

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE LA AFECCIÓN POR MUÉRDAGO EN EL MONTE PÚBLICO SANT JOAN DE PENYAGOLOSA

CURSO ACADÉMICO 2017/2018

AUTORA: ROSER ALEGRE ADELL

TUTORA: MARIA PALOMA ABAD CAMPOS

COTUTOR EXTERNO COLABORADOR: HUGO MAS I GISBERT

VALENCIA, JUNIO 2018

RESUMEN

Durante los últimos años, se ha observado un incremento del número de pinos afectados por muérdago (*Viscum album austriacum*) en la Comunitat Valenciana. Este incremento se localiza casi de forma exclusiva en los montes del interior de la provincia de Castellón, siendo un ejemplo claro de esta situación el estado actual del monte de Sant Joan de Penyagolosa. (Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el monte de Sant Joan de Penyagolosa, 2010).

El presente Trabajo Final de Grado, trata de estudiar la evolución de la infestación por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa. Para ello, se ha realizado la repetición del inventario sistemático realizado en el año 2001 mediante el levantamiento de 14 parcelas circulares de 13 metros de radio, midiéndose el nivel de infestación de muérdago de cada uno de los árboles inventariados. Además se ha anotado la localización de las matas de muérdago dentro de cada árbol afectado, registrando su presencia en ramas inferiores, ramas superiores, tronco y copa. El centro de cada una de las parcelas se ha marcado con un código identificativo de forma que pueda servir para estudios futuros. Después de 16 años, el monte Sant Joan de Penyagolosa ha experimentado un aumento en el nivel de infestación por muérdago próximo al 10%.

También se ha realizado una revisión de la parcela permanente de inventario establecida en los años 2012-2014, en la que se marcaron todos los árboles de la parcela, para poder realizar un seguimiento individualizado de cada uno de ellos, tratando de establecer la evolución de la infestación de los árboles afectados. La parcela permanente muestra un comportamiento respecto a la evolución de la infestación por muérdago similar al comportamiento general de todo el monte evaluado a través del muestreo sistemático ya aleatorizado.

Analizar los datos recogidos por la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural referente a los valores relacionados con el grado de infestación por muérdago de los árboles eliminados en la ejecución del PLAN DE ACTUACIÓN INTEGRAL.

Todos los resultados se presentan gráficamente al objeto de poder ofrecer una mejor comprensión de los datos.

Palabras clave: Patología, sanidad forestal, gestión forestal, *viscum album*, control biológico.

Autora: Roser Alegre Adell

Lugar y fecha: Valencia, junio de 2018

Tutora: María Paloma Abad Campos

Cotutor: Hugo Mas i Gisbert

SUMMARY

During the last years, there has been an important increase in the number of pine trees affected by mistletoe (*Viscum album austriacum*) in the Comunitat Valenciana. This increase is located almost exclusively in the forest inside the province of Castellón. The current state of Sant Joan de Penyagolosa is a clear example of this situation.

The present Final Degree Project, tries to study the evolution of the mistletoe infestation in the Sant Joan de Penyagolosa mont.

For this, the systematic inventory carried out in 2001 will be repeated, by means of the survey of 14 circular patches of 13 meters radius, measuring the level of mistletoe infestation of each one of the inventoried trees. In addition, the location of the mistletoe bushes within each affected tree will be recorded, registering its presence in lower branches, upper branches, trunk and treetop. The center of each of the patches will be marked with an identification code so that it can be used for future studies. After 16 years, mont Sant Joan de Penyagolosa has experienced an increase in the level of mistletoe infestation close to 10%.

There will also be a review of the permanent inventory plot established in 2012-2014, in which all the trees of the plot were marked, in order to be able to carry out an individual control of each of them, trying to establish the affected tree infestation evolution. The permanent plot shows a behavior regarding the evolution of the mistletoe infestation similar to the general behavior of the whole forest evaluated through the systematic randomized sampling.

Some data collected by the Ministry of Agriculture, Environment, Climate Change and Rural Development (by Consellería (the Regional Ministry)) will be discussed regarding the values related to the degree of mistletoe infestation of the trees eliminated in the execution of the INTEGRAL ACTION PLAN.

All the results are presented graphically in order to offer a better understanding of the data.

Key words: Pathology, Forest Health, Forest Management, *Viscum album*, biological control.

Author: Roser Alegre Adell

Place and date: Valencia, June 2018

Tutor: María Paloma Abad Campos

Cotutor: Hugo Mas i Gisbert

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.2. LOCALIZACIÓN | 2 |
| 1.2.1. CLIMATOLOGÍA | 3 |
| 1.2.2. GEOLOGÍA | 5 |
| 1.2.3. FLORA Y VEGETACIÓN | 6 |
| 1.2.4. FAUNA | 7 |
| 1.3. BIOLOGÍA DEL MUÉRDAGO | 9 |
| 1.4. SITUACIÓN ACTUAL DE MASAS DE PINUS SYLVESTRIS FRENTE PINUS NIGRA | 12 |
| 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS | 13 |
| 3. METODOLOGÍA | 14 |
| 3.1. INVENTARIOS SISTEMÁTICOS | 14 |
| 3.2. PARCELA PERMANENTE DE INVENTARIO | 16 |
| 4. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL MUÉRDAGO | 18 |
| 4.1. RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO | 18 |
| 4.1.1. INVENTARIOS SISTEMÁTICOS | 18 |
| 4.1.2. PARCELA PERMANENTE DE INVENTARIO | 23 |
| 4.1.3. SEGUIMIENTO DE LOS ÁRBOLES ELIMINADOS | 28 |
| 5. CONCLUSIONES | 29 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA | 30 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Encuadre geográfico del P.N. de Penyagolosa..... | 2 |
| Figura 2. Diagrama climático de la estación de Vistabella del Maestrat..... | 3 |
| Figura 3. Ciclo de vida del muérdago (<i>Viscum album</i>)..... | 10 |
| Figura 4. Ejemplo del código con el que se marcaron las 14 parcelas de los inventarios sistemáticos. Esta fotografía corresponde al árbol elegido como centro de la parcela número 4..... | 14 |
| Figura 5. Fotografía de la parcela número 4 de los inventarios sistemáticos..... | 14 |
| Figura 6. A la izquierda, fotografía del árbol número 77 en el año 2014 con un N4, y a la derecha, fotografía del árbol 77 en el año 2017 con un N5 (muerto)..... | 17 |
| Figura 7. Porcentaje de pinos infestados por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa en los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017..... | 19 |
| Figura 8. Porcentaje de pies de <i>Pinus nigra</i> y <i>Pinus sylvestris</i> infestados por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa, según datos de los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017..... | 21 |
| Figura 9. Porcentaje de pinos infestados por muérdago en la parcela permanente localizada en el monte Sant Joan de Penyagolosa, según datos de 2012-2014 y 2017..... | 23 |
| Figura 10. Porcentaje de pies afectados por muérdago según el nivel de infestación comparando el 1º inventario (2012) frente el 2º inventario (2017)..... | 24 |
| Figura 11. Porcentaje de pies que no han sido encontrados, que no han variado de nivel, que han aumentado en 1, 2 o 3 grados y que han pasado de mayor a menor nivel de infestación por muérdago, tras un periodo de 5 años..... | 25 |
| Figura 12. Análisis del nivel de infestación por muérdago dividido por niveles..... | 26 |
| Figura 13. Evolución del nivel de infestación durante el período 2012-2017..... | 27 |
| Figura 14. Evolución del nivel de infestación durante el período 2014-2017..... | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Índices bioclimáticos en la estación de Vistabella del Maestrat..... | 4 |
| Tabla 2. Características principales de <i>Pinus sylvestris</i> y <i>Pinus nigra</i> | 12 |
| Tabla 3. Escala para la medición del nivel de infestación por muérdago según el criterio LSF-CV..... | 15 |
| Tabla 4. Codificación de especies del Inventario Forestal Nacional..... | 16 |
| Tabla 5. Clasificación por Clases Diamétricas..... | 16 |
| Tabla 6. Escala de Hawksworth para la medición del nivel de infestación por muérdago..... | 16 |
| Tabla 7. Escala para medir el estado fitosanitario de los árboles..... | 17 |
| Tabla 8. Escala de Valencia adaptada a la del Laboratori de Sanitat Forestal..... | 19 |
| Tabla 9. Porcentaje de pies afectados por muérdago en los distintos niveles de infestación en los años 2001 y 2017..... | 20 |
| Tabla 10. Porcentaje de pies de <i>Pinus nigra</i> y <i>Pinus sylvestris</i> afectados por muérdago en los distintos niveles de infestación, según datos de los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017..... | 22 |
| Tabla 11. Daños por afección de muérdago en pies menores y regenerado..... | 22 |
| Tabla 12. Porcentaje de pies afectados por muérdago según la localización de las matas: Rama, Tronco o Copa..... | 23 |
| Tabla 13. Comparación de la media del número de matas según los niveles de infestación por muérdago..... | 28 |

1. INTRODUCCIÓN

El monte de Sant Joan de Penyagolosa forma parte del Macizo del Penyagolosa, que está situado al oeste de la provincia de Castellón, constituyendo una de las últimas estribaciones del Sistema Ibérico. El monte de Sant Joan de Penyagolosa se encuentra dentro del Parque Natural de Penyagolosa, un espacio protegido desde 2006 por su alto valor ecológico, que se manifiesta en diversos hábitats con alta riqueza de especies. Además del elevado interés geológico, biológico y paisajístico de este espacio natural, otros atributos históricos, productivos y socioeconómicos imprimen un carácter multifuncional a este territorio, del que casi la mitad de su extensión corresponde al monte de Sant Joan de Penyagolosa. Este monte está situado en el término municipal de Vistabella del Maestrat y pertenece a la Generalitat Valenciana, estando incluido en el catálogo de Montes de Utilidad Pública (CS001).

El monte de Sant Joan de Penyagolosa es un bosque de pinar mediterráneo con predominio de *Pinus sylvestris* L. y *Pinus nigra* Arn., en el que la presencia de muérdago (*Viscum album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman) ha sido tradicionalmente común (López-Sáez y Sanz de Bremond, 1992; Samo Lumbreras, 1994). No obstante, su presencia en ambas especies de pino queda reflejada en la prospección fitosanitaria de la vegetación forestal de los montes de la Comunidad Valenciana del año 2000, en la que se estudió el carácter patológico del muérdago y los daños que esta planta parásita originaba en la vegetación hospedante (Pérez-Laorga et al, 2001).

1.1. ANTECEDENTES

A principios de este siglo, el Servicio de Gestión Forestal de la Generalitat Valenciana ya indicaba presencia de muérdago en más del 17% de los pinos del monte Sant Joan de Penyagolosa, superando el 40% en el arbolado del Barranco de la Pegunta, estando la especie *P. sylvestris* mucho más afectada que *P. nigra* (Pérez-Laorga et al, 2001). En 2008, se constató que la masa forestal del monte Sant Joan de Penyagolosa contenía rodales con graves síntomas de deterioro. Los pinos debilitados se encontraban en un estado muy precario, con copas muy reducidas y con mucha transparencia de copas. La desaparición de un elevado número de árboles, pies muertos y ausencia de regeneración daba lugar a claros muy llamativos en este bosque. El carácter epidémico de esta alarmante problemática supuso que se estudiara su etiología.

Tuset et al. (2009) destacaron el muérdago como principal agente biótico afectando a los pinos. Según los autores, la presencia de esta fanerógama hemiparásita era impactante; todos los pinos con síntomas de enfermedad mostraban matas de muérdago tanto en las ramas como en el tronco. En la parte basal de muchos pinos enfermos, una podredumbre blanca ocasionada por el hongo *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., inducía la destrucción progresiva del sistema radical. Los pies infectados por este basidiomiceto patógeno sufrían problemas de anclaje, a causa de la degradación de las raíces gruesas de sujeción, predisponiendo al derribo por efecto del viento o del peso de la nieve. En este estudio también se evidenció la abundante presencia de carpóforos del basidiomiceto *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst. en pinos muertos, tanto en pie como caídos. Sin embargo, su capacidad patogénica se consideraba débil, al contrario que *H. annosum*, ayudando a morir a pinos previamente debilitados.

Además de la acción del muérdago como principal factor biótico, entre los factores abióticos implicados en la etiología del decaimiento de la masa forestal del monte Sant Joan de Penyagolosa, se consideraron relevantes la calidad del suelo y las condiciones climáticas. El suelo de algunos parajes, al no tener suficiente cubierta arbórea y estar en pendiente, ha perdido profundidad y no contiene suficiente riqueza nutricional. El uso recreativo de ciertas áreas del monte conlleva el pisoteo del suelo y, como consecuencia, su compactación. Esta degradación física del suelo ayuda al proceso erosivo del mismo, que afecta negativamente al vigor y

crecimiento de las plantas. Asimismo, el clima de la zona incluye tormentas, períodos de sequía que en algunos años son muy prolongados y heladas tardías; todos estos fenómenos meteorológicos inducen debilidad en los árboles y, por consiguiente, facilitan que sean colonizados por agentes bióticos parásitos (Tuset et al., 2009).

Según la opinión de E. Pérez-Laorga (responsable del departamento de Sanidad Forestal de la Consellería de Medio Ambiente en 2009), entre las causas de la expansión actual del muérdago habría que considerar el aumento de las poblaciones de túrdidos, la reducción de tratamientos selvícolas y de los aprovechamientos de madera, con el consiguiente aumento de la edad media de los pinares, y la desaparición de aprovechamientos tradicionales del muérdago.

Según el “Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el monte de Sant Joan de Penyagolosa (2010)”, en el año 2003 se efectuaron trabajos de eliminación de pies afectados en el entorno de la caseta de control de entrada al monte, complementada con la plantación de diversas especies de arbustos y la colocación de cajas nido para el fomento de aves insectívoras.

Durante el año 2008, se apeó un elevado número de pinos muertos en el interior de la microrreserva del Barranco de la Pegunta cuya caída incontrolada podría poner en peligro a los excursionistas que, por esa ruta, se dirigen al pico de Penyagolosa.

El proyecto del “Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el monte de Sant Joan de Penyagolosa” (2010) pretendía unificar todas las acciones llevadas a cabo anteriormente, para establecer una relación y unos criterios para las actuaciones venideras, con el objeto de frenar la expansión del muérdago en el monte.

1.2. LOCALIZACIÓN

El Parque Natural de Penyagolosa está localizado entre los términos municipales de Vistabella del Maestrat, Xodos y Villahermosa del Río, pertenecientes a las comarcas Alcaatén y Alto Mijares de la provincia de Castellón.

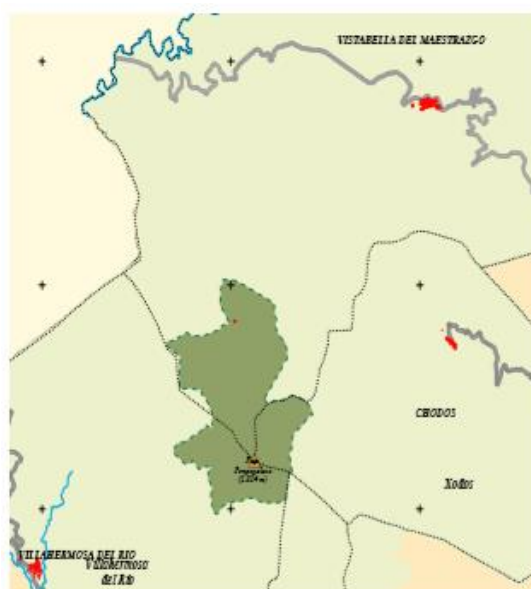


Figura 1. Encuadre geográfico del P.N. de Penyagolosa. Fuente: PORN, 2006

1.2.1. CLIMATOLOGÍA

Como se observa en la Figura 2, el monte de Sant Joan de Penyagolosa tiene clima mediterráneo pero con ciertos matices. Las precipitaciones anuales de la zona de estudio son de aproximadamente 750 mm. Por otra parte, la temperatura media del mes más cálido, en este caso julio, es de 17,5°C y la temperatura media del mes más frío, en este caso febrero, es de 2,5°C. Quedando así, una temperatura máxima diaria media para el mes más cálido y el mes más frío de 23,4°C y -2,1°C respectivamente, y una temperatura media anual de 8,9°C.

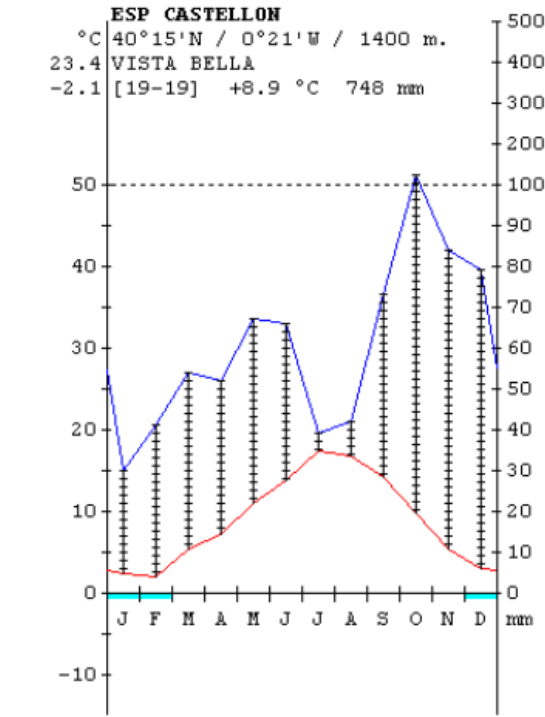


Figura 2. Diagrama climático de la estación de Vistabella del Maestrat. Fuente: www.globalbioclimatics.org

El PN Penyagolosa se encuentra situado entre 800 y 1814 m.s.n.m. Su elevada altitud hace que haya mayores precipitaciones y temperaturas más bajas. En invierno, la llegada de masas de aire septentrionales continentales hacen descender mucho las temperaturas, produciendo nevadas. En verano, los sofocantes vientos procedentes del desierto del Sahara y Oriente Próximo las aumentan considerablemente.

Aunque el clima mediterráneo es predominante, hay una clara influencia del clima continental según va aumentando la altitud. El hecho de que la máxima temperatura se registre en el mes de julio y no en agosto indica cierto rasgo de continentalidad. En conclusión, el clima del área de P se caracteriza por largos y fríos inviernos y veranos cortos, húmedos y frescos.

1.2.1.1. ESTUDIO BIOCLIMÁTICO

La recopilación de datos y el estudio tanto de los principales parámetros como de los índices bioclimáticos, se ha realizado a través de los datos recogidos por la estación meteorológica de Vistabella del Maestrat, situada en Sant Joan de Penyagolosa (Tabla 1).

Tabla 1. Índices bioclimáticos en la estación de Vistabella del Maestrat. Fuente: www.globalbioclimatics.org

| ----- BIOCLIMATIC INDEX AND DIAGNOSIS ----- | | | | | |
|--|------|-----------|-----------|-----|------|
| Thermicity index..... (It) : | 130 | | | | |
| Compensated thermicity index..... (Itc) : | 130 | | | | |
| Simple continentality index..... (Ic) : | 15.3 | | | | |
| Diurnality index..... (Id) : | 12.2 | | | | |
| Annual ombrothermic index..... (Io) : | 6.97 | | | | |
| Monthly estival ombrothermic index..... (Ios1) : | 2.25 | | | | |
| Bimonthly estival ombrothermic index..... (Ios2) : | 2.38 | | | | |
| Threemonthly estival ombrothermic index..... (Ios3) : | 3.08 | | | | |
| Fourmonthly estival ombrothermic index..... (Ios4) : | 3.65 | | | | |
| Annual ombro-evaporation index..... (Ioe) : | 1.25 | | | | |
| Annual positive temperature..... (Tp) : | 1073 | | | | |
| Annual negative temperature..... (Tn) : | 0 | | | | |
| Estival temperature..... (Ts) : | 478 | | | | |
| Positive precipitation..... (Pp) : | 748 | | | | |
| | | | | | |
| N°of | P>4T | P:2T a 4T | P: T a 2T | P<T | T<=0 |
| Years | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Latitudinal Belt...: Eutemperate | | | | | |
| Continentality.....: Oceanic - Low Euroceanic | | | | | |
| Bioclimate (Variant): TEMPERATE OCEANIC (SUBMEDITERRANEAN) | | | | | |
| Bioclimatic Belt...: LOW SUPRATERMATE LOW HUMID | | | | | |

Observando los índices bioclimáticos propuestos por Rivas Martínez (1987), se puede concluir que el Monte de Sant Joan de Penyagolosa:

- Según el Índice de Termicidad (It), se incluye en el termostipo **Supramediterráneo inferior**.
- Según el Índice de Continentalidad (Ic), pertenece al tipo **Semioceánico** de continentalidad/oceanidad.
- Según el Índice Ombrotérmico (Io), pertenece a un ombrotipo **Húmedo inferior**.

De acuerdo con el ombrotipo y la media anual de precipitaciones, se podría decir que el Penyagolosa pertenece a un clima húmedo, pero no sólo hay que tener en cuenta la cantidad media de precipitaciones sino que también es muy importante la distribución de las lluvias a lo largo del año, la torrencialidad y la irregularidad (Tabla 1).

Las precipitaciones máximas se concentran en primavera y otoño, no obstante al existir lluvias torrenciales en verano, éstas reducen la sequía en este período tan crítico para la vegetación.

Con toda esta información, se puede concluir que el Parque Natural de Penyagolosa se caracteriza por un **clima mediterráneo húmedo**.

1.2.2. GEOLOGÍA

El monte Sant Joan de Penyagolosa tiene 1814 metros de altitud y es la segunda cima más alta de la Comunidad Valenciana, sólo superada por el Cerro Calderón, en la Sierra de Javalambre, perteneciente al Rincón de Ademuz.

Se caracteriza por una orografía abrupta, con dos vertientes principales opuestas. La cara sur, más soleada, es árida, rocosa y con vegetación dispersa. En ella dominan las elevadas pendientes, con barrancos estrechos y profundos, donde se halla un acantilado de casi doscientos metros de altura, que da nombre a la montaña. La cara norte se caracteriza por ser una zona de umbría, más fría y húmeda, con formas más suaves y con vegetación frondosa y densa.

Según el “Mapa Geológico de España del IGME correspondiente a la zona de Villahermosa del Río”, el sustrato geológico del Parque Natural de Penyagolosa corresponde casi totalmente al Cretácico superior (Senoniense), formado por calizas y margas, y al Cretácico inferior (Aptiense), formado por margas y margolizas. Es decir, está formado principalmente por rocas sedimentarias carbonatadas.

Es de especial interés geológico y botánico una zona del Penyagolosa llamada el Rodeznar, donde se encuentran sedimentos de naturaleza silíceas (areniscas), con tonalidades rojizas las cuales forman manchas más o menos extensas.

1.2.2.1. EDAFOLOGÍA

En el área de estudio se observan las siguientes unidades de suelos descritas en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Macizo de Penyagolosa (PORN, 2006):

- **CAMBISOLES**

Son un tipo de suelo en el inicio de la formación de suelos. Tiene un grado bajo de evolución, pero aun así se puede observar un horizonte subsuperficial con cambio de color, textura o estructura.

Los cambisoles tienen una gran presencia en la Comunidad Valenciana pero pequeña dentro del Parque Natural del Penyagolosa, siendo visibles tan solo en los valles del NE del Macizo.

- **KASTANOZEMS Y PHAEZOZEMS**

Son dos tipos de suelos ricos en materia orgánica. Esto les proporciona un color pardo oscuro muy característico. Suelen aparecer sobre materiales calizos.

Pueden encontrarse tanto en zonas con pendientes elevadas como en zonas con pendientes menos marcadas. En las zonas de mayor pendiente, la evolución del suelo se verá obstaculizada por los procesos erosivos.

- **LITOSOLES**

Son suelos esqueléticos que aparecen en zonas de fuertes pendientes. Esta localización es la que provoca esa pérdida de suelo e impide la acumulación y formación de suelo nuevo, debido a los continuos procesos erosivos.

En el PN del Penyagolosa están muy extendidos ya que existen muchas zonas con fuertes pendientes.

- **LUVISOLES**

Son un tipo de suelos que se desarrollan sobre suaves pendientes o llanuras, en climas donde se diferencian las estaciones secas y húmedas, como es el caso del PN del Penyagolosa.

Estos suelos contienen un horizonte de acumulación de arcilla. Requieren humedad para que se produzca la dispersión de arcillas y períodos secos para su precipitación. Se acumulan en la capa inferior formándose un nuevo horizonte, con un claro enrojecimiento por la acumulación de óxidos de hierro.

- **RANKERS**

Estos suelos aparecen en las zonas silíceas y con pendientes elevadas del PN del Penyagolosa. No presentan carbonatos y dan lugar a suelos ácidos y pobres. Los procesos erosivos están muy presentes en este tipo de suelos.

- **RENDZINAS**

Son suelos delgados pero con una gran cantidad de materia orgánica. Se encuentran en la zona de estudio sobre rocas calcáreas.

Son suelos característicos de clima de alta montaña pero que se encuentran también en el PN del Penyagolosa por sus similares características climáticas.

- **REGOSOLES**

Estos suelos se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Están formados recientemente por depósitos de nuevos materiales.

En el PN del Penyagolosa se encuentran principalmente en zonas con fuertes pendientes y graves procesos erosivos. Son bastante frágiles debido a la erosionabilidad de los materiales, por lo que conviene que exista una buena cubierta vegetal para que los proteja de dicho fenómeno.

1.2.3. FLORA Y VEGETACIÓN

El PN del Penyagolosa posee una gran biodiversidad; esto es debido a la combinación de sustratos calcáreos y silíceos junto al clima mediterráneo con influencias continentales. Además de estos factores, la altitud y la geología son claves para el desarrollo de diferentes especies vegetales.

En las zonas con una altitud de aproximadamente 1000 m, con sustrato calizo, aparece el **pino laricio o negral** (*Pinus nigra*), capaz de soportar una sequía estival pronunciada así como heladas y nevadas intensas en invierno. En cambio, en las zonas con sustrato silíceo, se encuentra a la solana el **pino rodeno** (*Pinus pinaster* Aiton), capaz de soportar las condiciones de sequía, y en zonas de mayor altitud, en las umbrías, predomina el **pino albar** (*Pinus sylvestris*) junto con el **enebro** (*Juniperus communis* L.), los cuales aguantan bien el frío y las heladas primaverales.

Es bastante común encontrar formaciones de **sabina albar** (*Juniperus thurifera* L.), ya que esta especie puede vegetar, principalmente, sobre suelos ricos en cal pero también sobre suelos silíceos. La sabina albar domina en condiciones climáticas extremas, pues soporta muy bien las fuertes heladas de los inviernos y los veranos secos y calurosos.

En las parcelas de inventarios sistemáticos aparecen especies como el **tomillo** (*Thymus vulgaris* L. subsp. *vulgaris*), que crece en las laderas soleadas sobre suelo calcáreo. La **encina** (*Quercus ilex* L. subsp. *ilex*), que aparece en zonas con un clima más húmedo y templado y prefiere suelos calizos. También aparece la **sabina negra** (*Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.)

Nyman), que crece en laderas sobre cualquier tipo de sustrato, aunque es más abundante en los calcáreos. Por último, aparece la **aliaga** (*Genista scorpius* (L.) DC. In Lam et DC.), que crece sobre suelo calcáreo en laderas secas y soleadas con poca cubierta arbórea.

En zonas de barrancos, laderas y escarpes rocosos aparece el **tejo** (*Taxus baccata* L.), indiferente edáfico, que crece en ambientes húmedos y frescos. Por último, cabe destacar unos interesantísimos aunque muy escasos rodales de **melojo** (*Quercus pirenaica* Willd.), que vegeta sobre suelos silíceos y aguanta bien el clima continental con inviernos fríos.

El PN del Penyagolosa posee una gran diversidad biológica y algunas de las especies arbóreas anteriormente comentadas cuentan con individuos catalogados como árboles monumentales y de especial conservación. Estos son:

- **Pi Gros de les Quatre Forques.** Pino negral (*P. nigra*), de unos 200 años, situado a la entrada de la zona de acampada de Planás.
- **Pi Roig de Manuel Calduch i Almela.** Pino albar (*P. sylvestris*), su edad se estima en unos 100 años, se encuentra en el Monte Público de Sant Joan de Penyagolosa, a cien metros de la pista forestal que sube al Pico.

Estos dos ejemplares forman parte del proyecto LIFE desarrollado en hábitats prioritarios de Alta Montaña y han sido objeto de intervención para su saneamiento y señalización.

- **Pi Gros de les Cinc Branques.** Pino negral (*P. nigra*), se calcula que tiene unos 200 años y se encuentra situado dentro de la pinada de Sant Joan que sube al área recreativa Vela I.
- **Teix del Barranc de la Teixera.** Tejo (*T. baccata*), su edad se aproxima a los 1.000 años y se encuentra en el barranco del mismo nombre, su estado es decadente en la actualidad.

Por último, cabe destacar que la Orden de 16 de noviembre de 1998, de la Consellería de Medio Ambiente, declaró el barranco de la Pegunta microrreserva vegetal, para favorecer la conservación de una zona de menos de veinte hectáreas, en la cual conviven especies botánicas raras, endémicas o amenazadas como la **campanilla de invierno** (*Galanthus nivalis* L.), la **lechuguilla del bosque** (*Hieracium valentinum* Pau), el **acebo** (*Ilex aquifolium* L.) y el **tejo** (*Taxus baccata*) (Parcs Naturals de la Comunitat Valenciana).

1.2.4. FAUNA

Las especiales condiciones de altitud, clima, relieve y vegetación hacen del Macizo del Penyagolosa un lugar extraordinario donde existe una rica variedad de fauna, con algunas especies muy escasas o desaparecidas en el resto de la Comunidad Valenciana.

Dentro de la entomofauna, merecen especial mención los lepidópteros, con presencia de especies propias de montaña, bien endémicas o bien con distribuciones muy restringidas. Destacan los endemismos ibéricos *Ocnogyna latreillei* Godart y *Graellsia isabelae* Graells, ambos con poblaciones raras y de distribución muy localizada, recomendándose su protección así como la de sus hábitats (García de Viedma y Gómez-Bustillo, 1976; 1985). También merece especial mención *Parnassius apollo* L. por haberse extinguido hace unos años su población de la zona del Penyagolosa.

Los anfibios presentan una gran riqueza de especies, son frecuentes el **sapo corredor** (*Bufo calamita* Laurenti) y el **sapo partero** (*Alytes obstetricans* Laurenti). Entre los reptiles destacan la

lagartija roquera (*Podarcis muralis* Laurenti), la cual mantiene en el Penyagolosa una de las poblaciones más importantes en el territorio valenciano, y la **culebra lisa europea** (*Coronella austriaca* Laurenti). Éstas no toleran temperaturas elevadas y exigen cierto grado de humedad.

Entre las poblaciones de mamíferos destaca la presencia de dos especies: el **topillo campesino** (*Microtus arvalis* Pallas) y la **musaraña acuática** (*Neomys anomalus* Cabrera). Dentro de la Comunidad Valenciana, el topillo campesino es exclusivo del Macizo de Penyagolosa (comarca del Alcalatén), mientras que la musaraña acuática se extiende también por el Alto Palancia.

Es importante también la población de la **cabra montés** (*Capra pirenaica* Cabrera), el **gato montés** (*Felix silvestris* Schreber), el **tejón** (*Meles meles* L.), la **gineta** (*Genetta genetta* L.), el **corzo** (*Capreolus capreolus* L.), el **jabalí** (*Sus scrofa* L.), el **zorro** (*Vulpes vulpes* L.), la **comadreja** (*Mustela nivalis* L.), el **turón** (*Mustela putorius* L.), la **garduña** (*Martes foina* Erxleben) y el **lirón careto** (*Eliomys quercinus* L.). Mención aparte merece la mayor población valenciana del **murciélago troglodita** (*Miniopterus schreibersii* Kuhl), ubicada en este territorio.

La ornitofauna constituye un grupo con bastante diversidad y número de especies en la zona de estudio. En los pinos carrascos construye su nido el **verderón** (*Chloris chloris* L.). También son importantes el **piquituerto común** (*Loxia curvirostra* L.) que se alimenta de las piñas del pino albar y el **agateador común** (*Certhia brachydactyla* Brehm). El **trepador azul** (*Sitta europea* L.) es más abundante en los bosques de carrascas y robles, y aprovecha los agujeros en los árboles para construir su nido, estrechando la entrada con barro. También tienen interés el **reyezuelo listado** (*Regulus ignicapillus* Temminck), el **pico picapinos** (*Picoides major* L.), el **búho chico** (*Asio otus* L.) y el **colirrojo real** (*Phoenicurus phoenicurus* L.).

La avifauna más representativa que anida en los escarpes del roquedo incluye al **cuervo** (*Corvus corax* L.), la **chova piquiroja** (*Pyrrhocorax pyrrhocorax* L.), el **roquero rojo** (*Monticola saxatilis* L.) y la **collalba negra** (*Oenanthe leucura* Gmelin). Cerca de los lechos del río y barrancos, entre la vegetación de ribera, tienen su nido el **martín pescador** (*Alcedo atthis* L.) y el **ruiseñor bastardo** (*Cettia cetti* Cetti).

En relación a las grandes rapaces diurnas y nocturnas, destacan el **águila culebrera** (*Circaetus gallicus* Gmelin), el **águila real** (*Aquila chrysaetos* L.), el **águila perdicera** (*Hieraetus fasciatus* Sibley & Monroe), el **águila calzada** (*Hieraetus pennatus* Gmelin), el **azor** (*Accipiter gentilis* L.), el **halcón peregrino** (*Falco peregrinus* Tunstall) y el **búho real** (*Bubo bubo* L.) (PORN, 2006).

Es de especial interés la relación entre el **zorzal charlo** (*Turdus viscivorus* L.) y el **mirlo común** (*Turdus merula* L.) con el muérdago. Estas dos aves son las principales responsables de la dispersión de la semilla del muérdago. Esto es debido gracias a una substancia pegajosa que recubre la semilla, de manera que al ser excretada, queda pegada con fuerza a la corteza del árbol donde se haya posado el ave. Entonces, se desarrollan los haustorios capaces de absorber la savia de las ramas del árbol huésped.

1.3. BIOLOGÍA DEL MUÉRDAGO

Taxonómicamente, el género *Viscum* se asigna actualmente a la familia *Viscaceae* (Barlow 1983), aunque en el pasado se incluía en la familia *Loranthaceae*; ambas familias son miembros del orden Santalales. El género *Viscum* incluye un centenar de especies aproximadamente, encontrándose muchas de ellas en África y Madagascar y un número más reducido en el sur de Asia. La especie de muérdago *Viscum album* L. es originaria de Europa, reconociéndose cuatro subespecies: *V. album* subsp. *album* L. con amplio rango de hospedantes, *V. album* subsp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit parasitando a *Abies* spp., *V. album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman que parasita a *Pinus* spp., raramente a *Laryx* sp. y *Picea* sp., y *V. album* subsp. *creticum* N. Böhling, Greuter, Raus, B. Snogerup, Snogerup & Zuber exclusivamente en Creta sobre *P. halepensis* subsp. *brutia* (Zuber, 2004).

V. album es un arbusto perenne, epífita que vive a expensas de una amplia gama de especies de plantas leñosas. Se considera hemiparásita ya que posee hojas con clorofila y, por tanto, lleva a cabo la fotosíntesis, pero obtiene agua y nutrientes de la planta a la que parasita.

El muérdago, además de ser un patógeno conocido de muchas especies forestales, está considerada planta medicinal y un símbolo en la mitología de la cultura celta.

MORFOLOGÍA

Las hojas del muérdago son opuestas, sésiles, oblongas, equifaciales y de color verde amarillento. Planta con ramificación dicotómica, un muérdago completamente desarrollado forma una mata globosa que llega a alcanzar 150 cm de diámetro. Se trata de una especie dioica cuyas flores son discretas, sésiles, no muy grandes y de color verde amarillento, al igual que las hojas. La disposición habitual de las flores es una terminal y dos laterales. El fruto es una baya globosa de 6-10mm de diámetro, de color verde cuando es inmadura y adquiriendo color blanco u ocasionalmente amarillo al madurar. El mesocarpio del fruto contiene una sustancia mucilaginoso denominada viscina y más internamente, un fino endocarpio envuelve a la semilla (Zuber, 2004).

La formación de haustorios es una característica básica de las plantas parásitas. Inicialmente, los haustorios del muérdago crecen radialmente hasta alcanzar el cambium del árbol hospedante, invaginándose en los tejidos del xilema del árbol para absorber agua y sales minerales. Posteriormente, cordones corticales del muérdago se distribuyen lateralmente, hacia tejidos del parénquima o floema (Sallé, 1983). Estos cordones son clorofílicos y tienen una longitud media de 4-6 cm. A partir de ellos se desarrollan haustorios secundarios hacia el cambium del hospedante, surgiendo tallos adventicios adicionales a la mata principal del muérdago.

CICLO DE VIDA

Tras la germinación de la semilla, el hipocótilo se elonga para favorecer su firme adherencia a la rama del árbol. En la parte inferior del punto de sujeción, se desarrolla una estructura (clavija de penetración) que, mediante fuerzas de naturaleza mecánica, penetrará la epidermis o corteza del hospedante. Una vez dentro, se desarrolla el haustorio primario (Mathiasen et al., 2008). Durante los primeros años de vida, el crecimiento externo de esta planta parásita es mínimo, dedicándose a colonizar internamente al hospedante. El muérdago florece una vez por año y la primera floración se produce al cabo de 4-5 años de iniciarse la infección. Las aves que se alimentan de sus bayas son los principales vectores de dispersión de esta planta parásita. Las semillas de muérdago sobreviven el paso por el tracto digestivo y son defecadas.

El muérdago puede alcanzar una edad máxima de 27-30 años. La Figura 5 esquematiza su ciclo de vida, destacando a continuación lo que sucede en los primeros años. En el 1º año, la fase parasitaria comienza con el desarrollo de un haustorio primario. En el 2º año, aparece el primer

par de hojas. El haustorio primario crece longitudinalmente hacia el cambium del árbol hospedante para alcanzar el xilema secundario. En el 3º año, se desarrolla el segundo par de hojas, decusado al primero, y haustorios secundarios. Estos se originan a partir de cordones corticales que discurren superficialmente por los tejidos del hospedante. Los haustorios crecen radialmente y absorben agua y sales minerales del xilema del árbol, mientras que los cordones corticales expanden el muérdago lateralmente (Sallé 1983). En el 4º año, surge el tercer par de hojas, decusado al segundo. En el 5º año, se forman los primeros tallos de la futura mata de muérdago, con hojas escamosas en sus bases. En general, la primera floración sucede en este año (Zuber, 2004).

V. album es una especie dioica con reproducción sexual. Hasta que no tenga lugar la primera floración, no hay posibilidad de distinguir morfológicamente las plantas femeninas de las masculinas. Las flores son verde-amarillentas y muy pequeñas (2-3 mm de diámetro). La floración ocurre entre febrero y abril. Bajo las mismas condiciones ambientales, las flores femeninas se abren antes que las flores masculinas. La polinización sucede durante el verano gracias a dípteros que son atraídos por la fragancia del néctar. Las bayas maduran en noviembre-diciembre y la dispersión de las semillas tiene lugar durante el invierno con la ayuda de aves frugívoras (Zuber, 2004).

Las aves son los vectores principales de dispersión de las semillas del muérdago. Especies de la familia de los túrdidos, como el zorzal charlo (*T. viscivorus*) y el mirlo común (*T. merula*) tienen preferencia por las bayas de muérdago. Las semillas resisten la digestión, siendo defecadas; gracias a una fina capa de viscina que las recubre, quedan adheridas a la corteza de la rama donde se haya posado el ave.

Las semillas de muérdago tienen una dormancia de varios meses, coincidiendo con el periodo invernal. La germinación es totalmente dependiente de la luz, aunque después la plántula podrá crecer en oscuridad. La germinación puede comenzar a los 8-10 °C, temperatura común en marzo – abril, siendo el valor óptimo los 15-20 °C y se inhibe a partir de los 30 °C. La plántula es resistente a las heladas hasta -15 °C (Lamont 1983).

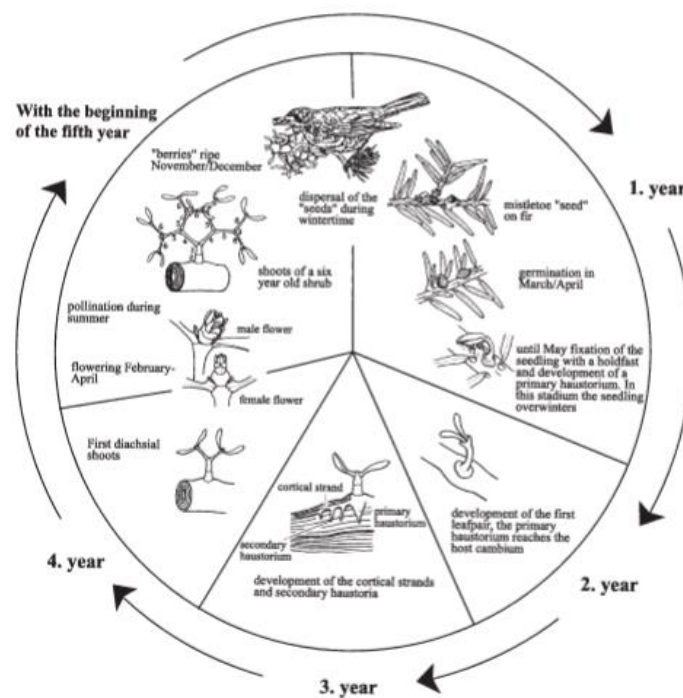


Figura 3. Ciclo de vida del muérdago (*Viscum album*). Fuente: Zuber, 2004.

INTERACCIÓN PARÁSITO-HOSPEDANTE

Los muérdagos afectan a sus árboles hospedantes de muchas maneras. Afectan adversamente al crecimiento en altura y diámetro, disminuyen el vigor, inducen mortalidad prematura, afectan a la calidad y cantidad de madera producida, reducen la fructificación y predisponen a los árboles a ser atacados por otros agentes, como insectos u hongos que causan pudrición (Hawksworth 1983).

El muérdago induce estrés hídrico en sus hospedantes, particularmente en la parte distal de las ramas a partir del sitio de la infección (Fisher, 1983). La subespecie *V. album austriacum* parasita predominantemente especies de pino, y la interacción que se establece con *P. sylvestris* resulta especialmente dañina para poblaciones de esta conífera que se encuentren en el límite meridional de su área de distribución. La planta parásita afecta negativamente al balance hídrico del árbol infestado debido a su alta tasa de transpiración. Bajo condiciones de sequía, los pinos cierran sus estomas para reducir la transpiración, mientras que el muérdago no lo hace, incrementando así el estrés hídrico de sus hospedantes e induciendo mortalidad (Galiano et al., 2010).

Además, esta interacción se ha relacionado con cambios en la arquitectura del árbol infestado, pérdida de su capacidad fotosintética, reducción del contenido de N en las acículas y alteración en la alocaación de los recursos (Rigling et al., 2010).

GESTIÓN

Se han utilizado varios medios para controlar el muérdago, pero los métodos directos, como podar ramas infectadas o eliminar árboles infectados, siguen siendo los únicos métodos prácticos. Sin embargo, son aplicables solo en áreas pequeñas, como parques, huertos o ciudades.

El uso de herbicidas se propuso como una vía muy prometedora para el control del muérdago (Baillon et al., 1988). En una masa forestal formada por *P. halepensis* localizada en Huesca, se realizó un ensayo mediante tratamiento aéreo para comparar la eficacia de distintos productos químicos, incluidos etefon y glifosato (Perdiguer et al., 2001). Actualmente, en la Unión Europea ya no está autorizado el uso de muchos herbicidas por motivos ambientales.

En la gestión de la población de muérdago presente en el arbolado del monte Sant Joan de Penyagolosa, las propuestas de actuación del Plan (2010) fueron las siguientes:

- Eliminación de los pies más afectados por el muérdago, por considerarse irrecuperables y constituir una fuente de inóculo.
- Poda de ramas infestadas por muérdago situadas a una altura inferior a los 3-4 m.
- Promover el aprovechamiento de las matas de muérdago para su uso ornamental.
- Plantación de especies arbóreas y arbustivas que produzcan frutos en invierno, para que sean alimento preferente para aves dispersoras de muérdago.
- Fomento de aves que se alimenten de muérdago pero no lo propaguen.
- Actuaciones en el entorno de los puntos permanentes de agua, dirigidas a mantener o plantar árboles que sirvan como posadero de aves en sus cercanías.

La búsqueda de otros métodos efectivos de control del muérdago se basa en la investigación relacionada con insectos fitófagos y microorganismos patógenos de esta planta parásita. En el Parque Natural de la Sierra de Baza (Granada), la comunidad de artrópodos en muérdagos parasitando *P. sylvestris* y *P. nigra* es muy simple y específica, estando compuesta básicamente por dos fitófagos: *Cacopsylla visci* Curtis (Homoptera, fam. Psyllidae) y *Pinalitus viscolae* (Heteroptera, fam. Miridae) y su predador *Anthocoris visci* Douglas (Heteroptera, fam. Anthocoridae) (Lázaro-González et al. (2017). *Carulaspis visci* (Homoptera, Diaspidae) es un cóccido diaspino también citado en muérdago en varias localidades españolas (Soria et al., 1993).

Unas veinte especies constituyen la micoflora del muérdago, entre ellas *Phaeobotryosphaeria visci* es un potencial candidato para el control biológico, ya que infecta a toda la planta parásita, incluyendo semillas, hojas y tallos. Tras la infección, induce la necrosis total del muérdago y sus haustorios (Varga et al., 2012).

1.4. SITUACIÓN ACTUAL DE MASAS DE *PINUS SYLVESTRIS* FRENTE *PINUS NIGRA*

Para conocer el estado fitosanitario de las masas forestales, la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural efectúa anualmente desde el año 1996 la prospección fitosanitaria de los montes de la Comunitat Valenciana. Los resultados relativos al año 2009, establecen que el muérdago está presente en 31.519 hectáreas en la provincia de Castellón de las 100.841 hectáreas de pinar prospectadas. De ellas, tan sólo en 7.913 hectáreas se considera que la presencia del muérdago es alta, lo que representa el 7,8 % de los pinares. (Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el Monte Sant Joan de Penyagolosa, 2010).

En los últimos años, atribuible posiblemente al cambio climático, se constata un aumento de sucesos climáticos extremos, como sequías y heladas, al igual que un aumento de la temperatura media terrestre.

El muérdago absorbe el agua y los compuestos minerales del hospedante. Esto produce sobre el árbol una disminución en su crecimiento. Si las condiciones ambientales permiten una buena disponibilidad hídrica, el árbol puede ceder parte de estos nutrientes sin sentir una merma excesiva en su crecimiento. En cambio, en períodos de sequía, el árbol sufre una disminución acusada de su crecimiento en grosor y queda debilitado. Bajo condiciones de sequía y si el grado de infestación por muérdago es elevado, el árbol sufre un grave debilitamiento, pudiéndole causar incluso la muerte.

En la zona de estudio el muérdago afecta fundamentalmente al pino silvestre (*P. sylvestris*) y pino laricio (*P. nigra*). En el monte Sant Joan de Penyagolosa, a simple vista se puede observar cómo las masas de pino silvestre están más afectadas que las de pino laricio.

Se ha realizado esta tabla resumen de modo que se observen las características principales de cada especie de forma más sencilla y así poder establecer por qué el pino silvestre parece ser más sensible al muérdago.

Tabla 2. Características principales de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*.

| | <i>Pinus sylvestris</i> | <i>Pinus nigra</i> |
|---|--|---|
| Altitud | 800 - 2000 (Óptimo 1600 - 1700) | 800 - 2000 (Óptimo 1000 - 1500) |
| Rég. Pluviométrico. PMA (mm) | 600-1200 Mesófila, Axérico | 600-1200 Medianamente xerófila. Oligoxérico |
| Rég. Térmico. TMA (°C) | 6-12 Microterma | 9-12 Termófila |
| Piso bioclimático | Supramediterráneo superior sub-húmedo | Mesomediterráneo - Supramediterráneo |

El Pino silvestre se encuentra al límite de su idoneidad fitoclimática, y esto, hace que vegete mucho peor que el Pino laricio, el cual, compite con ventaja en las zonas donde se solapan, que son fundamentalmente todas aquellas donde encontramos *P. sylvestris*, excepto pequeños rodales en las zonas arboladas más altas.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El presente Trabajo Final de Grado, tiene como objetivo principal estudiar la evolución de la infestación por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa.

Para ello, se han establecido una serie de objetivos secundarios:

- Evaluar la infestación por muérdago del monte mediante la repetición de los inventarios sistemáticos realizados en el año 2001, al objeto de poder comparar los resultados, tras 16 años después.
- Evaluar la infestación por muérdago del monte mediante la revisión de la parcela permanente de inventario establecida en 2012-2014, en las que se marcaron todos los árboles de las parcelas, al objeto de realizar un seguimiento individualizado de cada uno de ellos, después de un periodo de 3 y 5 años.
- Analizar los datos recogidos por la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural referente a los valores relacionados con el grado de infestación por muérdago de los árboles eliminados en la ejecución del PLAN DE ACTUACIÓN INTEGRAL.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos para poder establecer el futuro intervalo de revisión del nivel de infestación por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa más adecuado y razonar si las actuaciones selvícolas pautadas en la Plan de Control del Muérdago del Monte Sant Joan de Penyagolosa de 2010 pueden ser o no favorables.

3. METODOLOGÍA

3.1. INVENTARIOS SISTEMÁTICOS

La repetición de los inventarios sistemáticos del grado de afección por muérdago en el monte San Joan de Penayagolosa realizados en el año 2001, se llevó a cabo mediante el levantamiento de 14 parcelas circulares de 13 metros de radio, midiéndose el nivel de infestación de muérdago de cada uno de los árboles inventariados. La ubicación de las parcelas fue aleatorizada a través de una gradilla de 500m de lado colocada sobre el monte de forma que las parcelas se ubicaron en el cruce de las líneas de la propia gradilla.

En cada parcela, el árbol que se eligió como centro de la parcela se marcó con el código “Inventario Muérdago (IM)” y el número de la parcela. Desde ese centro, se dibujó la parcela de 13 metros de radio con una cinta métrica. En la ficha de cada parcela (Anejo 1) se anotó su altitud, pendiente y orientación.



Figura 4. Ejemplo del código con el que se marcaron las 14 parcelas de los inventarios sistemáticos. Esta fotografía corresponde al árbol elegido como centro de la parcela número 4.



Figura 5. Fotografía de la parcela número 4 de los inventarios sistemáticos.

Los árboles componentes de cada parcela se enumeraron (nº orden) y se midió con una forcípula el diámetro a altura normal (Dn) y con un hipsómetro Suunto se midió la altura de los mismos.

Para medir el nivel de infestación del muérdago se utilizó la escala establecida por el Laboratori de Sanitat Forestal (CRITERIO LSF-CV). Esta escala fue establecida *ad hoc* con el objetivo de que se recogiese la mayor cantidad de información y que ésta fuese ajustada a la zona de muestreo concreta, dadas las características especiales de la zona de estudio (las masas forestales de Penyagolosa son de edad muy avanzada y tienen unas condiciones particulares, y durante el muestreo se observó que las escalas usadas tradicionalmente en la Comunitat Valenciana o en Aragón no se ajustaban de forma eficiente al análisis de las mismas). Asimismo se establecieron las equivalencias con estos otros criterios utilizados para la medición del nivel de infestación del muérdago en Valencia y Aragón (Tabla 3):

Tabla 3. Escala para la medición del nivel de infestación por muérdago según criterio LSF-CV.

| | |
|-----------|---|
| N0 | No hay presencia de muérdago (M0 Aragón, M1 Valencia) ^a |
| N1 | Sólo se observa una mata de muérdago (M1 Aragón, M2 Valencia) |
| N2 | Presencia de más de una mata de muérdago, pero la parte verde de acículas es más abundante que la de muérdago: se ven más acículas que muérdago (M2 Aragón, M3 Valencia) |
| N3 | Presencia de más de una mata de muérdago, pero la parte verde de acículas es menos abundante que la de muérdago: se ve más muérdago que acículas (M3 Aragón, M4 Valencia) |
| N4 | Árbol invadido de muérdago, sin crecimiento primario, pero vivo (M4 Aragón, sin equivalencia Valencia) |
| N5 | Árbol muerto con abundante muérdago (M5 Aragón, M5 Valencia) |

a: equivalencia con las escalas de afectación por muérdago empleadas en Aragón y en la Comunidad Valenciana.

Además, se anotó la localización de las matas de muérdago dentro de cada árbol afectado, registrando su presencia en ramas (R), en tronco (T, en los dos tercios inferiores del tronco) y en copa (C, en el tercio superior del fuste).

También se contabilizaron los pies menores (Npm), diámetro normal entre 2,5 y 17,5 cm, los pies menores con muérdago (Npmm), los pies de regenerado (Npr), diámetro normal inferior a 2,5 cm, y los pies de regenerado con muérdago (Nprm).

Se identificaron las especies de matorral y se aproximó su porcentaje de fracción cabida cubierta (Fcc) dentro de la parcela.

En el Anejo 1, se pueden encontrar los estadillos utilizados durante el trabajo de campo, una tabla resumen donde aparecen los datos de ambos años (2001-2017) y un mapa de localización de las 14 parcelas en el monte Sant Joan de Penyagolosa.

En la tabla resumen, se han utilizado una serie de códigos con motivo de simplificar los datos, que son los utilizados por la propia Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural con el objetivo de que este trabajo pueda ser implementado como parte del Programa de Seguimiento de forma armónica con el resto del documento oficial.

Para nombrar las especies existentes en las parcelas se utilizó la codificación del Inventario Forestal Nacional. A modo de resumen se exponen sólo las especies que aparecen en el trabajo (Tabla 4):

Tabla 4. Codificación de especies del Inventario Forestal Nacional.

| | |
|----|-------------------------|
| 21 | <i>Pinus sylvestris</i> |
| 25 | <i>Pinus nigra</i> |
| 26 | <i>Pinus pinaster</i> |

Por otra parte, las especies se han agrupado por clases diamétricas, para poder simplificar el análisis de los resultados (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación por Clases Diamétricas.

| | |
|-------|--------------|
| CD 1 | 12,5-17,5 cm |
| CD 2 | 17,5-22,5 cm |
| CD 3 | 22,5-25,5 cm |
| CD 4 | 25,5-27,5 cm |
| CD 5 | 27,5-32,5 cm |
| CD 6 | 32,5-37,5 cm |
| CD 7 | 37,5-42,5 cm |
| CD 8 | 42,5-47,5 cm |
| CD 9 | 47,5-52,5 cm |
| CD 10 | 52,5-57,5 cm |
| CD 11 | 57,5-62,5 cm |
| CD 12 | 62,5-67,5 cm |
| CD 13 | 67,5-72,5 cm |

3.2. PARCELA PERMANENTE DE INVENTARIO

En los años 2012 y 2014, cuando se estableció la parcela permanente, se señalaron 150 árboles de los cuáles se tomaron los siguientes datos: coordenadas, altitud, diámetro a altura normal, altura y nivel de infestación. Dichos árboles fueron marcados de forma permanente mediante la colocación de chapas metálicas con codificación individualizada y fueron georreferenciados con el objetivo de evaluar la evolución individualizada de la presencia de muérdago en cada uno de los pies y, si fuese posible, la dispersión de la enfermedad en la ladera.

En el año 2017, se localizaron los 150 árboles para volver a tomar datos del nivel de infestación según un criterio diseñado *ad hoc* que permite su equivalencia con los criterios habitualmente utilizados tanto en la Comunitat Valenciana como en la Comunidad Autónoma de Aragón y en el resto de España, descritos previamente en la Tabla 3, y según la Escala Hawksworth, la cual divide la copa viva del árbol en tres secciones verticales iguales (tercio superior, tercio medio y tercio inferior) y asigna a cada una de ellas un valor de 0 a 2 en función de la mayor o menor presencia de muérdago. (Tabla 6, Anejo 2).

Tabla 6. Escala de Hawksworth para la evaluación del nivel de infestación por muérdago.

| | |
|---|---|
| 0 | Ausencia de muérdago |
| 1 | Ligera infección: mitad o menos de las ramas infestadas |
| 2 | Fuerte infección: más de la mitad de las ramas infestadas |

También se apuntó la localización de las matas de muérdago en el árbol, según ramas (R), tronco (T) o copa (C), como se ha indicado en el apartado anterior.

Para un análisis más exhaustivo del estado fitosanitario de cada árbol, se estableció la siguiente gradación:

Tabla 7. Escala para medir el estado fitosanitario de los árboles.

| | |
|---|-----------------------------|
| 0 | Árbol sano |
| 1 | Árbol moderadamente enfermo |
| 2 | Árbol gravemente enfermo |
| 3 | Árbol muerto |

Tanto en los años 2012-2014 como en el 2017 se tomaron fotografías de los árboles para poder establecer una comparación mucho más visual del nivel de infestación, pudiéndose ver así, el aspecto del mismo árbol 5 años después.



Figura 6. A la izquierda, fotografía del árbol número 77 en el año 2014 con un N4, y a la derecha, fotografía del árbol 77 en el año 2017 con un N5 (muerto).

En el Anejo 2, se pueden encontrar los estadillos que se utilizaron para el trabajo de campo, una tabla resumen con los datos, tanto del primer inventario (2012-2014) como del segundo (2017), unos ejemplos de las fichas comparación pie a pie, que se han realizado con los 150 árboles, con las respectivas fotografías de los años 2012-2014 y 2017, así como, un mapa de la localización de los 150 árboles.

En la tabla resumen se han utilizado los códigos ya nombrados previamente en las Tablas 4 y 5.

4. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DEL MUÉRDAGO

Según el “Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el monte de Sant Joan de Penyagolosa (2010)”, debía realizarse un Programa de Seguimiento, cuyos objetivos eran comprender la relación entre el muérdago y sus hospedantes, conocer su distribución y el grado de infestación del monte, estimar la eficacia de los trabajos realizados previamente y, con esos resultados, programar posibles medidas futuras.

Sus objetivos eran:

- Repetición de los inventarios sistemáticos realizado en el año 2001, al objeto de poder comparar los resultados y conocer la evolución de la infestación.
- Instalación de parcelas permanentes de inventario, en las que se marcarán todos los árboles de las parcelas, al objeto de realizar un seguimiento individualizado de cada uno de ellos, tratando de establecer la evolución de la infestación de los árboles afectados así como establecer los patrones de dispersión de la enfermedad a otros pies no afectados.
- Seguimiento de los árboles eliminados recogiendo de cada uno de ellos información relativa a sus características dendrométricas y valores relacionados con el grado de infestación por muérdago.
 - o Número de matas de muérdago por árbol (determinando el sexo en cada caso)
 - o Disposición de las matas de muérdago en el árbol
 - o Presencia de hongos patógenos (posibles sinergias)
 - o Edad de las matas de muérdago (determinar el año de infestación)
- Por último, recoger matas de muérdago a lo largo de al menos un año completo, al objeto de determinar la presencia de insectos que se alimentan de ellas, requisito imprescindible para poder establecer en un futuro un programa integral de control biológico.

4.1. RESULTADOS DEL SEGUIMIENTO

4.1.1. INVENTARIOS SISTEMÁTICOS

En el año 2001 se utilizó, para medir el nivel de infestación por muérdago, la escala que se utilizaba en la Comunitat Valenciana. En la Tabla 3 se puede ver su equivalencia con la escala establecida por el Laboratori de Sanitat Forestal, que es la que se utilizó en el año 2017 al repetir los inventarios, de forma que la información recopilada se ajustase de una forma más adecuada a las características especiales de la zona estudiada y recogiese mayor variabilidad.

Para poder comparar los resultados de ambos años, se ha tenido que adaptar la escala del año 2001 a la que se utilizó en el año 2017. De este modo, al no existir equivalencia en la escala de Valencia, con el Nivel 4 de infestación en la escala de LSF-CV (Tabla 3), sus datos pasan a ser incluidos en el nivel 3. En definitiva, el Nivel 4 indica “Árbol invadido de muérdago, sin crecimiento primario, pero vivo”, pero este dato no fue observado en los muestreos de 2001, por lo cual, pese a que se ha contabilizado en el muestreo de 2017 desarrollado en este trabajo, no se ha tenido en cuenta este dato al realizar la comparativa con el muestreo de 2001, pero sí deberá ser tenido en cuenta en futuros inventarios que se realicen en la zona de estudio. El resultado es la siguiente escala (Tabla 8):

Tabla 8. Escala de Valencia adaptada a la del Laboratori de Sanitat Forestal.

| | |
|-----------|--|
| N0 | No hay presencia de muérdago |
| N1 | Sólo se observa una mata de muérdago |
| N2 | Más de una mata de muérdago, pero la parte verde de acículas es más abundante que la de muérdago. Se ven más acículas que muérdago |
| N3 | Más de una mata, pero la parte verde de acículas es menos que la de muérdago. Se ve más muérdago que acículas |
| N5 | Árbol muerto con abundante muérdago |

En el Anejo 1, se incluyen todas las tablas que se han utilizado para alcanzar los siguientes resultados:

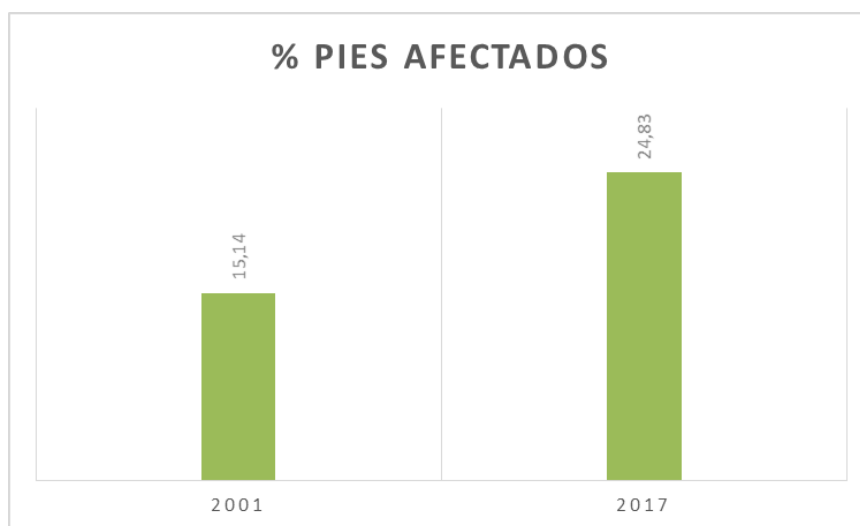


Figura 7. Porcentaje de pinos infestados por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa en los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017.

En el año 2001, en el 15% de los pinos inventariados se detectó la presencia de muérdago, mientras que después de 16 años, se puede observar un aumento de la infestación de casi un 10%, de forma que casi una cuarta parte de los pies del monte se encuentran infectados. (Figura 7).

Si se desgrena la información por niveles de infestación, como se puede observar en la Tabla 9, se observa que entre 2001 y 2017 se produce un aumento del número de pies infectados en todos los niveles (exceptuando el Nivel 5). El mayor aumento de porcentaje de pies infectados se produce en el Nivel 2, lo cual tiene mucha lógica teniendo en cuenta el tipo de escala utilizada para la medición de los niveles de daño. La escala utilizada marca la diferencia entre el N1 y el N2 en función de que se pase de una sola mata en el árbol (es decir, una infección muy incipiente) a una situación en la que se detecta varias matas de muérdago en un árbol pero con mayor volumen de hojas verdes que de matas de muérdagos, que sería el punto de inflexión entre el N2 y el N3. Tras 17 años en los que no se han realizados tratamiento selvícolas que afecten a los árboles con nivel de infección N1 es perfectamente esperable que éstos, en un desarrollo normal de la infestación en el monte, suban a N2. Asimismo también parece esperable que árboles sin infección (N0) puedan, en el transcurso de 17 años, manifestar más de una mata de muérdago (N2) pasando directamente de N0 a N2. En resumen, es esperable que el N2 de 2017 reclute pies que en 2001

tenían daños de tipo N0 y N1. En este caso, se produce una subida de 4 puntos porcentuales (Tabla 9).

No obstante, esta situación no es esperable en el caso del N3, nivel de infección que indica que hay mayor volumen de muérdago que de acícula en un árbol. Aunque es posible el paso de N2 a N3 en 17 años en aquellos pies que en 2001 tuviesen un nivel elevado de N2, no es esperable que una gran cantidad de ellos avance un nivel de infestación (de N2 a N3). En este caso se produce un aumento de solo un 2,73% entre el N3 de 2001 y el N3 de 2017 (Tabla 9).

Merece la pena destacar que el paso de N2 a N3 es más complejo que el paso de N0 a N1 (que solo supone la aparición de 1 mata de muérdago) y que de N1 a N2 (que solo necesita un aumento de una mata de muérdago a varias de ellas). Esto hace pensar que sería interesante, para un futuro, redefinir los niveles de infestación de los pies de forma que el N2 esté dividido en varios subniveles que permitan analizar de manera más adecuada la evolución de la infestación en los pies. Aunque esta cuestión puede ser analizada de forma más ajustada en el siguiente punto, en el que se analiza la evolución individualizada de los pies infectados.

Por último, se observa que en 2017 no ha habido detección de árboles muertos por muérdago en el muestreo sistemático (N5), lo cual podría estar relacionado con los trabajos realizados por el Servicio de Gestión Forestal de la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana en la zona de estudio, y que se centraron en la extracción de pies con niveles de infestación N5 o N3 muy elevados, por lo cual es posible que estos trabajos hayan, en efecto, tenido su efecto en la desaparición de pies con este nivel de daño.

Tabla 9. Porcentaje de pies afectados por muérdago en los distintos niveles de infestación en los años 2001 y 2017.

| | 2001 | 2017 | Incremento |
|-----------|-------|-------|------------|
| N0 | 84,86 | 75,17 | -9,69 |
| N1 | 2,86 | 4,9 | 2,04 |
| N2 | 7,71 | 14,34 | 6,63 |
| N3 | 2,86 | 5,59 | 2,73 |
| N5 | 1,71 | 0 | -1,71 |

Como ya se ha indicado en los apartados previos, la masa forestal estudiada está formada por dos especies de pino (*Pinus sylvestris* y *Pinus nigra*). Aunque ya ha sido comentado en los antecedentes, la situación de que el pino silvestre se encuentra mucho más afectado que el pino laricio es observable a primera vista tras una visita de campo. En este sentido, los datos analizados también corroboran con cifras esta diferencia de susceptibilidad a la infección por muérdago de ambas especies.

En el año 2001, el 41% de los pies de *P. sylvestris* tenían muérdago, frente a algo menos del 4% de los pies de *P. nigra*. En cambio, en el año 2017, el 64% de los pies de *P. sylvestris* estaban afectados por muérdago, frente al 13% aproximadamente de los pies de *P. nigra* (Figura 8).

Estos datos indican una clara preferencia del muérdago por colonizar el Pino silvestre en esta región, ya que las diferencias de infecciones entre ambas especies son más que evidentes tanto en 2001 como en 2017. Asimismo, si nos centramos en la evolución de la infestación para ambas especies, vemos que, después de 16 años, *P. sylvestris* ha experimentado un aumento en el nivel de daño de aproximadamente un 23%, frente al casi 9% en el Pino laricio (Figura 8), donde el daño es mucho menor. Es decir, no solo el pino silvestre tiene un mayor nivel de daño, sino que con el paso del tiempo esta infestación aumenta con mayor intensidad que la del aumento de la infestación en pino laricio, si bien es cierto que en esta última especie también se produce un aumento de la infestación (aunque mucho menor).

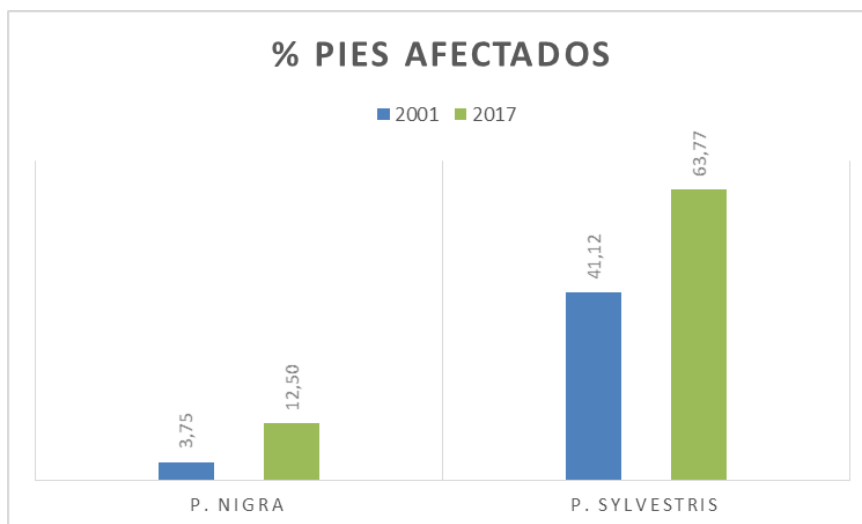


Figura 8. Porcentaje de pies de Pinus nigra y Pinus sylvestris infestados por muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa, según datos de los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017

Las causas de esta preferencia o mayor susceptibilidad del pino silvestre no son bien conocidas, no obstante, las personas implicadas en la gestión de estos montes, así como investigadores relacionados con este asunto hipotetizan con la posibilidad de que el menor vigor vegetativo del pino silvestre en zonas límite para su desarrollo y muy alejadas de su óptimo fitoclimático se traducen en una menor densidad foliar y, por tanto, una mayor capacidad de los frutos del muérdago para acceder a la madera de las ramas y ramillos, donde anclarse a través de los haustorios (Rodolfo Hernández, Com. Pers.). Sea como fuere, en el monte Sant Joan de Penyagolosa es una evidencia que el muérdago ataca predominantemente a pino silvestre y no a pino laricio, y se sugiere el desarrollo de alguna línea de investigación en este sentido.

Desgranando los datos por especie, los resultados son reveladores de una posible evolución de esta enfermedad diferente en ambas especies. Como puede observarse en la Tabla 10, hay un reclutamiento muy alto de nuevas infecciones para el caso de pino silvestre (de un 5,61 a un 11,59) mientras que el reclutamiento en el caso de pino laricio es mucho menor (del 1,67 al 2,78), lo que muestra claramente que hay una mayor aparición de nuevas infecciones sobre pino silvestre que sobre laricio.

El gran aumento de N3 en el caso de pino silvestre podría estar basado en que esta especie, como se ha repetido en varias ocasiones ya, vegeta de manera deficiente en esta zona, y esto conlleva seguramente la pérdida de masa foliar de manera evidente. Puesto que N3 se define como el nivel de daño en el que es observable más masa foliar de muérdago que de pino, a este nivel no solo contribuye el aumento de matas de muérdago, sino la pérdida de acículas del pino, la cual será muy esperable en especies que vegetan peor y que se encuentran ante desajustes fisiológicos muy evidentes (Tabla 10).

Tabla 10. Porcentaje de pies de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* afectados por muérdago en los distintos niveles de infestación, según datos de los inventarios sistemáticos realizados en 2001 y 2017.

| | <i>P. nigra</i> | | | <i>P. sylvestris</i> | | |
|-----------|-----------------|------|------------|----------------------|-------|------------|
| | 2001 | 2017 | Incremento | 2001 | 2017 | Incremento |
| N0 | 96,25 | 87,5 | -8,75 | 58,88 | 36,23 | -22,65 |
| N1 | 1,67 | 2,78 | 1,11 | 5,61 | 11,59 | 5,98 |
| N2 | 1,25 | 9,26 | 8,01 | 22,43 | 30,43 | 8 |
| N3 | 0,83 | 0,46 | -0,37 | 7,48 | 21,74 | 14,26 |
| N5 | 0 | 0 | 0 | 5,61 | 0 | -5,61 |

En el año 2001, no se observaron pies muertos (N5) de pino laricio (*Pinus nigra*) y un número inferior al 1% de pies de esta especie presentaban grado de infestación 3 (N3). En el caso del pino silvestre (*P. sylvestris*), el grado N5 se alcanzaba casi en el 6% de los pies y el grado N3 en algo más del 7% de los pies. Estos datos quieren decir que el 13% de los pinos silvestres estaban muertos o moribundos, por lo cual es posible que hayan sido el objetivo de los trabajos selvícolas de saneamiento de la masa desarrollados en la última década por la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana.

En este sentido, en el año 2017, no se observaron pies muertos (N5) de ninguna de las dos especies estudiadas.

También se han estudiado los daños por muérdago en los pies menores (Npmm) y en el regenerado (Nprm) de las 14 parcelas, observándose un pequeño aumento respecto al año 2001. Como se puede ver en la Tabla 11, en el 2001 no había pies menores ni regenerado afectados por muérdago, mientras que en el 2017 se pudo observar un total de 4 pies menores y 2 pies de regenerado.

Tabla 11. Daños por afección de muérdago en pies menores y regenerado.

| | Npmm | Nprm |
|-------------|------|------|
| 2001 | 0 | 0 |
| 2017 | 4 | 2 |

Npmm: pies con diámetro normal entre 2,5 y 17,5 cm afectados por muérdago

Nprm: pies con diámetro normal inferior a 2,5 cm afectados por muérdago

Por último, en la Tabla 12, se ha comparado el porcentaje de pies afectados por muérdago según la localización de las matas, en Rama (R), Tronco (T) o Copa (C), de los inventarios llevados a cabo en 2001 y 2017, en función del nivel de infestación.

En ambos años, predomina mayoritariamente la presencia de muérdago en ramas, excepto en el año 2001, donde en el nivel 3 de infestación predomina en copa.

Como se puede ver en la Tabla 12, del total de pies afectados, en el año 2001, casi un 51% estaba situado en ramas, sólo un 1% en tronco y un 48% en copa. En cambio, en el año 2017, un 58% estaba situado en ramas, casi un 2% en tronco y un 40% en copa.

Tabla 12. Porcentaje de pies afectados por muérdago según la localización de las matas: Rama, Tronco o Copa

| | 2001 | | | 2017 | | |
|--------------|-------|------|-------|-------|------|-------|
| | R | T | C | R | T | C |
| N1 | 58,33 | 0 | 41,67 | 50 | 0 | 50 |
| N2 | 50 | 2 | 48 | 63,43 | 3,28 | 32,79 |
| N3 | 47,37 | 0 | 52,63 | 50 | 0 | 50 |
| N5 | 50 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 50,54 | 1,08 | 48,39 | 57,94 | 1,87 | 40,19 |

4.1.2. PARCELA PERMANENTE DE INVENTARIO

En 2012, el Laboratori de Sanitat Forestal de la Generalitat Valenciana, estableció una parcela permanente de inventario con el objetivo de realizar un seguimiento de las poblaciones de muérdago sobre cada árbol de manera individualizada, para determinar su evolución en el tiempo, profundizar en el conocimiento del comportamiento epidemiológico del muérdago y de su proceso de afección al arbolado.

En 2012 se tomaron datos de 30 árboles y en 2014 se volvió a la parcela para tomar datos de 120 árboles más, dejando un total de 150 árboles. En 2017, se volvió a la parcela permanente y se tomaron los mismos datos de los 150 árboles a modo de poder establecer una comparación del nivel de infestación por muérdago pie a pie.

En el Anejo 2, se pueden encontrar todas las tablas que se han utilizado para alcanzar los siguientes resultados:

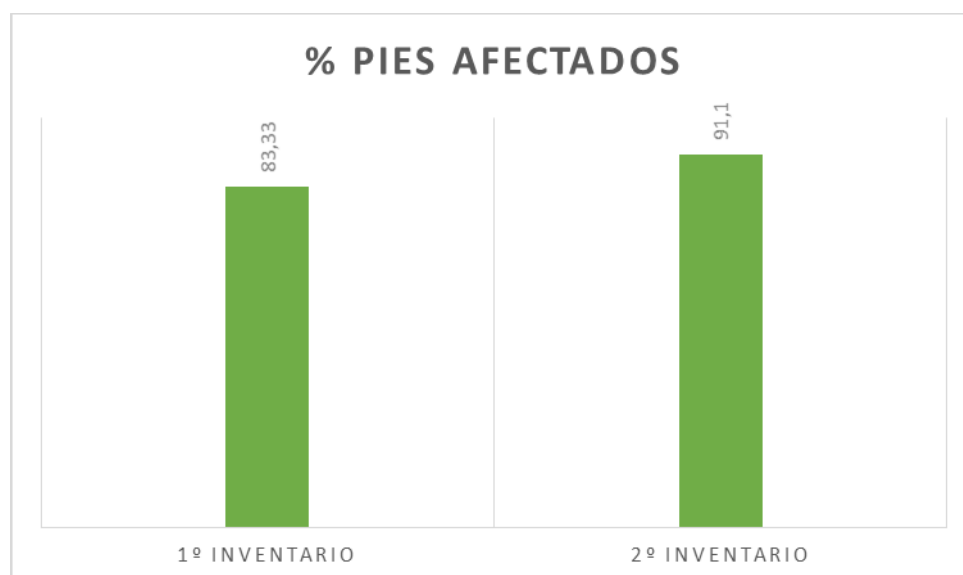


Figura 9. Porcentaje de pinos infestados por muérdago en la parcela permanente localizada en el monte Sant Joan de Penyagolosa, según datos de 2012-2014 y 2017.

Cómo se muestra la Figura 9, en el 1º inventario, comprendido entre los años 2012 y 2014, un 83% de los pies estaban afectados por muérdago, mientras que en el 2º inventario, realizado en el año 2017, un 91% de los pies presentaban afección por muérdago, produciéndose un aumento en la infestación por muérdago en la parcela de un 8%. Este dato es coherente con los resultados mostrados en la Figura 7, para el conjunto de la masa forestal del monte de Sant Joan de Penyagolosa, en la que se muestra un aumento del 10% de la infestación en el monte para un inventario sistemático en toda su superficie. Se puede indicar, pues, que la parcela permanente tiene un comportamiento muy similar al observado para el conjunto del monte.

La Figura 10 pretende mostrar el porcentaje de pies afectados por muérdago según el nivel de infestación comparando el primer inventario (2012-2014) con el segundo inventario (2017), y la variación de niveles entre ambos muestreos.

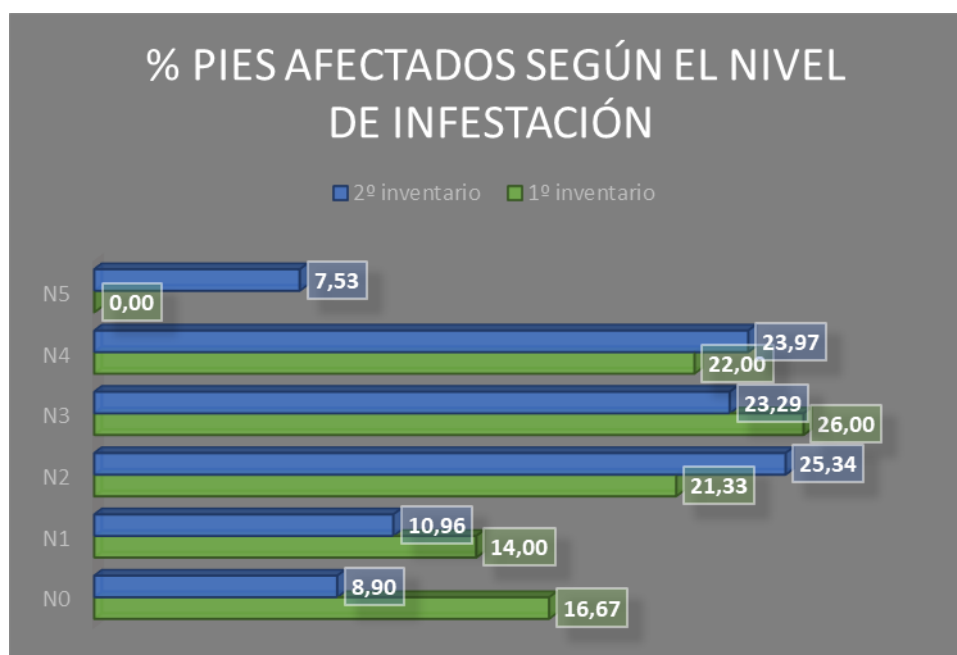


Figura 10. Porcentaje de pies afectados por muérdago según el nivel de infestación comparando el 1º inventario (2012-2014) frente el 2º inventario (2017).

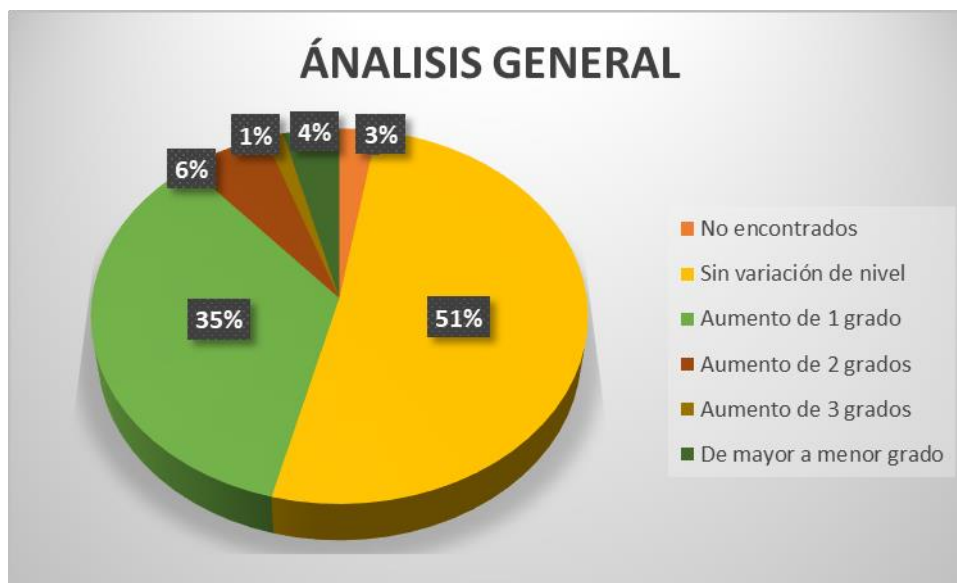


Figura 11. Porcentaje de pies que no han sido encontrados, que no han variado de nivel, que han aumentado en 1, 2 o 3 grados y que han pasado de mayor a menor nivel de infestación por muérdago, tras un periodo de 5 años.

La primera cuestión a destacar es que ha habido algunos pies que no se han encontrado (Figura 11), bien porque han sido abatidos en los tratamientos realizados en el monte en la última década, bien por defectos en el muestreo. No obstante el número de pies no encontrados es muy bajo y apenas tiene impacto en el análisis.

Según la Figura 11, del total de 150 árboles y tras el intervalo de tiempo transcurrido entre ambos inventarios, en un 51% no ha variado su nivel de infestación. Hay que tener en cuenta que en este grupo se incluyen tanto los árboles sanos como los árboles que ya presentaban muérdago. En cambio en un 42% de los árboles ha aumentado su nivel de infestación.

En un 4% de árboles de la parcela, el nivel de infestación va de mayor a menor nivel, como es de 1 a 0, de 2 a 1 y de 3 a 1, esto puede haberse debido a eventos climáticos extremos, como nevadas y lluvias intensas, que hayan dejado árboles rotos o que hayan hecho caer matas de muérdago al suelo. Asimismo, en los casos más extremos y menos esperables (descenso de N3 a N1) es posible que se haya debido a un defecto en el método de muestreo y, por tanto, no deban ser tenidos en cuenta. Muchas veces, las condiciones de muestreo desde dentro de la masa o la iluminación concreta del día de muestreo dificultan la apreciación correcta del número de matas de muérdago en los árboles y, por lo tanto, debe ser tenida en cuenta la posibilidad de que exista un error asociado al muestreo.

Respecto al aumento de los niveles de infestación para la parcela es destacable que:

- Un 35% de árboles han aumentado su nivel en 1 grado (de 1 a 2, de 2 a 3, de 3 a 4 y de 4 a 5)
- Un 6% de árboles han aumentado su nivel en 2 grados (de 0 a 2 y de 2 a 4)
- Un 1% de árboles han aumentado su nivel en 3 grados (de 0 a 3 y de 2 a 5)

Se ve una clara predominancia de un aumento de 1 grado en el nivel de infestación por muérdago. Los resultados parecen indicar, pues, que en el transcurso de 3-5 años el aumento de un nivel de daño es la situación más habitual, lo cual validaría el periodo de tiempo que debe dejarse entre cada revisión de la parcela permanente para el futuro, con el objetivo de poder valorar el aumento

de la infestación en el monte y en los árboles individuales de una forma eficiente. En este sentido, una revisión anual o bianual de la parcela permanente apenas aportaría información, puesto que sería difícil observar la variación de nivel de infestación en tan corto espacio de tiempo, y sin embargo dejar pasar una década podría situar al gestor en la situación de observar aumentos de más de un grado en los niveles de infestación, con lo cual estaría perdiéndose información que podría ser útil para analizar la epidemiología.

En la siguiente Figura 12, se pretende estudiar con más detalle el porcentaje de pies que han aumentado en 1 grado su nivel de infestación. Para facilitar la lectura de los datos, se ha agrupado en el apartado “otros casos” los pies que han aumentado en más de un nivel y los que han pasado de un mayor a un menor nivel.

Lo que más destaca después de estos 5 años es que de los 150 árboles, un 7% ha pasado de 0 a 1, lo que quiere decir que árboles que estaban sanos han quedado infectados, es decir, la aparición de infestación nueva (Figura 12). Este dato también es coherente con los resultados obtenidos del muestreo sistemático, que muestran un 10% de aumento de la infestación en el monte, del cual una parte importante puede atribuirse a pies sanos que pasan a tener Nivel 1 (Figura 7).



Figura 12. Análisis del nivel de infestación por muérdago dividido por niveles.

Se puede observar que lo más normal durante este período de tiempo es que los árboles aumenten de nivel 1 a nivel 2 más que de nivel 2 a nivel 3, ya que el crecimiento del muérdago es bastante lento, entonces es esperable que de un nivel 2 a un nivel 3 no haya tanto cambio. De esta manera queda reflejado en los datos, ya que un 9% de los 150 árboles han aumentado de N1 a N2 y, en cambio, sólo un 5% ha aumentado de N2 a N3.

También es importante el 7% de árboles que han pasado de un nivel de 3 a 4, ya que significa que el ápice de dichos árboles ha sido invadido por el muérdago, dejándolo vivo pero sin crecimiento primario, por tanto, esos árboles no van a tener mucho futuro.

Por último, a diferencia del primer inventario realizado en 2012-2014 dónde no se observó nivel 5, en el inventario de esta parcela realizado en 2017 hay un 7% de los 150 árboles que están muertos, algunos fueron apeados.

A continuación se desglosa los resultados del 1º inventario del nivel de infestación por muérdago de la parcela permanente en el monte Sant Joan de Penyagolosa pues, como se ha indicado previamente, una parte corresponde al año 2012 y otra al 2014.

En el 2012 se estudiaron los 30 primeros árboles:

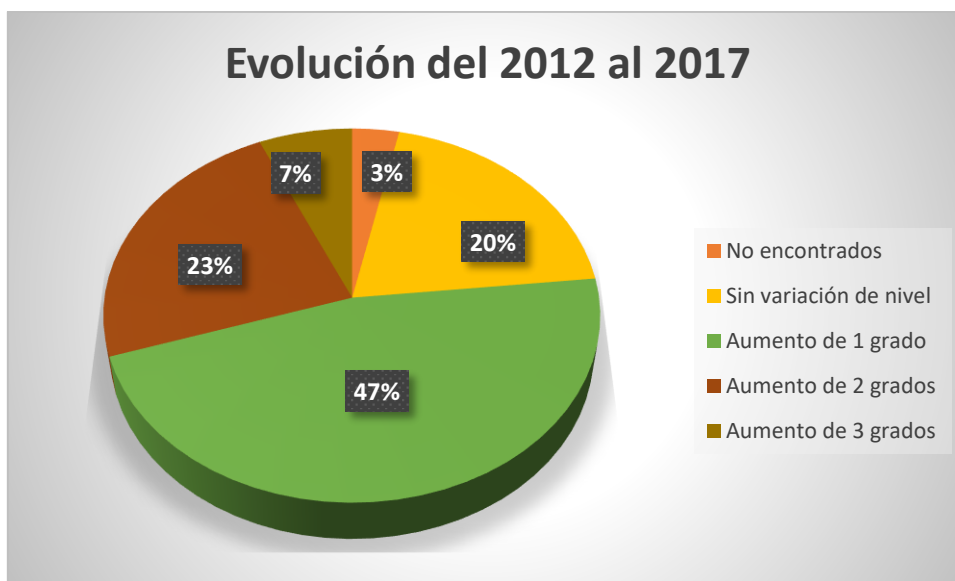


Figura 13. Evolución del nivel de infestación durante el período 2012-2017.

En el 2014 se estudiaron los 120 árboles restantes:

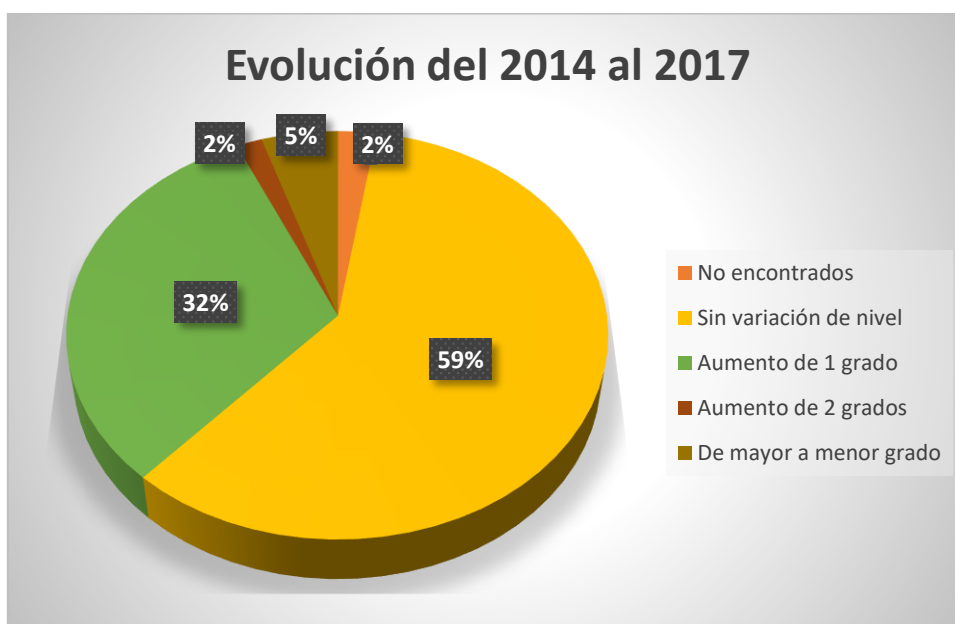


Figura 14. Evolución del nivel de infestación durante el período 2014-2017.

Como se puede observar en las Figuras 13 y 14, del año 2012 al 2017 después de 5 años, se observa un aumento mayor del nivel de infestación en los árboles estudiados, en cambio del año 2014 al 2017, hay más árboles sin variación de nivel, aunque en ambos periodos, se observa un mayor aumento de nivel de infestación de 1 grado. Esta apreciación afianza la propuesta de revisión de la parcela permanente cada 5 años, por lo que se propone la revisión de la misma el año 2022.

4.1.3 SEGUIMIENTO DE LOS ÁRBOLES ELIMINADOS

En los años 2009, 2010 y 2017, la Consellería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural referente recogió unos valores relacionados con el grado de infestación por muérdago de los árboles eliminados en la ejecución del PLAN DE ACTUACIÓN INTEGRAL.

De todos esos datos, se ha realizado una tabla resumen donde se ha comparado la media del número de matas según los niveles de infestación por muérdago (Tabla 16).

Tabla 13. Comparación de la media del número de matas según los niveles de infestación por muérdago.

| N | Nº matas |
|--------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 2 |
| 2 | 4,33 |
| 3 | 27 |
| 4 | 35,06 |
| Total | 27,48 |

Cuando los pinos están en pie, puede ocurrir que cuando se toman datos del nivel de infestación desde tierra no se vean todas las matas que pueda haber en el individuo, ya que muchas pueden ser muy pequeñas, germinaciones iniciales, que el ojo humano no puede percibir. Por ello, es recomendable valorar de nuevo el grado de infestación por muérdago cuando el árbol está abatido. Esta información adicional puede ayudar en el análisis global de la problemática del muérdago en el monte Sant Joan de Penyagolosa.

5. CONCLUSIONES

Después de 16 años, **el monte Sant Joan de Penyagolosa ha experimentado un aumento en el nivel de infestación por muérdago próximo al 10%** para toda la masa según inventario sistemático.

En el monte Sant Joan de Penyagolosa, *Pinus sylvestris* es más sensible al muérdago que *Pinus nigra*, presentando mayor número de pies afectados y con mayores grados de infestación, así como un aumento mayor de la infestación con el paso del tiempo.

Predomina la presencia de muérdago en las ramas de los árboles. Esto parece indicar que la primera colonización por muérdago de los pies se inicia en las ramas y, posteriormente, va acercándose al tronco, esto podría tener que ver con la aparición de mecanismos de dispersión basados en la dispersión vertical por gravedad (caída de frutos) y con la aproximación de los vectores (túrdidos) a las matas de las ramas para alimentarse de los frutos.

En la revisión de la parcela permanente se observa un mayor porcentaje de pies afectados después de 5 años (aumento de 8% parcela), por lo que **este periodo de tiempo (5 años) como intervalo de revisión de la misma se juzga adecuado para el futuro.**

La parcela permanente muestra un comportamiento respecto a la evolución de la infestación por muérdago similar al comportamiento general de todo el monte evaluado a través de un muestreo sistemático ya aleatorizado.

El aumento patente de la infestación nueva (N0 a N1) indica que **la extracción de inóculo (a través de claras sanitarias) de esta enfermedad puede impactar en la dispersión de la misma en el monte,** por lo que parece **recomendable la continuación de las actuaciones selvícolas pautadas en la Plan de Control** del Muérdago del Monte Sant Joan de Penyagolosa de 2010.

6. BIBLIOGRAFÍA

Anónimo. 2010. Plan de Actuación Integral para el Control de Muérdago en el monte de Sant Joan de Penyagolosa (2010). Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, València. València.

Baillon F., Chamel A., Fer A., Frochot H., Gambonnet B., Manzato M. 1988. Lutte chimique contre le gui (*Viscum album* L.) Pénétration, transport, efficacité de deux herbicides phloème-mobiles (2,4-DB et glyphosate). *Ann. Sci. For.* 45: 1-16.

Barlow B.A. 1983. Biogeography of Loranthaceae and Viscaceae. *En: The Biology of mistletoes* (Calder M. & Bernhardt P, eds.) Academy Press, Sydney, 19-46.

Fisher J.T. 1983. Water relations of mistletoes and their hosts. *En: The Biology of mistletoes* (Calder M. & Bernhardt P, eds.) Academy Press, Sydney, 161-181.

Galiano L., Martínez-Vilalta J., Lloret F. 2010. Drought-induced multifactor decline of Scots pine in the Pyrenees and potential vegetation change by the expansion of co-occurring oak species. *Ecosystems* 13: 978-991.

García de Viedma M. y Gómez-Bustillo M.R. 1976. Libro rojo de los lepidópteros ibéricos. Ministerio de Agricultura, España.

García de Viedma M. y Gómez-Bustillo M.R. 1976. Revisión del libro rojo de los lepidópteros ibéricos. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid.

Hawksworth F.G. 1983. Mistletoes as forest parasites. *En: The Biology of mistletoes* (Calder M. & Bernhardt P, eds.) Academy Press, Sydney, 317-333.

Iserte S. 2012. Plan de ordenación silvopastoral del P.N. de Penyagolosa. Trabajo final de carrera. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Lamont B. 1983. Germination of mistletoes. *En: The Biology of mistletoes* (Calder M. & Bernhardt P, eds.) Academy Press, Sydney, 129-143.

López-Sáez J.A. y Sanz de Bremond C. 1992. *Viscum album* L. y sus hospedantes en la Península Ibérica. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas* 18 (4): 817-825.

Mathiasen R.L., Nickrent D.L., Shaw D.C., Watson D.M. 2008. Mistletoes: Pathology, Systematics, Ecology and Management. *Plant Disease* 92(7): 988-1006.

Perdiguer Brun A., Cañada Martín J.F., Fernández López F., Colinas C. 2001. Comparación de la eficacia de distintos productos químicos aplicados mediante tratamiento aéreo en el control del muérdago (*Viscum album*) sobre *Pinus halepensis*. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas* 27 (3): 383-388.

Pérez-Laorga E., Alguacil F., Montero J.L. 2001. Distribución y características de las poblaciones del muérdago (*Viscum album austriacum*) en la Comunidad Valenciana. 3º Congreso Forestal Español 25-28 septiembre 2001 Granada.

Rigling A., Eilmann B., Keochli R., Dobbertin M. 2010. Mistletoe-induced crown degradation in Scots pine in a xeric environment. *Tree Physiology* 30: 845-852.

Rivas Martínez S. 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Roncero i Ventura E. 2005. Al voltant del Penyagolosa. Tàndem Edicions, València.

Sallé G. 1983. Germination and establishment of *Viscum album* L. *En: The Biology of mistletoes* (Calder M. & Bernhardt P, eds.) Academy Press, Sydney, 145-159.

Samo Lumbreras A.J. 1994. Catálogo florístico de la provincia de Castellón. Diputación Provincial de Castellón.

Sanchis Moll E.J. (coord.). Guía de la naturaleza de la Comunidad Valenciana. Institutió Alfons el Magnànim, València

Tuset J.J., Hinarejos C., Mira J.L., Hinarejos R. y Pérez-Laorga E. 2009. Episodio epidémico complejo de evolución gradual en masas de pinos del monte de Sant Joan de Penyagolosa. *Phytoma-España* nº 211.

Zuber D. 2004. Biological flora of Central Europe: *Viscum album* L. *Flora* 199: 181-203.

Lázaro-González A., Hódar J.A., Zamora R. Do the arthropod communities on a parasitic plant and its hosts differ? 2017 *European Journal of Entomology* 114: 215-221.

Soria S., Cadahia D., Muñoz A. 1993. El género *Carulapsis* Mac. Gillivray, 1921) Homoptera, Diaspidae) en los jardines del Patrimonio Nacional. *Boletín Sanidad Vegetal-Plagas* 19: 273-284.

Varga I., Taller J., Baltazár T., Hyvönen J., Poczai P. 2012. Leaf-spot disease on European mistletoe (*Viscum album*) caused by *Phaeobotryosphaeria visci*: a potential candidate for biological control. *Biotechnology Letters* 34(6): 1059-1065.

Páginas web consultadas

Parcs Naturals de la Comunitat Valenciana. Visto el 14 de marzo del 2018, <http://www.parquesnaturales.gva.es/web/pn-penyagolosa>

Pérez-Laorga, E. (20 de noviembre de 2009). La tala de pinos para erradicar la plaga de muérdago en Penyagolosa levanta críticas. *Levante: el mercantil valenciano*. Visto el 31 de mayo del 2018. Recuperado de <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2009/11/20/tala-pinos-erradicar-plaga-muerdago-penyagolosa-levanta-criticas/653181.html>