente, con diferencias en el nivel de afección, del incremento de la misma, y de especies hospedantes.

10.1. Bajo Aragón.

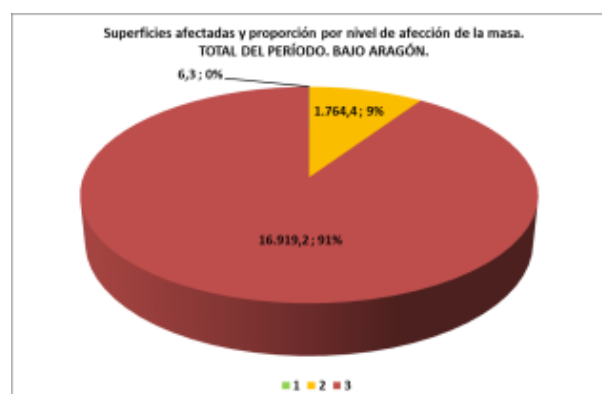
Términos municipales en los que se constató la afección: Caspe, Fabara, Fayón, Maella, Mequinenza, Nonaspe, Sástago.

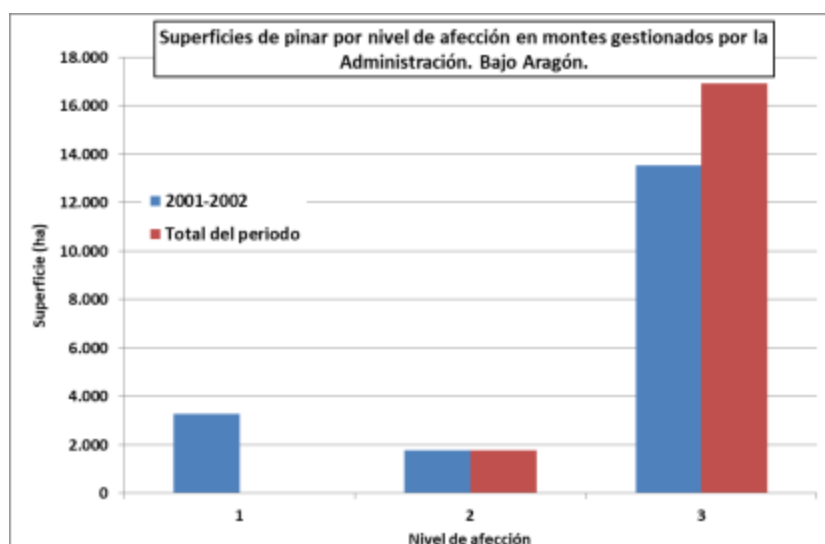
Afección a masas de pino carrasco, de densidad variable, pero en general abiertas, puras o acampañadas de enebros (*Juniperus oxycedrus*, *J. phoenicea*). Incluye también algunas zonas de sabinar albar y enebreal con pies de pino carrasco. Se estima que la superficie potencialmente afectada en estos términos municipales asciende a 52.784 ha, de las que 51.410 ha corresponden a pinares.

Formación vegetal	Superficie (ha)
Pinar de carrasco	51.406,9
Pinar de silvestre	0,0
Pinar de laricio	0,0
PINAR	51.406,9
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	1.376,7
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	0,0
Otras formaciones con presencia de pino laricio	0,0
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	1.376,7
TOTAL	52.783,6

En la actualidad existen 19 montes afectados, con una superficie de pinar de 18.690 ha, superficie que ya se encontraba afectada en 2002. El incremento de la afección ha supuesto la desaparición de las masas con el nivel de afección más bajo y la generalización del nivel de afección máximo, que afecta al 90,5% de los pinares de estos montes.

Nivel de afección	PERÍODO TOTAL			Años 2001-2002			VARIACIÓN	
	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Diferencia superficie (ha)	Incremento (%)
1	2	6,3	0,0	4	3.267,5	17,6	-3.261,2	-99,8
2	1	1.764,4	9,4	1	1.764,4	9,5	0,0	0,0
3	16	16.919,2	90,5	11	13.517,1	72,9	3.402,2	25,2
TOTAL	19	18.690,0		16	18.549,0		140,9	0,8





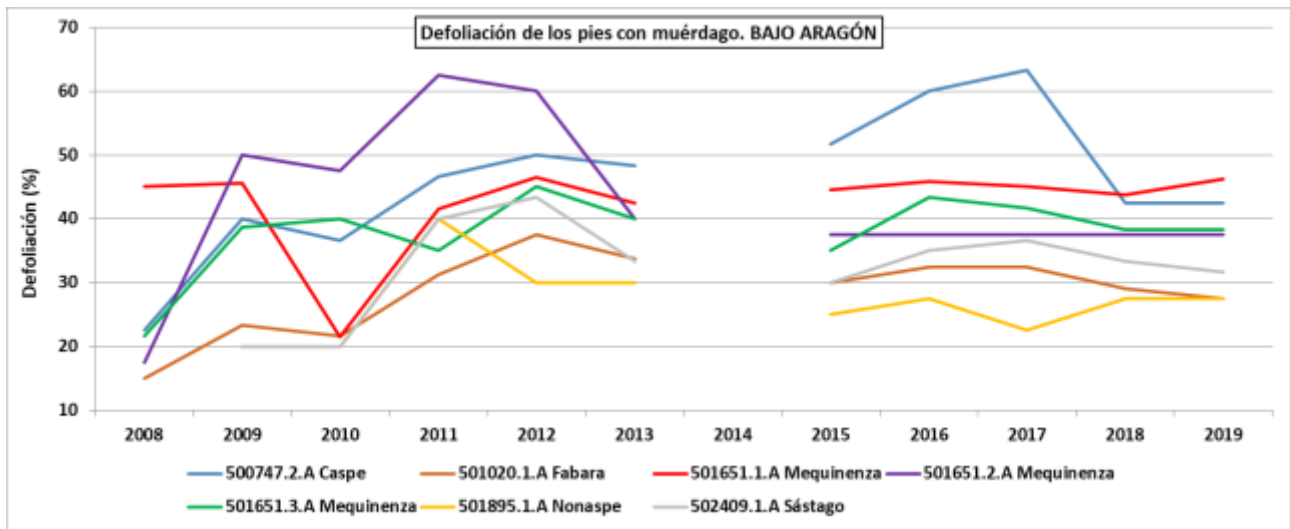
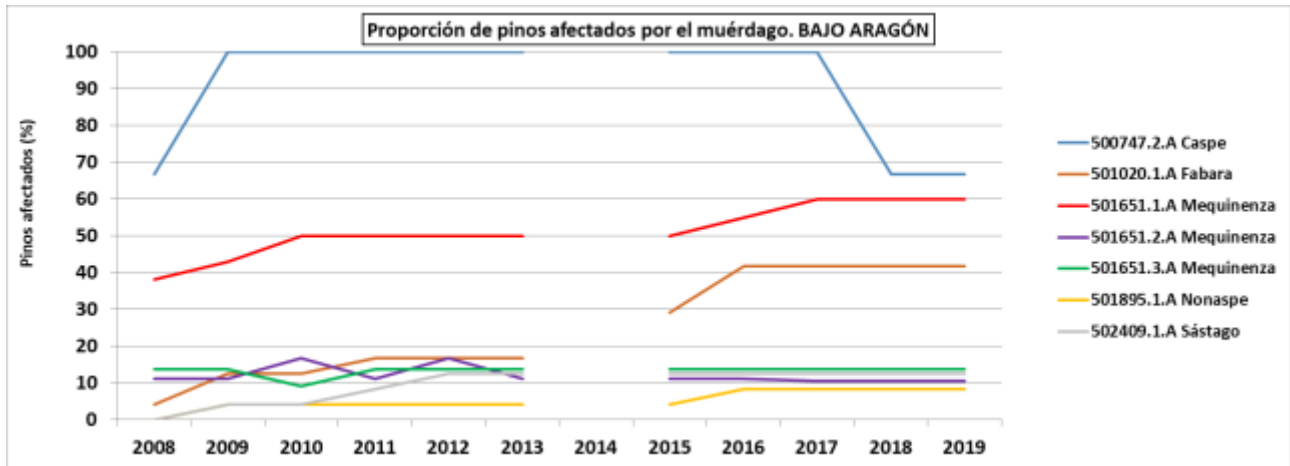
En esta zona se sitúan 7 puntos de evaluación de la REFMFA, que en 2019 presentan proporciones de pinos afectados por el muérdago entre el 8,3% y el 66,7% del total, y defoliación de los pies afectados entre el 27,5% y el 46,3%.

Punto	T.M.	Valores 2019				
		% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación media pies afectados (%)
500747.2.A	Caspe	66,7	1,000	3,000	3,000	42,5
501020.1.A	Fabara	41,7	0,500	2,500	2,000	27,5
501651.1.A	Mequinenza	60,0	0,800	2,667	1,750	46,3
501651.2.A	Mequinenza	10,5	0,158	3,000	3,500	37,5
501651.3.A	Mequinenza	13,6	0,136	2,667	1,667	38,3
501895.1.A	Nonaspe	8,3	0,125	2,500	2,000	27,5
502409.1.A	Sástago	12,5	0,125	2,667	1,333	31,7

Punto	T.M.	Proporción de pinos afectados (%)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
500747.2.A	Caspe	66,7	100	100	100	100	100		100	100	100	66,7	66,7
501020.1.A	Fabara	4,2	12,5	12,5	16,7	16,7	16,7		29,2	41,7	41,7	41,7	41,7
501651.1.A	Mequinenza	38,1	42,9	50,0	50,0	50,0	50,0		50,0	55,0	60,0	60,0	60,0
501651.2.A	Mequinenza	11,1	11,1	16,7	11,1	16,7	11,1		11,1	11,1	10,5	10,5	10,5
501651.3.A	Mequinenza	13,6	13,6	9,1	13,6	13,6	13,6		13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
501895.1.A	Nonaspe	0,0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2		4,2	8,3	8,3	8,3	8,3
502409.1.A	Sástago	0,0	4,2	4,2	8,3	12,5	12,5		12,5	12,5	12,5	12,5	12,5

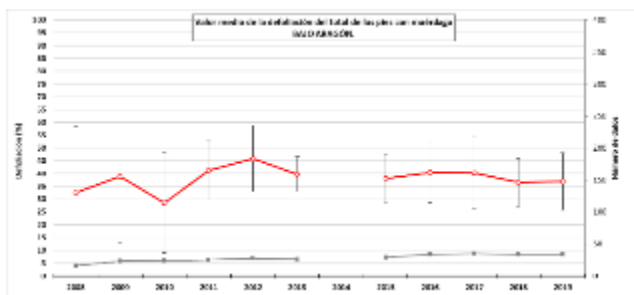
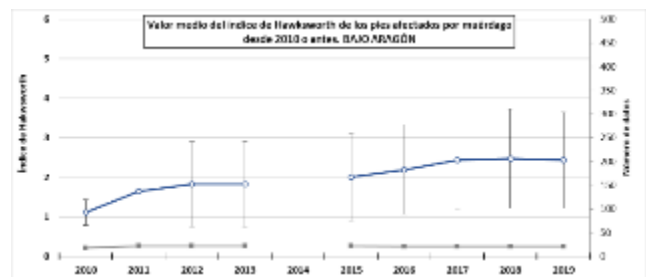
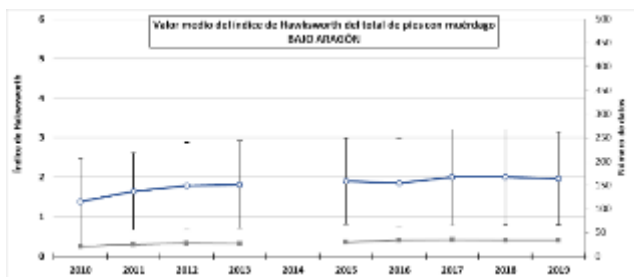
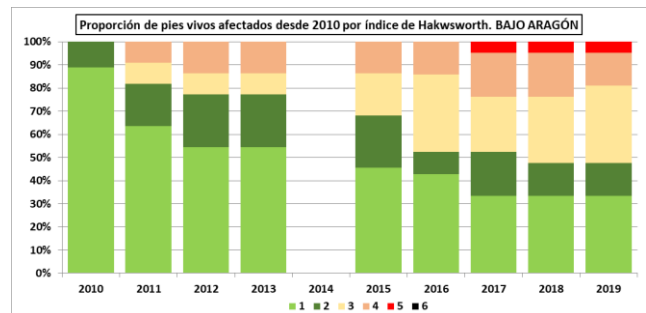
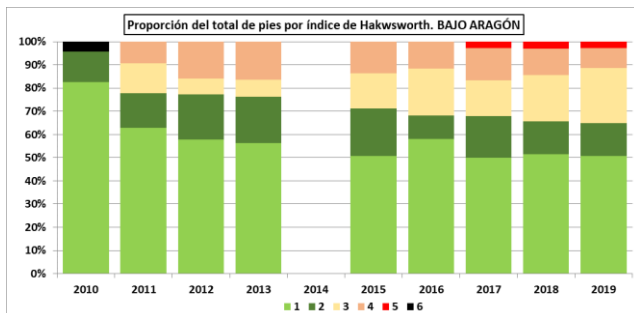
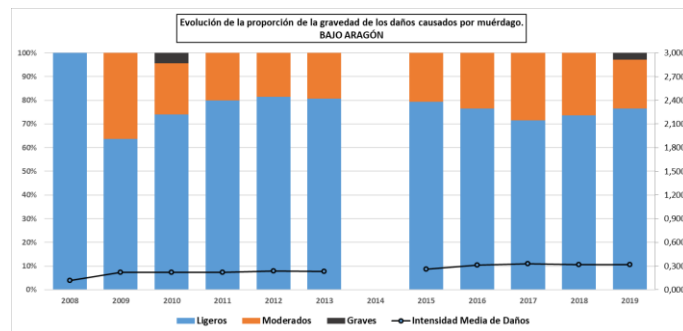
Punto	T.M.	Índice de Hawksworth medio de los pies afectados									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
500747.2.A	Caspe	1,333	3,000	3,333	3,333		3,333	3,667	3,667	3,500	3,000
501020.1.A	Fabara	1,000	1,500	2,000	2,000		1,571	1,500	1,900	2,000	2,000
501651.1.A	Mequinenza	1,222	1,400	1,500	1,500		1,800	1,727	1,750	1,750	1,750
501651.2.A	Mequinenza	1,000	1,000	1,000	1,000		2,500	2,500	3,000	3,500	3,500
501651.3.A	Mequinenza	3,500	1,000	1,333	1,333		1,333	1,667	1,667	1,667	1,667
501895.1.A	Nonaspe	1,000	4,000	4,000	4,000		3,000	2,000	2,000	2,000	2,000
502409.1.A	Sástago	1,000	1,500	1,333	1,333		1,333	1,333	1,333	1,333	1,333

Punto	T.M.	Defoliación media (%) de los pies afectados (incluyendo muertos en el año)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
500747.2.A	Caspe	22,5	40,0	36,7	46,7	50,0	48,3		51,7	60,0	63,3	42,5	42,5
501020.1.A	Fabara	15,0	23,3	21,7	31,3	37,5	33,8		30,0	32,5	32,5	29,0	27,5
501651.1.A	Mequinenza	45,0	45,6	21,5	41,5	46,5	42,5		44,5	45,9	45,0	43,8	46,3
501651.2.A	Mequinenza	17,5	50,0	47,5	62,5	60,0	40,0		37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
501651.3.A	Mequinenza	21,7	38,8	40,0	35,0	45,0	40,0		35,0	43,3	41,7	38,3	38,3
501895.1.A	Nonaspe		20,0	20,0	40,0	30,0	30,0		25,0	27,5	22,5	27,5	27,5
502409.1.A	Sástago		20,0	20,0	40,0	43,3	33,3		30,0	35,0	36,7	33,3	31,7



La proporción media de pinos afectados ha pasado de un 11,8% en 2008 a un 25,0% en 2019. La intensidad media de daños se ha incrementado en el mismo período de un valor de 0,118 a un valor de 0,316.

	% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Total de pies afectados			Pies vivos afectados desde 2010 o antes		
			Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)
2008	11,8	0,118			32,5			20,0
2009	16,2	0,221			38,9			27,2
2010	17,0	0,222	2,667	1,381	28,5	2,556	1,111	22,4
2011	18,5	0,222	2,520	1,640	41,2	2,545	1,636	39,3
2012	20,0	0,237	2,519	1,778	45,9	2,591	1,818	43,6
2013	19,3	0,230	2,538	1,808	39,8	2,591	1,818	39,5
2014								
2015	21,5	0,259	2,517	1,897	38,1	2,591	2,000	39,3
2016	25,2	0,311	2,441	1,853	40,4	2,619	2,190	43,6
2017	25,7	0,331	2,600	2,000	40,3	2,762	2,429	42,1
2018	25,0	0,316	2,647	2,000	36,6	2,857	2,476	40,7
2019	25,0	0,316	2,647	1,971	36,9	2,857	2,429	41,7



10.2. Bardena-Zuera-Alcubierre.

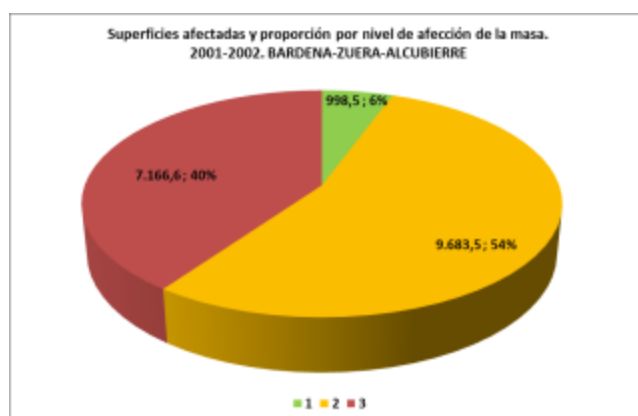
Términos municipales en los que se constatado la afección: Ardisa, Castejón de Valdejasa, Ejea de los Caballeros, Farlete, Leciñena, Monegrillo, Murillo de Gállego, Perdiguera, Piedratajada, Pina de Ebro, Puendeluna, Sádaba, San Mateo de Gállego, Santa Eulalia de Gállego, Sierra de Luna, Tauste, Torres de Berrellén, Valpalmas, Villanueva de Gállego, Zaragoza, y Zuera.

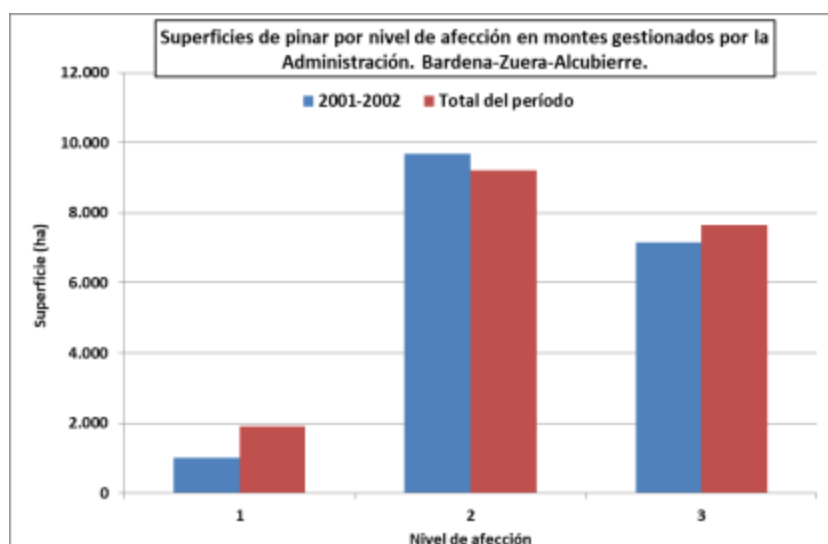
Es la zona más amplia y heterogénea ya que engloba las masas de pino carrasco de las Bardenas (Sádaba, Ejea y Tauste), los montes de Castejón y Zuera, la cuenca del Gállego y la Sierra de Alcubierre. Pinares de pino carrasco, de cubierta completa, puros, o en la mayor parte de las ocasiones mezclados con encina, enebros o sabinas. Se estima que la superficie potencialmente afectada en estos términos municipales asciende a 54.415 ha, de las que 51.744 ha corresponden a pinares.

Formación vegetal	Superficie (ha)
Pinar de carrasco	51.494,9
Pinar de silvestre	66,8
Pinar de laricio	182,1
PINAR	51.743,8
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	2.671,0
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	0,0
Otras formaciones con presencia de pino laricio	0,0
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	2.671,0
TOTAL	54.414,7

Es la zona que partía de un mayor nivel de afección y que en la actualidad sigue mostrando una mayor afección. En la actualidad existen 26 montes afectados, con una superficie de pinar de 18.767 ha. El incremento de superficie afectada has sido del 5%, manteniéndose las superficies con mayor nivel de afección en un 40% del total.

Nivel de afección	PERÍODO TOTAL			Años 2001-2002			VARIACIÓN	
	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Diferencia superficie (ha)	Incremento (%)
1	9	1.907,4	10,2	4	998,5	5,6	908,9	91,0
2	8	9.209,7	49,1	10	9.683,5	54,3	-473,8	-4,9
3	9	7.650,2	40,8	6	7.166,6	40,2	483,7	6,7
TOTAL	26	18.767,4		20	17.848,6		918,8	5,1





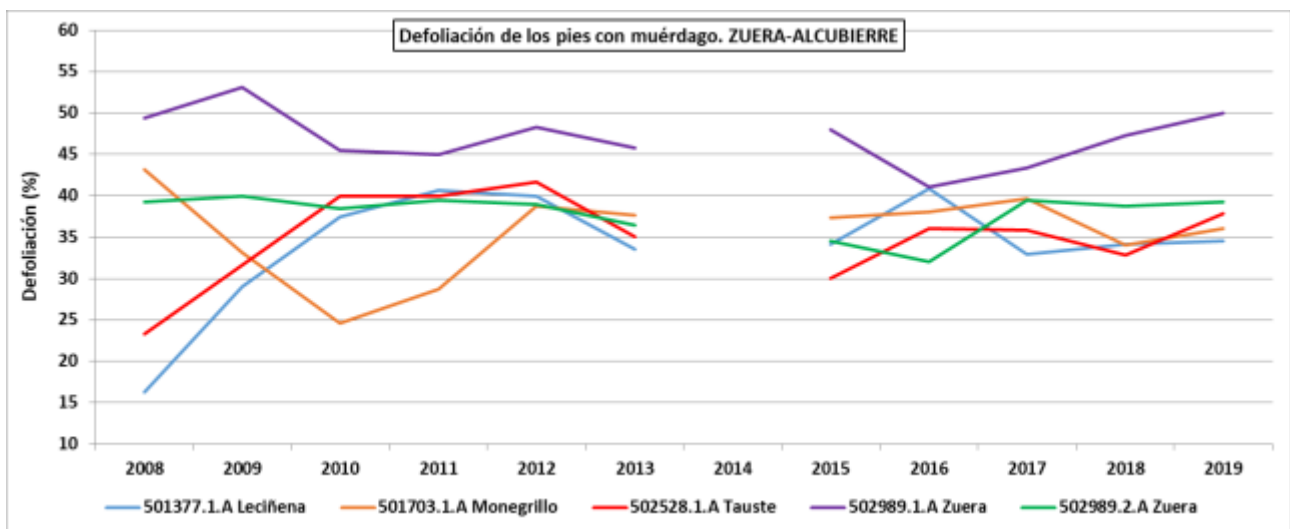
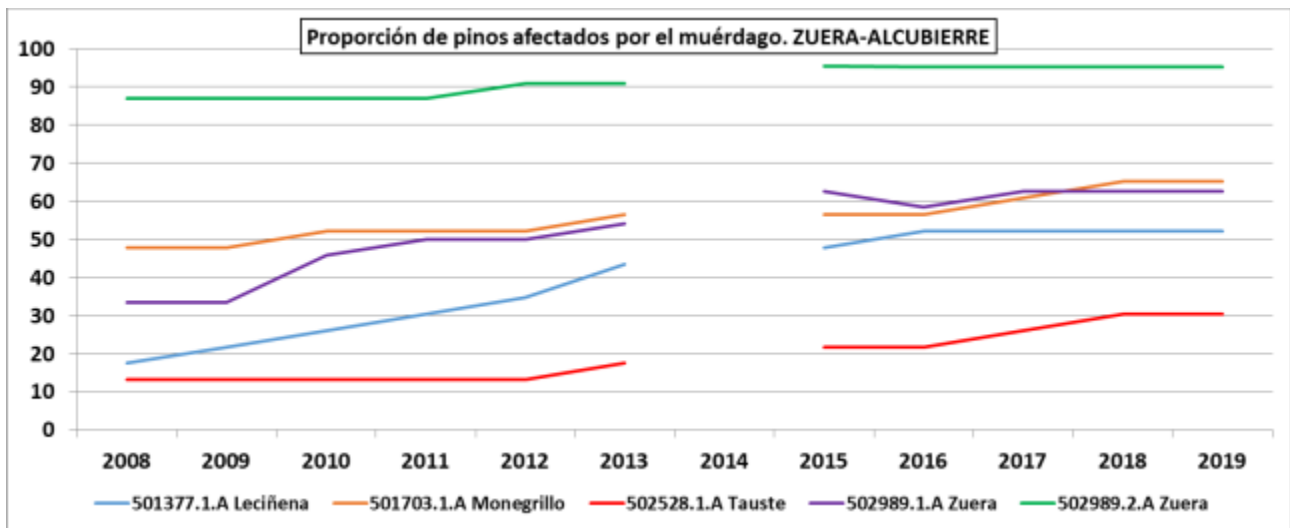
En esta zona se sitúan 5 puntos de evaluación de la REFMFA, que en 2019 presentan proporciones de pinos afectados por el muérdago entre el 30,4% y el 95,2% del total, y defoliación de los pies afectados entre el 34,6% y el 50,0%.

Punto	T.M.	Valores 2019				
		% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación media pies afectados (%)
501377.1.A	Leciñena	52,2	0,652	2,667	2,333	34,6
501703.1.A	Monegrillo	65,2	0,957	2,667	2,733	36,0
502528.1.A	Tauste	30,4	0,435	2,714	2,857	37,9
502989.1.A	Zuera	62,5	0,958	2,600	2,600	50,0
502989.2.A	Zuera	95,2	1,667	2,950	3,300	39,3

Punto	T.M.	Proporción de pies afectados (%)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
501377.1.A	Leciñena	17,4	21,7	26,1	30,4	34,8	43,5		47,8	52,2	52,2	52,2	52,2
501703.1.A	Monegrillo	47,8	47,8	52,2	52,2	52,2	56,5		56,5	56,5	60,9	65,2	65,2
502528.1.A	Tauste	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	17,4		21,7	21,7	26,1	30,4	30,4
502989.1.A	Zuera	33,3	33,3	45,8	50,0	50,0	54,2		62,5	58,3	62,5	62,5	62,5
502989.2.A	Zuera	87,0	87,0	87,0	87,0	90,9	90,9		95,5	95,2	95,2	95,2	95,2

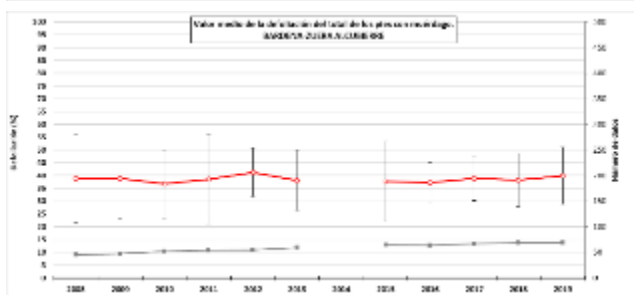
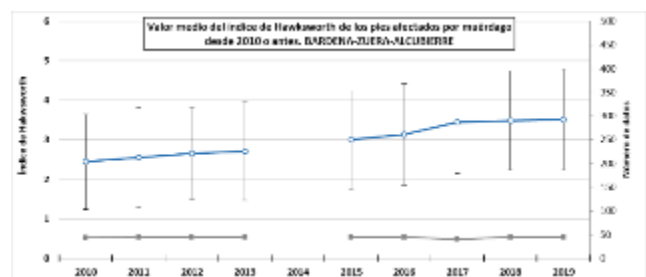
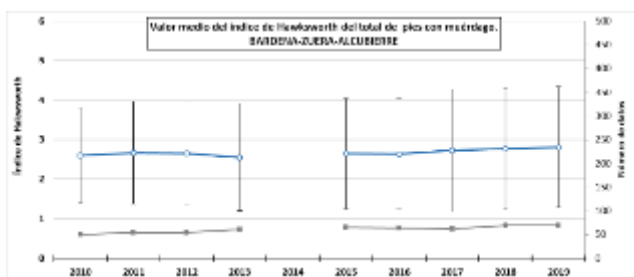
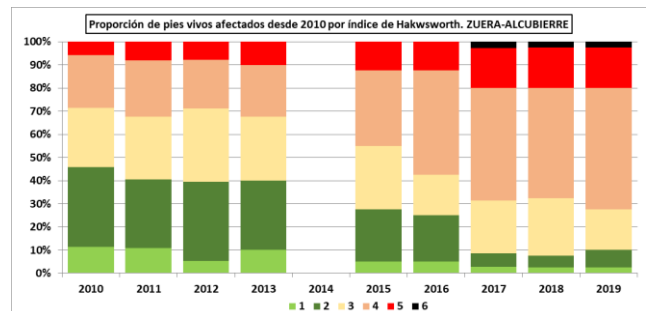
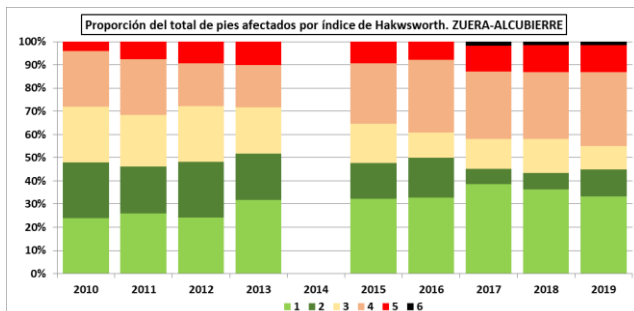
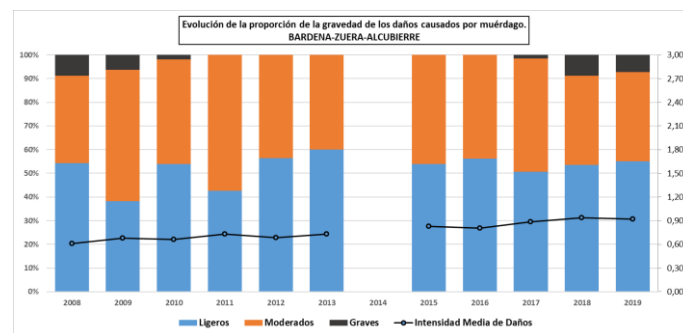
Punto	T.M.	Índice de Hawksworth medio de los pies afectados									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
501377.1.A	Leciñena	3,200	2,286	2,571	2,100		2,182	2,167	2,083	2,333	2,333
501703.1.A	Monegrillo	2,250	2,333	2,500	2,385		2,538	2,846	2,857	2,733	2,733
502528.1.A	Tauste	2,000	2,333	3,000	2,500		2,400	2,800	2,667	2,571	2,857
502989.1.A	Zuera	2,273	2,583	2,417	2,462		2,600	2,286	2,467	2,467	2,600
502989.2.A	Zuera	2,947	3,100	2,850	2,950		3,048	3,000	3,400	3,350	3,300

Punto	T.M.	Defoliación media (%) de los pies afectados (incluyendo muertos en el año)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
501377.1.A	Leciñena	16,3	29,0	37,5	40,7	40,0	33,5		34,1	40,8	32,9	34,2	34,6
501703.1.A	Monegrillo	43,2	33,2	24,6	28,8	38,8	37,7		37,3	38,1	39,6	34,0	36,0
502528.1.A	Tauste	23,3	31,7	40,0	40,0	41,7	35,0		30,0	36,0	35,8	32,9	37,9
502989.1.A	Zuera	49,4	53,1	45,5	45,0	48,3	45,8		48,0	41,1	43,3	47,3	50,0
502989.2.A	Zuera	39,3	40,0	38,5	39,5	39,0	36,5		34,5	32,0	39,5	38,8	39,3



La proporción media de pinos afectados ha pasado de un 39,7% en 2008 a un 60,5% en 2019. La intensidad media de daños se ha incrementado en el mismo período de un valor de 0,612 a un valor de 0,921.

	% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Total de pies vivos afectados			Pies vivos afectados desde 2010 o antes		
			Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)
2008	39,7	0,612			38,9			34,9
2009	40,5	0,681			38,9			34,4
2010	44,8	0,664	2,940	2,600	36,7	2,837	2,442	32,7
2011	46,6	0,733	2,889	2,667	38,5	2,800	2,556	33,3
2012	47,8	0,687	2,870	2,648	41,3	2,841	2,659	39,9
2013	52,2	0,730	2,800	2,550	38,2	2,844	2,711	36,9
2014								
2015	56,5	0,826	2,831	2,646	37,8	2,867	3,000	35,0
2016	56,1	0,807	2,719	2,641	37,2	2,867	3,133	37,0
2017	58,8	0,886	2,710	2,726	38,9	2,900	3,450	41,6
2018	60,5	0,939	2,739	2,768	38,2	2,933	3,489	40,1
2019	60,5	0,921	2,739	2,812	39,9	2,933	3,511	41,7



10.3. Cinco Villas.

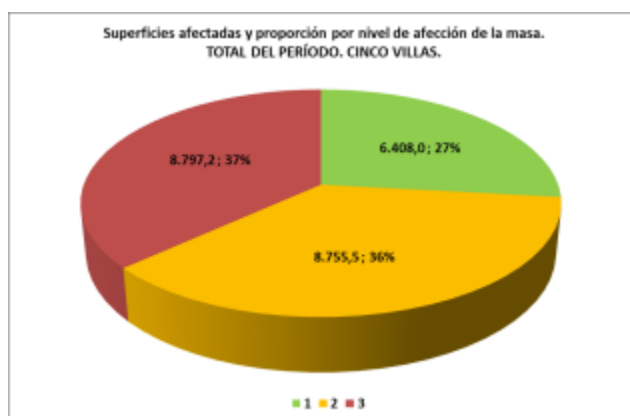
Términos municipales en los que se constatado la afección: Artieda, Asín, Bagüés, Biel, Biota, Castiliscar, El Frago, Erla, Isuerre, Las Pedrosas, Lobera de Onsella, Longás, Luesia, Luna, Marracos, Mianos, Navardún, Orés, Los Pintanos, Salvatierra de Esca, Sigüés, Sos del Rey Católico, Uncastillo, Undués de Lerda y Urriés.

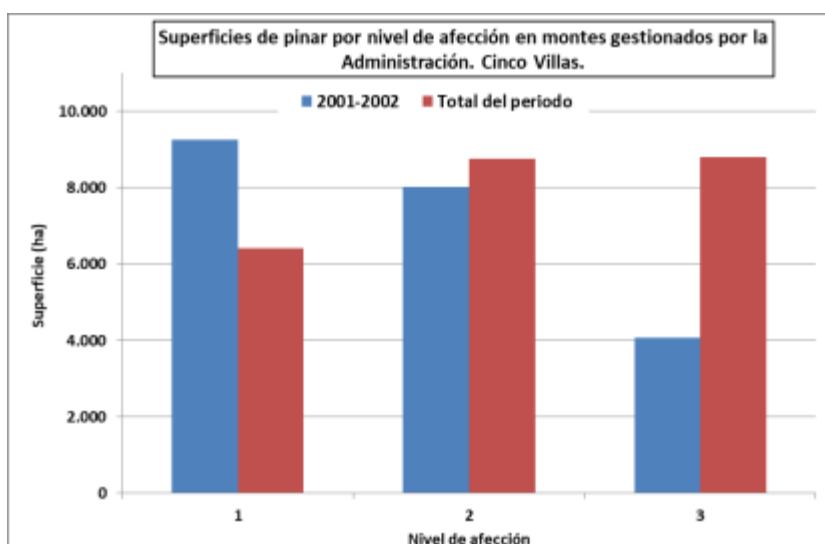
Engloba masas puras o mixtas de pino silvestre y pino laricio en las altas Cinco Villas, así como masas de pino carrasco en Luna, Orés o El Frago. La superficie potencialmente afectada es 64.184 ha, de la que 53.533 ha corresponden a pinares y 10.651 ha a otras formaciones con presencia de pinos.

Formación vegetal	Superficie (ha)
Pinar de carrasco	23.912,0
Pinar de silvestre	14.178,2
Pinar de laricio	15.443,0
PINAR	53.533,1
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	3.699,9
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	5.612,9
Otras formaciones con presencia de pino laricio	1.337,9
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	10.650,7
TOTAL	64.183,9

En la actualidad existen 80 montes afectados, con una superficie de pinar de 23.961 ha. El incremento de superficie afectada ha sido del 12%, con un importante crecimiento de la superficies con mayor nivel de afección, del orden de 4.700 ha, alcanzando el 37% del total.

Nivel de afección	PERÍODO TOTAL			Años 2001-2002			VARIACIÓN	
	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Diferencia superficie (ha)	Incremento (%)
1	32	6.408,0	26,7	36	9.251,2	43,4	-2.843,2	-30,7
2	34	8.755,5	36,5	15	8.002,2	37,5	753,3	9,4
3	14	8.797,2	36,7	9	4.073,1	19,1	4.724,1	116,0
TOTAL	80	23.960,6		60	21.326,5		2.634,2	12,4





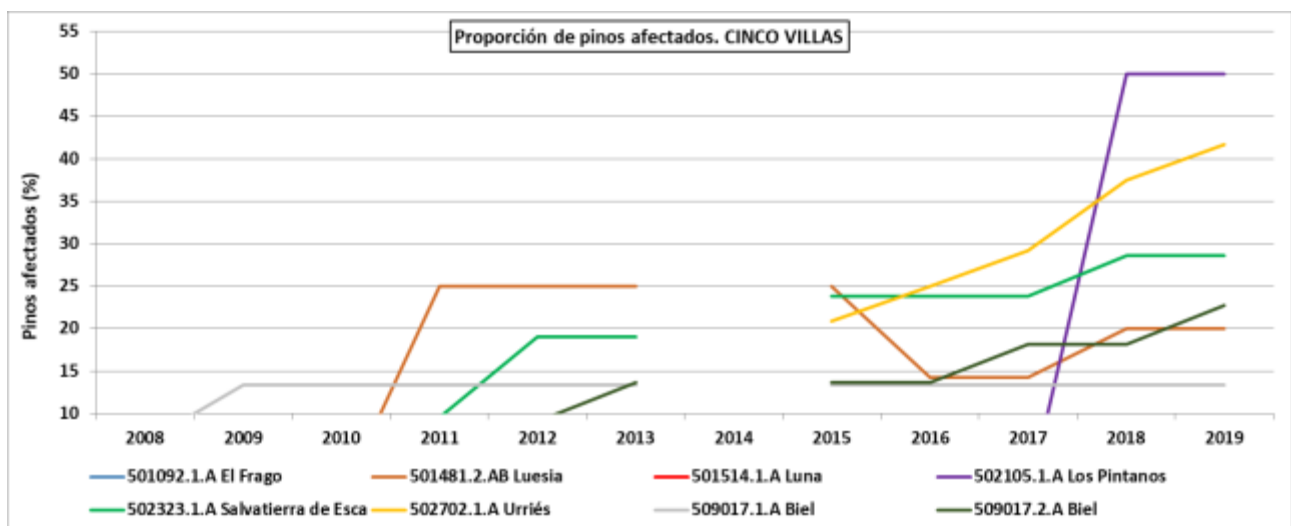
En esta zona se sitúan 11 puntos de evaluación de la REFMFA, tres de ellos evaluados por primera vez en 2019, año en que se presentan proporciones de pinos afectados por el muérdago entre el 4,2% y el 50,0% del total, y defoliación de los pies afectados entre el 27,5% y el 46,3%.

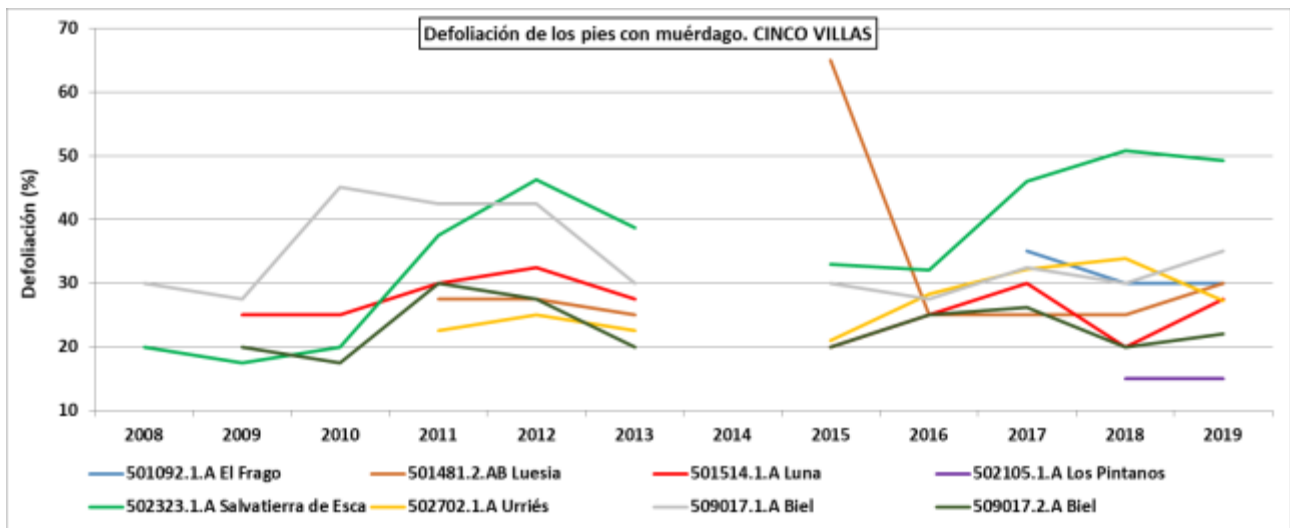
Punto	T.M.	Valores 2019				
		% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación media pies afectados (%)
501092.1.A	El Frago	5,0	0,050	3,000	2,000	30,0
501443.1.B	Longás	22,7	0,227	3,000	1,600	28,0
501481.2.AB	Luesia	20,0	0,200	3,000	2,000	30,0
501481.3.B	Luesia	4,2	0,042	2,000	1,000	20,0
501481.4.B	Luesia	8,3	0,083	2,500	1,500	45,0
501514.1.A	Luna	8,3	0,125	2,500	2,000	27,5
502105.1.A	Los Pintanos	50,0	0,500	2,000	1,000	15,0
502323.1.A	Salvatierra de Esca	28,6	0,476	3,167	2,333	49,2
502702.1.A	Urriés	41,7	0,458	2,889	2,444	28,0
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	13,3	0,133	3,000	2,000	35,0
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	22,7	0,227	2,200	1,200	22,0

Punto	T.M.	Proporción de pies afectados (%)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
501092.1.A	El Frago	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	5,0	5,0	5,0
501443.1.B	Longás												22,7
501481.2.AB	Luesia	0,0	0,0	0,0	25,0	25,0	25,0		25,0	14,3	14,3	20,0	20,0
501481.3.B	Luesia												4,2
501481.4.B	Luesia												8,3
501514.1.A	Luna	0,0	4,2	4,2	4,2	8,3	8,3		4,2	4,2	4,2	8,3	8,3
502105.1.A	Los Pintanos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	50,0	50,0
502323.1.A	Salvatierra de Esca	9,5	9,5	9,5	9,5	19,0	19,0		23,8	23,8	23,8	28,6	28,6
502702.1.A	Urriés	0,0	0,0	0,0	8,3	8,3	8,3		20,8	25,0	29,2	37,5	41,7
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	6,7	13,3	13,3	13,3	13,3	13,3		13,3	13,3	13,3	13,3	13,3
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	0,0	4,5	9,1	9,1	9,1	13,6		13,6	13,6	18,2	18,2	22,7

Punto	T.M.	Índice de Hawksworth medio de los pies afectados										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
501092.1.A	El Frago									2,000	2,000	2,000
501443.1.B	Longás											1,600
501481.2.AB	Luesia		1,500	1,500	1,500		1,500	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
501481.3.B	Luesia											1,000
501481.4.B	Luesia											1,500
501514.1.A	Luna		1,000	1,000	1,000		3,000	3,000	3,000	2,000	2,000	2,000
502105.1.A	Los Pintanos										1,000	1,000
502323.1.A	Salvatierra de Esca	2,500	1,500	1,500	2,000		2,000	1,800	1,800	2,000	2,333	2,333
502702.1.A	Urriés		2,000	2,000	2,000		2,000	2,167	2,429	2,222	2,444	2,444
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	2,000	2,000	2,000	2,000		2,000	2,500	2,500	2,500	2,000	2,000
509017.2.A	Biel-Fuencalderas	1,500	1,500	1,500	1,333		1,333	1,333	1,250	1,250	1,200	1,200

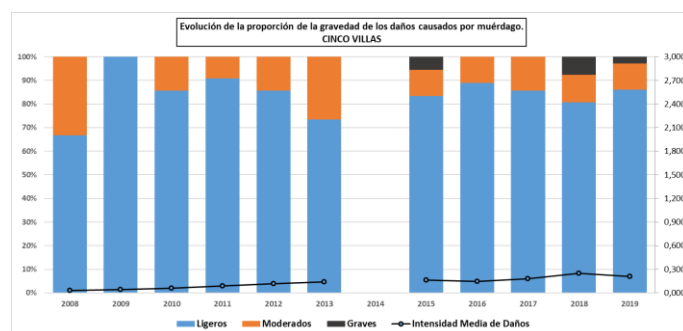
Punto	T.M.	Defoliación media (%) de los pies afectados (incluyendo muertos en el año)												
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
501092.1.A	El Frago											35,0	30,0	30,0
501443.1.B	Longás													28,0
501481.2.AB	Luesia				27,5	27,5	25,0		65,0	25,0	25,0	25,0	30,0	30,0
501481.3.B	Luesia													20,0
501481.4.B	Luesia													45,0
501514.1.A	Luna		25,0	25,0	30,0	32,5	27,5		20,0	25,0	30,0	20,0	27,5	27,5
502105.1.A	Los Pintanos												15,0	15,0
502323.1.A	Salvatierra de Esca	20,0	17,5	20,0	37,5	46,3	38,8		33,0	32,0	46,0	50,8	49,2	49,2
502702.1.A	Urriés				22,5	25,0	22,5		21,0	28,3	32,1	33,9	27,2	27,2
509017.1.A	Biel-Fuencalderas	30,0	27,5	45,0	42,5	42,5	30,0		30,0	27,5	32,5	30,0	35,0	35,0
509017.2.A	Biel-Fuencalderas		20,0	17,5	30,0	27,5	20,0		20,0	25,0	26,3	20,0	22,0	22,0

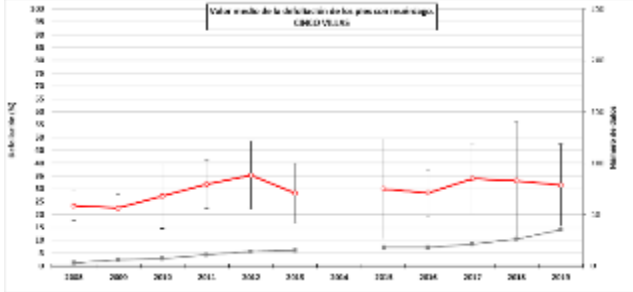
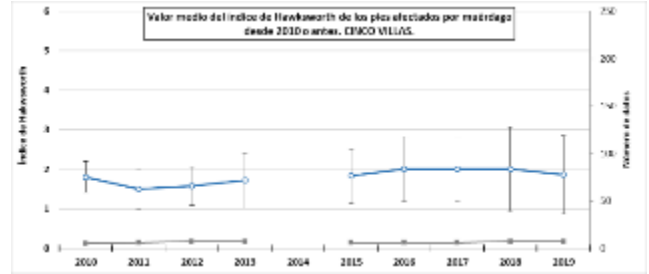
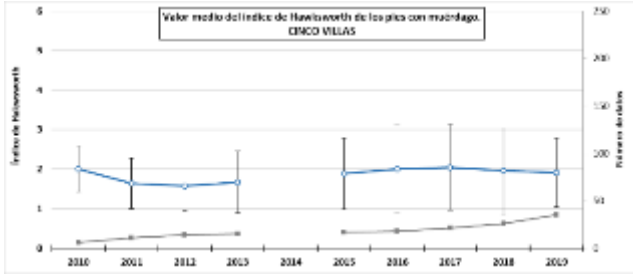
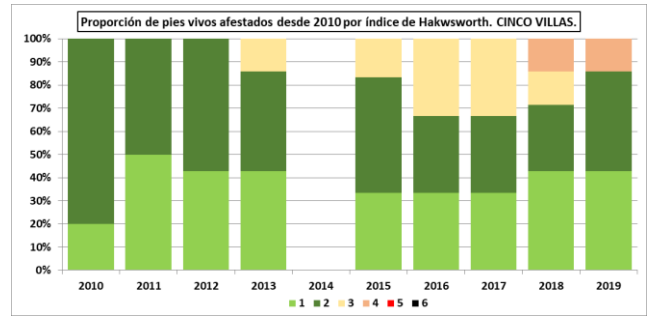
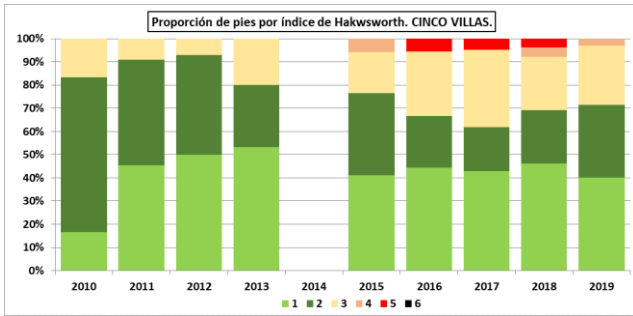




La proporción media de pinos afectados ha pasado de un 2,2% en 2008 a un 17,7% en 2019. La intensidad media de daños se ha incrementado en el mismo período de un valor de 0,029 a un valor de 0,207.

	% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Total de pies afectados			Pies vivos afectados desde 2010 o antes		
			Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)
2008	2,2	0,029			23,3			25,0
2009	4,4	0,044			22,5			23,0
2010	5,1	0,058	2,833	2,000	27,1	2,800	1,800	28,3
2011	8,0	0,088	2,636	1,636	31,8	2,667	1,500	31,3
2012	10,3	0,118	2,643	1,571	35,4	2,714	1,571	34,5
2013	11,0	0,140	2,667	1,667	28,3	2,857	1,714	27,9
2014								
2015	13,2	0,162	2,765	1,882	30,0	2,833	1,833	25,4
2016	13,3	0,148	2,889	2,000	28,3	3,000	2,000	25,8
2017	15,6	0,178	2,857	2,048	34,0	3,000	2,000	32,3
2018	19,5	0,248	2,692	1,962	33,1	2,714	2,000	26,4
2019	17,2	0,207	2,771	1,914	31,4	2,857	1,857	30,7





10.4. Huerva.

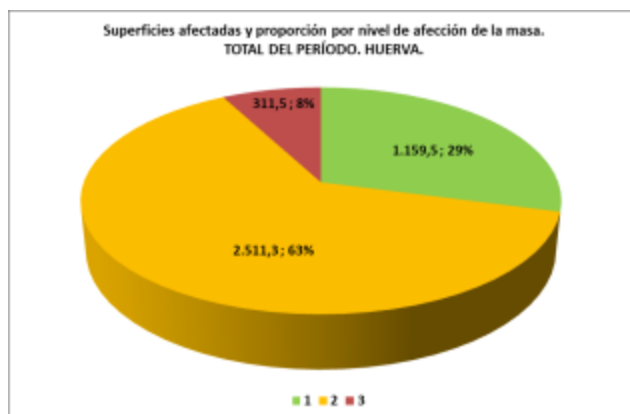
Términos municipales en los que se constatado la afección: Aguilón, Belchite, Fuendetodos, La Puebla de Albortón, Tosos, Valmadrid, Villanueva de Huerva.

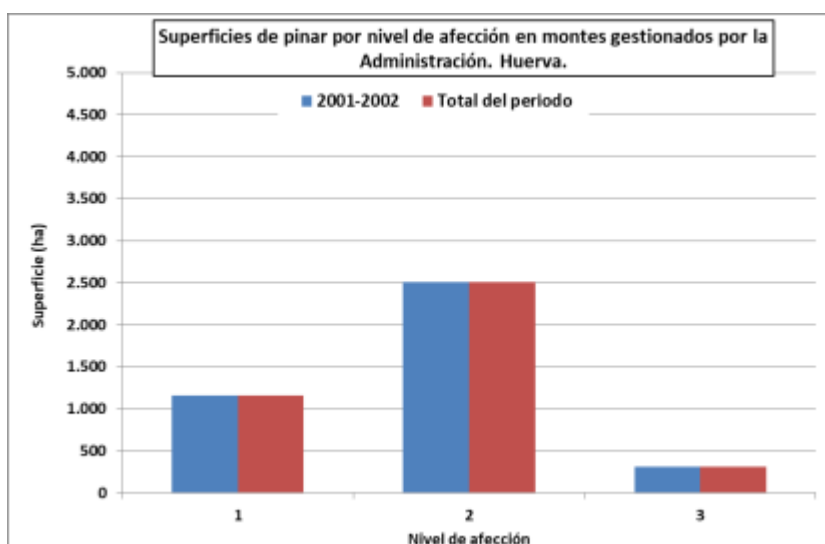
Se engloban en esta zona daños en masas de pino carrasco en la cuenca media y baja del río Huerva., y la divisoria con el Aguasvivas, eun superficie de aproximadamente 7.000 ha.

Formación vegetal	Superficie (ha)
Pinar de carrasco	6.207,8
Pinar de silvestre	0,0
Pinar de laricio	0,0
PINAR	6.207,8
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	796,1
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	0,0
Otras formaciones con presencia de pino laricio	0,0
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	796,1
TOTAL	7.004,0

En la actualidad existen 10 montes afectados, con una superficie de pinar de 3.982 ha. En esta zona no se ha registrado incremento de superficie afectada ni de nivel de afección en sus masas. La superficie de pinar con mayor nivel de afección alcanza el 8% del total.

Nivel de afección	PERÍODO TOTAL			Años 2001-2002			VARIACIÓN	
	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Número de montes	Superficie pinar (ha)	% Superficie	Diferencia superficie (ha)	Incremento (%)
1	4	1.159,5	29,1	4	1.159,5	29,1	0,0	0,0
2	5	2.511,3	63,1	5	2.511,3	63,1	0,0	0,0
3	1	311,5	7,8	1	311,5	7,8	0,0	0,0
TOTAL	10	3.982,4		10	3.982,4		0,0	0,0





La REFMFA en esta zona únicamente dispone dos puntos de evaluación, con situación sanitaria además muy contrastada, por lo que los valores medios pueden estar afectados por altos grados de error. La proporción de pinos afectados por el muérdago en el punto 502647.1.A en Tosos, con una situación sanitaria normal se sitúa en el 4,2%, con una defoliación de los pies afectados del 32,5%. Por el contrario en el punto 502758.1.A de Valmadrid el estado sanitario es muy pobre tras verse afectado por el incendio de 2009, con una proporción de pies afectados del 76,2% y una defoliación de los mismos del 41,6%.

Punto	T.M.	Valores 2019				
		% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Grado de Infestación medio	Índice de Hawthorth medio	Defoliación media pies afectados (%)
502647.1.A	Tosos	8,3	0,083	2,500	1,500	32,5
502758.1.A	Valmadrid	76,2	1,476	2,933	3,867	41,6

Punto	T.M.	Proporción de pies afectados (%)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502647.1.A	Tosos	25,0	25,0	25,0	25,0	40,0	30,0		25,0	27,5	37,5	32,5	32,5
502758.1.A	Valmadrid	31,7	34,6	63,8	49,6	58,9	42,8		41,9	34,4	41,3	41,6	41,6

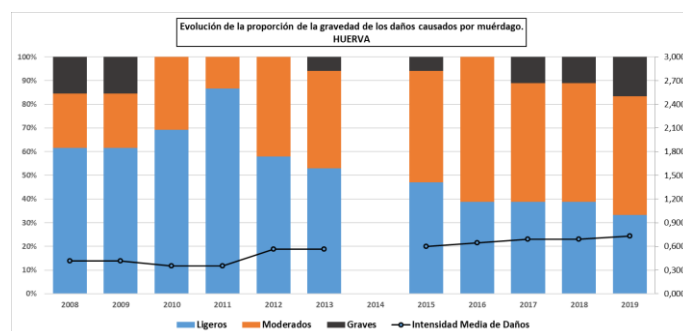
Punto	T.M.	Índice de Hawthorth medio de los pies afectados									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502647.1.A	Tosos	1,000	1,000	1,000	1,000		1,000	1,000	1,000	1,500	1,500
502758.1.A	Valmadrid	1,500	1,500	2,353	2,938		3,063	3,467	3,750	3,750	3,867

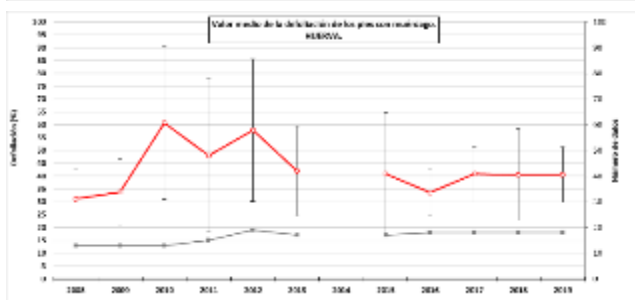
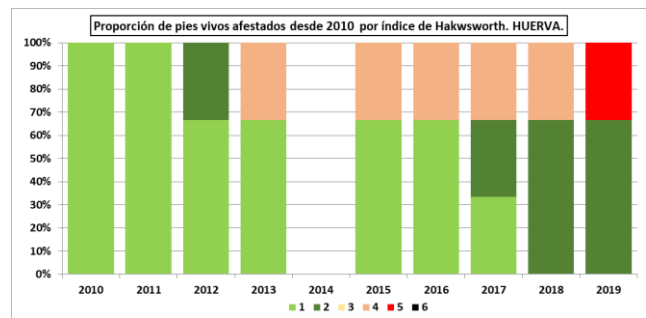
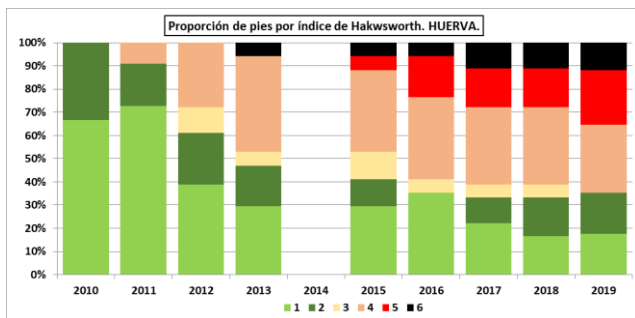
Punto	T.M.	Defoliación media (%) de los pies afectados (incluyendo muertos en el año)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
502647.1.A	Tosos	25,0	25,0	25,0	25,0	40,0	30,0		25,0	27,5	37,5	32,5	32,5
502758.1.A	Valmadrid	31,7	34,6	63,8	49,6	58,9	42,8		41,9	34,4	41,3	41,6	41,6



La proporción media de pinos afectados ha pasado de un 27,1% en 2008 a un 40,0% en 2019. La intensidad media de daños se ha incrementado en el mismo período de un valor de 0,417 a un valor de 0,733.

	% pinos afectados sobre evaluados	Intensidad Media de Daños	Total de pies afectados			Pies vivos afectados desde 2010 o antes		
			Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)	Grado de Infestación medio	Índice de Hawksworth medio	Defoliación (%)
2008	27,1	0,417			31,2			26,7
2009	27,1	0,417			33,8			30,0
2010	27,1	0,354	2,000	1,333	60,8	2,000	1,000	36,7
2011	31,3	0,354	2,273	1,455	48,0	2,000	1,000	43,3
2012	39,6	0,563	2,611	2,278	57,9	2,333	1,333	48,3
2013	37,0	0,565	2,765	2,824	42,1	2,333	2,000	41,7
2014								
2015	37,8	0,600	2,765	2,941	40,9	2,333	2,000	36,7
2016	40,0	0,644	2,722	3,176	33,6	2,333	2,000	38,3
2017	40,0	0,689	2,778	3,444	40,8	2,333	2,333	45,0
2018	40,0	0,689	2,824	3,500	40,6	2,667	2,667	38,3
2019	40,0	0,733	2,882	3,588	40,6	3,000	3,000	43,3





10.5. Comparación entre zonas.

La mayor afección superficial del muérdago se presenta en la zona de las Cinco Villas, que engloba las Altas Cinco Villas zaragozanas, así como los términos de la Jacetania pertenecientes a la provincia de Zaragoza. La superficie potencialmente afectada en esta zona asciende a 64.184 ha, siendo la única en la que aparecen pinares de pino albar y laricio afectados, con unas superficies estimadas de 14.178 ha y 15.443 ha respectivamente, además de hayedos, quejigares, y encinares mezclados en estas especies.

Las zonas de Bajo Aragón (que se corresponde con la comarca del mismo nombre y el sur de la Ribera Baja del Ebro) y Bardenas-Zuera-Alcubierre (que engloba el sur de las Cinco Villas, el norte y el centro de la Comarca Central de Zaragoza, sur de Monegros y norte de la Ribera Baja del Ebro), presentan una afección superficial similar, con una superficie potencialmente afectada de 52.784 ha y 54.415 ha respectivamente. La zona del Huerva tiene una afección superficial mucho menor, del orden de 7.004 ha.

Formación vegetal	Superficie (ha)			
	CINCO VILLAS	BAJO ARAGON	BARDENAS-ZUERA-ALCUBIERRE	HUERVA
Pinar de carrasco	23.912,0	51.406,9	51.494,9	6.207,8
Pinar de silvestre	14.178,2	0,0	66,8	0,0
Pinar de laricio	15.443,0	0,0	182,1	0,0
PINAR	53.533,1	51.406,9	51.743,8	6.207,8
Otras formaciones con presencia de pino carrasco	3.699,9	1.376,7	2.671,0	796,1
Otras formaciones con presencia de pino silvestre	5.612,9	0,0	0,0	0,0
Otras formaciones con presencia de pino laricio	1.337,9	0,0	0,0	0,0
OTRAS FORMACIONES CON PRESENCIA DE PINOS	10.650,7	1.376,7	2.671,0	796,1
TOTAL	64.183,9	52.783,6	54.414,7	7.004,0

En lo que respecta a los montes gestionados por la administración, la mayor afección se registra también en las Cinco Villas, donde existen 80 montes afectados, con una superficie de pinar estimada en 24.000 ha, siendo además la zona donde más se ha incrementado la superficie afectada desde el año 2002, con un incremento estimado del 12,4%.

En el Bajo Aragón y la zona de la depresión norte del Ebro (Bardena-Zuera-Alcubierre) se estima una afección en 19 y 26 montes respectivamente, con una superficie de pinar de unas 19.000 ha en ambas zonas, en las que los incrementos de superficie afectada han sido muy moderados.

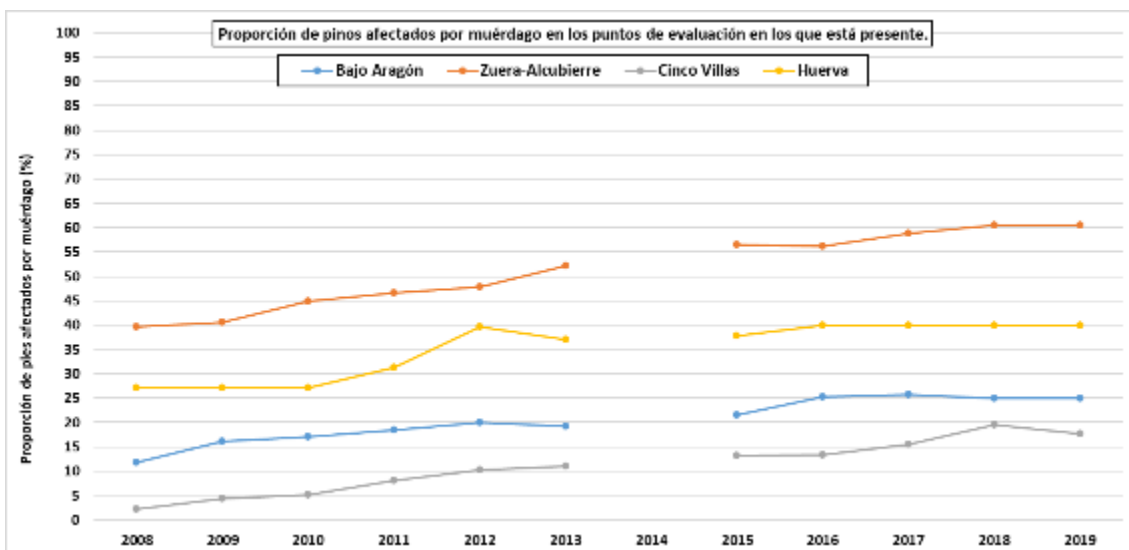
En el valle medio y bajo del Huerva aparecen 10 montes afectados, con una superficie de pinar de 4.000 ha, sin que se haya incrementado la misma en los dos últimos decenios.

	Montes gestionados por la Administración			
	número montes afectados	Superficie pinar afectada (ha)	Incremento superficie /2002 (ha)	% Incremento
BAJO ARAGÓN	19	18.690	141	0,8
ZUERA-ALCUBIERRE	26	18.767	919	5,1
CINCO VILLAS	80	23.961	2.634	12,4
HUERVA	10	3.982	0	0

En la actualidad la zona que presenta una mayor proporción de pies afectados es la zona de Bardenas-Zuera-Alcubierre, donde la media de afección se sitúa en el 60% de los pinos, alcanzándose un máximo del 95,2% de pies afectados. Es sin embargo, junto a la zona del Huerva, donde menos ha crecido la afección desde el año 2008, del orden del 50%, en contraste con la zona de Cinco Villas, donde la afección actual es la menor (17,2% de media de pies afectados, con máximo del 50%) pero con un enorme incremento desde el año 2008.

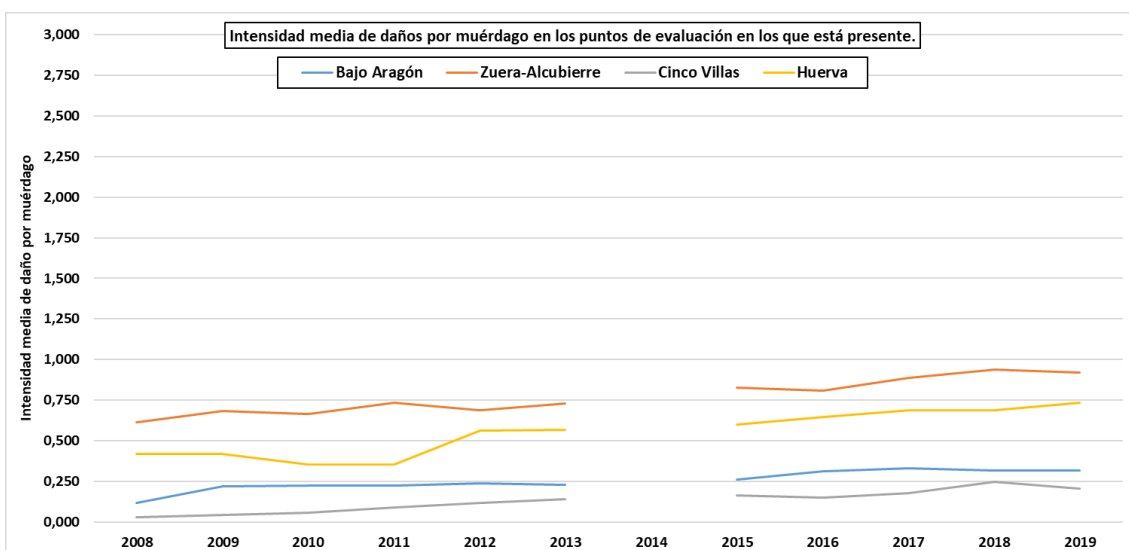
	Proporción de pinos afectados			
	Media	Mínima	Máxima	Incremento desde 2008 (%)
BAJO ARAGÓN	25,0	8,3	66,7	112,5
ZUERA-ALCUBIERRE	60,5	30,4	95,2	52,6
CINCO VILLAS	17,7	4,2	50,0	709,9
HUERVA	40,0	8,3	76,2	47,7

	Proporción media de pinos afectados (%) en los puntos de evaluación en los que está presente el muérdago			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2008	11,8	39,7	2,2	27,1
2009	16,2	40,5	4,4	27,1
2010	17,0	44,8	5,1	27,1
2011	18,5	46,6	8,0	31,3
2012	20,0	47,8	10,3	39,6
2013	19,3	52,2	11,0	37,0
2014				
2015	21,5	56,5	13,2	37,8
2016	25,2	56,1	13,3	40,0
2017	25,7	58,8	15,6	40,0
2018	25,0	60,5	19,5	40,0
2019	25,0	60,5	17,7	40,0



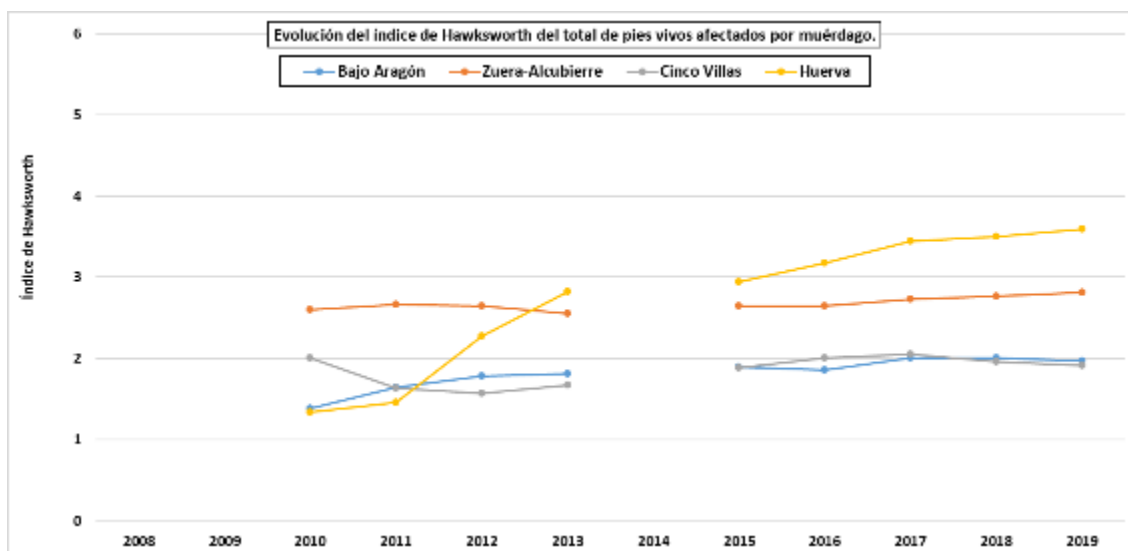
La intensidad media de daños, primer indicador de la gravedad de la afección, es sustancialmente mayor en la zona de Bardenas-Zuera-Alcubierre que en el resto de zonas, especialmente que en Bajo Aragón y Cinco Villas. El valor alcanzado por la zona del Huerva debe matizarse, ya que se constatan altos valores de daños en Valmadrid, y mucho menores en Tosos.

	Intensidad Media de Daños del total de pies afectados			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2008	0,118	0,612	0,029	0,417
2009	0,221	0,681	0,044	0,417
2010	0,222	0,664	0,058	0,354
2011	0,222	0,733	0,088	0,354
2012	0,237	0,687	0,118	0,563
2013	0,230	0,730	0,140	0,565
2014				
2015	0,259	0,826	0,162	0,600
2016	0,311	0,807	0,148	0,644
2017	0,331	0,886	0,178	0,689
2018	0,316	0,939	0,248	0,689
2019	0,316	0,921	0,207	0,733



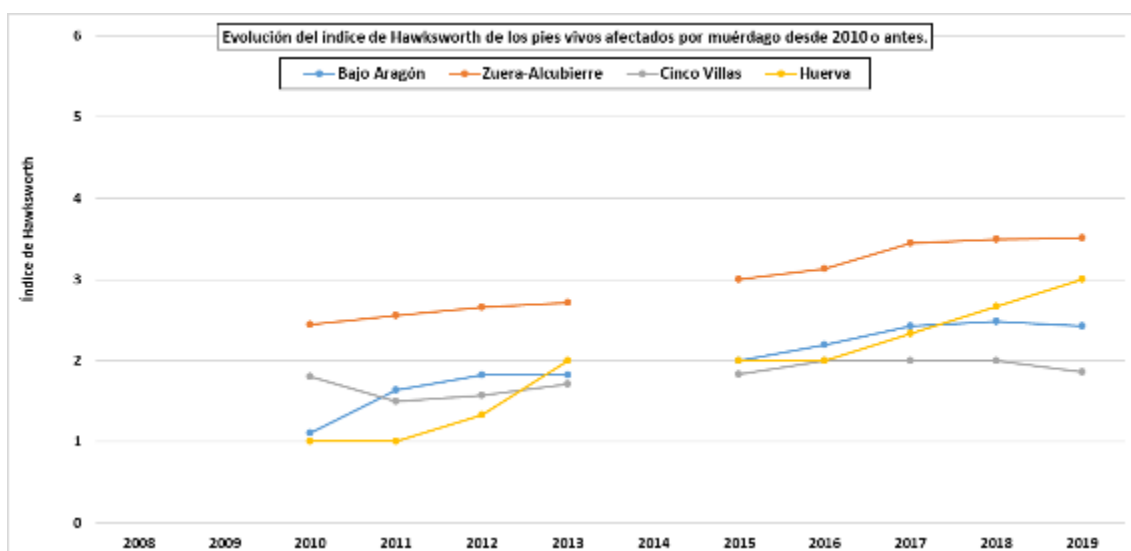
El grado de infestación del total de los pies afectados, evaluado mediante el índice de Hawksworth, es menor en Cinco Villas y Bajo Aragón, donde no supera un valor de 2, que en la zona de Bardena-Zuera-Alcubierre, donde alcanza un valor de 2,8. En el caso del Huerva, nuevamente el valor y la evolución del índice de Hawksworth se ve muy influenciado por estado de los pies en el punto de evaluación de Valmadrid.

	Índice de Hawksworth medio del total de los pies afectados			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2010	1,381	2,600	2,000	1,333
2011	1,640	2,667	1,636	1,455
2012	1,778	2,648	1,571	2,278
2013	1,808	2,550	1,667	2,824
2014				
2015	1,897	2,646	1,882	2,941
2016	1,853	2,641	2,000	3,176
2017	2,000	2,726	2,048	3,444
2018	2,000	2,768	1,962	3,500
2019	1,971	2,812	1,914	3,588



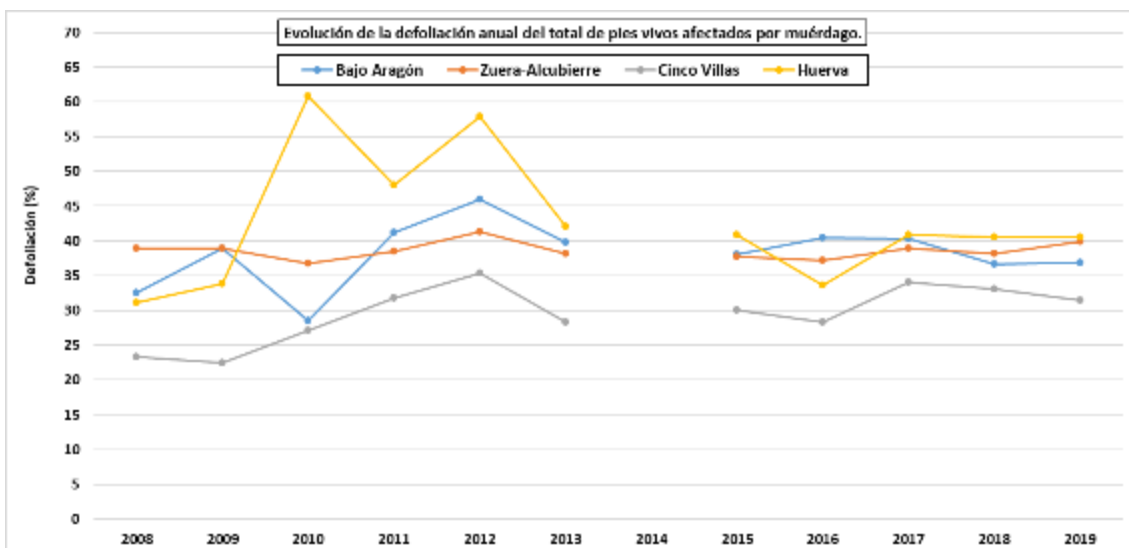
Si se descuentan los pies muertos durante el período, así como los infestados recientemente, se comprueba que el agravamiento de los pinos afectados durante el total del período estudiado ha sido, efectivamente, mayor en los pinares de Bardenas-Zuera-Alcubierre, que alcanza un valor medio de 3,5

	Índice de Hawksworth medio de los pies vivos afectados por muérdago desde 2010 o antes			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2010	1,111	2,442	1,800	1,000
2011	1,636	2,556	1,500	1,000
2012	1,818	2,659	1,571	1,333
2013	1,818	2,711	1,714	2,000
2014				
2015	2,000	3,000	1,833	2,000
2016	2,190	3,133	2,000	2,000
2017	2,429	3,450	2,000	2,333
2018	2,476	3,489	2,000	2,667
2019	2,429	3,511	1,857	3,000



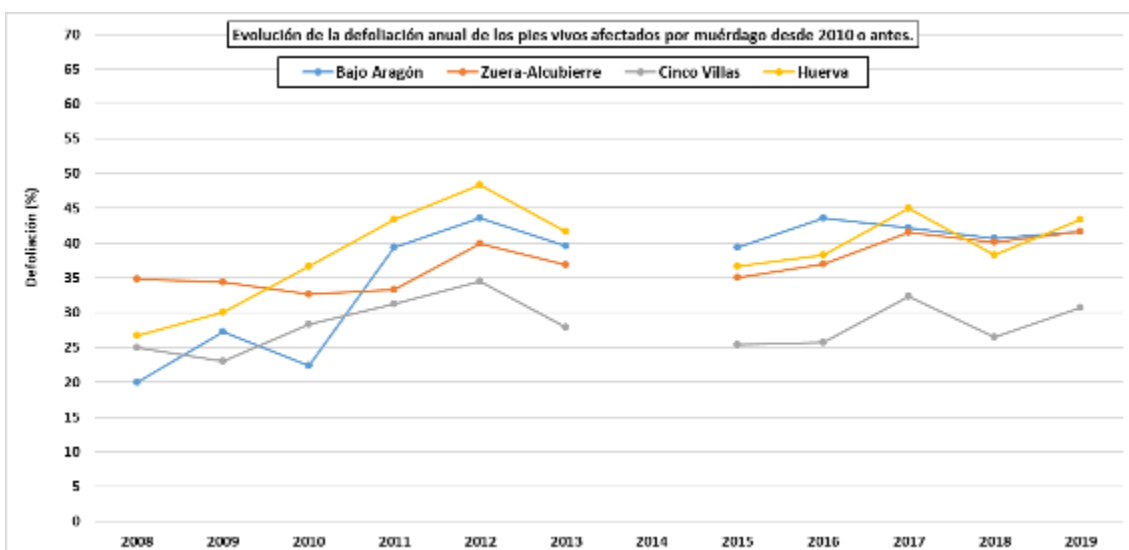
En consonancia con todos los parámetros vistos el valor medio de la defoliación del total los pies afectados por muérdago es mayor en Huerva y Bardena-Zuera-Alcubierre, zonas donde alcanza en 2019 valores del 40,6% y del 39,9% respectivamente. En una situación similar se sitúa el Bajo Aragón, con una defoliación media en 2019 del 36,9%, donde parece que la menor afección tanto en proporción de pies afectados como en el grado de infestación de los mismos no se traduce en una rebaja sustancial de la defoliación, quizá por la mayor xericidad de esta zona. Por último Cinco Villas muestra una valor medio de defoliación de los pies afectados del 31,4%, significativamente menor que el de las otras zonas.

	Defoliación media (%) del total de pies afectados			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2008	32,5	38,9	23,3	31,2
2009	38,9	38,9	22,5	33,8
2010	28,5	36,7	27,1	60,8
2011	41,2	38,5	31,8	48,0
2012	45,9	41,3	35,4	57,9
2013	39,8	38,2	28,3	42,1
2014				
2015	38,1	37,8	30,0	40,9
2016	40,4	37,2	28,3	33,6
2017	40,3	38,9	34,0	40,8
2018	36,6	38,2	33,1	40,6
2019	36,9	39,9	31,4	40,6



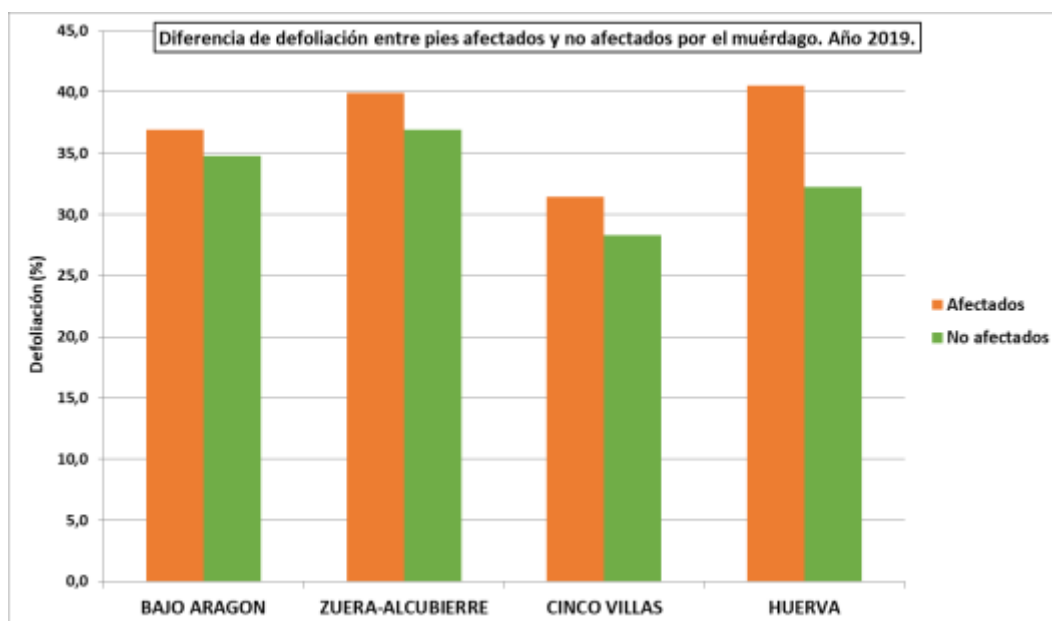
Las conclusiones anteriores se ven reforzadas estudiando la defoliación de los pies vivos afectados por el muérdago desde al menos 2010, que muestra valores muy similares en Huerva, Bajo Aragón, y Bardena-Zuera-Alcubierre, entre el 41,7% y el 43,3%, y claramente superiores al registrado en las Cinco Villas, del 30,7%.

	Defoliación media (%) de los pies vivos afectados por muérdago desde 2010 o antes			
	BAJO ARAGÓN	ZUERA-ALCUBIERRE	CINCO VILLAS	HUERVA
2008	20,0	34,9	25,0	26,7
2009	27,2	34,4	23,0	30,0
2010	22,4	32,7	28,3	36,7
2011	39,3	33,3	31,3	43,3
2012	43,6	39,9	34,5	48,3
2013	39,5	36,9	27,9	41,7
2014				
2015	39,3	35,0	25,4	36,7
2016	43,6	37,0	25,8	38,3
2017	42,1	41,6	32,3	45,0
2018	40,7	40,1	26,4	38,3
2019	41,7	41,7	30,7	43,3



Por último, la diferencia de la defoliación entre los pies afectados y no afectados es netamente superior en la zona del valle del Huerva que en el resto de zonas.

	Defoliación (%). Año 2019.			
	Número de pies		Defoliación (%)	
	Afectados por muérdago	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	No afectados por muérdago
BAJO ARAGÓN	34	102	36,9	34,8
ZUERA-ALCUBIERRE	69	45	39,9	36,9
CINCO VILLAS	35	168	31,5	28,3
HUERVA	18	27	40,6	32,2



11. La distribución actual del muérdago: diferencias entre masas afectadas y no afectadas e interrogantes.

Detrás de la distribución actual del muérdago se encuentran múltiples factores (López-Sáez, 1993 b) de diversa naturaleza (climáticos, geobotánicos, antrópicos, etc.) que operan a diferentes escalas espaciales y temporales (Roura-Pascual et al., 2012), y que hacen muy complicado discriminar cuáles son las razones últimas de la ubicación de las zonas afectadas.

En primer lugar, la distribución del muérdago depende directamente de la distribución de sus hospedantes, pero no de una forma unívoca: como se ha visto los pinares de rodano de la provincia no se hallan afectados, lo que es una de las razones que contribuyen a explicar la ausencia de muérdago en las sierras ibéricas, en este caso en la Sierra del Espigar y la Sierra de Herrera.

No parece únicamente necesaria la existencia de las especies adecuadas, sino que las estructuras de las masas tienen también influencia: es necesario que existan doseles y árboles favorables para su utilización por parte de los dispersores, como se ha mencionado los doseles de masas coetáneas o regulares jóvenes, como las regeneradas tras incendios, no suelen ofrecer favorables condiciones de colonización. Al contrario, el envejecimiento de las masas, con los cambios en la estructura horizontal y vertical que implica, se ha mencionado como uno de los factores para el aumento de la afección del muérdago.

En segundo lugar, depende también de la distribución de sus dispersores, sus rutas migratorias y sus áreas de invernada, factores no precisados en Aragón. Nuevamente esta dependencia no es directa: es difícil explicar, por ejemplo, porqué el muérdago no ha saltado desde Bardenas o Zuera hacia las masas de pinar viejas de Borja (carrasco) o Tarazona (silvestre, laricio), con más de 100 años de edad, con árboles y doseles favorables para la colonización, donde los zorzales están presentes, y *Viscum album album* coloniza chopos, almendros, espinos, endrinos, y otras frondosas, muchas veces con profusión.

A escala de paisaje son varios los factores que influyen en la distribución de la especie. Los factores climáticos, como la temperatura media anual, pueden tener mucha menor influencia que factores de usos del suelo (Roura-Pascual et al., 2012), aunque sí pueden suponer una limitación altitudinal por frío: en la Comunidad Valenciana el muérdago se presenta entre los 600 y los 1.550 m de altitud (Pérez-Laorga et al., 2001), límite superior que también aparece en el Sistema Central y en el Pirineo (López-Sáez, 1993 b, 1993 c), y que en el caso de la provincia de Zaragoza explicaría únicamente la inexistencia de muérdago en las zonas más altas del Moncayo.

Las características fisiográficas del terreno tampoco parecen limitar la aparición del muérdago, que a escalas grandes aparece tanto en solanas como en umbrías, si bien a escalas más finas, de rodal o incluso de árbol, pueden encontrarse mayor afección y mortalidad en solanas, en orientaciones sur y este (Pérez-Laorga et al., 2000).

A partir de los datos de 2019 de los 62 puntos de evaluación de la REFMFA realizados en pinares de pino carrasco, pino silvestre, pino laricio y pino rodano, así como en otras formaciones²³ pero con presencia de pinos de estas especies, se han intentado caracterizar las masas afectadas y no afectadas por el muérdago en sus principales variables fisiográficas y dasométricas.

De este total de 62 puntos de evaluación, 25 presentan al menos un pie afectado por muérdago, en tanto que 37 están libres de la afección. Si bien la representación de la REFMFA no es estrictamente

²³ En el caso de los puntos de evaluación 501494.2A de Luesma y 501481.2AB de Luesia se trata de pequeñas singularidades (castañar de repoblación y hayedo respectivamente) inmersas en una matriz de pinar. En el caso del punto 500747.2.A de Caspe se trata de un pinar muy abierto, donde domina el enebro de *Juniperus phoenicea*. El otro punto en esta situación es el punto 502105.A de Los Pintanos, que corresponde a una zona de encinar claro que está viéndose invadida por pino silvestre. Los otros 58 puntos de evaluación considerados en este epígrafe se encuentran en pinares.

proporcional a la superficie arbolada de la provincia, esto permite estimar, de una forma muy grosera, que la afección del muérdago se extiende por un 40% de la superficie total de pinares con especies hospedantes.

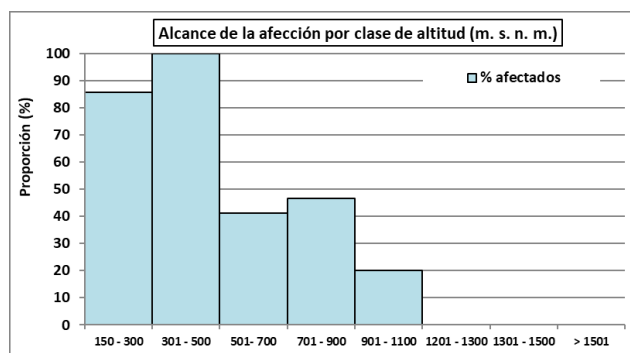
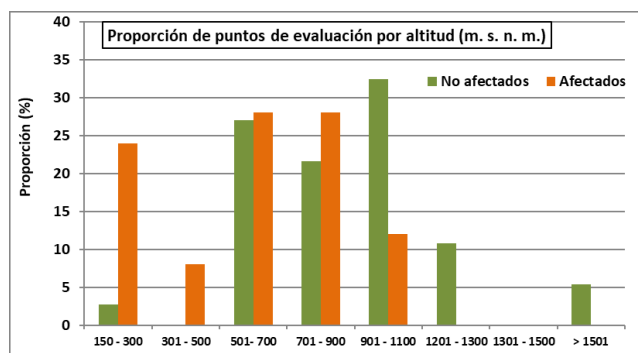
Esta afirmación debe matizarse por tipos de pinares puesto que varía desde la inexistencia de afección en los puntos de evaluación situados en pinares de pino rodeno hasta la afección a casi el 50% de los puntos situados en pinares de pino carrasco. Las afecciones a los pinares de pino silvestre y pino laricio son algo menores, del orden de un tercio de los puntos de evaluación.

	Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares			
	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
Pinar de pino carrasco	16	15	31	48,4
Pinar de pino silvestre	5	3	8	37,5
Pinar de pino laricio	8	4	12	33,3
Pinar de pino rodeno	7	0	7	0,0
Total pinares	36	22	58	37,9

El rango altitudinal en el que se ha detectado muérdago varía entre los 167 y los 1.038 m., en tanto que el rango total cubierto por los puntos de evaluación considerados se encuentra entre los 159 y los 1.622 m. En este sentido la distribución altitudinal el muérdago no ha alcanzado el límite superior de la especie, quedando a disposición del avance del mismo prácticamente toda la superficie de los pinares zaragozanos, sin necesidad de que medie cambio climático alguno.

La afección es especialmente grave en las zonas más bajas de los pinares de pino carrasco, por debajo de los 500 m de altitud, donde la superficie afectada supera el 86% de la total, existiendo muérdago en 8 de los 9 puntos evaluados. Entre los 500 y los 1038 m la afección alcanza al 36% de los pinares. Por encima de 1.038 m existen 9 puntos de evaluación en pinares de pino silvestre (4), pino laricio (2) y pino rodeno (3), sin que en ninguno de ellos aparezcan pies afectados.

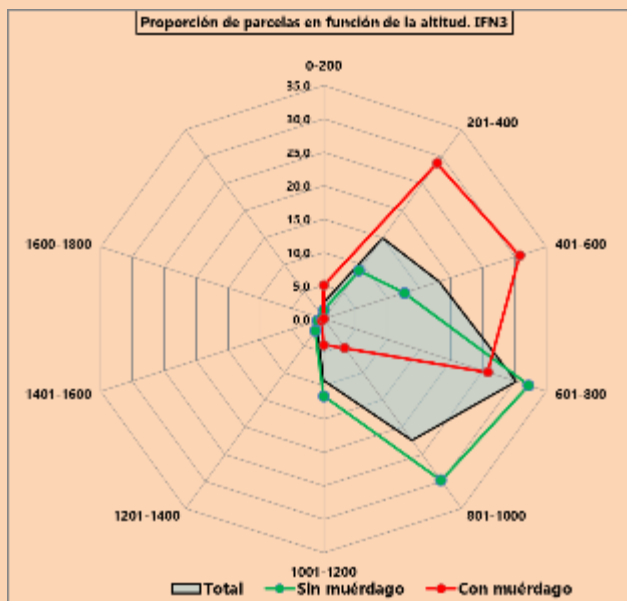
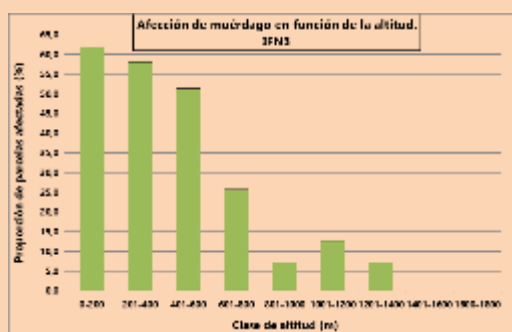
Clase de altitud (m.s. n.m.)	Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares			
	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
150 - 300	1	6	7	85,7
301 - 500	0	2	2	100,0
501 - 700	10	7	17	41,2
701 - 900	8	7	15	46,7
901 - 1100	12	3	15	20,0
1201 - 1300	4	0	4	0,0
1301 - 1500	0	0	0	0,0
> 1501	2	0	2	0,0



El Tercer Inventario Forestal Nacional ofrece un mejor muestreo altitudinal, si bien los datos de las parcelas aparecen clasificados, imposibilitando ofrecer un rango altitudinal preciso. Las parcelas con muérdago se clasifican entre las clases 0-200 m y 1201-1400 m, con una gran mayoría de las parcelas afectadas por muérdago en 2005 (90,4%) localizadas por debajo de los 800 m y únicamente un 4,2% de las parcelas por encima de los 1.000 m.

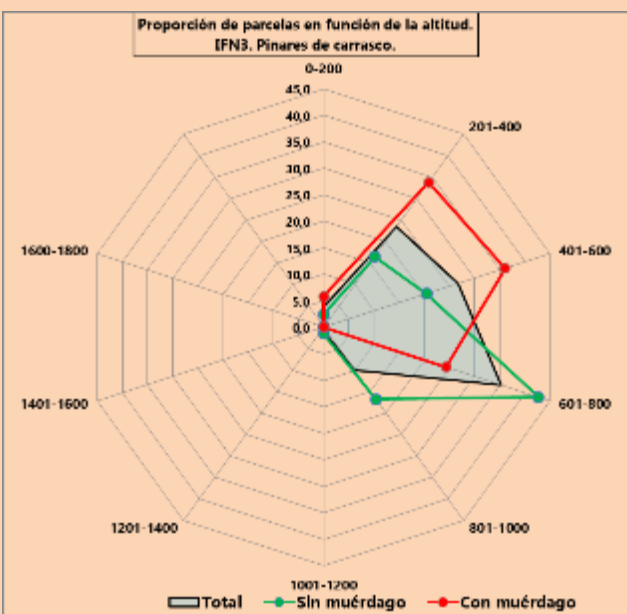
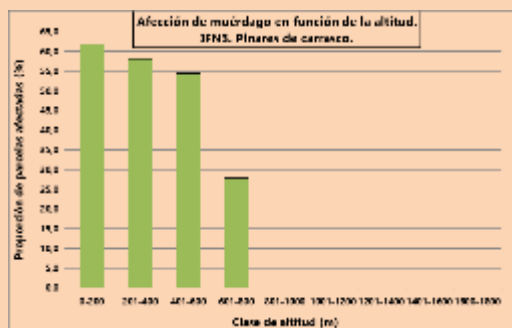
La afección es especialmente grave por debajo de los 600 m, donde se localizan el 64,6% de las parcelas afectadas y únicamente el 23,0% de las parcelas no afectadas, y también alta, pero ya más proporcionada, en la franja de los 601 m a los 800 m. Por el contrario, la afección es muy baja por encima de los 801 m.

Total de especies hospedantes			
Altitud (m)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
0-200	13	8	61,9
201-400	75	54	58,1
401-600	80	76	51,3
601-800	67	193	25,8
801-1000	14	179	7,3
1001-1200	10	69	12,7
1201-1400	1	13	7,1
1401-1600	0	6	0,0
1600-1800	0	2	0,0



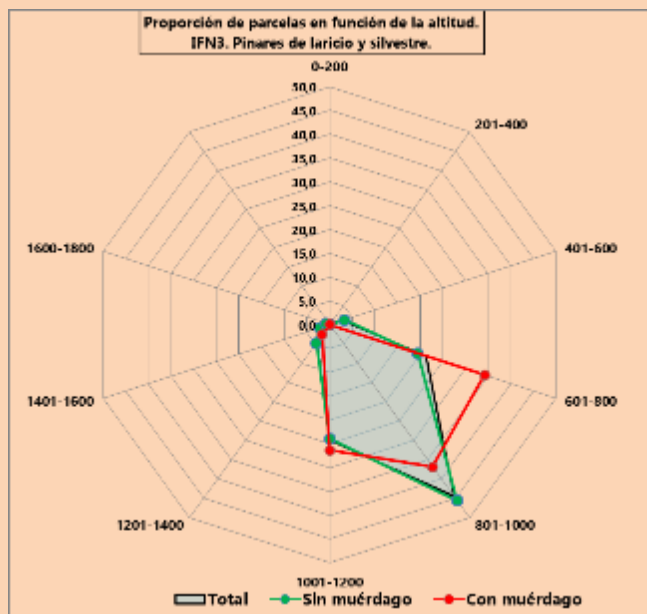
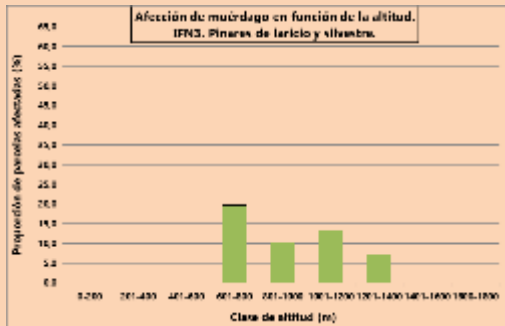
Esta tendencia general se debe a la diferencia entre los pinares de carrasco y los pinares de laricio y silvestre, tanto en los rangos altitudinales ocupados como en el grado de afección del muérdago. Los pinares de carrasco muestran graves afecciones por debajo de los 600 m, donde el 58,2% del total de las parcelas se hallan afectadas por muérdago, y una afección más moderada (27,8% de las parcelas) entre los 600 y los 800 m.

Pinares de carrasco			
Altitud (m)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
0-200	13	8	61,9
201-400	75	54	58,1
401-600	80	67	54,4
601-800	54	140	27,8
801-1000	0	55	0,0
1001-1200	0	4	0,0
1201-1400	0	0	-
1401-1600	0	0	-
1600-1800	0	0	-



Los pinares de laricio y silvestre muestran afecciones mucho menores que los de carrasco, de forma que en la franja altitudinal más afectada, de los 601 m a los 800 m., muestran muérdago el 19,7% de las parcelas, en tanto que entre los 801 m y los 1.200 m aparecen afectadas el 11,7% de las parcelas. En el IFN3 aparece una parcela afectada en la franja del los 1.200 m a los 1.400 m., lo que representa un 0,125% del total de parcelas consideradas para este estudio, lo que combinado con los datos de la REFMFA permite afirmar que no existe afección del muérdago por encima de los 1.200 m de altitud.

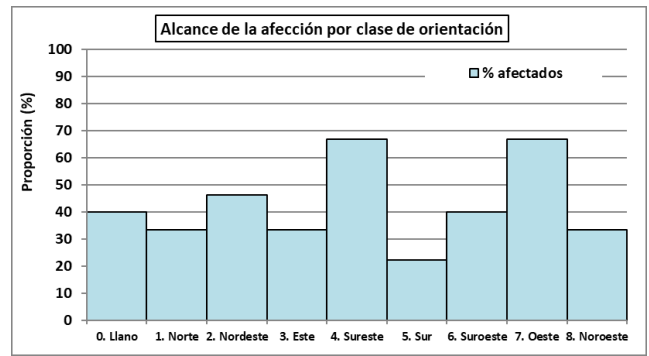
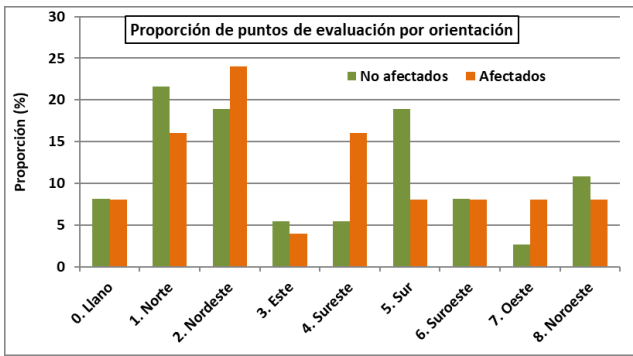
Altitud (m)	Pinares de laricio y silvestre		
	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
0-200	0	0	-
201-400	0	0	-
401-600	0	9	0,0
601-800	13	53	19,7
801-1000	14	124	10,1
1001-1200	10	65	13,3
1201-1400	1	13	7,1
1401-1600	0	6	0,0
1600-1800	0	2	0,0



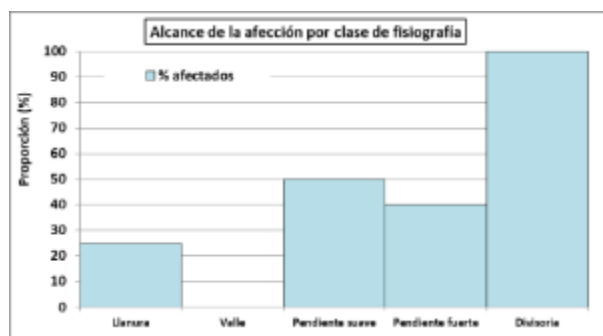
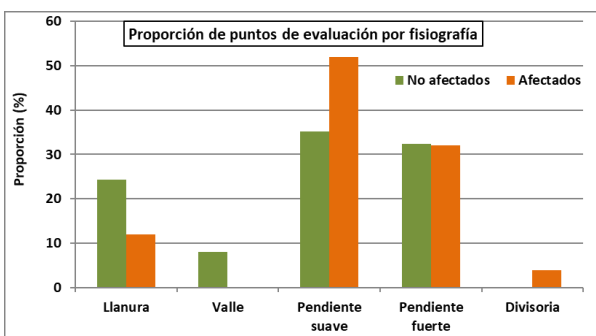
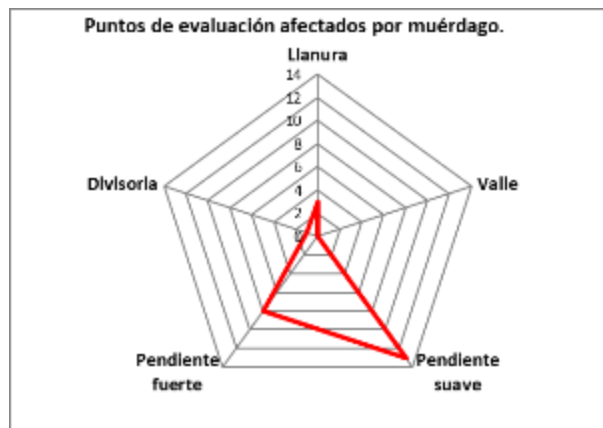
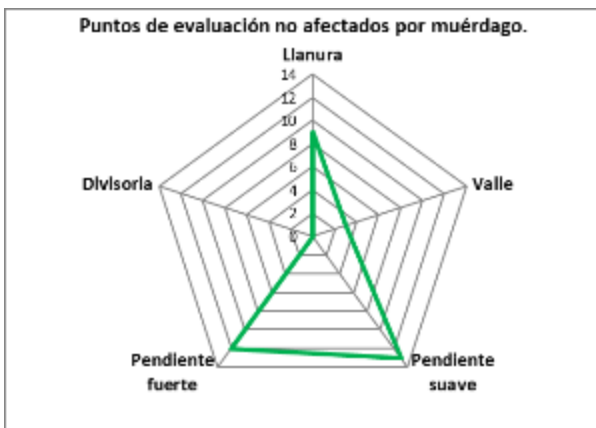
En lo que respecta a las condiciones fisiográficas, no se detectan en la REFMFA grandes diferencias entre los puntos afectados y no afectados en cuanto a su orientación, con afecciones entre el 22,2% y el 66,7% por tipo de orientación, sin que existan orientaciones no afectadas. En cuanto a la posición, las afecciones son mayores en situaciones de ladera, que en llanura o valle.

Orientación	Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares			
	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
0. Llano	3	2	5	40,0
1. Norte	8	4	12	33,3
2. Nordeste	7	6	13	46,2
3. Este	2	1	3	33,3
4. Sureste	2	4	6	66,7
5. Sur	7	2	9	22,2
6. Suroeste	3	2	5	40,0
7. Oeste	1	2	3	66,7
8. Noroeste	4	2	6	33,3



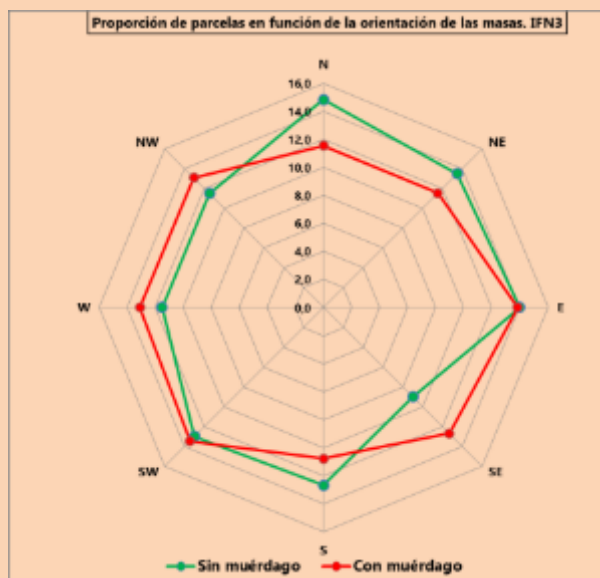
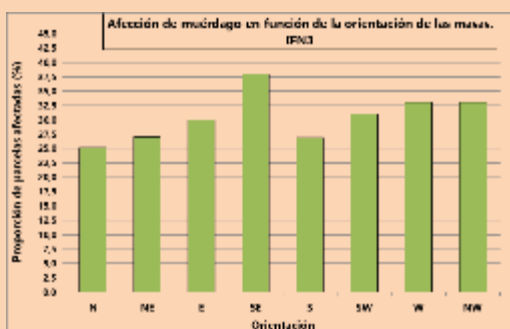


Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares				
Posición	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
Llanura	9	3	12	25,0
Valle	3	0	3	0,0
Pendiente suave	13	13	26	50,0
Pendiente fuerte	12	8	20	40,0
Divisoria	0	1	1	100,0



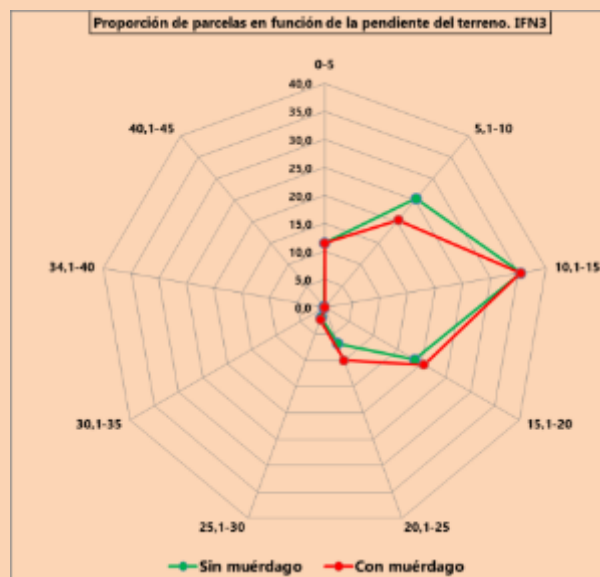
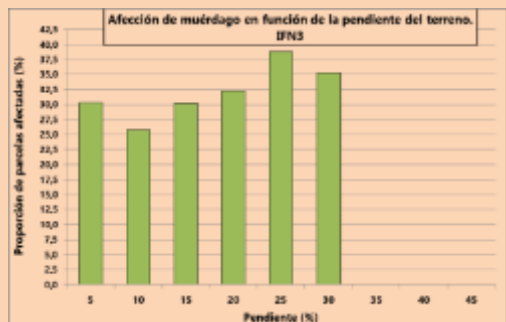
En el caso de las parcelas realizadas en el Tercer Inventario Forestal Nacional tampoco se encuentra una afección diferenciada por orientación, salvo un ligero repunte de la afección en orientación SE. Si se compara la proporción de parcelas por orientación para las masas afectadas y no afectadas se puede ver ese repunte de afección en la orientación SE, así como una disminución de la afección en orientaciones N y NE.

Orientación	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
N	30	89	25,2
NE	30	81	27,0
E	36	84	30,0
SE	33	54	37,9
S	28	76	26,9
SW	35	78	31,0
W	34	69	33,0
NW	34	69	33,0



En el caso de la pendiente no se observan grandes diferencias entre los diferentes tramos estudiados, si acaso una ligera disminución de afección en zonas llanas, y un ligero repunte de la afección en pendientes fuertes, mayores del 20%.

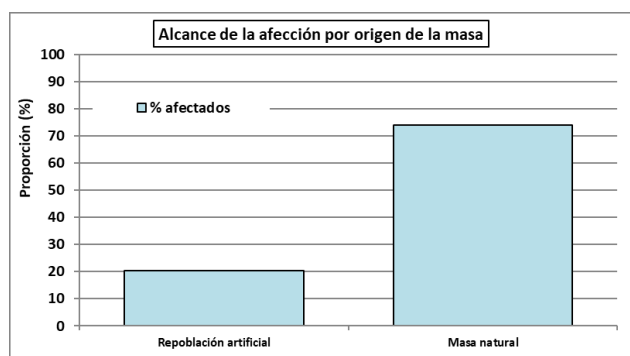
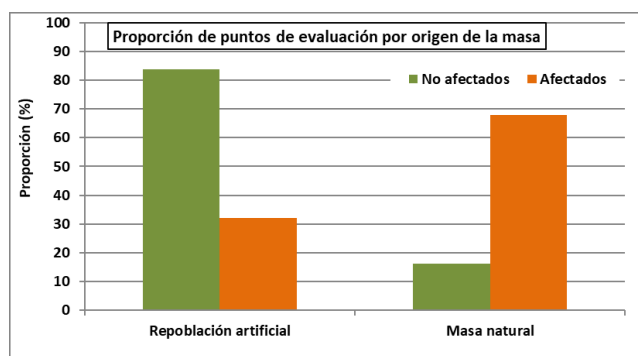
Pendiente (%)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
0-5	30	69	30,3
5,1-10	53	152	25,9
10,1-15	92	213	30,2
15,1-20	53	111	32,3
20,1-25	26	41	38,8
25,1-30	6	11	35,3
30,1-35	0	1	0,0
34,1-40	0	1	0,0
40,1-45	0	1	0,0



El origen de la masa es la variable que presenta mayores diferencias entre ambos grupos de puntos de evaluación de la REFMFA en los pinares, y parece poner de manifiesto que la afección del muérdago es sustancialmente mayor en masas naturales que en masas artificiales, lo que contribuiría a explicar en gran medida la distribución actual del mismo, que viene a corresponder con las masas naturales de pino carrasco de Bardenas, Zuera y Castejón, Sierra de Alcubierre, Bajo Aragón, y Huerva y divisoria con el Aguasvivas, y de pino laricio y pino silvestre en las Cinco Villas, así como en masas repobladas cercanas o intercaladas entre las masas naturales. De esta forma, en las sierras ibéricas el principal motivo de la no aparición del muérdago sería la gran proporción de masas repobladas: exceptuando las masas naturales de rodano de la Sierra del Espigar y la Sierra de Herrera, no existen pinares naturales en las comarcas del Aranda, Comunidad de Calatayud, Campo de Daroca, o Tarazona y el Moncayo.

La proporción de puntos de evaluación afectados por el muérdago en masas naturales se eleva al 73,9%, en tanto que en el caso de masas repobladas se queda en un 20,5%. El 84% de los puntos de evaluación no afectados por el muérdago se sitúa en masas repobladas.

Origen de la masa	Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares			
	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
Repoblación artificial	31	8	39	20,5
Masa natural	6	17	23	73,9



Esta importante diferencia se ve reafirmada por los datos provenientes del Tercer Inventario Forestal Nacional. En este muestreo el 82,7% de las parcelas que mostraron muérdago se localizaron en masas naturales, en tanto que el 14,6% se localizó en masas naturalizadas (repoblaciones antiguas o zonas repobladas con presencia también de pies de origen natural). Únicamente el 2,7% de las parcelas con muérdago se localizó en repoblaciones. Este comportamiento fue compartido por los pinares de carrasco y de silvestre, pero no por los de laricio, en los que las escasas parcelas afectadas se reparten en todas las categorías.

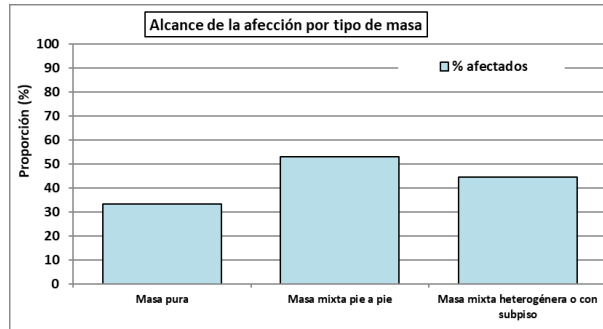
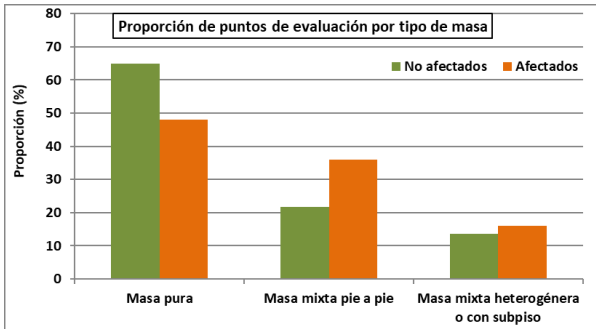
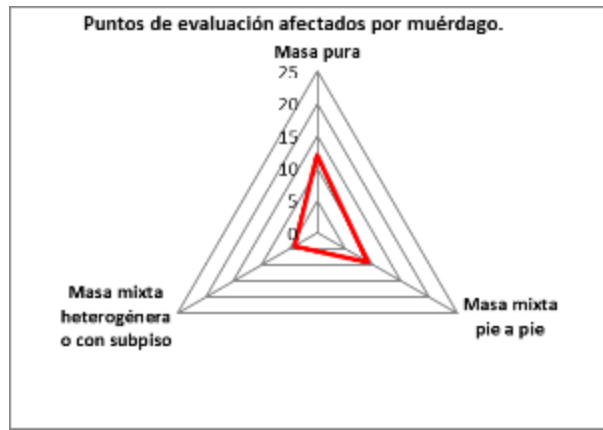
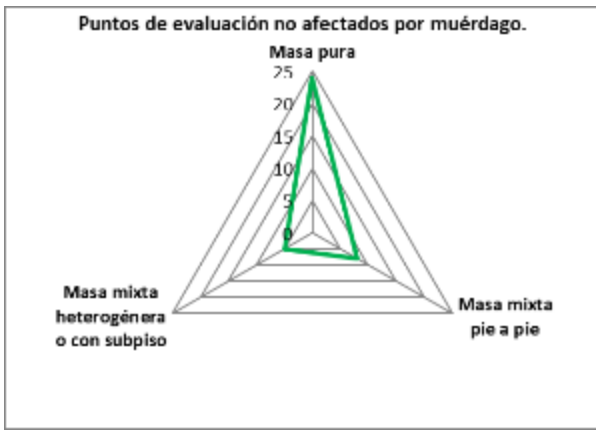
Origen de la masa	Parcelas de IFN3 (2004-2005) con presencia de muérdago				
	Pino silvestre	Pino carrasco	Pino laricio	Pino rodeno	Total
Masa natural	30	183	2	0	215
Repoblación artificial	0	5	2	0	7
Masa naturalizada	1	34	3	0	38

La proporción de parcelas del IFN3 que presentó muérdago frente al total de las parcelas realizadas difiere en gran medida en función del origen de la masa: para el total de especies, las masas naturales presentaron muérdago en el 46,6% de las parcelas, frente a únicamente el 4,0% en el caso de las masas repobladas. Las parcelas realizadas en masas naturalizadas presentaron muérdago en un 17,1% de los casos.

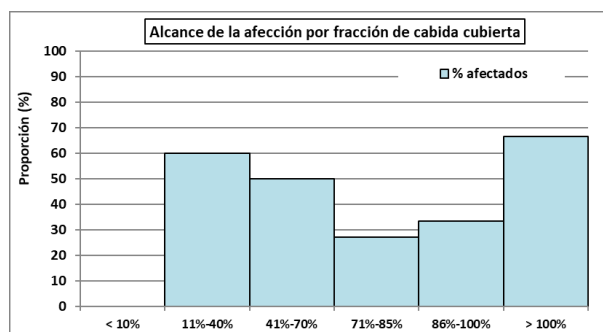
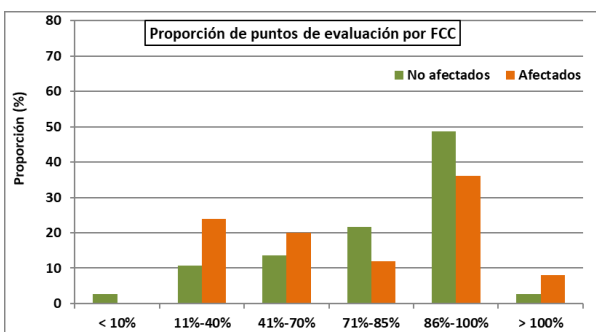
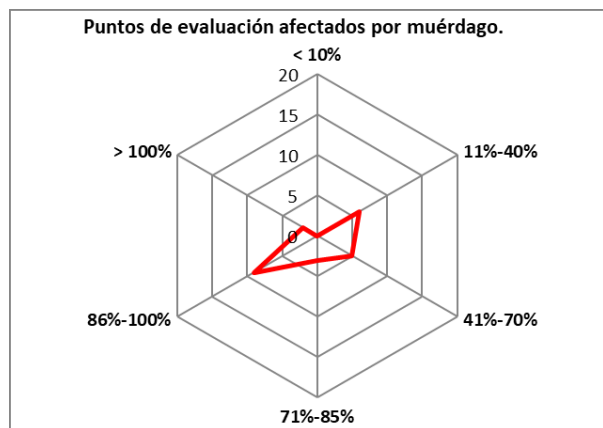
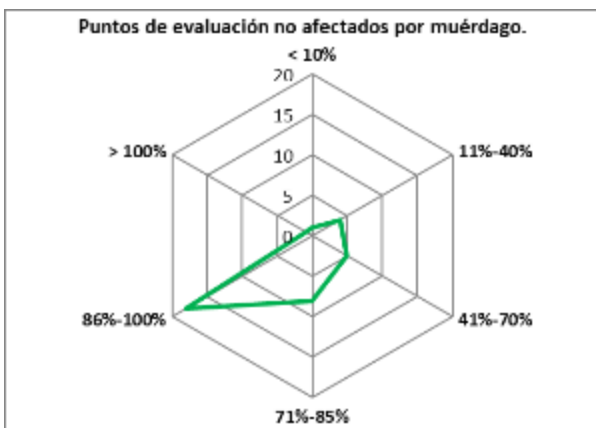
Origen de la masa	Afección: proporción de Parcelas de IFN3 (2004-2005) con presencia de muérdago respecto al total de parcelas (%)				
	Pino silvestre	Pino carrasco	Pino laricio	Pino rodeno	Total
Masa natural	36,1	58,3	5,1	0,0	46,6
Repoblación artificial	0,0	5,5	4,3	0,0	4,0
Masa naturalizada	4,5	24,5	9,4	0,0	17,1

En lo que respecta a la composición de las masas y su estructura, las afecciones parecen algo mayores en masas mixtas (50,0%) que en las masas puras (33,3%), y en masas con fracciones de cabida cubierta algo defectivas, lo que parece mostrar que efectivamente hay una mayor afección en doseles no homogéneos, con huecos, y diferencia de alturas entre los árboles, más propios de masas naturales que artificiales.

Tipo de masa	Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares			
	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
Masa pura	24	12	36	33,3
Masa mixta pie a pie	8	9	17	52,9
Masa mixta heterogénea o con subpiso	5	4	9	44,4



Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares				
Fracción de cabida cubierta	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
< 10%	1	0	1	0,0
11%-40%	4	6	10	60,0
41%-70%	5	5	10	50,0
71%-85%	8	3	11	27,3
86%-100%	18	9	27	33,3
> 100%	1	2	3	66,7



El 47,7% de las parcelas del IFN3 que presentaron muérdago están localizadas en masas puras, en tanto que el 29,2% se localizaron en masas mixtas pie a pie y el 23,1% en masas mixtas heterogéneas o con subpiso. La afección de muérdago se muestra más alta en el caso de masas mixtas heterogéneas o con subpiso, donde llega al 38,2% de las parcelas realizadas, que en el caso de las masas puras, donde alcanza el 31,8% de las parcelas realizadas.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Composición de la masa	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
Pura	124	266	31,8
Mixta pie a pie	76	237	24,3
Mixta heterogénea o con subpiso	60	97	38,2

En lo que respecta a la estructura de la masa, el 77,3% de las parcelas con muérdago presentaba una estructura irregular, frente al 2% de parcelas que presentaron estructuras regulares o coetáneas. La afección de muérdago se muestra mucho más alta en el caso de masas irregulares y semirregulares, donde llega al 41,1% y el 25,1% de las parcelas realizadas respectivamente, que en el caso de las masas regulares y coetáneas, donde alcanza el 2,2% y el 7,6% de las parcelas realizadas en masas de esas estructuras.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Estructura de la masa	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
Coetánea	2	39	4,9
Regular	3	112	2,6
Semirregular	54	161	25,1
Irregular	201	288	41,1

En cuanto a clases naturales de edad, destaca el hecho de que no existen parcelas afectadas en repoblados, y únicamente un 2,7% de las parcelas que presentaron muérdago se hallaban en montes bravos.

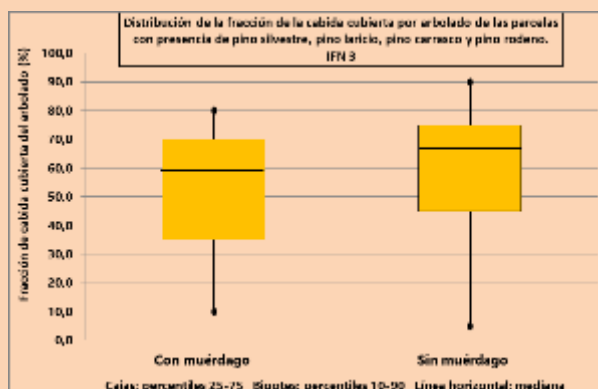
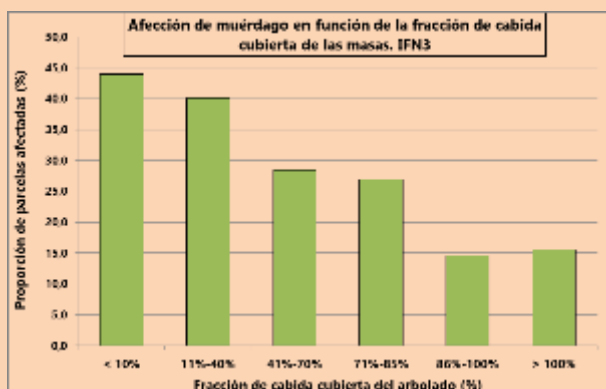
La mayor afección se presenta en fustales y latizales, con porcentajes de afección en el entorno del 30%, en tanto que en montes bravos presentaron muérdago un 19% de las parcelas.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Clase natural de edad	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
Repoblado	0	5	0,0
Monte bravo	7	30	18,9
Latizal	115	270	29,9
Fustal	138	295	31,9

Al igual que en el caso de la REFMA en el IFN3 se detecta también una mayor afección en masas con fracción de cabida cubierta por el arbolado defectiva. De esta forma el 77% de las parcelas afectadas por muérdago presentaron fracciones de cabida cubierta por el arbolado menores del 70%, siendo decreciente la afección con el aumento de la cabida cubierta.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Fracción de cabida cubierta (%)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
< 10	11	14	44,0
11-40	83	124	40,1
41-70	106	267	28,4
71-85	49	133	26,9
86-100	6	35	14,6
> 100	5	27	15,6

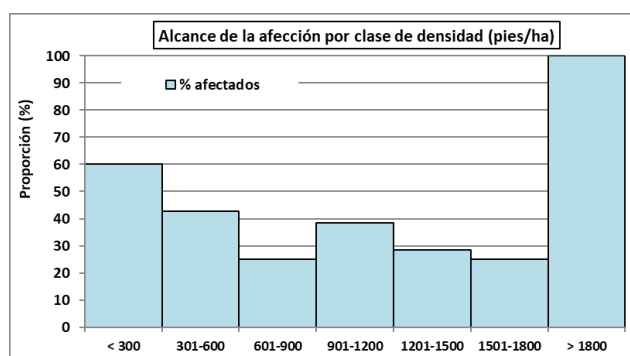
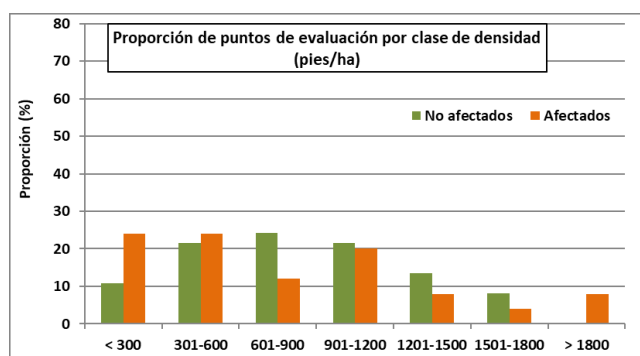
Estadísticas de los datos de las parcelas		
	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	260	600
Mínimo	5,0	1,0
Percentil 10	10,0	5,0
Percentil 25	35,0	45,0
MEDIA	53,2	62,3
DESVIACIÓN TÍPICA	24,7	25,6
MEDIANA	57,5	65,0
Percentil 75	70,0	75,0
Percentil 90	80,0	90,0
Máximo	160,0	175,0



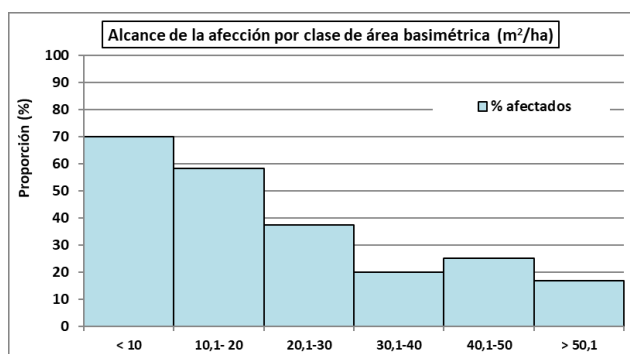
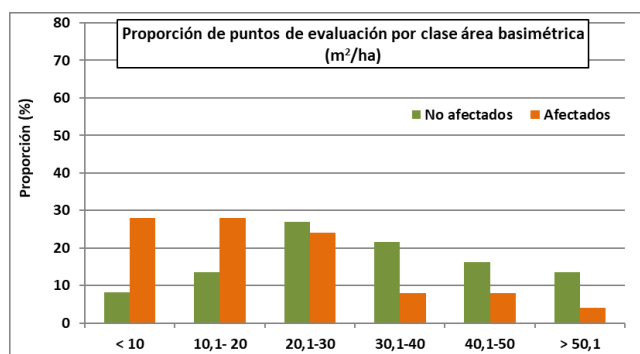
En lo que respecta a la densidad y el área basimétrica de las masas, los puntos de evaluación se sitúan en pinares con densidad entre 77,4 pies/ha y 2.168 pies/ha, y áreas basimétricas entre 0,29 m²/ha y 115,6 m²/ha.

Parece existir una cierta correspondencia entre la densidad del pinar y la afección del muérdago, de forma que según aumenta la densidad disminuye la afección del muérdago, tendencia que rompen los puntos 502647.1.A de Tosos y 509017.2.A de Biel, repoblaciones de mediana edad y alta densidad, cercanas a masas naturales con fuertes afecciones. Esta tendencia parece aún más clara en el caso del área basimétrica, donde la proporción de puntos evaluados afectados por muérdago decrece con el valor de su área basimétrica.

Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares				
Densidad (pies/ha)	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
< 300	4	6	10	60,0
301-600	8	6	14	42,9
601-900	9	3	12	25,0
901-1200	8	5	13	38,5
1201-1500	5	2	7	28,6
1501-1800	3	1	4	25,0
> 1800	0	2	2	100,0



Puntos de evaluación REFMFA-Zaragoza (2019) en pinares				
Área basimétrica (m ² /ha)	No afectados por muérdago	Afectados por muérdago	Total	% Afección
< 10	3	7	10	70,0
10,1- 20	5	7	12	58,3
20,1-30	10	6	16	37,5
30,1-40	8	2	10	20,0
40,1-50	6	2	8	25,0
> 50,1	5	1	6	16,7

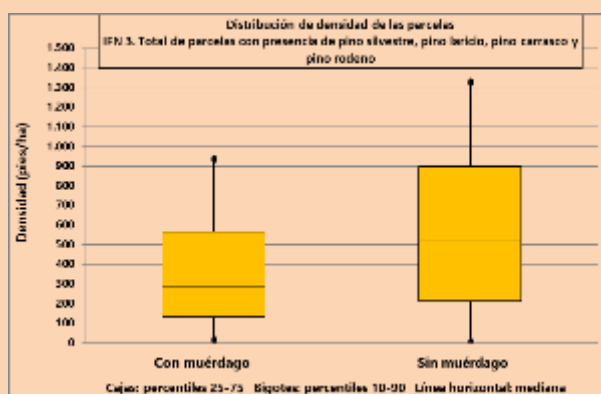
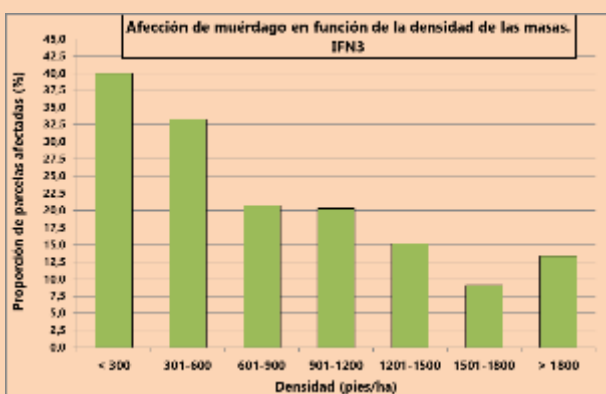


En el caso de las parcelas del IFN3 se detecta también que en general la afección del muérdago depende tanto de la densidad de las masas como de su volumen, expresado en área basimétrica o volumen del total de especies presentes en la parcela, no sólo los pinos.

Existe una relación decreciente entre la densidad de las masas y su afección por muérdago, de forma que el 40% de las parcelas en masas con menos de 300 pies mayores por hectárea presentaron muérdago, frente a únicamente un 13,3% de parcelas con muérdago en masas con más de 1.200 pies/ha. La densidad media de las parcelas afectadas por muérdago fue de 411 pies/ha frente a una densidad media de las parcelas no afectadas de 633 pies/ha.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Densidad pies mayores (pies/ha)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
< 300	134	201	40,0
301-600	66	132	33,3
601-900	31	119	20,7
901-1200	16	63	20,3
1201-1500	7	39	15,2
1501-1800	2	20	9,1
> 1800	4	26	13,3

Estadísticas de los datos de las parcelas		
	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	260	600
Mínimo	5,1	0,0
Percentil 10	14,1	5,0
Percentil 25	132,6	214,9
MEDIA	411,5	633,2
DESVIACIÓN TÍPICA	413,0	530,2
MEDIANA	281,2	509,3
Percentil 75	565,9	898,3
Percentil 90	935,8	1.328,8
Máximo	2.843,6	3.011,4

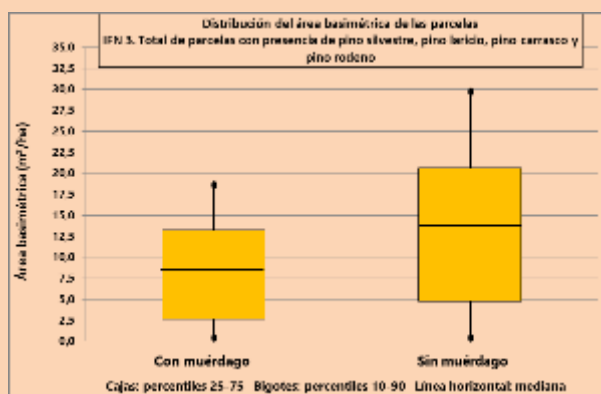
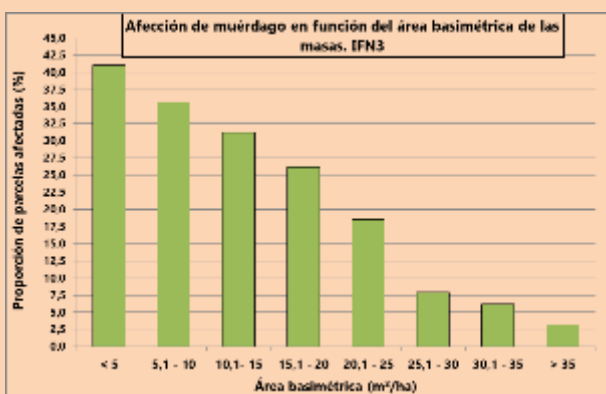


De igual manera existe una relación decreciente entre la afección de muérdago y el área basimétrica de las masas. El 41,0% de las parcelas realizadas en masas con áreas basimétricas muy bajas, menores de 5 m²/ha, presentaron pies afectados por muérdago, frente únicamente el 5,9% de las parcelas realizadas en masas con más de 25 m²/ha.

El área basimétrica media de las parcelas afectadas por muérdago se situó en 8,7 m²/ha, en tanto que el de las parcelas no afectadas por muérdago asciende a 13,9 m²/ha.

Parcelas de IFN3 (2004-2005)			
Área basimétrica (m ² /ha)	Con muérdago	Sin muérdago	% Afección
< 5	109	226	41,0
5,1 - 10	57	155	35,6
10,1 - 15	44	140	31,2
15,1 - 20	29	111	26,1
20,1 - 25	15	81	18,5
25,1 - 30	3	38	7,9
30,1 - 35	2	32	6,3
> 35	1	31	3,2

Estadísticas de los datos de las parcelas		
	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	260	600
Mínimo	0,40	0,00
Percentil 10	0,51	0,44
Percentil 25	2,63	4,76
MEDIA	8,66	13,91
DESVIACIÓN TÍPICA	7,24	10,78
MEDIANA	6,59	11,81
Percentil 75	13,22	20,68
Percentil 90	18,63	29,73
Máximo	39,99	49,92



En resumen, parece que la mayor afección del muérdago se presenta en la actualidad en masas naturales de pino carrasco, pino silvestre y pino laricio, siendo mucho menor la afección a repoblaciones.

La afección es algo mayor en masas mixtas que puras, especialmente en mezclas heterogéas y masas que presentan subpisos. Aumenta también en presencia de estructuras más o menos irregulares, y arbolado en estado de latizal o fustal. Las masas afectadas tienden a presentar densidades y áreas basimétricas bajas, y fracciones de cabida cubierta defectivas.

No se encuentran grandes diferencias en cuanto a la fisiografía, si bien son algo mayores las afecciones en pendientes fuertes, y disminuyen en exposiciones netamente de umbría. Esta afección algo más alta en pendientes fuertes puede deberse a que los árboles presentan mayor periferia de copa, en tanto que la mejora en las umbrías podría estar relacionada con el mejor estado hídrico de los árboles, y por tanto una mayor resistencia a la infestación.

En definitiva todas estas características vienen a informar de que las mayores afecciones se producen en situaciones de doseles heterogéneos, abiertos, con existencia de pies aislados, con pies de diferentes alturas, y existencia de pies óptimos para la colonización, gruesos y con gran superficie de copa expuesta.

A la vista de estas características, los dos principales interrogantes que plantea la distribución actual del muérdago son:

¿Porqué no se ha producido la colonización de las masas naturales de *Pinus pinaster* en el Espigar y Herrera?

El pino rodeno es un hospedante habitual del muérdago, que lo coloniza en el centro y el sur de la Península Ibérica. Las masas de el Espigar y Herrera son pinares antiguos, muchas veces con estructuras abiertas y árboles claramente dominantes como resultado de perturbaciones naturales y cortas, y sin que en principio su régimen climático imponga ninguna restricción al muérdago, así como tampoco su fisiografía: la mayor elevación de la Sierra alcanza los 1279 m. Por otra parte el Atlas de las especies de aves nidificantes en Aragón da como segura en esta zona la nidificación del zorzal charlo y el mirlo común (Sampietro et al., 2000).

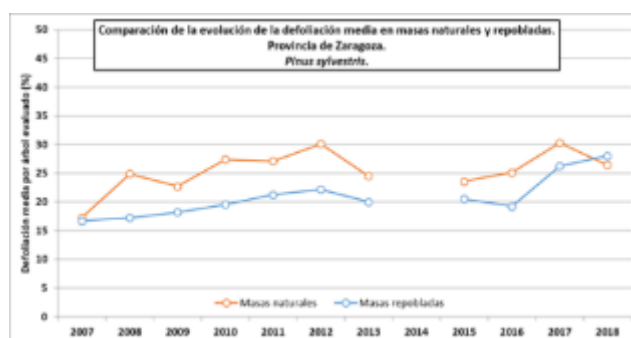
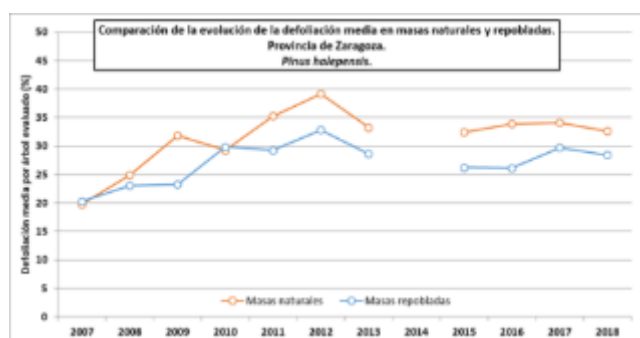


MUP 71, Orera. Como consecuencia de perturbaciones naturales y cortas el monte presenta árboles dominantes y con gran copa

¿Porqué no hay presencia de muérdago en las repoblaciones de las Sierras Ibéricas?

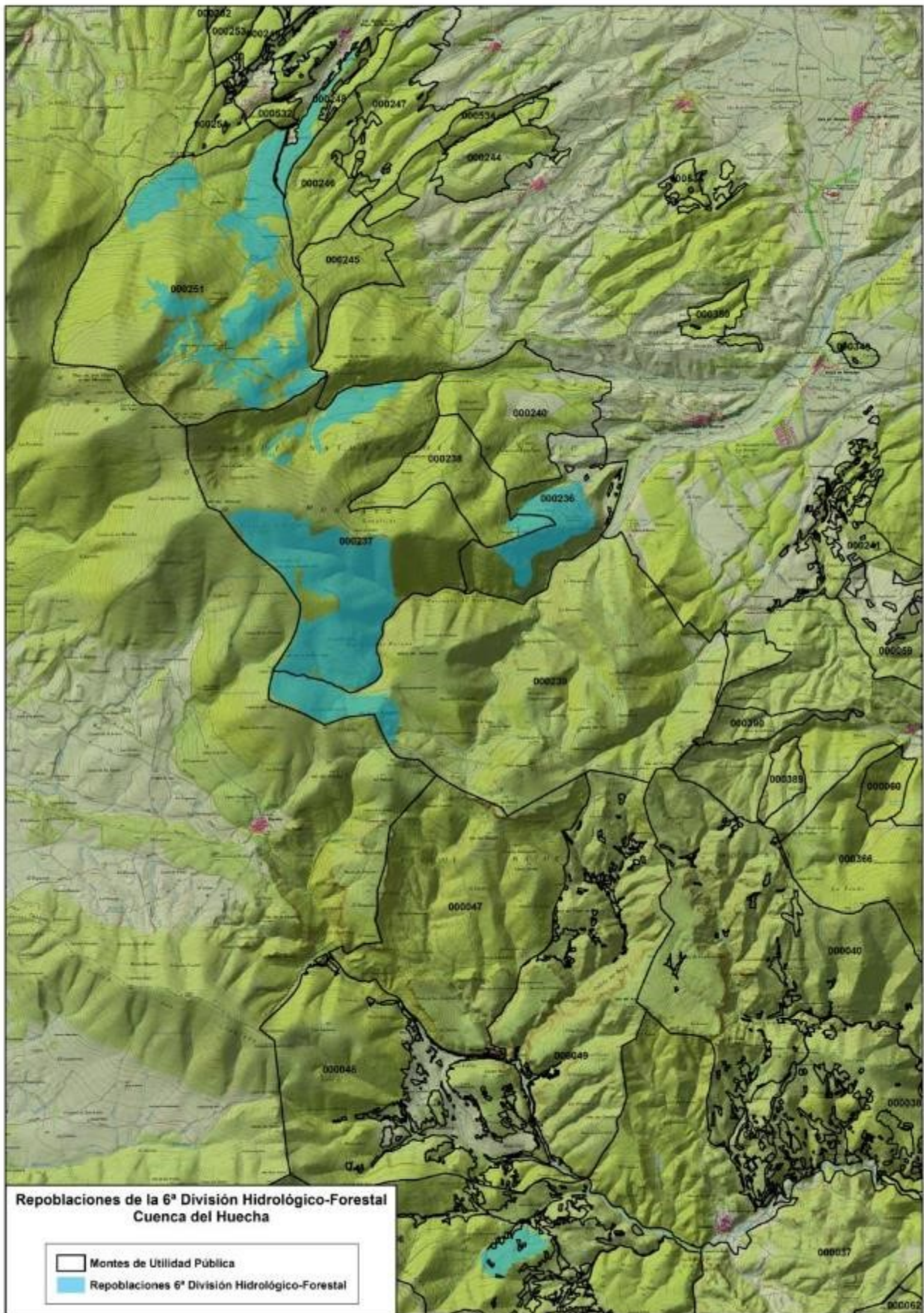
Aunque se ha mencionado que los doseles de las repoblaciones jóvenes no son favorables para el establecimiento del muérdago, y quizá se han realizado en zonas donde no existía una abundante avifauna forestal, el paso del tiempo, con la acumulación de perturbaciones e intervenciones, deben dar paso a una situación más favorable para el establecimiento del muérdago.

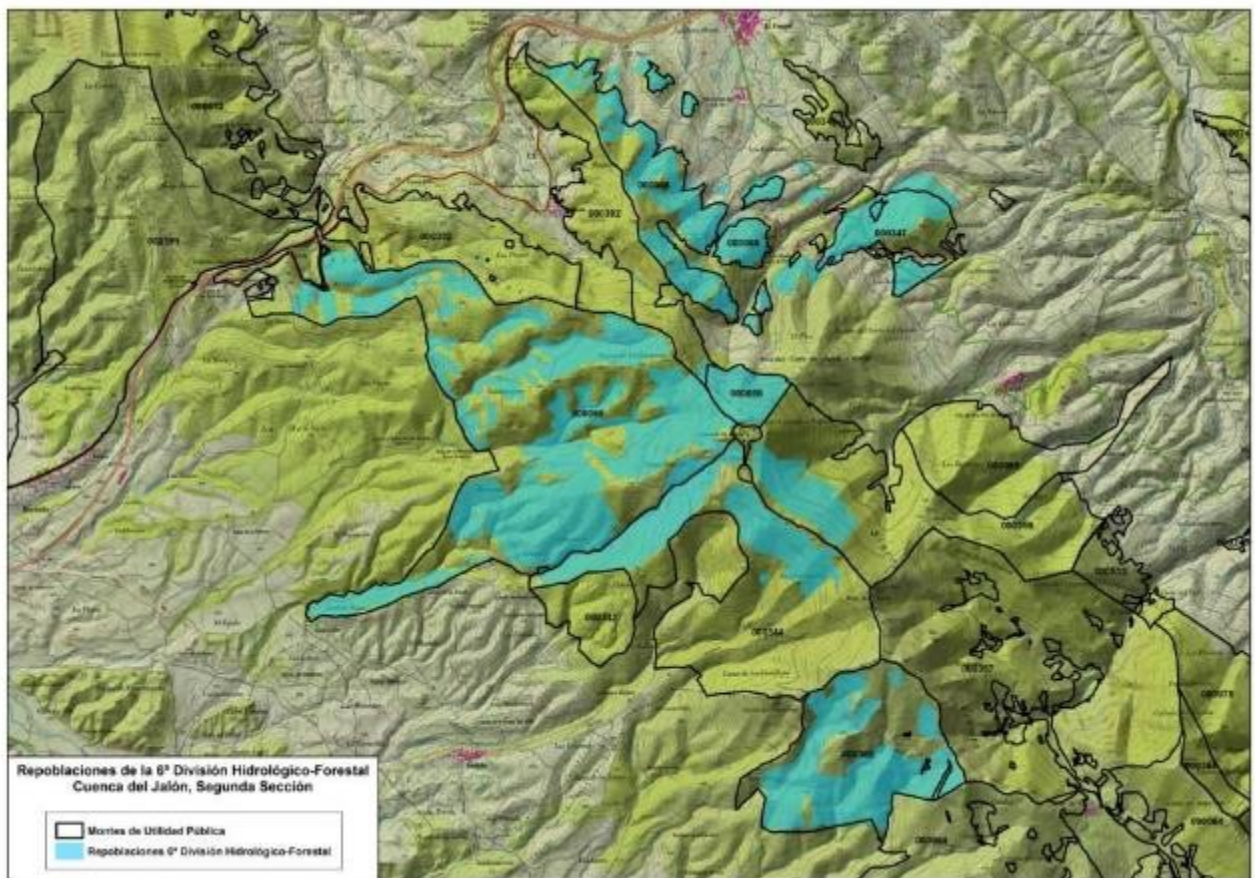
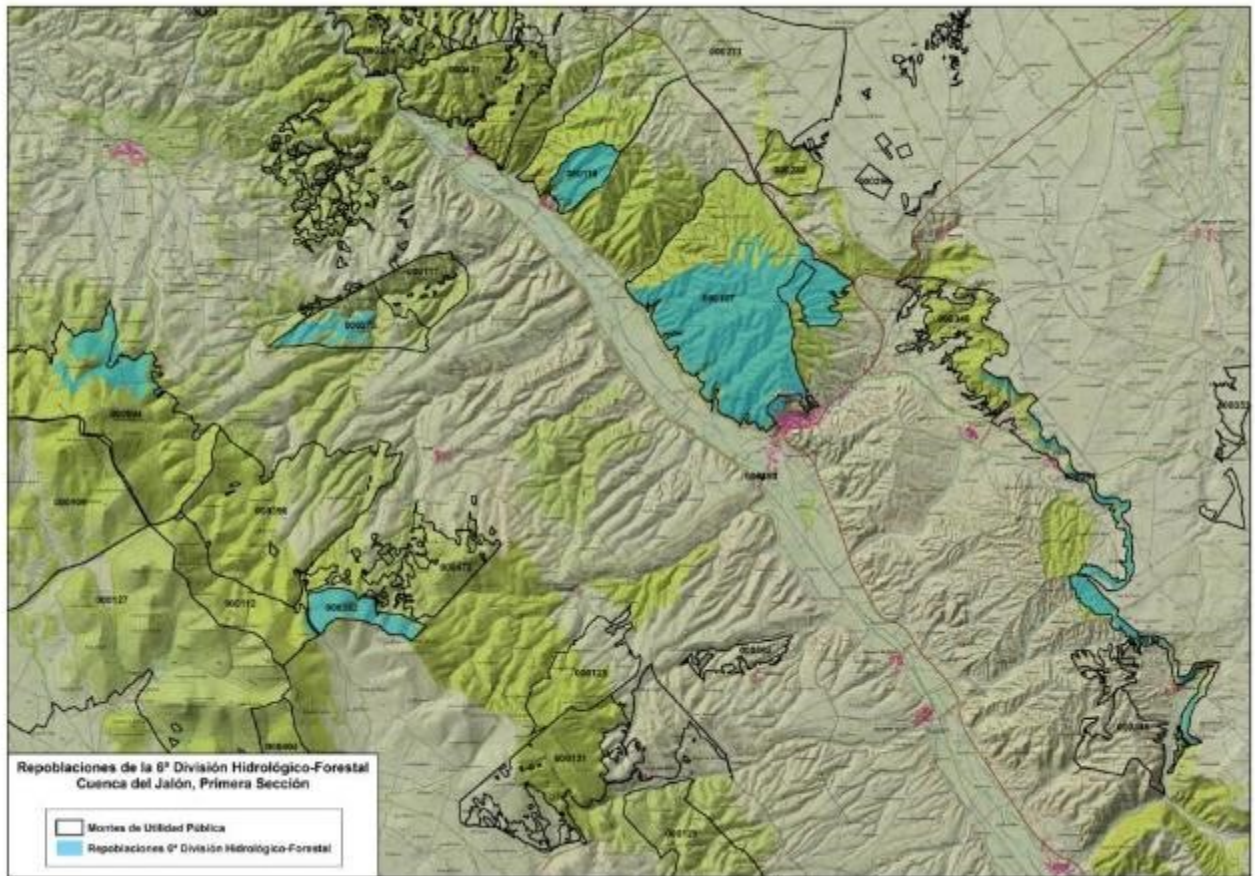
Por otra parte, repoblaciones jóvenes y de mediana edad pueden también ser colonizadas por el muérdago, proceso que ha sucedido por ejemplo en repoblaciones de pino rodeno en la Sierra de Cazorla, Jaén (Blanca et al., 1986) o de pino silvestre y pino laricio en las sierras de Baza (Granada) y Filabres (Almería), y ser más vulnerables al decaimiento que las masas naturales (Sánchez-Salguero & Navarro-Cerrillo, 2015). Sin embargo, en la provincia de Zaragoza se ha puesto de manifiesto que la defoliación de los pinares repoblados es menor que la de los pinares naturales (Hernández, 2019), al menos en el caso de las repoblaciones de pino carrasco y pino silvestre, comportamiento que en parte se debe a la afección diferencial del muérdago.

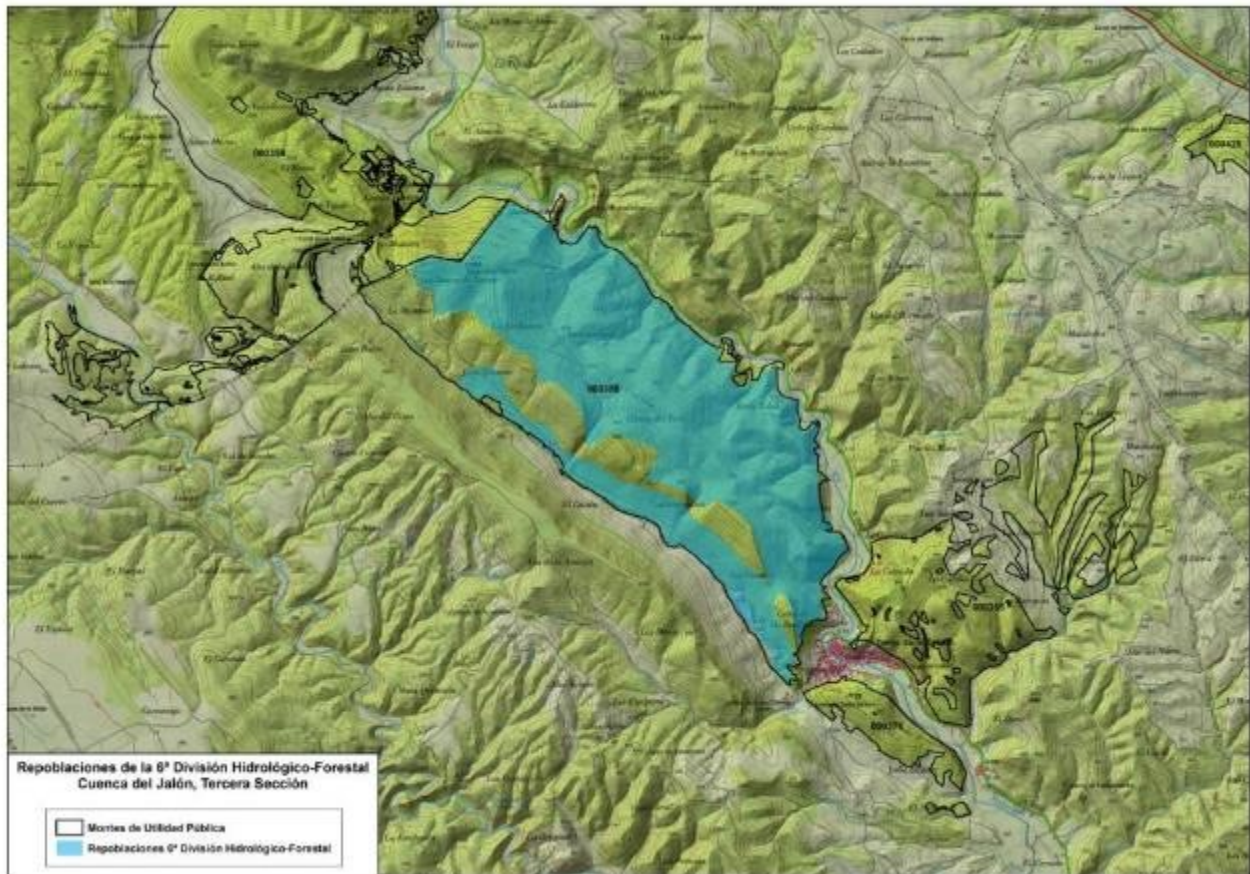


En la actualidad existen en la provincia alrededor de 4.500 ha de repoblaciones viejas, procedentes en general de la labor de la 6ª División Hidrológico-Forestal, situadas en el Moncayo, y en la cuenca del Jalón, con edades comprendidas entre los 70 y los 100 años en las que aparecen ya doseles más o menos abiertos y árboles claramente dominantes, y en las que están presentes los dispersores del muérdago, y que hasta el momento no se han visto colonizadas por la parásita. Estas repoblaciones, que suman 4.263 ha, podrían constituirse en las primeras zonas de colonización de las Sierras Ibéricas, al menos las situadas por debajo de los 1.500 m de altitud.

Término Municipal	MUP	Superficie (ha)	Edad aproximada (años)
Aguarón	93	11,5	86
Torrijo de la Cañada	358	488,8	68
Anento	354	56,1	95
Atea	94	114,3	90
Daroca	107	667,6	95
Manchones	118	83,9	95
Manchones	273	54,1	75
Nombrevilla	351	41,8	95
Orcajo	352	91,7	90
Belmonte de Gracián	360	146,2	60
Calatayud	65	386,4	85
El Frasno	66	180,9	90
El Frasno	347	61,7	90
El Frasno	359	44,8	80
Sediles	344	116,5	80
Torrijo de la Cañada	355	488,8	75
Añón de Moncayo	236	123,0	95
Añón de Moncayo	237	447,6	65
Añón de Moncayo	238	20,0	95
Añón de Moncayo	239	115,7	66
San Martín de la Virgen del Moncayo	248	48,1	95
Tarazona	251	422,1	95
Calcena	36	51,3	95
TOTAL		4.262,9	







MUP 36, Calcena. Masa re poblada de 95-100 años de edad, con pino carrasco, pino laricio, pino rodeno y encina, e irregularización de la estructura horizontal y vertical como resultado de perturbaciones y cortas.

12. El seguimiento del muérdago en parcelas permanentes.

Aunque como se ha visto la metodología de Hawksworth permite caracterizar la gravedad de la afección, sin embargo está demasiado dirigida a árboles con portes claramente cónicos, por lo que se adapta mal en muchas ocasiones al pino carrasco, que sobre todo con edades medias y altas tiende a aparasolar la copa.

Por ello en los pocos estudios realizados hasta ahora en Aragón en parcelas de estudio o seguimiento de muérdago se ha utilizado la siguiente escala:

M0: árbol sin afección de muérdago.

M1: árbol con muérdago solo en ramas. Pies en estados iniciales de infestación, con muy escasa pérdida de vigor.

M2: árbol con muérdago en ramas, incluso en tronco, pero con una densa masa foliar. Pies que han perdido vigor, pero que aún conservan una copa relativamente densa y crecimiento, sin que ponga en riesgo su supervivencia.

M3: árbol con muérdago en tronco y ramas, alta transparencia de copa (sin considerar el muérdago) y mayor volumen de matas de muérdago que de masa foliar. Pies fuertemente debilitados, seguramente sin crecimiento secundario, ya que todas o buena parte de las sustancias producidas son consumidas por la parásita, y con supervivencia comprometida.

M4: árbol totalmente coronado por el muérdago, que puede estar acompañado de *Cronartium sp.* u otros patógenos, y sin crecimiento primario. Esta categoría se utiliza en el caso de que los hospedantes sean pinos silvestre o pino laricio, pero es de difícil aplicación al pino carrasco, en general sin porte piramidal, salvo en edades muy jóvenes.



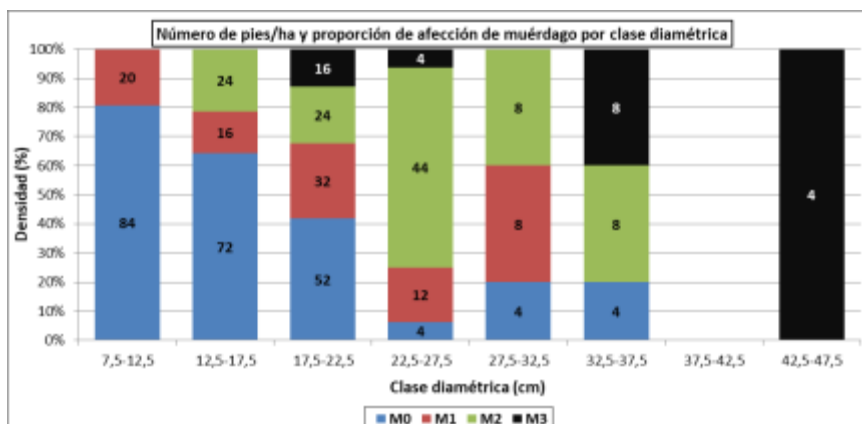
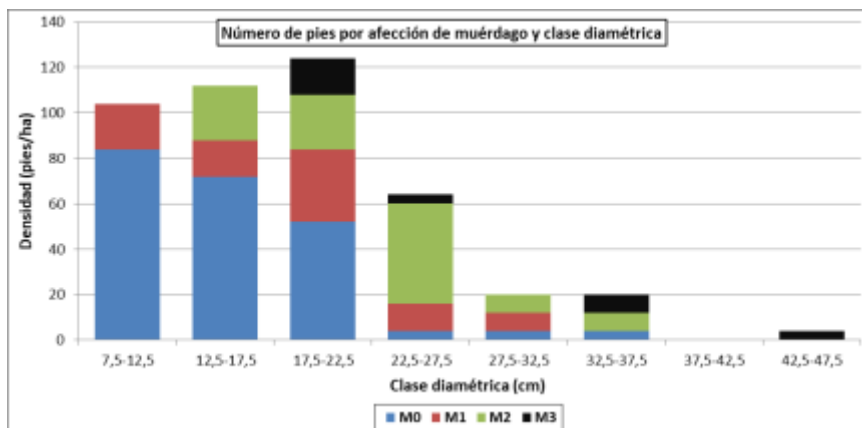
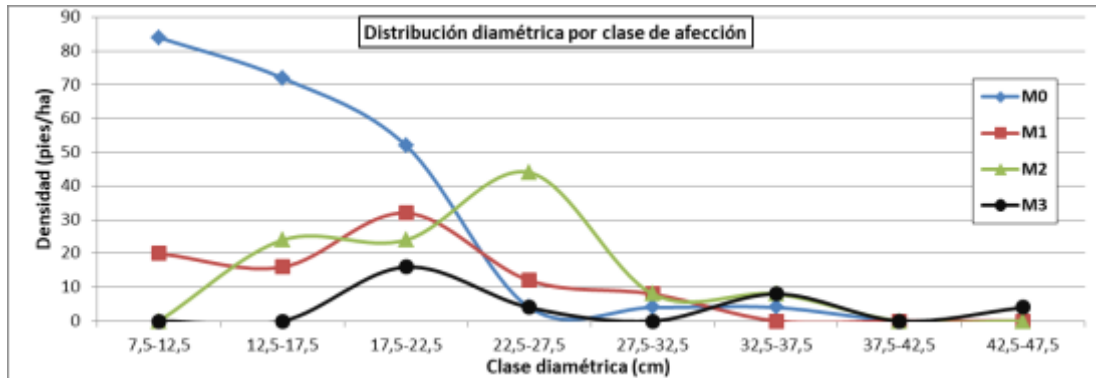
Pinos carrascos que han perdido el porte cónico y muestran alta afección de muérdago y elevada defoliación (M3). En la escala de Hawksworth recibirían una valoración de 4/6, calificándose la afección de moderada.

12.1. La parcela de seguimiento del MUP 32 “Pinar y Dehesa” de Villanueva de Huerva

A partir de esta escala la Sección de Sanidad Forestal procedió a establecer una parcela de seguimiento del muérdago en Villanueva de Huerva, donde se realizó la evaluación de una zona de pinar natural de pino de carrasco, de 2.500 m² de superficie en una parcela cuadrada de 50 m. de lado.

En la parcela estudiada se encuentran afectados por muérdago el 49% de los pies: el 7% de los pies alcanza un nivel de infestación M3, el 24% un nivel M2 y el 20% del total de los pies presentes un nivel de afección M1.

Número de pies/ha por categoría de afección									
	7,5-12,5	12,5-17,5	17,5-22,5	22,5-27,5	27,5-32,5	32,5-37,5	37,5-42,5	42,5-47,5	Total
M0	84	72	52	4	4	4	0	0	220
M1	20	16	32	12	8	0	0	0	88
M2	0	24	24	44	8	8	0	0	108
M3	0	0	16	4	0	8	0	4	32



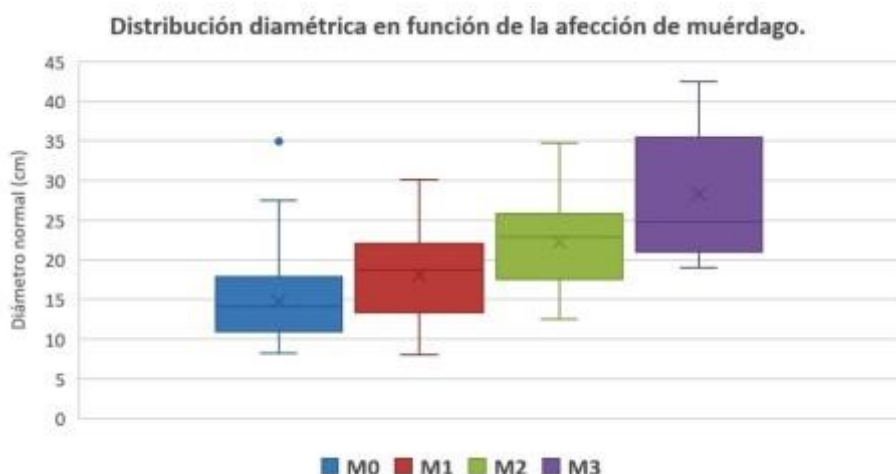
Afección de muérdago por diámetro normal del árbol

Los árboles afectados por muérdago presentan un diámetro entre 8,0 cm y 42,5 cm, con diámetro medio de 21,3 cm. Los no afectados alcanzan valores menores tanto medio como máximo, ya que muestran un rango entre 8,2 cm y 34,9 cm, con valor medio de 14,8 cm.

	Número de datos	Mínimo	Media	Desv típica	Mediana	Moda	Máximo
Árboles sin muérdago M0	56	8,2	14,8	5,0	14,1	14,1	34,9
Árboles con muérdago M1-M3	57	8,0	21,3	7,0	21,5	25,1	42,5

De igual manera el diámetro medio de los diferentes grados de afección es creciente conforme crece esta: el diámetro medio de los pies no afectados es de 14,8 cm, frente al diámetro medio de 29,5 cm de los pies con afecciones graves (M3).

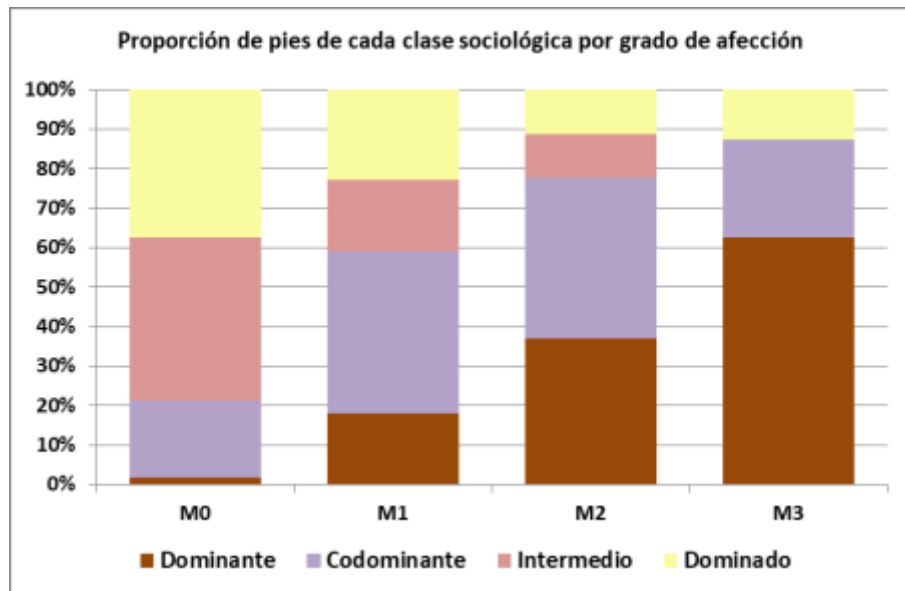
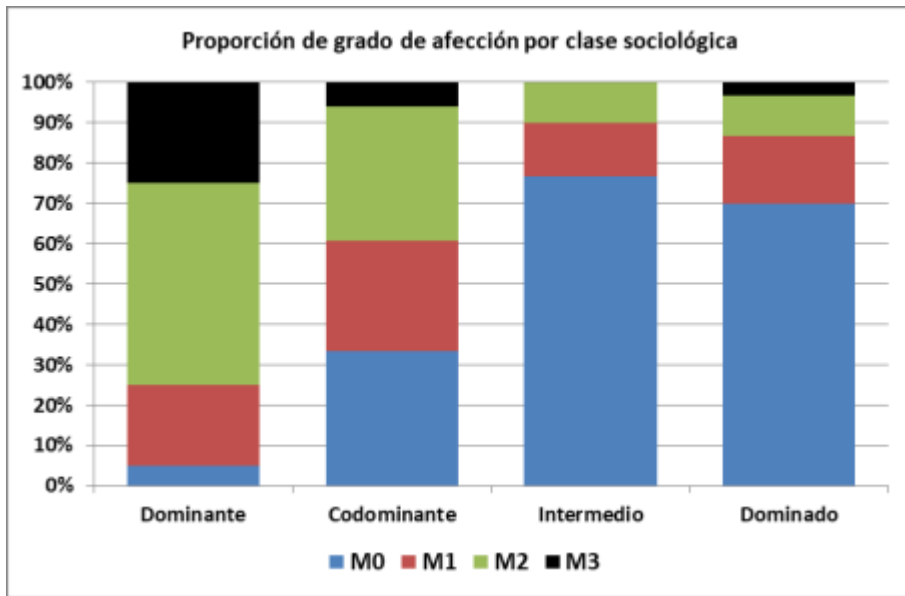
Clase	Mínimo (cm)	Q1 (P25) (cm)	Mediana (P50) (cm)	Q3 (P75) (cm)	Máximo (cm)	Diámetro medio (cm)	Diám. medio cuadrático (cm)
M0	8,2	11,0	14,1	17,8	34,9	14,8	15,7
M1	8,0	14,3	18,7	21,8	30,1	18,1	19,1
M2	12,5	18,5	22,9	25,5	34,7	22,3	22,9
M3	19,0	21,7	24,8	34,4	42,5	28,3	29,5



Afección de muérdago por clase sociológica

Se procedió también a clasificar los árboles en cinco clases sociológicas: dominante, codominante, intermedio, dominado y muerto, pudiendo comprobar cómo la afección es mayor y más grave cuanto más dominante es la posición del árbol. Así el 95% de los pies dominantes están afectados por muérdago, frente al 30% de los dominados. El 25% de los pies dominantes alcanza una afección grave, frente a únicamente el 7% de los dominados.

	Densidad (pies/ha)					Proporción (%)				
	M0	M1	M2	M3	Total	M0	M1	M2	M3	Total
Dominante	4	16	40	20	80	5,0	20,0	50,0	25,0	100,0
Codominante	44	36	44	8	132	33,3	27,3	33,3	6,1	100,0
Intermedio	92	16	12	0	120	76,7	13,3	10,0	0,0	100,0
Dominado	84	20	12	4	120	70,0	16,7	10,0	3,3	100,0
Total	224	88	108	32	452	49,6	19,5	23,9	7,1	100,0

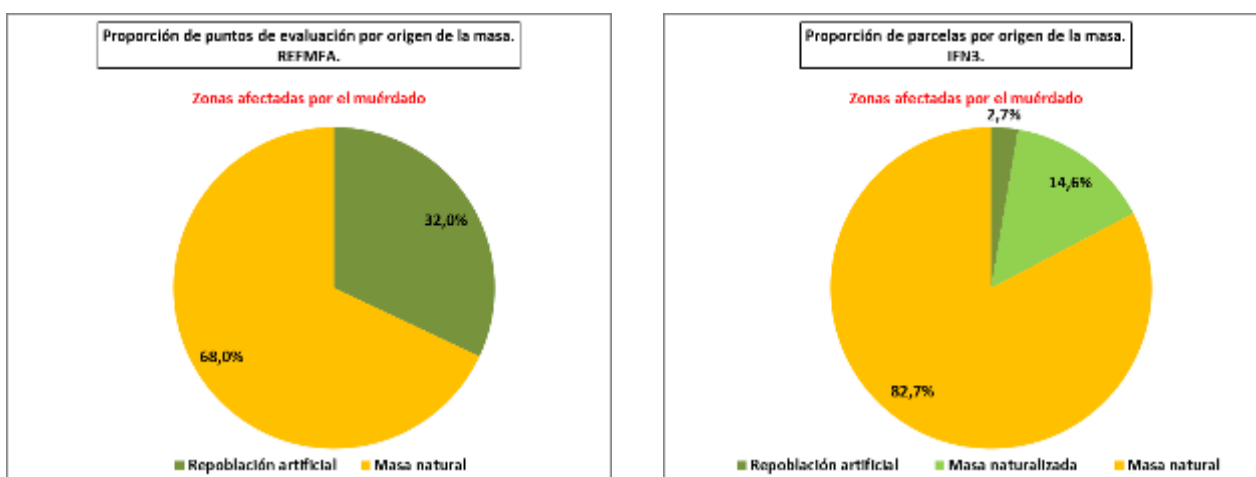


13. Conclusiones.

En la actualidad el muérdago es el principal y peor agente fitopatógeno en cuanto a mortalidad y pérdida de crecimiento de los pinares zaragozanos, buena parte de los cuales, situados en el Bajo Aragón y en toda la superficie al norte del río Ebro, están afectados por el muérdago. Se registra un aumento generalizado de la afección, que está creciendo a nivel de paisaje, rodal y árbol: gana superficie ocupada, incrementa su presencia en las zonas donde ya está instalado, y se incrementa el grado de infestación de los árboles colonizados.

Los pinares zaragozanos presentan afecciones de muérdago en alrededor del 40% de su área de distribución, si bien las masas más afectadas son los pinares de pino carrasco, que soportan muérdago en prácticamente la mitad de su área de distribución, y a lo largo de toda su distribución altitudinal, frente a los pinares de silvestre y laricio, con muérdago en el entorno de un tercio de sus áreas de distribución, y con la franja entre 1.200 m y 1.500 m de altitud aún sin ocupar. Hasta el momento no se han detectado afecciones a pinares de pino rodeno.

La mayor afección del muérdago se presenta en la actualidad en masas naturales, siendo mucho menor la afección a repoblaciones: en general todas las situadas al sur del Río Ebro están libres de muérdago.



La afección es algo mayor en masas mixtas que puras, especialmente en mezclas heterogéas y masas que presentan subpisos. Aumenta también en presencia de estructuras más o menos irregulares, y arbolado en estado de latizal o fustal. Las masas afectadas tienden a presentar densidades y áreas basimétricas bajas, y fracciones de cabida cubierta defectivas.

No se encuentran grandes diferencias en cuanto a la fisiografía, si bien son algo mayores las afecciones en pendientes fuertes, y disminuyen en exposiciones netamente de umbría. Esta afección algo más alta en pendientes fuertes puede deberse a que los árboles presentan mayor periferia de copa, en tanto que la mejora en las umbrías podría estar relacionada con el mejor estado hídrico de los árboles, y por tanto una mayor resistencia a la infestación.

En definitiva todas estas características vienen a informar de que las mayores afecciones se producen en situaciones de doseles heterogéneos, abiertos, con existencia de pies aislados, con pies de diferentes alturas, y existencia de pies óptimos para la colonización, gruesos y con gran superficie de copa expuesta. Por el contrario los doseles cerrados y homogéneos en altura, sin grandes diferenciaciones en clases sociológicas, parecen no ser utilizados por los dispersores y por tanto no favorecer la colonización.

13.1. Expansión del muérdago.

La presencia del muérdago (*Viscum album* sbsp. *austriacum*) se está extendiendo en los pinares de buena parte de Europa, proceso del que no se libran los pinares zaragozanos, donde el muérdago ocupa las Cinco Villas, el Bajo Aragón y la depresión del Ebro, al sur del cual su expansión se ha producido fundamentalmente por el valle del Huerva. No aparece en las comarcas de Tarazona y el Moncayo, Aranda, Comunidad de Calatayud, Campo de Borja y Campo de Daroca.

Aunque su presencia en Aragón es antigua, su abundancia no parece haber llamado la atención de los geobotánicos hasta mediados del siglo XX, en cuyas dos últimas décadas se pudo detectar un incremento de esta, en las que además de expandirse el área que ocupa se produjo un importante establecimiento de nuevas plantas.

En lo que respecta a montes gestionados por la administración en las dos primeras décadas del siglo XXI se ha localizado la presencia de muérdago en 135 montes, con una superficie de pinar estimada en 65.400 ha, con un incremento de superficie afectada desde 2002 hasta la actualidad del orden de 3.700 ha, un 6% del total. Los montes con mayores afecciones se sitúan en Zuera, Ejea de los Caballeros, Altas Cinco Villas, y Bajo Aragón.

Es el pino carrasco la especie más afectada, tanto en extensión superficial, ya que los pinares de carrasco con muérdago aparecen en Cinco Villas, la Bardena de Tauste, Ejea y Sádaba, los montes Zuera y Castejón, la Sierra de Alcubierre, el valle medio y bajo del Ebro y el valle del Huerva, en contraposición con el pino laricio y el pino silvestre, las otras especies afectadas, y en cuyas masas hasta el momento únicamente se ha detectado muérdago en la zona prepirenaica de las Cinco Villas, tanto en masas naturales como artificiales. Hasta el año 2011 no se detectó en las redes de seguimiento la presencia de muérdago sobre pino laricio, y todavía no se ha detectado en masas de pino rodeno.

A la vista de todos los indicadores estudiados se han podido distinguir cuatro zonas diferenciadas en la superficie afectada por el muérdago:

- Bajo Aragón: afección generalizada a todos los pinares de carrasco de la comarca, sin que prácticamente se haya producido expansión de la superficie afectada en los últimos 20 años, y con niveles de afección graves.
- Bardena-Zuera-Alcubierre: afección a los pinares de pino carrasco de la depresión del Ebro situados al norte del río. Incremento de superficie afectada en los últimos 20 años del 5% y afecciones muy graves.
- Cinco Villas: afección a masas de pino silvestre, pino laricio o mixtas en las altas Cinco Villas, y a masas de carrasco con presencia o no de las otras especies en Orés, El Frago, o Luna. Muestra una afección moderada, pero es la zona con mayor incremento de superficie afectada en los últimos 20 años, del orden del 12%.
- Huerva: afección a pinares de carrasco de la depresión del Ebro al sur del río y el valle del Huerva. Zona con afección grave a muy grave, pero donde no se ha detectado incremento superficial.

La superficie potencialmente afectada en los términos municipales donde se ha constatado la presencia de muérdago se eleva a 178.736 ha, de las que 162.891 ha corresponden a pinares de pino carrasco, pino silvestre, pino laricio o mezclas entre ellos, y 15.495 ha corresponden a otras formaciones arboladas con presencia de pinos.

La mayor afección superficial del muérdago se presenta en la zona de las Cinco Villas, que engloba las Altas Cinco Villas zaragozanas, así como los términos de la Jacetania pertenecientes a la provincia de Zaragoza. La superficie potencialmente afectada en esta zona asciende a 64.184 ha, siendo la única en la que aparecen pinares de pino albar y laricio afectados. Las zonas de Bajo Aragón (que se corresponde con la comarca del mismo nombre y el sur de la Ribera Baja del Ebro), y Bardenas-Zuera-Alcubierre (que

engloba el sur de las Cinco Villas, el norte y el centro de la Comarca Central de Zaragoza, sur de Monegros y norte de la Ribera Baja del Ebro), presentan una afección superficial similar, con una superficie potencialmente afectada de 52.784 ha y 54.415 ha respectivamente. La zona del Huerva tiene una afección superficial mucho menor, del orden de 7.004 ha

13.2. Agravamiento de la afección del muérdago.

Además de una expansión superficial se está produciendo un agravamiento de la afección, de forma que si en 2008 la proporción de pinos afectados por muérdago en las zonas en las que este está presente era del 27,1%, en 2019 se ha incrementado hasta el 31,5%.

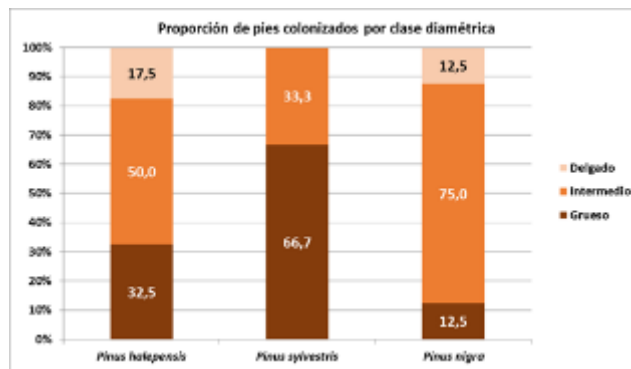
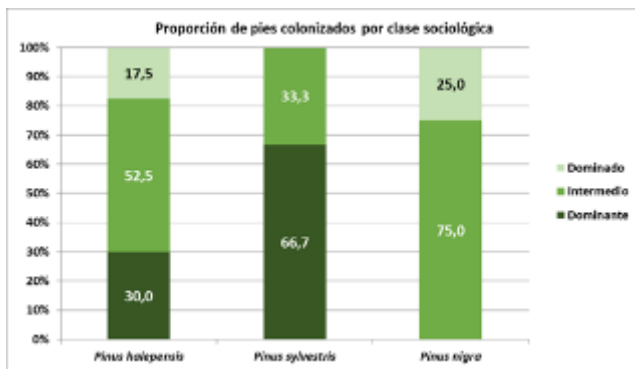
Si se descuentan las nuevas zonas ocupadas, que suelen comenzar con afecciones bajas, y se analizan únicamente las zonas ya afectadas en 2008, el incremento de la proporción de pies afectados ha sido mucho mayor, llegando esta en 2019 al 43,8% del total, con algunas zonas como Zuera o Tauste, donde las afecciones superan el 90% de los pies.

En la actualidad la zona que presenta una mayor proporción de pies afectados es la zona de Bardena-Zuera-Alcubierre, donde la media de afección se sitúa en el 60% de los pinos, alcanzándose un máximo del 95,2% de pies afectados. Es sin embargo, junto a la zona del Huerva, donde menos ha crecido la afección desde el año 2008, del orden del 50%, en contraste con la zona de Cinco Villas, donde la afección actual es la menor (17,7% de media de pies afectados, con máximo del 50%) pero con un enorme incremento desde el año 2008.

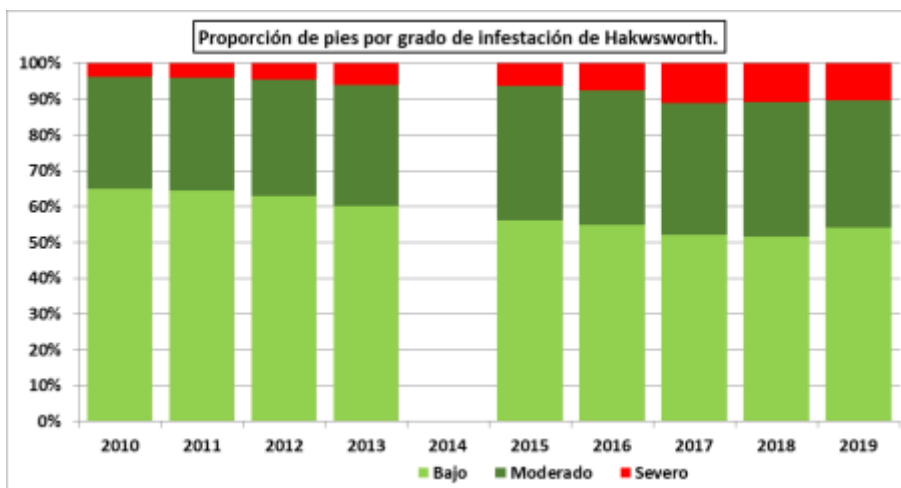
	Proporción pinos afectados en 2008	Proporción de pinos afectados en 2019		
		Media	Mínima	Máxima
BAJO ARAGÓN	11,8	25,0	8,3	66,7
ZUERA-ALCUBIERRE	39,7	60,5	30,4	95,2
CINCO VILLAS	2,2	17,7	4,2	50,0
HUERVA	27,1	40,0	8,3	76,2
TOTAL PROVINCIAL	27,1	31,3	4,2	95,2

La colonización de nuevos árboles se produce preferentemente en pies intermedios y codominantes, así como en dominantes, siendo muy baja la proporción de pies dominados entre los nuevos pies afectados. En cuanto al diámetro normal la mayor proporción de los pies colonizados son nuevamente pies de diámetros intermedios, si bien disminuye la proporción de pies delgados colonizados. En general aumenta la proporción de pies gruesos colonizados frente a la proporción de pies dominantes en altura colonizados, lo que podría poner de manifiesto una discriminación más relacionada con el mayor tamaño de la copa, que con la mayor altura. Estas tendencias generales son compartidas por pinares de carrasco y laricio, pero difieren en cierto grado en las masas de pino silvestre y mixtas de pino silvestre y pino laricio, donde parece producirse una colonización más dirigida a árboles dominantes y gruesos.

Estos nuevos árboles colonizados, codominantes o dominantes, presentan en general estados sanitarios medios entre la población de árboles sin colonizar, no produciéndose una especial colonización de pies debilitados o poco vigorosos.



El agravamiento de la afección se manifiesta en una tercera vertiente, como es el incremento del grado de infestación de los árboles, medido mediante el índice de Hawksworth: en 2010 dos tercios de los pies con muérdago mostraban una afección baja, en tanto que en 2019 esa proporción se ha reducido al 54%. Por el contrario, los pies con afecciones severas han pasado de representar el 4% en 2010 al 10% en 2019.



Se ha podido comprobar que en sólo siete años tras la primera detección el 21% de los pies colonizados alcanzan ya infestaciones moderadas, lo que da idea de un proceso de una relativa rapidez.

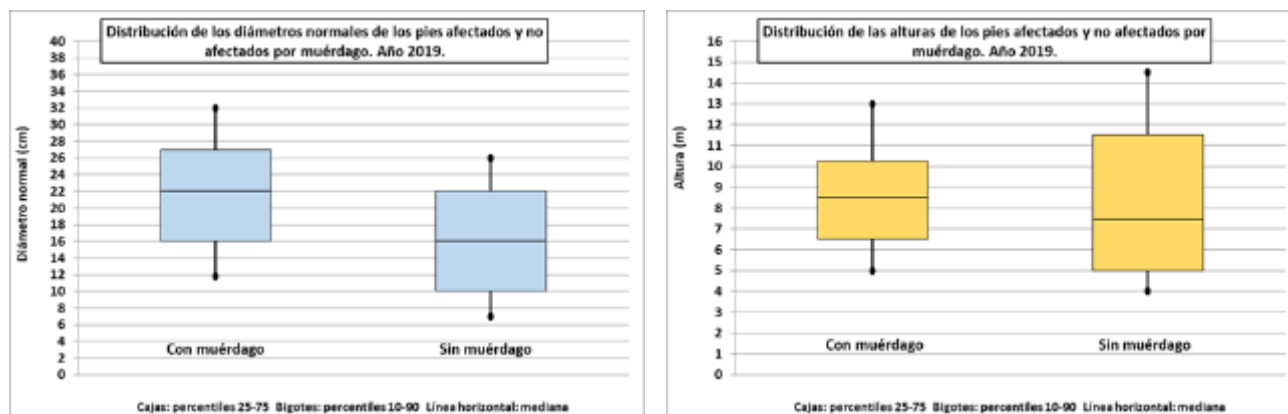
Los pies que llevan más años afectados muestran también un proceso rápido de agravamiento de la afección. De esta forma si en 2010 los pies con afecciones moderadas o severas suponían el 27,9% del total de los afectados, en la actualidad ese porcentaje se ha elevado hasta el 64,5%.

Por zonas, el grado de infestación de los pies afectados es menor en Cinco Villas y Bajo Aragón, donde el índice de Hawksworth no supera un valor medio de 2, que en la zona de Bardena-Zuera-Alcubierre, donde alcanza un valor de 2,8 y del Huerva, con un valor de 3,6.

	Índice de Hawksworth medio de los pies afectados por muérdago	
	2010	2019
BAJO ARAGÓN	1,381	1,971
ZUERA-ALCUBIERRE	2,600	2,812
CINCO VILLAS	2,000	1,914
HUERVA	1,333	3,588
TOTAL PROVINCIAL	2,188	2,510

13.3. Pérdida de vigor y mortalidad de los árboles afectados.

La gravedad de la infestación depende, al igual que la colonización, del tamaño de los pies hospedantes, de forma que los pies de mayores dimensiones alcanzan mayores niveles de gravedad, con mayor discriminación de pies gruesos, que de pies dominantes, lo que podría indicar que una vez producida la colonización, el tamaño de las copas (muy relacionado con el diámetro normal) es la variable que más explica la expansión del muérdago.

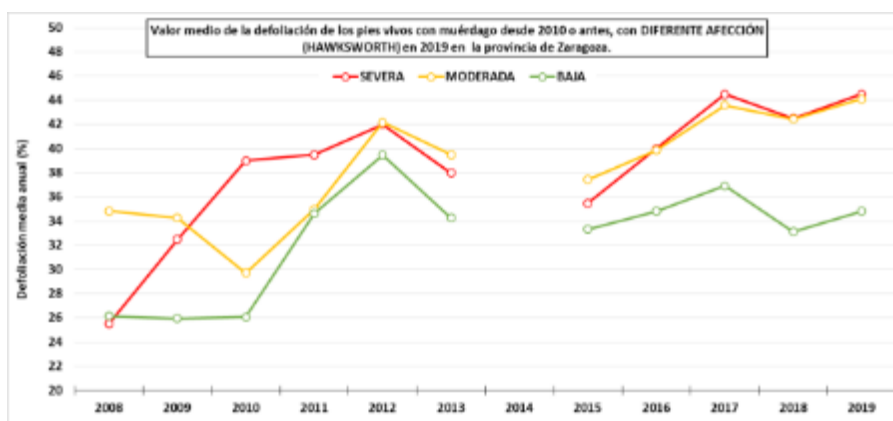


El tiempo que un árbol puede permanecer afectado por muérdago se desconoce, si bien podrían ser más de tres décadas: la longevidad del muérdago se cifra en 25-30 años, no siendo infrecuentes los casos de matas de más edad, y las reinfecciones en el mismo árbol pueden ser múltiples. En las parcelas de la RED CE Nivel I de la provincia en el 36,7% de los árboles que en la actualidad tienen muérdago, este ya fue detectado antes del 1994, por lo que llevan afectados entre 25 y 31 años.

El agravamiento de la infestación de muérdago se traduce en primer lugar en una pérdida de vigor y un empeoramiento del estado sanitario de las masas, que seguramente influye tanto en su crecimiento como en su capacidad de regeneración. Sin embargo el deterioro del vigor de los árboles es un proceso lento, como cabe esperar de un parásito, que no genera la muerte del hospedante en un corto plazo.

En los primeros años tras la colonización, al tiempo que se produce un incremento de la infestación, es muy lento el incremento de la defoliación del hospedante, que apenas se incrementa un 3,6% en los primeros siete años.

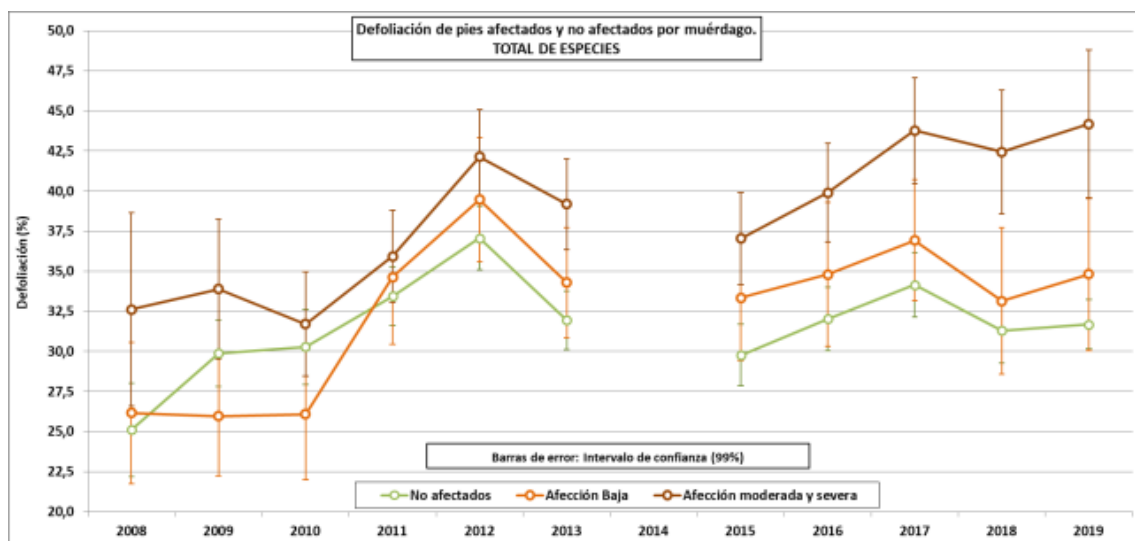
Los árboles afectados durante más tiempo se mantienen con un pobre estado sanitario, que empeora lentamente, si bien con niveles diferenciados en función de la gravedad de la infestación: los árboles con infestaciones moderadas o graves muestran mayor defoliación y mayor incremento de esta que los árboles con infestaciones bajas. De esta forma en 2019 los árboles que llevan más de 10 años afectados por el muérdago y presentan afecciones moderadas o severas alcanzan una defoliación media del 44,1% y 44,5%, en tanto que los árboles con infestaciones bajas tienen una defoliación media del 34,8%.



En las zonas donde aparece el muérdago la defoliación media anual de los árboles afectados por muérdago es entre un 4,3% y 10,6% superior a la de los árboles sin afección. En el año 2019 en las zonas afectadas por el muérdago los pies afectados presentan mayores defoliaciones que los pies no afectados: la defoliación media de los pies afectados se eleva al 37,3% (intervalo de confianza 34,7%-39,9%), en tanto que la de los pies no afectados es del 31,7% (intervalo de confianza 30,1%-33,2%). Esta tendencia general ocurre a lo largo de todas las clases diamétricas, de forma que en todas ellas los pies afectados por muérdago presentan mayor defoliación que los no afectados, aunque en general también mayor dispersión de los datos.

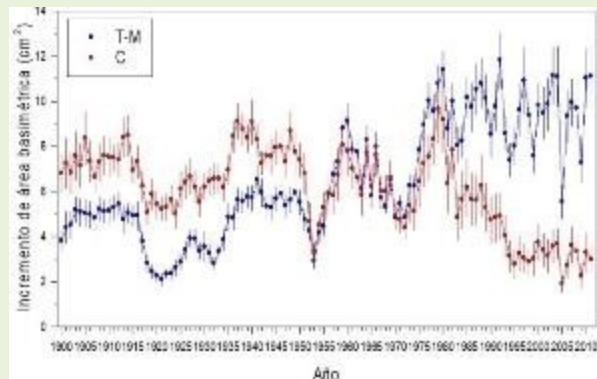
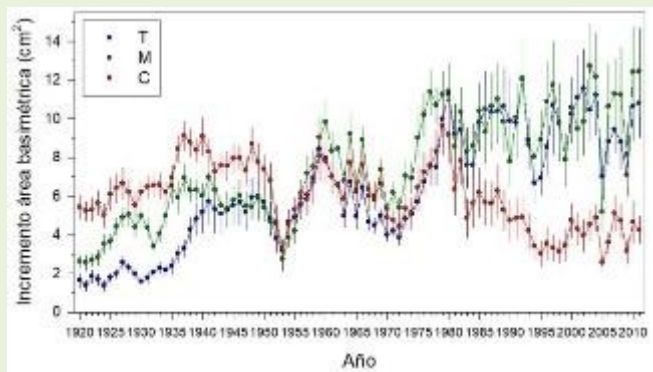
La evolución anual de ambos conjuntos de pies (afectados y no afectados por el muérdago) es similar, difiriendo la defoliación media de cada uno de ellos en valores entre 4,3 y 10,6 puntos, pero con variaciones interanuales de parecido orden, lo que pone de manifiesto, que si bien la defoliación responde a los efectos del muérdago, otras variables, sobre todo climáticas, gobiernan en mayor medida el estado sanitario de los árboles. En los últimos años de fuerte sequía (2012 y 2017) la defoliación de los árboles con muérdago repuntó algo más que la de los no afectados, pero sin diferencias patentes. Se considera que una diferencia de un 5% en la defoliación muestra un cambio significativo en el estado sanitario, por lo que se puede afirmar que el estado sanitario de los pies con muérdago es peor que el de los pies no afectados.

Se debe matizar sin embargo que la defoliación media de los árboles con infestaciones bajas muestra intervalos de confianza que se superponen casi totalmente con los intervalos de confianza de la defoliación media de los árboles no afectados por el muérdago, por lo que parece más preciso concluir que los árboles con afecciones moderadas y graves muestran efectivamente un peor estado sanitario que los árboles sin afección, con diferencias en el porcentaje de defoliación de hasta 12,5 puntos.



Este lento incremento de la defoliación de los árboles afectados puede durar muchos años y no conducir de forma directa a la muerte de los pies, los cuales pueden permanecer durante años antes de la muerte con defoliaciones entre el 40% y el 50%, para en los últimos 4 o 5 años antes de la muerte sufrir un ligero empeoramiento: defoliaciones mayores del 50% parecen ya irreversibles.

Estos árboles con altas defoliaciones van a mostrar también una disminución drástica de su crecimiento secundario, que puede llegar a anularse. En estudios dendrocronológicos realizados en Noguera de Albarracín (Teruel) en pinares de pino silvestre, los árboles con alta afección del muérdago (C, coronados por el muérdago, equivalente a la clase M4), presentaron una drástica reducción del crecimiento frente a árboles con afecciones moderadas (M, con muérdago en copa, pero con bastante masa foliar, equivalentes a la clase M2) y los pies no afectados (T).



Dado que la colonización se produce en los árboles más gruesos y en dominantes y codominantes, estos suelen ser los árboles que mejor crecían antes de verse afectados, por lo que la merma de producción se produce de forma mayoritaria en la fracción de árboles más productivos de la masa. Durante años los árboles afectados mantienen un crecimiento menor, pero aún similar a los no afectados, pero conforme se agrava la afección, la pérdida de crecimiento se hace mucho mayor, lo que además de la comentada pérdida de producción, va a llevar a los árboles a graves problemas fisiológicos.

Datos y gráficos: J. J. Camarero y R. Hernández. Proporcionado por Rodolfo Hernández.

Esta disminución o anulación del crecimiento va a terminar causando que los árboles presenten alburas muy pobres, expuestas a riesgos de cavitación, y a una falta de capacidad funcional que empeora su estado hídrico, de forma que en presencia de sequía seguramente van a morir²⁴, con la participación o no de otros agentes bióticos actuando como agentes secundarios.

Entre los pies afectados por el muérdago, en el período 2008-2019 se ha registrado una mortalidad media anual del 2,5% de los pies, lo que querría decir que los pies afectados en la actualidad no sobrevivirán más de 40 años.

En cualquier caso es muy baja la proporción de árboles que mueren con el muérdago como único agente causal. Únicamente el 9% de los pies muertos con muérdago no presentaron daños por otros agentes el año de su muerte o años anteriores. Por el contrario, el 85% de los pies muertos acumularon daños por dos o más agentes, además del muérdago, que pudieron contribuir a la mortalidad.

En este sentido, también es de destacar que los árboles muertos no son, necesariamente, los que presentan mayores infestaciones de muérdago, lo que refuerza la idea de que el muérdago por sí solo, no es un agente que conduce inevitablemente a la muerte de los pies hospedantes.

Un 35% de los pies muertos y no afectados previamente por el fuego²⁵ fueron afectados por escolítidos²⁶, que en su mayoría aparecen el año de la muerte y/o el año anterior, de forma que siendo los causantes últimos de la muerte, seguramente encuentran los árboles que ya presentan muy altos grados de debilitamiento. En caso de afección previa del fuego, la proporción de pies muertos con muérdago que presentan daños por escolítidos se dispara hasta el 81%, lo que puede considerarse normal en la evolución de masas post-incendio, sobre todo en el caso del pino carrasco.

²⁴ Pot otra parte, en presencia de fuego, las altas afecciones de muérdago, dado que suponen un menor contenido hídrico en los árboles, empeoran su comportamiento, pudiendo generar con probabilidad incendios de mayor intensidad que iguales combustibles sin afección del muérdago.

²⁵ Del total de árboles muertos con muérdago entre 2008 y 2019, el 48,5% de los pies se sitúan en el punto de evaluación de la REFMFA 502758.1.A localizado en Valmadrid y afectado por el gran incendio de 2009.

²⁶ Incluye daños por *Tomicus sp.*, *Orthotomicus sp.*, y perforadores sin identificar.

Un 42% de los pies mostró daños por sequía en los años anteriores a la muerte, en tanto que un 32% de los pies mostró daños por procesionaria, que dado su comportamiento en los últimos años de ataques graves y reiterados no se puede descartar como agente causante de mortalidad.

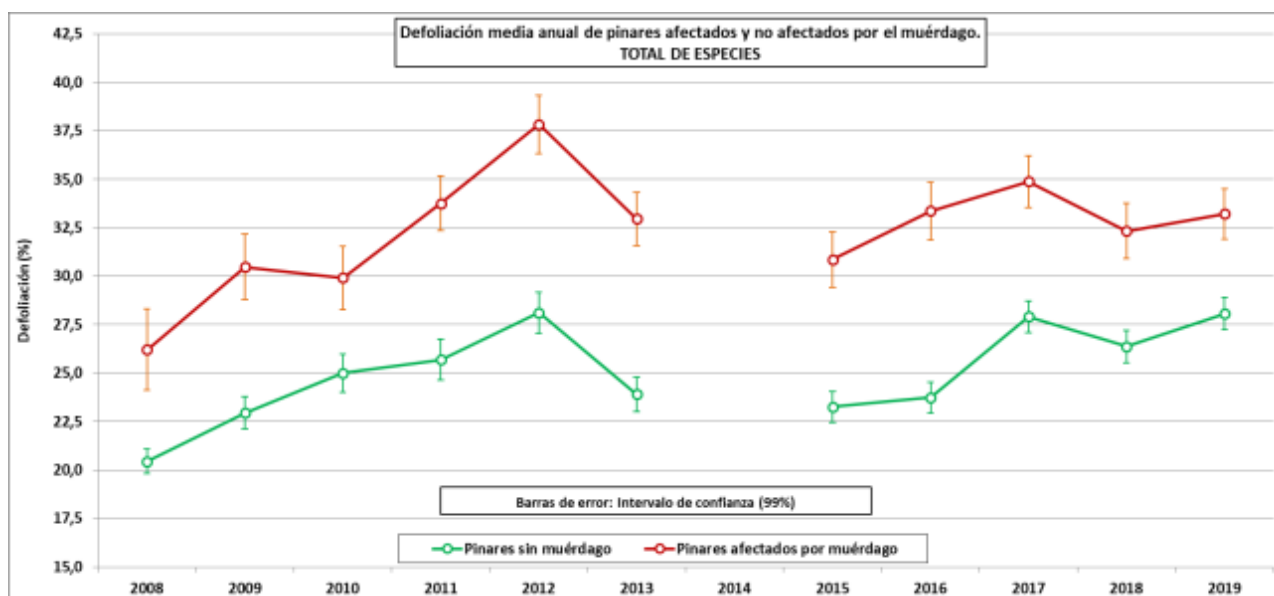
Es difícil discernir el papel de la competencia en la mortalidad, puesto que se sus daños se producían principalmente en pies que posteriormente se quemaron, pero aparece como agente de daño en un 36% de los pies muertos.

Por fin, parece lo más habitual que los árboles muertos por muérdago se vean afectados por tres o más agentes simultáneamente. Al igual que el muérdago, la sequía no es un factor que por sí sólo mate un elevado porcentaje de árboles.

Agentes de daños causantes de mortalidad, además del muérdago	% de árboles muertos	Agentes de daños causantes de mortalidad, además del muérdago	% de árboles muertos
Fuego, sequía, escolítidos y viento	3,0	Sequía, competencia y procesionaria	3,0
Fuego, sequía y escolítidos	3,0	Sequía, escolítidos y procesionaria	9,1
Fuego y sequía	3,0	Sequía y escolítidos	3,0
Fuego, competencia, escolítidos y viento	6,1	Sequía y procesionaria	15,2
Fuego, competencia y escolítidos	24,2	Sequía	3,0
Fuego, escolítidos y viento	3,0	Competencia y escolítidos	3,0
Fuego y viento	6,1	Escolítidos y procesionaria	3,0
		Viento	3,0
		Sin otros daños	9,1

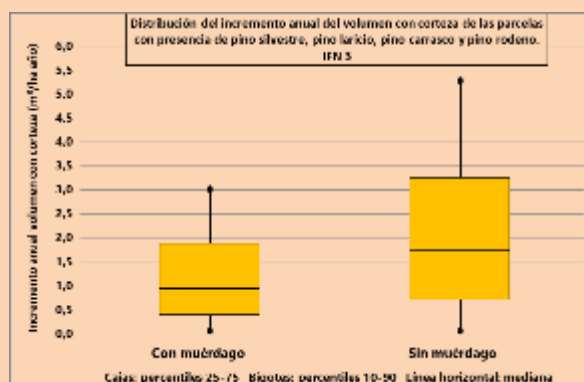
13.4. Empeoramiento del estado sanitario y la mortalidad en las masas afectadas.

Los pinares afectados por el muérdago presentan mayores defoliaciones, y por tanto peores estados sanitarios, que los no afectados: en el año 2019 la defoliación media de los pinares sin muérdago se situó en el 28,1% (27,3%-28,9%), frente al 33,2% (31,9%-34,5%) de defoliación media en los pinares afectados por el muérdago. El empeoramiento del vigor de los pinares es generalizado en todas las especies, pero más patente y de mayor entidad en el caso de los pinares de pino carrasco.



Los efectos negativos en los árboles se trasladan a las masas tanto en la referida defoliación como en una pérdida de crecimiento primario y secundario, lo que en definitiva merma su volumen. La diferencia de crecimiento entre parcelas afectadas y no afectadas por muérdago en el momento de realización del Tercer Inventario Forestal Nacional fue patente, si bien no es achacable únicamente, ni quizá de manera principal, al muérdago.

Incremento anual del volumen con corteza (m ³ /ha año)	Con muérdago	Sin muérdago
Número de datos	260	814
Mínimo	0,069	0,000
Percentil 10	0,082	0,068
Percentil 25	0,395	0,712
MEDIA	1,353	2,372
Intervalo de confianza	+/- 0,194	+/- 0,205
DESVIACIÓN TÍPICA	1,214	2,272
MEDIANA	0,975	1,740
Percentil 75	1,881	3,262
Percentil 90	3,018	5,287
Máximo	6,654	16,069



Por último se ha podido comprobar que los pinares afectados por el muérdago presentan una tasa de mortalidad doble a la de los no afectados: un 1,78% de mortalidad anual en las zonas afectadas, frente a la tasa del 0,81% de los pinares no afectados.

En las zonas afectadas por el muérdago un 35% de los pies muertos presentaban infestación de la hemiparásita, proporción que no basta para explicar el aumento de la tasa de mortalidad, poniendo nuevamente de manifiesto, al igual que la defoliación y el crecimiento, que subyacen otras causas, seguramente de naturaleza climática.

14. La gestión del muérdago.

El muérdago desempeña un papel de especie ingeniera en el ecosistema, con efectos a nivel de rama, árbol, rodal y paisaje, y en una escala temporal amplia. Entre estos efectos se encuentra la disminución de vigor del arbolado hospedante, que se traduce en una pérdida de crecimiento.

Esta disminución del crecimiento puede ser indeseable desde un punto de vista productivo, en cuarteles o montes con un objetivo productor de madera, que verán mermado su rendimiento.

Pero lo que es más grave, representa un factor de predisposición y de contribución al decaimiento de los pinares de pino silvestre, laricio, y sobre todo carrasco, de toda la provincia, y en particular de los situados en las zonas con mayor aridez, que puede además ir agravándose conforme aumenten las consecuencias del cambio climático.

Los árboles y rodales afectados por muérdago en general van a experimentar un incremento de la diversidad soportada, pero a costa de un empeoramiento del vigor del arbolado hospedante, un aumento de su tasa de mortalidad, y a medio plazo un reemplazamiento por formaciones arbustivas, en nuestro caso seguramente dominada por enebros y sabinas, lo que ya se está produciendo en algunas zonas del Bajo Aragón, o en la Bardena, con el retroceso del pino carrasco y la expansión de *Juniperus phoenicea* y *Juniperus oxycedrus*, o el avance de matorrales de coscoja y romero en pinares como los del Huerva y de Zuera.



Proliferación de enebros en pinar con fuerte afección de muérdago. MUP 142, Bardena Alta, Ejea de los Caballeros.

La lucha contra el muérdago en aquellas zonas donde ya está bien establecido es compleja, y seguramente infructuosa. En la actualidad sigue sin existir un tratamiento efectivo y viable. Tradicionalmente los métodos de control (Hernández et al., 2001) se han dividido en:

1. Biológicos.

Como se ha visto, se han identificado diversos taxones (insectos, hongos, bacterias) que depredan o parasitan al muérdago (Kotan et al., 2012; Varga et al., 2012; Lázaro-González et al., 2017). Sin embargo hasta el momento no han pasado de investigaciones y pruebas experimentales, no existiendo productos utilizables en este sentido.

2. Químicos:

La utilización de fitocidas para la eliminación de las diferentes subespecies de *Viscum album* ha sido experimentada en diversos países, especialmente Francia (Delabrazze & Lanier, 1972; Baillon et al, 1988) pareciendo en las últimas décadas del siglo XX que era una vía prometedora (Sallé & Aber, 1986).

Para la lucha contra el muérdago blanco fueron ensayados varios herbicidas sistémicos habituales en la agricultura y muy utilizados, cuyo efecto se basa en la alteración de fitohormonas (auxinas, giberelinas, etileno) y la consiguiente alteración del metabolismo del muérdago, buscando causar alteraciones en su crecimiento o reproducción: 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético), 2,4-5 T (ácido 2, 4, 5-triclorofenoxiacético, en la actualidad su uso está prohibido), 2,4-MCPB (ácido 4-butanoico), y dicloroetano (prohibido en la actualidad) mostraron cierta eficacia en la lucha contra el muérdago en abeto (Khale-Zuber, 2008). También fue comprobada cierta eficacia del herbicida 2,4-DB (ácido 4-butírico) y del glifosato en *Viscum album* sbsp. *album* (Baillon et al, 1988).

En España, el Servicio Provincial de Huesca realizó en 1998 un ensayo de aplicación terrestre de varios productos, de los que la mayor eficacia fue ofrecida por el nitrato amónico, el ácido giberélico y el glifosato. En 1999 realizó pruebas de diversos productos mediante aplicación área en el MUP HU-337 de Ontiñena, con masas de pino carrasco afectadas por muérdago y matorral de *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Lonicera hispanica*, *Genista hispanica* y *Juniperus oxycedrus* (Perdiguer et al., 2001). Los productos ensayados fueron etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico), ácido giberélico y glifosato (N-fosfonometilglicina), estos dos últimos, aplicados por separado y en mezcla, obteniendo que todos ellos conseguían disminuir el muérdago de forma significativa frente a zonas no tratadas, siendo la aplicación de ácido giberélico y glifosato en dosis altas la que conseguía mayor eficacia:

Ref.	Producto	caldo l/ha	Cantidad de muérdago (kg/árbol) ¹	CV (%) ²	Eficacia Abbot (%) ³	Comparación de media ⁴
1	Etefon	6	2,97 ± 0,54	18,3%	37,5 ± 11,3	b
2	Etefon	12	2,96 ± 1,12	37,8%	37,5 ± 23,5	b
3	Giberélico	6	2,97 ± 1,12	37,7%	37,3 ± 23,5	b
4	Giberélico	12	2,00 ± 0,35	17,6%	57,9 ± 7,3	a
5	Giberélico +Glifosato	6 + 1,5	1,95 ± 0,75	38,7%	58,8 ± 15,7	a
6	Giberélico+Glifosato	12 + 1,5	1,52 ± 0,53	34,8%	68,0 ± 11,1	a
7	Glifosato	6	2,57 ± 0,32	12,6%	45,9 ± 6,7	a b
8	Glifosato	12	2,23 ± 0,61	27,5%	52,9 ± 12,8	a
9	Glifosato	3	3,43 ± 0,63	18,4%	27,7 ± 13,2	b
10	Glifosato	6	2,08 ± 0,19	9,1%	56,1 ± 4,0	a
11	Testigo		4,75 ± 0,74	15,5%	—	c

¹ kg. de muérdago por árbol (media ± desviación típica).

² CV: Coeficiente de variación, se calcula como el cociente de la desviación típica dividida por la media aritmética y multiplicada por 100 para expresarlo en tanto por ciento%.

³ Eficacia Abbot del tratamiento ,relación entre la cantidad de muérdago por árbol en las parcelas testigo y en las parcelas tratadas (media ± desviación típica).

⁴ Tratamientos con las mismas letras no difirieron significativamente (p ≤ 0,05) con la prueba de comparación de medias LSD de Fisher.

Sin embargo, el seguimiento de los tratamientos mostró que en general si bien las matas de muérdago decaían, perdían las hojas y se malograba su fructificación entre uno y cuatro meses después del tratamiento, tras un año estaban recuperadas. Además todos los tratamientos generaron fitotoxicidad en *Quercus coccifera*, *Rosmarinus officinalis*, *Arctostaphylos uva-ursi* y *Lonicera hispánica*. Por su parte *Pinus halepensis*, *Juniperus oxycedrus* y *Genista hispanica* no parecieron verse afectados.

En general los métodos químicos muestran cierta eficacia puntual, lo que obligaría a repetirlos reiteradamente, y altos efectos secundarios contraproducentes, afectando también al hospedante, la flora y la fauna circundante.

Por otra parte, los tratamientos aéreos, únicos que permitirían una aplicación masiva, se encuentran fuertemente restringidos, sometidos a autorización excepcional. En la actualidad si los fitocidas citados (salvo los prohibidos) están incluidos en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios, ninguno de ellos se contempla en el mismo para aplicación aérea ni terrestre contra el muérdago, organismo contra el que no hay ningún producto incluido en dicho registro.

3. Mecánicos.

El apeo de las matas debe permitir tanto la mejora del estado del hospedante como la disminución de la dispersión del muérdago. Se ha podido comprobar que la eliminación del muérdago (Yan et al., 2016) propicia en los árboles donde se ejecuta un mayor tamaño de las acículas y un mayor crecimiento primario y secundario, y por tanto una mejora de su vigor y estado sanitario. No se conoce cuál puede ser la influencia de la retirada del muérdago sobre la dispersión, pero seguramente será escasa, puesto que la estrategia del muérdago consiste en ofrecer una cosecha de frutos “sobredimensionada” en una época donde existe una alta escasez, por lo que pocas matas de muérdago podrían ser suficientes para mantener unos niveles de dispersión suficientes.

Por otra parte las matas situadas en las zonas altas de las copas, inaccesibles a sierras o motosierras sobre pértiga, obligan a la utilización de plataformas elevadoras, método únicamente utilizable en jardinería o en arboricultura, dirigida por ejemplo a árboles singulares, pero no abordable en masas forestales. En cualquier caso, es interesante que en todos los tratamientos selvícolas realizados en zonas de afección de muérdago se proceda a la retirada de todas las matas hasta la altura que permitan las pértigas.

Para la remoción del muérdago el corte de las ramas debe realizarse eliminando la mayor longitud posible de rama, de forma que se eliminen también los haustorios, lo que puede desembocar en podas excesivas. Por otra parte, no basta con la remoción, las matas podadas deben ser eliminadas mediante quema, trituración o consumo por el ganado (Rodrigáñez, 1949), puesto que dejarlas en monte sin más no impide la dispersión de los frutos.

4. Selvícolas.

Agrupan las actuaciones encaminadas a mejorar el estado sanitario de rodales afectados, disminuir la capacidad de propagación y evitar la afección de nuevas zonas. En este sentido se han recomendado actuaciones dirigidas tanto a reducir la población de muérdago mediante el apeo de árboles con alta afección como a mejorar la oferta alimenticia de los estratos arbustivos y subarbustivos para las aves dispersantes (Generalitat Valenciana, 2009; Sangüesa-Barreda et al., 2013, 2015b).

La reducción de la presencia y la afección del muérdago se puede alcanzar mediante la ejecución de tratamientos diseñados para ello (Alegre, 2018). Sin embargo, los señalamientos con objetivo principal de reducción de muérdago en zonas de alta afección suelen conducir a cortas muy fuertes y altas, afectando especialmente a árboles dominantes y codominantes (Pérez-Laorga et al., 2000), lo que puede aconsejar realizar varias intervenciones en un período de 5 - 10 años.

En las cortas sanitarias es fundamental, por una parte eliminar los árboles con gran afección, por su gran capacidad de generación de fruto y por tanto de dispersión, y por otra los árboles con alta defoliación, que no siempre van a coincidir. Estos últimos son los pies que más rápidamente morirán en presencia de otros

agentes bióticos o de sequía, y de forma muy probable son además pies con problemas fenológicos y reproductivos. Por ello, intentar rebajar el peso o la naturaleza del tratamiento suele conducir a dejar un alto número de pies en condiciones sanitarias muy pobres y una alta cantidad de matas de muérdago en la masa remanente, invalidando en buena parte sus objetivos.

Por ello, puede ser preferible la planificación y ejecución de cortas de regeneración, que además de conseguir la disminución del muérdago den paso a una nueva generación, que durante años no presentará características propicias para su colonización, y estará formada por árboles con un crecimiento normal, mejor preparados para soportar próximos eventos de sequía.

Sobre todo si ya se está produciendo una sustitución de especies, en este tipo de zonas puede plantearse también la ejecución de cortas muy fuertes (a hecho con reserva de árboles muertos y árboles no afectados) acelerando el proceso con el refuerzo de poblaciones de enebros o sabinas. En los tratamientos de regeneración, se debe prever la extracción de todos los pies en cortas finales los muertos, ya que la probabilidad de que sean afectados por muérdago es muy alta, convirtiéndose entonces en un reservorio de la parásita.

La realización de actuaciones que rompan en demasía el dosel y aislen a los árboles va a propiciar la instalación del muérdago en los mismos o el agravamiento de su afección, por lo que está contraindicada.

En tratamientos de claras se deberán aplicar preferentemente pesos moderados, con prioridad de extracción absoluta de los pies afectados, sea cual sea su tamaño, y eliminación obligatoria y rápida de restos si en el momento del apeo el muérdago presenta frutos. En el caso de mezclas de especies se favorecerá la presencia en la masa remanente de pino rodeno y frondosas. El favorecimiento del pino laricio es más discutible, dado que puede hospedar al muérdago y es altamente afectado por la procesionaria.

En actuaciones de ruptura de continuidad de combustibles se deberá tender a que permanezcan únicamente frondosas o bien que permanezca una masa irregular suficientemente densa como para ir retirando en años posteriores los pies que se vean más afectados.

Los rodales de alta afección de muérdago deben constituirse de forma prioritaria en rodales de actuación estratégica, abordando en ellos cortas en las que eliminen todos los pies con afecciones altas.



Ejecución de área de defensa contra incendios en zona de alta afección de muérdago. Al dejar en pie árboles dominantes permanecen pies de alta afección.

En lo que se refiere a la comunidad ornítica, en los pinares afectados por el muérdago, por una parte se debe intentar mejorar la presencia de páridos, consumidores de fruto pero en general no dispersantes, para lo cual es apropiada la instalación de cajas nido, y por otra aumentar la oferta alimenticia invernal de túrdidos y sílvidos, de forma que consuman en menor proporción los frutos del muérdago.

Para esto puede ser interesante la creación de núcleos de dispersión de especies arbustivas y subarbustivas que incluyan especies con maduración de sus frutos a finales de otoño e invierno y con semillas con alto contenido en lípidos (Herrera, 2004), obviamente según la bioclimatología de cada zona. Dichos núcleos deben contener también especies con fructificación estival y primaveral, de forma que proporcionen alimento durante todo el año.

Las especies de mayor interés por su época de fructificación son el acebo (*Ilex aquifolium*), la sabina albar (*Juniperus thurifera*) y el enebro común (*J. communis*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*), el durillo (*Viburnum tinus*), el endrino (*Prunus spinosa*) y el agracejo (*Berberis hispánica*). Especialmente interesante sería la plantación de acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*).

Otras especies complementarias a introducir son los labiérnagos u olivetas (*Phillyrea latifolia* y *P. angustifolia*), el espino negro (*Rhamnus lyciodes*), el aladierno o carrasquilla (*R. alaternus*), el majuelo (*Crataegus monogyna*) y la zarza (*Rubus ulmifolius*).

La estrategia de creación de los núcleos debe intentar conseguir una alta frecuentación por parte de las aves. Por ello se seguirán las siguientes recomendaciones:

- Es preferible generar un alto número de núcleos pequeños que pocos núcleos de mayor extensión.
- Cada núcleo debe contener la mayor variedad de especies posible, y obligatoriamente especies de fructificación otoñal e invernal.
- Deben albergarse en zonas de claros o en masas claras, que permitan tanto la supervivencia y desarrollo de las especies vegetales como la transitabilidad de las aves. Si fuera necesario se realizarán claras.
- Se deben instalar preferentemente en zonas medias-altas de las masas, lo que parece facilitar la dispersión por las aves.

No existen apenas experiencias en este sentido ni estudios, por lo que no se puede descartar que la posibilidad de que una mejora de la oferta alimenticia suponga el establecimiento de una mayor comunidad de avifauna y un incremento de la dispersión.

Un punto controvertido es la creación de puntos de agua. Si bien necesarios, pueden suponer un importante foco de atracción de forma que en sus alrededores se incremente la afección de muérdago. En zonas afectadas por el muérdago los nuevos puntos de agua se deberán instalar de forma preferente fuera de pinares, y se deberán plantar si no existieran árboles de especies no hospedantes, aislados, con el fin de que lleguen a ser árboles percha.



MUP Z-19, Frías de Albarracín. Árboles dominantes aislados moribundos junto a un depósito de carga para helicópteros. Reúnen todas las características para una alta frecuentación de aves, y por tanto una alta afección de muérdago.

14.1. Líneas de actuación a instaurar frente al muérdago.

Caracterización precisa de las superficies afectadas.

Para terminar de precisar las superficies de pinar afectadas en la provincia será necesaria una prospección completa y homogénea de las mismas, tanto en montes gestionados por la administración como en el resto de montes, en la que se caractericen las afecciones a nivel de masas y se localicen los rodales con mayor nivel de afección individual.

Sería interesante además prospectar con más detalle las masas naturales de pino rodeno y las repoblaciones de más de 75 años de edad, para comprobar a ciencia cierta la inexistencia del muérdago en ella.

A realizar en 2020 y 2021, debe ser la base para la ejecución de las actuaciones posteriores.

Promoción de cambios normativos.

Sería conveniente proceder a la promulgación de una Orden del Consejero con la declaración oficial de la plaga, definiendo las zonas afectadas y las medidas fitosanitarias a adoptar, por un parte para que surtan efecto las previsiones en este sentido de la Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de Sanidad Vegetal, y por otra para poder acceder, sin ningún tipo de impedimento, a la financiación de la operación *8.3.a. Prevención de enfermedades y plagas de masas forestales y de daños por fenómenos climáticos adversos* del actual Programa de Desarrollo Rural de Aragón.

Para dar mucho mayor peso en la planificación de la gestión forestal a la prevención y lucha contra el muérdago es conveniente promover la inclusión de las medidas expuestas a continuación en los documentos de planificación forestal. Para ello se debería modificar en esta línea tanto la Orden de 21 de marzo de 2015, del Consejero de Agricultura, Ganadería y medio Ambiente, por la que se aprueba el Pliego General de Condiciones Técnicas para la redacción y presentación de resultados de Proyectos de Ordenación de montes en Aragón, y el Pliego General de Condiciones Técnicas para la redacción y presentación de resultados de Planes Básicos de Gestión Forestal de montes en Aragón, como el Decreto 140/2012, de 22 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento del procedimiento de elaboración y los contenidos mínimos de los Planes de Ordenación de los Recursos Forestales.

Puesta en marcha de un programa de formación y divulgación.

Para la realización de esa prospección es necesario formar a los técnicos y Agentes de Protección de la Naturaleza. De igual forma sería conveniente la divulgación de resultados de la prospección y el plan de actuaciones que se derive, así como de los resultados que se puedan ir obteniendo.

Estudio de comunidades orníticas forestales y medidas de manejo.

A la vista de que una de las principales herramientas para la lucha contra el muérdago es la mejora de la capacidad de acogida de aves frugívoras “parásitas” y un cambio en la disponibilidad alimenticia de las aves frugívoras “legítimas”, de forma que aumente el consumo de frutos en el caso de las primeras y disminuya en el caso de las segundas, será necesario realizar estudios, al menos para las zonas distinguidas en este informe, en los que, por parte de especialistas, se caractericen las comunidades orníticas actuales y se diseñen las medidas de mejora más apropiadas.

Actuaciones a realizar en montes con alta afección de muérdago.

- 1) Realización de tratamientos sanitarios, vía aprovechamiento siempre que sea posible, en las zonas de mayor afección, dirigidos a la extracción de los pies con mayor nivel de afección y a la renovación o sustitución de la masa. Para del diseño de estos tratamientos sería muy interesante el cartografiado preciso del muérdago mediante drones y teledetección.
- 2) Mejora de la comunidad ornítica mediante la instalación de cajas nido y creación de núcleos de dispersión de arbustos. En principio esta mejora debe pasar no tanto por conseguir un aumento de las poblaciones como por llegar a mayores proporciones de páridos frente a túrdidos y sílvidos, mejorando así la predación no dispersora.
- 3) Los proyectos de ordenación incluirán estas actuaciones como mejoras de prioridad muy alta. Igualmente los planes especiales priorizarán la realización de aprovechamientos en las zonas con mayor afección de muérdago, con objetivo de renovación o sustitución de la masa, en cuyo caso podrán prever el refuerzo de poblaciones de las especies objetivo, que en general serán juniperáceas o quercíneas.
- 4) Modificación de los pliegos de aprovechamientos de madera:
 - Señalamiento obligatorio y prioritario de árboles con alta afección (M3 y M4) y de árboles con alta defoliación.
 - Señalamiento prioritario de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.
 - Obligación de la eliminación de restos siempre que el muérdago presente frutos.
 - Inclusión obligatoria como trabajo complementario de la creación de núcleos de dispersión.
 - Inclusión como trabajo complementario de la poda con pértiga de eliminación de muérdago en la masa remanente si esta fuera indicada y posible.
- 5) Modificación de los pliegos de condiciones o las instrucciones para la realización de fajas auxiliares, áreas de defensa o rodales de actuación estratégica:
 - Priorización de ejecución de rodales de actuación estratégica en estos montes.
 - Eliminación obligatoria y prioritaria de árboles con alta afección (M3 y M4).
 - Eliminación prioritaria de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.
 - Realización obligatoria de poda alta, dirigida a las ramas que soportan muérdago.
 - Obligación de la eliminación de restos siempre que el muérdago presente frutos.
- 6) Establecimiento de programas de seguimiento de las actuaciones ejecutadas, que deberían ser la base para la adopción de una gestión adaptativa en función de los resultados. Especialmente importante sería por una parte el estudio de la influencia de las actuaciones en el crecimiento y la mortalidad de los hospedantes, y por otra en la dispersión del muérdago.

Actuaciones a realizar en montes con afección de muérdago moderada.

- 1) Mejora de las condiciones de la comunidad ornítica mediante la instalación de cajas nido y creación de núcleos de dispersión de arbustos.
- 2) Los proyectos de ordenación incluirán estas actuaciones como mejoras de prioridad muy alta.
- 3) Modificación de los pliegos de aprovechamientos de madera:
 - Señalamiento obligatorio y prioritario de árboles con alta afección (M3 y M4).
 - Señalamiento prioritario de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.
 - Obligación de la eliminación de restos siempre que el muérdago presente frutos.
 - Inclusión obligatoria como trabajo complementario de la creación de núcleos de dispersión.
 - Inclusión como trabajo complementario de la poda con pértiga de eliminación de muérdago en la masa remanente si esta fuera indicada y posible.
- 4) Modificación de los pliegos de condiciones o las instrucciones para la realización de fajas auxiliares, áreas de defensa o rodales de actuación estratégica:
 - Eliminación obligatoria y prioritaria de árboles con alta afección (M3 y M4).
 - Eliminación prioritaria de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.
 - Realización obligatoria de poda alta, dirigida a las ramas que soportan muérdago.
 - Obligación de la eliminación de restos siempre que el muérdago presente frutos.

Actuaciones a realizar en montes sin afección de muérdago.

- 1) Establecimiento de un programa de vigilancia y alerta temprana, con especial incidencia en masas naturales y repoblaciones viejas.
- 2) Eliminación inmediata y obligatoria de las matas que pudieran detectarse, mediante poda con pértiga, o apeo si fuera necesario, y eliminación de las matas de muérdago si presentaran fruto.
- 3) Realización de actuaciones de mejora de las condiciones de la comunidad ornítica siempre que sea posible. Los proyectos de ordenación y planes básicos incluirán obligatoriamente estas actuaciones de mejora en cuarteles de pino carrasco, pino silvestre y pino laricio.
- 4) Modificación de los pliegos de aprovechamientos de madera:
 - En montes próximos a zonas ocupadas por el muérdago señalamiento prioritario de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.
 - Inclusión posible como trabajo complementario de la creación de núcleos de dispersión.
- 5) Modificación de los pliegos de condiciones o las instrucciones para la realización de fajas auxiliares, áreas de defensa o rodales de actuación estratégica:
 - En montes próximos a zonas ocupadas por el muérdago eliminación prioritaria de *Pinus halepensis* y *P. sylvestris* frente a *P. pinaster* y frondosas.

15. Bibliografía.

- Agne, M. C., 2013. *Influence of Dwarf Mistletoe (Arceuthobium americanum) on Stand Structure, Canopy Fuels, and Fire Behavior in Lodgepole Pine (Pinus contorta) Forests 21-28 Years Post-Mountain Pine Beetle (Dendroctonus ponderosae) Epidemic in Central Oregon*. Thesis for the Degree of Master of Science. Oregon State University.
- Alegre, R., 2018. *Programa de seguimiento de la afeción por muérdago en el monte público Sant Joan de Penyagolosa*. Trabajo Fin de Grado. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universidad Politécnica de Valencia.
- Andronache, A., Toma, I., Toma, C., 2006. *The structure of the vegetative organs of Viscum album and Loranthus europaeus*. Scientific Annals of Alexandru Ioan Cuza University of Iasi. New Series, Section 2. Vegetal Biolog, pp 13-17.
- Asso, I., 1779. *Synopsis stirpium indigenarum Aragoniae*. Marsella, 1779.
- Baillon, F., Chamel, A., Fer, A., Frochot, H., Gambonnet, B., Manzato, M.C., 1988. *Lutte chimique contre le gui (Viscum album L.). Pénétration, transport, efficacité de deux herbicides phloème-mobiles (2,4-DB et glyphosate)*. Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences, 1988, 45 (1), pp.1-16.
- Blanca, G., Díaz de la Guardia, C., Ortiz, M., Valle, F., 1986. *Flora medicinal de la provincia de Jaen. Nota 1. Blancoana*, 4, 41-47.
- Braun-Blanquet, J. Bolós, O., 1987. *Las comunidades vegetales de la Depresión del Ebro y su dinamismo*. Delegación de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Zaragoza.
- Bordón, P., Pérez-Laorga, E., Estruch, V. D., Rodrigo, E., 2012. *Tabla de supervivencia de Pinus halepensis afectado por incendios forestales*. Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 36: 161-165 (2012).
- Cabanillas, A. M., 2010. *Bases para la gestión de masas naturales de Pinus halepensis Mill. en el Valle del Ebro. Tesis Doctoral*. E.T.S.I. Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- Camarero, J. J., Sangüesa-Barreda, G., Alla, A. Q., González de Andrés, E., Maestro, M., Vicente-Serrano, S.M., 2012. *Los precedentes y las respuestas de los árboles a sequías extremas revelan los procesos involucrados en el decaimiento de bosques mediterráneos de coníferas*. Ecosistemas, 21 (3): 22-30.
- Camarero, J. J., González de Andrés, E., Sangüesa-Barreda, G., Rita, A., Colangelo, M., 2019. *Long- and short-term impacts of a defoliating moth plus mistletoe on tree growth, wood anatomy and water-use efficiency*. Dendrochronologia, Volume 56, 2019.
- Catal, Y., Carus, S., 2011. *Effect of pine mistletoe on radial growth of crimean pine (Pinus nigra) in Turkey*. J. Environ. Biol. 32, 263-270 (2011).
- Catalán, P., Aparicio, A., 1997. *Viscum L.* in Castroviejo, S., Aedo, C., Laínz, M., Muñoz Garmendia, F., Nieto Feliner, G., Paiva, J. & Benedí, C. (eds.). *Flora Ibérica* 8: 160-164. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Comisión de la Flora Forestal Española, 1870. *Resumen de los trabajos verificados por la misma durante los años de 1867 y 1868*. Madrid, Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-mudos y de Ciegos.
- Delabrazé, P., Lanier, L., 1972. *Contribution à la lutte chimique contre le gui (Viscum album L.)*. Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences, 1972, 29 (1), pp.135-135.
- Derya, H., Gülşen, N., Coşkun, B., Hayirli, A., Dural, H., 2007. *Nutrient composition of mistletoe (Viscum album) and its nutritive value for ruminant animals*. Agroforest Syst (2007) 71:77–87.

- Dobbertin, M., Hilker, N., Rebetez, M., Zimmermann, N. E., Wohlgemuth, T., Rigling, A., 2005. *The upward shift in altitude of pine mistletoe (Viscum album ssp. austriacum) in Switzerland—the result of climate warming?* Int J Biometeorol (2005) 50: 40–47.
- Dobbertin, M., Rigling, A., 2006. *Pine mistletoe (Viscum album ssp. austriacum) contributes to Scots pine (Pinus sylvestris) mortality in the Rhone valley of Switzerland.* For. Path. 2006, 36, 309–322.
- Font Quer, P., 1953. *Notas sobre la flora de Aragón.* COLLECTANEA BOTANICA VOL. III. FASC. III. 1953. Nº 24.
- Gea-Izquierdo, G., Ferriz, M., García-Garrido, S., Aguin, O., Recuenco, M., Hernández-Escribano, L., Martín-Benito, D., Raposo, R., 2019. *Synergistic abiotic and biotic stressors explain widespread decline of Pinus pinaster in a mixed forest.* Science of the Total Environment 685 (2019) 963–975.
- Generalitat Valenciana, 2009. *Plan de actuación integral para el control de muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa. Documento previo.* Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. Direcció General de Gestió del Medio Natural.
- Gill, L. S., Hawksworth, F. G., 1961. *Mistletoes. A literature review.* Technical Bulletin No. 1242. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. USDA, Forest Service.
- Glatzel, G., Geils B. W., 2009. *Mistletoe ecophysiology: host–parasite interactions.* Botany 87: 10–15 (2009).
- González-Solís, J., Ruiz, X., 1990. *Alimentación de Turdus philomelos en los olivares mediterráneos ibéricos, durante la migración otoñal.* Misc. Zool., 14: 195-206.
- Griebel, A., Watson, M., Pendall, E., 2017. *Mistletoe, friend and foe: synthesizing ecosystem implications of mistletoe infection.* Environ. Res. Lett. 12 115012.
- Guadalajara, E., 2010. *Dossier: Itinerario Botánico.* Revista Mansiegona, nº 5, Diciembre 2010.
- Hawksworth, F. G., 1977. *The 6-Class Dwarf Mistletoe Rating System.* General Technical Report RM-48 Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. USDA Forest Service.
- Hawksworth, F. G., Shaw, C. G., Tkacz, B., 1989. *Damage and control of diseases of Southwestern ponderosa pine.* En: *Multiresource Management of Ponderosa Pine Forests;* USDA Forest Service General Technical Report RM-185; USDA Forest Service: Fort Collins, CO, USA, 1989; pp. 116–129.
- Heide-Jørgesen, 2015 [en línea]. *The Mistletoe* Viscum album. (p1-32). http://www.viscum.dk/abstracts/text/viscum_2015_english.pdf.
- Hernández, A., 2007. *Alimentación de aves frugívoras en setos y bordes de bosque del norte de España: importancia de algunas especies de plantas en invierno y primavera.* Ecología, 21, 2007, pp. 145-156.
- Hernández, A., 2019. *El estado sanitario de las masas arboladas de la provincia de Zaragoza en los últimos años. Análisis a través de las bases de datos de seguimiento.* Informe Inédito. Servicio Provincial de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Zaragoza, Gobierno de Aragón.
- Hernández, R., Martín, E., Zubiaurre, E., Pérez, V., Zorrilla, F., Delgado, J., 1997. *El muérdago.* Viscum album L. Gobierno de Aragón, Dirección General del Medio Natural. Informaciones Técnicas, nº 4/97.
- Hernández, R., Martín, E., Cañada, J. F., Gil, E., Zorrilla, F., Pérez, V., Delgado, J., Ibarra, N., 2001. *El muérdago.* Viscum album L. Gobierno de Aragón, Dirección General del Medio Natural. Informaciones Técnicas, nº 4/2001.

- Herrera, C. M., 2004. *La ecología de los pájaros frugívoros ibéricos*. En: Tellería, J. L. (ed.), 2004. *La ornitología hoy. Homenaje al Profesor Francisco Bernis Madrazo*. Editorial Complutense, Universidad Complutense, Madrid. Pp 127-153.
- Hódar, J. A., Lázaro-González, Zamora, R., 2018. *Beneath the mistletoe: parasitized trees host a more diverse herbaceous vegetation and are more visited by rabbits*. *Annals of Forest Science*, Springer Verlag/EDP Sciences, 2018, 75 (3), pp.77.
- Hoffman, C., Mathiasen, R., Hull Sieg, C., 2007. *Dwarf mistletoe effects on fuel loadings in ponderosa pine forests in northern Arizona*. *Can. J. For. Res.* 37: 662–670 (2007).
- Kahle-Zuber, D., 2008. *Biology and evolution of the European mistletoe (Viscum album)*. Doctoral Thesis. ETH Zurich. Research Collection. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005728816>.
- Kołodziejek, J., Kołodziejek, A., 2013. *The spatial distribution of pine mistletoe Viscum album ssp. austriacum (Wiesb.) Volmann in a scots pine (Pinus sylvestris L) stand in central Poland*. *Pol. J. Ecol*, 61 (4), 705-714.
- Kollas, C., Gutsch, M., Hommel, R., Lasch-Born, P., Suckow, F., 2017. *Mistletoe-induced growth reductions at the forest stand scale*. *Tree Physiology* 38, 735–744.
- Kotan, R., Okutucu, A., Ala Görmez, A., Karagoz, K., Dadasoglu, F., Karaman, I., Hasanekoglu, I., Kordali. Ş., 2012. *Parasitic Bacteria and Fungi on Common Mistletoe (Viscum album L.) and Their Potential Application in Biocontrol*. *J. Phytopathol.* 2013, 161, 165–171.
- Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S., 2016. *Catálogo de los microhábitats de los árboles-Lista de campos de referencia*. Integrate+Technical Paper 13.16p. Instituto Forestal Europeo.
- Lázaro-González, A., Hódar, J. A., Zamora, R., 2015 [en línea]. *Este pino no me gusta: la infestación por muérdago (Viscum album) reduce la supervivencia de las larvas de mariposa isabelina (Graellsia isabellae)*. En: III Reunión Científica de Sanidad Forestal. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Programa, resúmenes y asistentes.
- Lázaro-González, A., Hódar, J. A., Zamora, R., 2017. *Do the arthropod communities on a parasitic plant and its hosts differ?* *Eur. J. Entomol.* 114: 215–221, 2017
- Lázaro-González, A., Hódar, J. A., Zamora, R., 2019. *Mistletoe Versus Host Pine: Does Increased Parasite Load Alter the Host Chemical Profile?* *Journal of Chemical Ecology* (2019) 45:95–105.
- Lázaro-González, A., Hódar, J. A., Zamora, R., 2019 b. *Mistletoe generates non-trophic and trait-mediated indirect interactions through a shared host of herbivore consumers*. *Ecosphere* 10(3):e02564. 10.1002/ecs2.2564
- Lech, P., Żóćiak, A, Hildebrand, R., 2020. *Occurrence of European Mistletoe (Viscum album L.) on Forest Trees in Poland and Its Dynamics of Spread in the Period 2008–2018*. *Forests* 2020, 11, 83; doi:10.3390/f11010083.
- López-Sáez, J. A., Sanz de Bremond, C., 1992. *Viscum album L. y sus hospedantes en la Península Ibérica*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18: 817-825, 1992.
- López-Sáez, J. A., 1993. *Contribución al mapa corológico de Viscum album L. en la Península Ibérica*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 19: 249-257, 1993.
- López-Sáez, J. A., 1993b. *Contribución a la corología y ecología del muérdago (Viscum album L.) en el centro y norte de la Península Ibérica*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 19: 551-558, 1993.

- López-Saéz, J. A., 1993c. *Biología y ecología de Viscum album L. en los Pirineos*. *Ecología*, nº 7, 1993, pp. 279-288.
- López-Saéz, 1996. *Corología y ecología de la hemiparásita Viscum cruciatum Sieber ex Boiss, en la Península Ibérica*. *Bol. San. Veg. Plagas*, 22: 601-611, 1996.
- Loscos, F, 1876-1877. *Tratado de plantas de Aragón*. Instituto de Estudios Turolenses. Teruel.
- Manion, P. D. (1991). *Tree Disease Concepts*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ, Estados Unidos.
- Mathiasen, R. L., Nickrent, D. L., Shaw, D. C., Watson, D. M., 2008. *Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology, and Management*. *Plant Disease / Vol. 92 No. 7*: 988-1006.
- Mellado, A., 2016. *Ecological interactions mediated by the european Mistletoe, Viscum álbum subsp. austriacum, in mediterranean forests – an integrated perspective*. PhD Thesis. Universidad de Granada. Tesis Doctorales.
- Mellado, A., Zamora, R., 2014. *Generalist birds govern the seed dispersal of a parasitic plant with strong recruitment constraints*. *Oecologia* (2014) 176:139–147.
- Mellado, A., Zamora, R., 2014 b. *Linking safe sites for recruitment with host-canopy heterogeneity: The case of a parasitic plant, Viscum. album subsp. austriacum (Viscaceae)*. *American Journal of Botany*, 101 (6): 957-964. 2014.
- Mellado, A., Zamora, R., 2017. *Parasites structuring ecological communities: The mistletoe footprint in Mediterranean pine forests*. *Functional Ecology*. 2017;31:2167–2176.
- Mellado, A., Zamora, R., 2019. *Ecological consequences of parasite host shifts under changing environments: More than a change of partner*. *J Ecol*, 108 (2): 788-796.
- Mellado, A., Morillas, L., Gallardo, A., Zamora, R., 2016. *Temporal dynamic of parasite-mediated linkages between the forest canopy and soil processes and the microbial community*. *New Phytol* 211:1382–1392.
- Michel, A., Seidling, W., editors, 2014. *Forest Condition in Europe: 2014 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. BFW-Dokumentation 18/2014. 164 p.
- Michel, A., Prescher, A. K., Schwärzel, K., editors, 2019. *Forest Condition in Europe: 2019 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Air Convention). BFW-Dokumentation 27/2019. Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. 104 p.
- MAPA, 2020 [en línea]. *Red integrada de seguimiento del estado de los bosques. Tomo II: Informe de resultados sobre la vitalidad del arbolado a nivel nacional. 2019*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Política Forestal. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/resultados2019_tcm30-535605.pdf
- Mutlu, S., Osma, E., Ilhan, V., Turkoglu, H. I., Atici, O., 2015. *Mistletoe (Viscum album) reduces the growth of the Scots pine by accumulating essential nutrient elements in its structure as a trap*. *Trees* (2016) 30:815–824.
- Mutlu, S., Ilhan, V., Turkoglu, H. I., 2016. *Mistletoe (Viscum album) infestation in the Scots pine stimulates drought-dependent oxidative damage in summer*. *Tree Physiology* 36, 479–489.
- Nadal-Sala, D., Sabaté, S., Gracia, C., 2017. *Importancia relativa de la profundidad del suelo para la resiliencia de los bosques de pino carrasco (Pinus halepensis Mill.) frente al incremento de aridez debido al cambio climático*. *Ecosistemas* 26(2): 18-26.

- Obeso, J.R., 1986. *La alimentación del zorzal charlo (Turdus viscivorus) en la Sierra de Cazorla, SE de España*. Doñana, Acta Vertebrata, 13: 95-106.
- Oliva, J., Boberg, J. B., Hopkins, A. J. M., Stenlid, J., (2013). *Concepts of Epidemiology of Forest Diseases*. En: *Gonthier, P., Nicolotti, G. (eds.). Infectious forest diseases*. Publisher: CAB International, pp.1-28.
- Ostry, M.E., Venette, R.C. and Juzwik, J., 2011. *Decline as a disease category: is it helpful?* Phytopathology 101, 404–409.
- Perdiguer, A., Cañada, J. F., Fernández, F., Colinas, C., 2001. *Comparación de la eficacia de diferentes productos químicos aplicados mediante tratamiento aéreo en el control del muérdago (Viscum álbum L.) sobre Pinus halepensis*. Bol. San. Veg. Plagas, 27: 383-388, 2001.
- Pérez-Laorga, E., Alguacil, F., Montero, J. L., 2000. Inventario de árboles afectados por muérdago (Viscum álbum) en el monte Herbeset (Término Municipal de Morella, Castellón). Aplicación de técnicas de inventario forestal a la estimación de cortas por motivos fitosanitarios. Actas del Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes, (I): 279-287. Consellerá de Medio Ambiente, Xunta de Galicia.
- Pérez-Laorga, E., Alguacil, F., Montero, J. L., 2001. [en línea]. *Distribución y caracterización de las poblaciones del muérdago (Viscum album austriacum) en la Comunidad Valenciana*. En: S.E.C.F.-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio. Gráficas Coria. Sevilla.
- Pfiz, M., Küppers, M., 2010. *Dense crowns of the hemiparasitic mistletoe Viscum album L. exhibit shrub-like growth and high dry matter turnover*. Flora 205 (2010) 787–796.
- Polo, V., 2016. *Carbonero garrapinos – Periparus ater*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>
- Redlisiak, M., Remisiewicz, M., Nowakowski, J.K., 2018. *Long-term changes in migration timing of Song Thrush Turdus philomelos at the southern Baltic coast in response to temperatures on route and at breeding grounds*. Int J Biometeorol. 2018 Sep;62(9):1595-1605.
- Rigling, A., Eilmann, B., Koechli, R., Dobbertin, M., 2010. *Mistletoe-induced crown degradation in Scots pine in a xeric environment*. Tree Physiology 30, 845–852.
- Ritter, S., 2016. *Complex interactions between dwarf mistletoe, fuel loading, and fire in the lodgepole pine dominated forests of central Colorado*. Thesis for the Degree of Master of Science. Colorado State University.
- Rodrigáñez, C., 1949. *Prados arbóreos*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura. Servicio de Capacitación y Propaganda. Series A y E, Manuales Técnicos, Nº 3. Madrid, 1949.
- Rodríguez, A., Bermejo, T., 1995. *Comportamiento de alimentación de tres especies de aves frugívoras (Turdus merula, Sylvia atricapilla, Phoenicurus ochruros) que consumen frutos de Prunus mahaleb*. II Congreso Galego de Ornitología. Actas (1995): 161-174.
- Roura-Pascual, N., Brotons, L., García, D., Zamora, R. de Càceres, M., 2012. *Local and landscape-scale biotic correlates of mistletoe distribution in Mediterranean pine forests*. Forest Systems 2012 21(2), 179-188.
- Salvador, A., 2012. *Herrerillo común – Cyanistes caeruleus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. <http://www.vertebradosibericos.org>.

- Sallé, G., Aber, M., 1986. *Les Phanérogames parasites: biologie et stratégies de lutte*. Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques, 133:3, 235-263.
- Sampietro, F. J., Pelayo, E., Hernández, F., Cabrera, M., Guiral, J., (eds.), 2000. *Aves de Aragón. Atlas de especies nidificantes*. Diputación General de Aragón. Zaragoza. 2ª edición.
- Sánchez, M. A., Tolosa, L., 2004. *Agrilus (Anambus) jacetanus nueva especie de España (Coleoptera: buprestidae)*. Boln. S.E.A., nº 34 (2004) : 31 – 34.
- Sánchez-Salguero, R., Navarro-Cerrillo, R. M., 2015. *La sequía y la gestión histórica como factores del decaimiento forestal en poblaciones de Pinus sylvestris y P. nigra en el sur peninsular*. En: Herrero, A. & Zavala, M. A., editores, 2015. *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Pp 271-282.
- Sangüesa-Barreda, G., 2009. *Efectos del muérdago (Viscum album L.) sobre el crecimiento secundario del pino silvestre (Pinus sylvestris L.) en la Sierra de Gúdar (Teruel): interacciones con el clima*. Proyecto final de carrera de Ingeniero de Montes. Escola Tècnica Superior d' Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida.
- Sangüesa-Barreda, G., Linares, J. C., Camarero, J. J., 2012. *Mistletoe effects on Scots pine decline following drought events: insights from within-tree spatial patterns, growth and carbohydrates*. Tree Physiol. 32: 585–598.
- Sangüesa-Barreda, G., Linares, J. C., Camarero, J. J., 2013. *Drought and mistletoe reduce growth and water-use efficiency of Scots pine*. Forest Ecology and Management 296 (2013) 64–73.
- Sangüesa-Barreda, G., Camarero, J. J., Linares, J. C., Hernández, R., Oliva, J. , Gazol, A., González de Andrés, E., Montes, F., García-Martín, A., de la Riva, J., 2015. *Papel de los factores bióticos y las sequías en el decaimiento del bosque: aportaciones desde la dendroecología*. Ecosistemas 24(2): 15-23.
- Sangüesa-Barreda, G., Linares, J. C., Camarero, J. J., 2015 b. *La sequía y el muérdago actúan como factores de estrés combinados en el decaimiento de bosques de pino silvestre*. En: Herrero ,A. & Zavala M. A., editores (2015) *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Pp 303-311.
- Sangüesa-Barreda, G., Camarero, J. J., Pironon, S., Gazol, A., Peguero-Pina, J. J., Gil-Pelegrín. E., 2018. *Delineating limits: Confronting predicted climatic suitability to field performance in mistletoe populations*. J Ecol. 2018;00:1–12. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12968>.
- Santos, T., 1980. *Migración e invernada de zorzales y mirlos (Género Turdus) en la Península Ibérica*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- Soler, M., Pérez-González, J.A., Tejero, E., Camacho, I., 1988. *Alimentación del zorzal alirrojo (Turdus iliacus) durante su invernada en olivares de Jaén (sur de España)*. Ardeola 35 (2), 1988, 183-196.
- Soria, S., Dadahia, D., Muñoz, A., 1993. *El Género Carulaspis Mac. Gillivray, 1921 (Homoptera, Diaspidae) en los jardines del Patrimonio Nacional*. Bol. San. Veg. Plagas, 19: 273-284,1993.
- Stanton, S., 2006. *The differential effects of dwarf mistletoe infection and broom abundance on the radial growth of managed ponderosa pine*. For. Ecol. Manage. 223, 318–326.
- Szmidla, H., Tkaczyk, M., Plewa, R., Tarwacki, G., Sierota, Z., 2019. *Impact of Common Mistletoe (Viscum album L.) on Scots Pine Forests—A Call for Action*. Forests 2019, 10, 847; doi:10.3390/f10100847
- Tuset, J. J., Hinarejos, C., Mira, J. L., Hinarejos, R., Pérez-Laorga. E., 2009. *Episodio epidémico complejo de evolución gradual en masas de pinos del monte de Sant Joan de Penyagolosa*. Phytoma España, 211, 31-37.

- Vallauri, D., 1994. *Dynamique parasitaire de Viscum album L. sur pin noir dans le bassin du Saigon (Préalpes françaises du sud)*. Annales des sciences forestières, 1998, 55 (7), pp.823-835.
- Van Vliet, J, Musters, C. J. M., Ter Keurs, W. J., 2009. *Changes in migration behaviour of Blackbirds (Turdus merula) from the Netherlands*. Bird Study, 56:2, 276-28
- Varga, I., Taller, J., Baltazar, T., Hyvönen, J., Poczai, P., 2012. *Leaf-spot disease on European mistletoe (Viscum album) caused by Phaeobotryosphaeria visci: a potential candidate for biological control*. Biotechnol Lett 34:1059–1065.
- Varga, I., Poczai, P., Tiborc, V., Aranyi, N. R., Baltazar, T., Bartha, D., Pejchalm M., Hyvönen, J., 2014. *Changes in the Distribution of European Mistletoe (Viscum album) in Hungary During the Last Hundred Years*. Folia Geobot. 49, 559–577.
- Vilà-Cabrera, A., Galiano, L., Martínez-Vilalta, J., 2015. *Vulnerabilidad de los bosques ibéricos de pino albar ante el cambio climático*. En: Herrero ,A. & Zavala M. A., editores (2015) *Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Pp 283-294.
- VV.AA., 2008. *Informe y conclusiones relativas a las jornadas de trabajo sobre problemas de muérdago en masas forestales*. Atzaneta del Maestrat, abril de 2008. Inédito.
- Watson, D. M., 2001. *Mistletoe - A keystone resource in forests and woodlands worldwide*. Annu. Rev. Ecol. Syst. 2001. 32:219–49.
- Zapata, M. A., Padró, A., Lorente, J, Martín-Bernal, E., 2001. [en línea]. *Situación de Viscum album L. en Aragón. Influencia en el vigor de las masas forestales*. En: S.E.C.F.-Junta de Andalucía (eds.), III Congreso Forestal Español. Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio. Gráficas Coria. Sevilla.
- Zuber, D., 2004. *Biological flora of Central Europe: Viscum album L.* Flora 199, 181–203 (2004).