GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS DE IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE ALGUNAS ENFERMEDADES COMUNES DE LOS BOSQUES MEDITERRÁNEOS

Autores:

Sara Barberini
Álvaro Benito
Roberto Danti
Gianni Della Rocca
Priya Devasirvatham
Sergio Diez
Julio Diez
Giovanni Emiliani
Iván Franco
Angela Frascella
Zuleica García
José Mariano Igual
Sven Kallen
Sofía López
Olaya Mediavilla
Antonietta Mello
Marta Múgica
Jaime Olaizola
Álvaro Peix,
Maria Rodríguez
Ignacio Santa Regina
Stefano Secci
Laura Vaca
Francesco Venice

Salamanca, 2022.

Índice

1. Prólogo....5
2. Enfermedades comunes del bosque mediterráneo y el cambio climático....8
3. Pautas para la identificación visual de algunas enfermedades comunes del bosque mediterráneo....10
   - 3.1. El chancro en el castaño....10
   - 3.2. La tinta en el castaño....13
   - 3.3. La Seca o decaimiento de roble y encinas....16
   - 3.4. La podredumbre radial y de la madera del abeto común....19
   - 3.5. 3.5 La culebrilla del alcornoque....23
   - 3.6. 3.6 El taladro de roble y encinas....26
4. Actuaciones generales para el control de enfermedades en el bosque mediterráneo....30
   - 4.1. Inoculación con microorganismos locales de biocontrol....30
   - 4.2. Plantación de vegetación micorrizada....37
   - 4.3. Enmiendas calizas....39
   - 4.4. Aclareo selectivo....40
5. Actuaciones específicas para el control de determinadas enfermedades de los bosques mediterráneos....41
   - 5.1. La podredumbre radical y de la madera del abeto común....41
   - 5.2. Enfermedad de La Seca en encinas....42
   - 5.3. La tinta y el chancro del castaño....42
   - 5.4. Enfermedades causadas por plagas de *Coraebus* y *Cerambyx*....45
6. Bibliografía....52

1. Prólogo

En la situación de cambio climático que vivimos desde hace algunos años, los bosques mediterráneos se encuentran amenazados por una gran variedad de factores estresantes de origen biótico y abiótico.

Los periodos de sequías prolongadas, las altas temperaturas y los incendios forestales son cada vez más frecuentes en nuestros bosques. Estos factores abióticos de riesgo se han acentuado debido al abandono rural, ya que la despoblación conlleva una disminución de la práctica de la silvicultura tradicional que históricamente ayudaba a mitigar el riesgo de incendios y otras amenazas para el bosque.

Nuestros bosques también se ven perjudicados por agentes de origen biótico: las plagas y los patógenos que son capaces de debilitar e incluso destruir las masas forestales, que cuando se ven afectadas por la acción de insectos y/o microorganismos patógenos son más susceptibles a incurrir en diversos factores estresantes. Al combinar estos elementos nocivos, se pone en peligro la salud y la existencia de todo el ecosistema forestal.

El proyecto LIFE MycoRestore surge con la finalidad de implementar distintas estrategias para lograr una gestión sostenible de los bosques mediterráneos y sus recursos. Para ello, se están utilizando diversos recursos micológicos innovadores y prácticas de manejo forestal que permitan un mejor aprovechamiento económico, ayudando al mismo tiempo a aumentar la resistencia y adaptación al cambio climático de los bosques mediterráneos en España, Italia y Portugal.

Gracias al trabajo conjunto de las instituciones participantes en el proyecto, tanto privadas (Volterra, SocialForest, IDForest, Colquida, Mycelio) como públicas (Universidad de Valladolid, Consejo

Nacional de Investigación en Italia (CNR-IPSP), Consejo Superior de Investigaciones Científicas en España (IRNASA-CSIC)) se están consiguiendo avances muy prometedores en las tres acciones principales que abarca este proyecto:

1) Micosilvicultura: implementar prácticas tradicionales de silvicultura que contribuyan a la sostenibilidad, regeneración y salud del bosque.

2) Micocontrol: desarrollar estrategias de control biológico para luchar contra enfermedades del bosque mediteráneo, utilizando recursos micológicos innovadores para aplicarlos como agentes de biocontrol.

3) Micoeconomía: mejorar la economía rural, incrementando el aprovechamiento de los bosques promoviendo su adaptación y resiliencia al cambio climático. Se demuestra que se puede llevar a cabo el aprovechamiento de distintos servicios forestales, como la madera y los hongos, de una manera cíclica (bioeconomía circular) para generar nuevos ingresos y aumentar la empleabilidad en el medio rural en un marco de desarrollo sostenible.

En el contexto de estudio del proyecto LIFE MycoRestore sobre las enfermedades y las plagas que afectan a los bosques mediterráneos, hemos reunido un compendio de informaciones y desarrollado buenas prácticas de identificación y control de diferentes enfermedades y plagas.

Esta guía pretende ser un recurso para orientar a todas aquellas personas que buscan proteger y cuidar sus bosques a través de prácticas eficaces y sostenibles con el medio ambiente.

Desde el equipo de trabajo de LIFE MycoRestore, esperamos que nuestra contribución ayude a mejorar la sostenibilidad de nuestros ricos espacios naturales y a su aprovechamiento económico sostenible.

2. Enfermedades comunes del bosque mediterráneo y el cambio climático

Los bosques mediterráneos cubren el 39% de la superficie de Europa y proporcionan una variedad de bienes y servicios que son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Además de proporcionar refugios críticos para la biodiversidad, los bosques son componentes centrales de los sistemas biogeoquímicos de la Tierra, importantes depósitos de carbono, y una fuente de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar de sus habitantes.

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, la Región Mediterránea es una de las más vulnerables a los impactos del calentamiento global. El cambio climático es el principal causante del incremento de la temperatura global del planeta y, en concreto, el responsable directo de los cambios ambientales tan rápidos y bruscos que se prevén en el Mediterráneo.

El cambio climático plantea nuevos retos a la Región Mediterránea, impulsando problemas como la mortalidad de los árboles provocada por la sequía y el calor, el incremento del riesgo de incendios forestales, la propagación de especies invasoras y las epidemias de plagas y enfermedades. Estos eventos vienen acompañados de otros fenómenos meteorológicos extremos como las inundaciones y las tormentas que son cada vez más frecuentes.

En relación a las enfermedades, el aumento de las plantaciones ornamentales, la translocación de árboles, la importación de material vegetal y la introducción de especies exóticas exponen aún más las zonas forestales a los insectos y patógenos, y aumenta el riesgo de que se propaguen a los bosques naturales.

Las plantas, por ser organismos incapaces de migrar por sí mismos, presentan una adaptación mucho más lenta a los cambios en el régimen termopluviométrico. Por el contrario, la mayoría de

organismos fitopatógenos (insectos y microorganismos) tienen unos tiempos de adaptación y reproducción más cortos, lo cual favorece su presencia frente a las plantas. Los microorganismos patógenos podrán causar mortalidad y reducción del crecimiento en los árboles expuestos a factores de estrés fisiológico ya que son más vulnerables. Como resultado, pueden producirse daños ecológicos y económicos importantes con consecuencias duraderas o incluso permanentes.

En el proyecto LIFE MycoRestore se han estudiado algunas de las enfermedades y síndromes que afectan a los principales grupos de especies arbóreas que componen los bosques mediterráneos, y que han experimentado un notable incremento a raíz del cambio en las condiciones climáticas.

De este modo se incluye información para la identificación y buenas prácticas que ayuden en el manejo de algunas de las enfermedades más comunes en el bosque mediterráneo. Algunas de estas enfermedades están causadas por patógenos, como el chancro y la tinta del castaño, la enfermedad de La Seca (decaimiento) de encinas, robles y alcornoques o la podredumbre del abeto; y otras causadas por plagas de insectos como los escarabajos *Cerambyx* o *Coraebus* que pueden atacar a robles, encinas y alcornoques entre otros.



3. Pautas para la identificación visual de algunas enfermedades comunes del bosque mediterráneo

3.1 El chancro del castaño

Es una peligrosa enfermedad causada por el hongo *Cryphonectria parasitica* que se encuentra incluido en la lista de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo. En la actualidad, esta enfermedad está diseminada por todo el mundo y ataca la corteza y ramas de todos los órdenes de castaño causando la desecación de la copa. (Fig. 1). En Europa, el descubrimiento en los años 80 de cepas de hongos de virulencia atenuada ha conducido a un curso más favorable de la enfermedad.



Figura 1. Defoliación de la copa en castaño

Nombre: chancro cortical del castaño identifica el tipo de síntoma (chancro) y los tejidos afectados (tejidos corticales), así como el huésped al cual genera mayores daños (castaño).

Agente causal: el chancro cortical del castaño es causado por el hongo ascomiceto (Ascomycota) *Cryphonectria parasitica* (Murril) M.E. Barr


Figura 2. Desgarros longitudinales


Figura 3. Necrosis cortical


Figura 5. Ramas epicórmicas

(también conocido como *Endothia parasitica*).

Síntomas: la corteza afectada por el patógeno toma inicialmente una coloración rojiza y un aspecto deprimido para luego rajarse longitudinalmente (Fig. 2). El árbol reacciona tratando de cicatrizar el tejido destruido, lo que da origen a las necrosis corticales clásicas llamadas comúnmente chancros (Fig. 3).

Las hojas se marchitan pero quedan colgadas de las ramas afectadas y su presencia durante la estación vegetativa o en invierno es un típico indicio de un ataque por *C. parasitica* (Fig. 4). Debajo del chancro el árbol reacciona emitiendo ramitas epicórmicas (Fig. 5). Otro síntoma de la enfermedad es la presencia de los cuerpos fructíferos de color amarillo-naranja en la superficie


Figura 4. Hojas marchitas por el ataque de *C. parasitica*

del chancro mismo, lo que produce la deformación del eje y el agrietamiento de la corteza.

Difusión: a principios del siglo XX, el hongo,

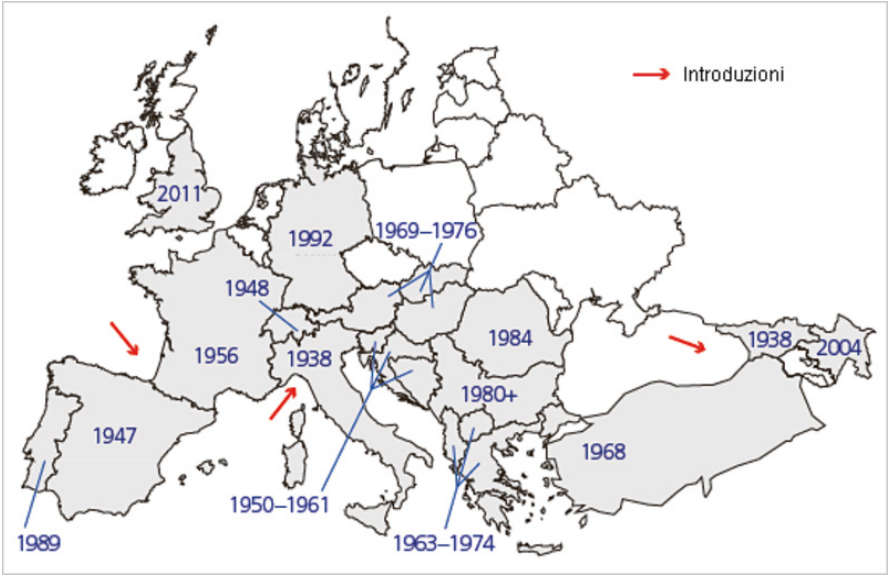

Figura 6. Extensión y difusión del chancro por el continente europeo

originario del Asia, fue introducido accidentalmente en los Estados Unidos con partidas de castaños orientales dando origen a una pandemia que en 30 años ha destruido casi por completo los extensos poblados de castaño americano (*Castanea dentata*) del este de los Estados Unidos. En 1938 la enfermedad fue descubierta también en Europa, en el interior de Génova (Italia). A partir de esa fecha, la epidemia se ha extendido rápidamente por toda Italia y sus países vecinos (Fig. 6).

Debido al comercio de plantas y esquejes, la enfermedad se ha difundido a largas distancias.

La difusión local del hongo se debe a las esporas asexuales (conidios) que, en condiciones óptimas de humedad, se liberan en forma de cirros filamentosos amarillo-anaranjados de los cuerpos fructíferos (picnidios) que se producen en la corteza muerta de los árboles. Estas esporas son transportadas pasivamente por el agua de lluvia o por animales como caracoles, insectos o aves. Además, las esporas sexuales (ascosporas) son expulsadas activamente desde la estructura que las contiene (peritecio) y difundidas por el viento a distancias de hasta algunos cientos de metros.

Cuando los conidios y las ascosporas llegan a heridas frescas como micro heridas de crecimiento, ramas rotas o heridas por poda e injertos, pueden penetrar en la corteza y provocar nuevas infecciones.

3.2 La tinta del castaño

Es una enfermedad letal para el castaño en la cual los árboles adultos pueden morir en 2-3 años. Provoca la podredumbre de las raíces, necrosis corticales e, indirectamente, un fuerte decaimiento de la copa.

Nombre: el nombre de la enfermedad deriva de la reacción de la planta a la infección a nivel del cuello donde se observa una abundante producción de tanino que recuerda al color de la tinta.

Agente causal: *Phytophthora cambivora* (Petri) Buisman, (1927); (prevalente en Italia) y *Phytophthora cinnamomi* Rands. (prevalente en España). También se han detectado marginalmente *Ph. cactorum* y *Ph. citricola* asociados a la tinta. El patógeno pertenece al Reino Chromista, Filo Oomycota.

El género *Phytophtora* (del griego *phyto* = planta y *phthora* = destructor) define la acción del patógeno sobre la planta.

Síntomas: como consecuencia de la muerte de las raíces y las dificultades de abastecimiento nutricional e hídrico, la enfermedad cursa con microfilia y clorosis (Fig. 7) en las hojas de las partes más altas de la copa que amarillean, se secan y caen precozmente. Otros síntomas son la emisión de ramas epicórmicas y, a menudo, la permanencia en el árbol de los erizos inmaduros. (Fig. 8).



Figura 7. Microrofilia y clorosis en castaño

Por último, el síntoma más habitual, aunque no siempre visible, es la necrosis cortical que suele ir acompañada de un derrame de líquido negruzco en primavera y otoño. Al levantar la corteza se observa una coloración negruzca de los haces vasculares xilema que se remonta desde las raíces al cuello del árbol en forma de llama (Fig. 9).

Difusión: la tinta está presente en muchos países de Europa occidental y mediterránea (Fig. 10).



Figura 8. Erizos inmaduros



Figura 9. Coloración negruzca en forma de llama

La enfermedad se difunde a grandes distancias por la acción del hombre y debido al comercio y transporte de plantas infectadas (Ej. ruedas de tractores). En distancias cortas el patógeno se extiende activamente mediante las zoosporas que nadan hacia los ápices radicales en el agua libre de suelos con estancamiento hídrico y, pasivamente, en la dirección del flujo de agua durante los períodos lluviosos.

Incidencia y factores predisponentes: en las últimas décadas, se ha producido un aumento constante de la incidencia de la tinta en varios países europeos. Este aumento se debe, al menos en parte, a la mayor frecuencia de inviernos suaves que no son capaces de eliminar o desactivar las esporas del patógeno. La presencia de la enfermedad es superior en suelos arcillosos, poco aireados y pobres, con altas concentraciones de calcio intercambiable. También es más frecuente en zonas lluviosas y en exposiciones de orientación sur.



Country	Ink disease			Main *Phytophthora* species associated with ink disease
	Date of first record	Present	Absent	Unknown	
Italy	1917	+			*P. cambivora, P. citricola, P. cactorum, P. cinnamomi*
France	1924	+			*P. cinnamomi, P. cambivora, P. citricola, P. cactorum*
Spain	1726	+			*P. cinnamomi, P. cambivora*
Portugal	1838	+			*P. cinnamomi, P. cambivora, P. cactorum*
Greece	unknown	+			*P. cambivora*
Switzerland	1940	+			*P. cambivora, P. cinnamomi*
United Kingdom	1938	+			*P. cambivora, P. cinnamomi*
Turkey	1925	+			*P. cambivora*
Hungary	unknown	+			No information
Slovakia	1974	+			*P. cambivora, P. cinnamomi*
Romania	1985	+			*P. cambivora , P. cinnamomi*
Macedonian	unknown	+			No information
Azerbaijan	unknown	+			No information
Bosnia-Herzegovina			+		No information
Croatia			+		No information
Germany			+		No information
Austria				+	No information

Figura 10. Difusión de la enfermedad de la tinta del castaño por Europa Occidental y Mediterranea. (Fuente: Vannini A, Vettraino AM *et al.* 2001)

3.3 La Seca o decaimiento de robles y encinas

Es una enfermedad emergente que afecta a numerosas especies del género *Quercus*. Ataca a las raíces del árbol, causando su desecación, y provoca la muerte en 4-6 años a partir del inicio de los síntomas. En episodios agudos la muerte del árbol puede acelerarse hasta los 18 meses.

Afecta especialmente a encinas y robles maduros ya debilitados por factores medioambientales, aunque también se ha registrado en etapas juveniles.

Nombre: el decaimiento recibe el nombre de "La Seca" debido a la pérdida progresiva de hojas similar a la que se observa en la parte aérea de los árboles afectados por una sequía extrema.

Agente causal: el principal patógeno responsable es el oomiceto *Phytophthora cinnamomi.* Estudios recientes en Reino Unido han revelado que en la aparición de la enfermedad también participan complejas redes de interacciones biológicas, como infecciones polimicrobianas que involucran al menos a tres bacterias patógenas (*Brenneria goodwinii, Gibbsiella quercinecans* y *Rahnella victoriana*). Hoy día se considera una



Figura 11. Erosiones del tronco de encina con exudado en forma de lágrima



Figura 12. Defoliación en encina afectada por la enfermedad

enfermedad multifactorial, donde intervienen factores bióticos como los que se han mencionado y factores abióticos como la sequía, altas temperaturas, etc.

Síntomas: el ataque del patógeno causa la destrucción de la estructura radical del árbol, lo que le impide absorber agua y nutrientes del suelo. En sus fases iniciales se aprecia oscurecimiento del cuello radical, marchitamiento, clorosis y sequedad del follaje, que aún perdura en las ramas.

A medida que el decaimiento progresa, se observan heridas o chancros verticales en el tronco, de coloración oscura y supurantes. Estas heridas liberan un exudado oscuro que desciende por el tronco y les confiere un aspecto de lágrimas (Fig. 11). Bajo este sangrado se forman lesiones de tejido necrótico.

En las fases finales se produce una defoliación completa de la copa del árbol (Fig. 12).

Difusión: el patógeno *P. cinnamomi* se difunde a través del agua, aunque en épocas de sequía puede sobrevivir mediante la formación de clamidosporas. Cuando las condiciones son favorables, las clamidosporas germinan y producen

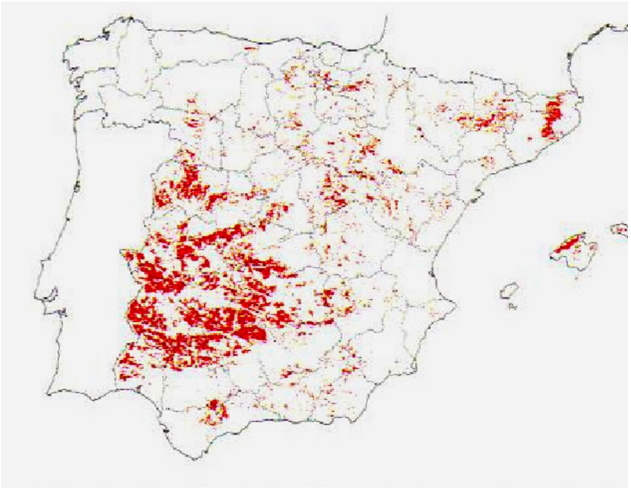

Figura 13. Mapa de la distribución de La Seca en España (Fuente: Soriano Martín *et al.*, 2004)

micelios y esporangios, que liberan zoosporas con capacidad de infectar las raíces de los árboles. Estas zoosporas son capaces de nadar a través del agua contenida en los espacios intersticiales del suelo. La enfermedad también puede difundirse a grandes distancias mediante el comercio de plantas infectadas.

Incidencia y factores predisponentes: se han reportado brotes de La Seca en el sur de Inglaterra, gran parte de Europa continental, Oriente Medio y América.

En España afecta a la mayoría de masas forestales de encinas (*Quercus ilex*) y melojos (*Quercus pyrenaica*). Su incidencia se acumula en Extremadura, con focos destacables en Castilla y León, Castilla-La Mancha y Cataluña (Fig.13).

Entre los factores abióticos que predisponen para el decaimiento destacan los entornos templados y los cambios bruscos en las condiciones de humedad del suelo, como sequías prolongadas o encharcamientos de agua. Los árboles en suelos arenosos son más susceptibles a las condiciones de sequía, mientras que la acumulación de agua es más frecuente en suelos arcillosos y compactados, lo que genera un entorno anaeróbico que debilita al árbol y produce podredumbre de sus raíces.

3.4 La podredumbre radical y de la madera del abeto común

La enfermedad puede ser causada por especies de hongos pertenecientes a los géneros *Heterobasidion* (ex *Fomes*) y *Armillaria* por separado o en combinación. Ambos patógenos provocan la podredumbre de las raíces y de la madera en la parte interna del tronco (duramen) (Fig. 14). A menudo, no se observan síntomas externos evidentes de la infección hasta que la enfermedad está muy avanzada. Las plantas cuyo tronco queda hueco en la porción basal por la acción del/de los patógeno/s, se rompen o terminan muriendo debido a eventos meteorológicos no demasiado intensos. (Fig. 15).

Esta enfermedad es típica de las plantaciones que se encuentran en el límite de las condiciones ecológicas del árbol por haberse plantado en zonas no forestales. Estas zonas al no presentar las características ecológicas necesarias (temperatura, humedad, tipo de suelo, microbioma…), hacen que las plantas usadas para repoblación forestal crezcan debilitadas y, por tanto, sean más



Figura 14. Podredumbre en el interior del tronco



Figura 15. Rotura de los troncos debilitados

propensas a sufrir enfermedades causadas por patógenos oportunistas.

Nombre: el nombre de la enfermedad describe el síntoma más notable de esta enfermedad que cursa con la pudrición de las raíces y del tronco de los abetos.

Agentes causales: la enfermedad está causada por dos patógenos: *Heterobasidion abietinum* Niemelä & Korhonen 1998 es específico de las especies *Abies alba* y *Abies pinsapo*, y *Armillaria ostoyae* (Romagnesi) Herink (1973) es el microorganismo causante de la pudrición blanca fibrosa de las coníferas en general.

El nombre específico del hongo *Heterobasidion, H. abietinum*, se refiere al huésped de esta especie que son los árboles del género *Abies* (abetos) mientras que el nombre del género *Armillaria* deriva de la presencia de la "armilla" o del anillo muy vistoso y persistente, acampanado y libre hacia el otro extremo (residuo del velo parcial).

Ambos patógenos son hongos basidiomicetos (Basidiomycota), parásitos y luego saprofitos.

Síntomas: *H. abietinum* -. Las infecciones se producen a través de las raíces. A continuación, se extiende hasta el cuello del árbol y llega a alcanzar los 5-6 m de altura en el tronco. La pérdida de funcionalidad radicular provoca a menudo el arranque de las plantas sin que éstas manifiesten particulares síntomas de sufrimiento ya que el hongo se propaga necrotróficamente en la zona más joven de la madera (albura) de los árboles vivos, pero más tarde crece en la parte interna más dura (duramen). En las zonas más húmedas, apenas expuestas del cuello se puede observar el cuerpo fructífero del hongo (carpóforo) perenne costroso o con margen irregular de aspecto y consistencia inequívoca (Fig. 16). A menudo se encuentra debajo o dentro de las cavidades de plantas ya muertas.



Figura 16. Carpóforo de *Heterobasidion abietum*

A. ostoyae - Descortezando el cuello de los árboles infectados se puede observar el típico fieltro algodonoso de color blanco crema con forma de abanico característico de esta especie. Además, se aprecia un olor característico a moho ya que éste se remonta desde la base del tronco hacia arriba (Fig. 17). A veces, en las infecciones más antiguas



Figura 17. Micelio de *A. ostoyae* bajo corteza de un árbol



Figura 18. Rizomorfas de *A. ostoyae* en un tronco viejo



Figura 19. Carpóforo de *A. ostoyae* en un abetal



Figura 20. Abeto común afectado por *A. ostoyae*

es posible observar los cordones miceliales de color marrón (rizomorfas) (Fig. 18). Los carpóforos, de aspecto típico, se desarrollan en grupos de numerosos individuos (familias) en la base de los árboles durante el otoño (Fig. 19). Los síntomas genéricos sobre la planta entera, visibles sólo en la fase terminal de las infecciones, son de sufrimiento y pueden incluir amarillentos y secos difusos de la copa (Fig. 20), abundante floración y fructificación seguida a menudo de la muerte de los árboles.

Difusión: *H. abietinum*-.El hongo se difunde mediante esporas (basiodiosporas) que son capaces de penetrar en el árbol a través de zonas recién taladas, heridas en el cuello o por medio de las raíces en un rango de temperatura de entre 5 y 35ºC. Las infecciones en los bosques de abetos, coetáneos y densos se difunden rápidamente formando una "mancha de aceite". El hongo se propaga desde los árboles infectados a los árboles sanos por anastomosis radial. Sólo ocasionalmente la colonización ocurre a través de raíces finas.

A. ostoyae es un hongo que sobrevive sobre material leñoso fresco como el de troncos caídos y abandonados para luego difundir a través de las esporas por vía aérea o de las rizomorfas sobre el terreno. Es un hongo capaz de penetrar en el huésped por medio de las heridas o a través de los pelos radicales y a través de heridas de las raíces o presentes en la base del tronco a nivel del cuello.

Incidencia y factores predisponentes: la difusión de *H. abietinum* plantea problemas en suelos dedicados previamente a la agricultura o a la ganadería; o en aquellos entornos en los que no existen otros hongos antagonistas naturales.

A. ostoyae resulta particularmente agresiva en plantas debilitadas por haber estado expuestas a periodos de prolongada aridez o encharcamientos. Las condiciones idóneas para el desarrollo de *Armillaria* son la humedad del suelo y el escaso drenaje de las aguas.

3.5 La culebrilla del alcornoque

La culebrilla del alcornoque, también conocida como "la culebrilla del corcho" es una especie de escarabajo cuya larva ataca únicamente al alcornoque. Su larva se alimenta de la capa madre del corcho, que es la encargada de producir nuevas capas de corcho hacia el exterior y nuevas capas de madera hacia el interior del árbol. Esto ocasiona importantes daños económicos al devaluar enormemente el precio del corcho extraído.

Nombre: la enfermedad recibe el nombre de "culebrilla" debido a la forma de las galerías larvarias que son largas y sinuosas. El epíteto "del corcho", por el que es conocida esta plaga, indica los daños más notables causados por la enfermedad ya que afecta negativamente la calidad del corcho para su uso comercial.

Agente causal: el insecto causante es *Coraebus undatus,*(Fig. 21) un coleóptero polífago de la familia *Buprestidae.* El individuo adulto (imago) mide alrededor de 15 mm, es alargado, con forma elíptica, de color verde con manchas azul oscuro brillantes y varias bandas transversales verde-plateado en zigzag en su parte posterior. Posee antenas de unos pocos milímetros. Normalmente, la puesta consiste en un huevo aislado y en ocasiones, grupos de huevos juntos. Los huevos tienen forma esférica y son de color blanco verdoso. La larva es alargada, mide unos 34 mm de longitud y es de un color amarillento. La pupa es de color blanquecino, con ojos oscuros.



Figura 21. *Coraebus undatus.* (Fuente: Ángel Martínez)

Síntomas: los más característicos del ataque de *C. undatus* son las galerías (Fig. 22) que construyen las larvas en el interior del árbol y que suelen ubicarse entre los 50 cm y los 150 cm de altura del tronco del árbol. Estas galerías son visibles al realizar el descorche, tienen una anchura media de 3



Figura 22. Orificios de culebrilla en el alcornoque

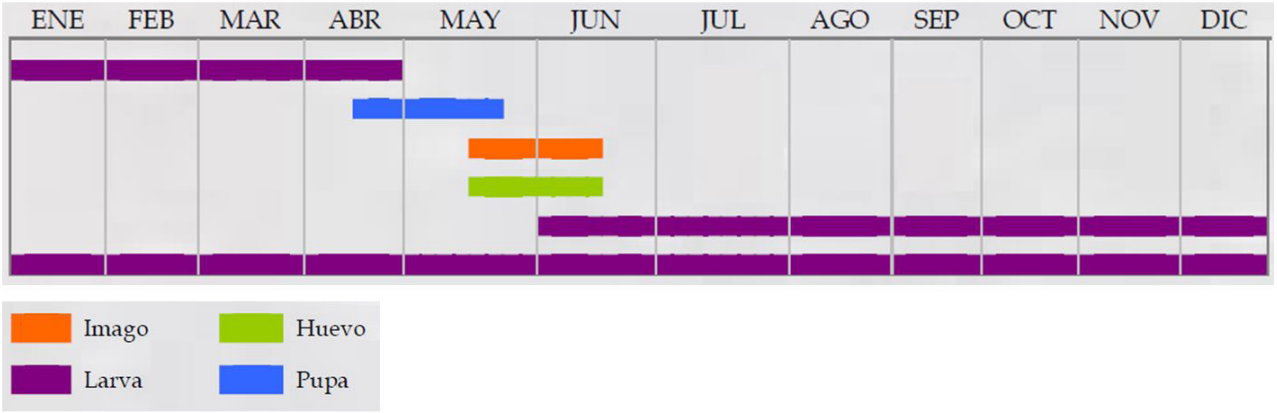

Figura 23. Ciclo biológico *Coraebus undatus*. (Fuente: Junta de Extremadura.)

a 4 mm de diámetro y pueden llegar a tener una longitud de 1'8 m, cruzándose ocasionalmente entre sí.

En algunos casos, puede apreciarse la presencia de larvas de *C. undatus* por las extravasaciones de savia que se producen desde el interior hacia la zona exterior del corcho, apareciendo como unas manchas de color blanquecino.

Incidencia y factores de predisposición: se distribuye por Europa central y meridional, norte de África y toda España.

Las zonas más desfavorables son zonas como colinas secas o solanas en los que la plaga se puede ver potenciada ya que el vigor de los árboles es menor que en las zonas húmedas y ricas en nutrientes.

Un flujo escaso de savia en árboles enfermos facilita el crecimiento de la larva de *C. undatus*.

Ciclo biológico: el estado larvario dura dos o tres años dependiendo de la temperatura y se desarrolla por completo en el interior de los alcornoques. Durante este tiempo crean galerías que van aumentando en grosor a medida que la larva va creciendo.

En los meses fríos permanecen ocultas en estas galerías, pupando en primavera y emergiendo en forma de imago en los meses de mayo y junio. Los adultos viven alrededor de 20 días en los cuales se aparean mientras permanecen ocultos en los recovecos de los árboles.

Tras el apareamiento, la hembra realiza la puesta de huevos en las grietas más profundas de la

corteza de los alcornoques. Tras diez o veinte días nacen las larvas y comienzan a crear galerías hacia el interior del árbol donde vuelven a iniciar el ciclo (Fig. 23).

Daños: los daños producidos por esta plaga son los que causa en estado de larva ya que durante esta etapa horadan el corcho afectándolo de varias maneras:

1. Las galerías aparecen en las diferentes capas internas del corcho devaluando enormemente su precio.
2. En las zonas del tronco afectadas por las galerías, la capa madre crece de forma amorfa dando lugar en el futuro a un corcho irregular.
3. Al realizar el descorchado, las zonas donde hay galerías se quedan pegadas al árbol produciendo heridas de difícil cicatrización, por donde se deja de producir corcho, facilitando a su vez la entrada de otras plagas y hongos.

Hay otra especie de escarabajo *Coraebus* que afecta al alcornoque y otras quercineas, *C. florentinus*, que no causa galerías en el corcho pero sí provoca un puntisecado de las ramas donde proliferan las larvas por taponamiento de los haces vasculares que transportan la savia, pudiendo causar estos daños además en encinas y otras quercíneas.

3.6 El taladro de robles y encinas

Las larvas de El taladro de robles y encinas, también conocido como *Cerambyx spp*. se alimentan de la madera de las partes débiles o muertas de diferentes especies de frondosas, en especial de las del género *Quercus*. En concreto atacan sobre todo a las encinas (*Quercus ilex*) y alcornoques (*Quercus suber*), aunque también pueden atacar robles causando graves daños en las superficies de dehesa.

Nombre: el nombre de la enfermedad "taladro" define la manera en la que las larvas penetran en el interior del árbol, perforando el corcho y la madera.

Agente causal: la enfermedad es causada principalmente por dos especies de *Cerambyx, C. cerdo y C. welensii,* siendo probablemente la última la más extendida. *Cerambyx welensii*, es una especie de coleóptero xilófago de gran tamaño. Las dimensiones de los individuos adultos (imagos) oscila entre los 50 y los 60 mm de longitud. En este estadio presentan un color marrón oscuro que se aclara en el extremo posterior. Los machos se distinguen de las hembras por tener unas antenas que superan en longitud al cuerpo. El dimorfismo sexual en esta especie puede observarse también en que las hembras son de mayor tamaño que los machos. Ambos sexos poseen fuertes mandíbulas, once artejos en las antenas y uñas en las patas que les permiten moverse y sujetarse sobre la corteza de los árboles. (Fig. 24 y 25)

Las larvas (Fig. 26) miden entre 6-9 cm, superando el tamaño de los individuos adultos, poseen un color blanquecino, tienen forma cilíndrica y





Figuras 24 y 25. *Cerambyx welensii.* macho (izq.) y hembra (der.) en ambas fotografías

unos segmentos corporales prominentemente marcados. Las pupas tienen un color blanco nacarado que se va oscureciendo conforme avanza el estado de desarrollo, son de gran tamaño y tienen un aspecto semejante al de los adultos.



Figura 26. Larva de *Cerambyx*

Como se ha comentado, el taladro también puede ser causado por otra especie muy emparentada, *Cerambyx cerdo,* que tiene el estatus de protegida por la UE, por lo que en este caso los mecanismos de control están muy limitados

Síntomas: el *C. welensii* deposita los huevos en troncos de árboles de más de 30 cm de diámetro sanos o enfermos.

Uno de los síntomas de la presencia activa del *Cerambyx*, es la acumulación de serrín bajo los orificios de salida del insecto. Por estas aberturas se pueden observar exudados de savia de un color oscuro, además de la presencia de madera desechada para la formación de galerías .

Otro síntoma es la pérdida de corteza en las zonas donde se encuentran las galerías, provocada por la falta de circulación de savia. El tamaño de las galerías puede alcanzar los 4 centímetros de diámetro y los 70 centímetros de largo dibujando un zig-zag que penetra en el interior del tronco.

Incidencia y factores de predisposición: está presente en la Europa meridional, incluida toda España, principalmente en Extremadura y Andalucía.

Los ataques de *Cerambyx* suelen estar asociados a árboles debilitados debido a estrés abiótico como la sequía o a estrés biótico como la infección por otros microorganismos. Igualmente, los individuos con heridas ocasionadas por malas podas, descorches o desgarros, promueven la penetración sencilla de las larvas en el interior del tronco.

Las dehesas son particularmente susceptibles a sufrir ataques de *Cerambyx* y suelen estar precedidos por una gestión poco adecuada de la dehesa, ya sea por podas excesivas, laboreos que dañan al árbol o por sacas poco cuidadosas y sin respetar los turnos. Además, la mayoría de los árboles presentes en las dehesas son árboles veteranos, especialmente propensos a ser atacados.

Ciclo biológico: en las especies de *Cerambyx* las generaciones se suceden cada dos o tres años y el ciclo biológico varía en función de las condiciones climáticas (Fig. 27). La emergencia de los adultos para aparearse comienza en el mes de junio y termina a finales de septiembre. Los adultos concentran su actividad en las últimas horas de la tarde o durante la noche en busca de alimento, compuesto en su mayor parte de savia y fruta fermentada. Las hembras realizan las puestas colocando los huevos aislados de coloración marfil en el interior de la corteza del tronco o en ramas gruesas.

Las larvas emergen a los pocos días de la realización de la puesta y están provistas de fuertes mandíbulas que utilizan para abrirse camino a través de las capas más externas de la corteza. A continuación, excavan una gran galería hasta alcanzar el xilema del árbol para alimentarse. A medida que aumenta el tamaño de las larvas en el interior del tronco también aumenta el diámetro de las galerías. Tras completar su desarrollo, la larva construye una galería hacía el exterior y luego regresa al interior del tronco donde pupan en los meses de mayo/junio. Finalmente, los adultos emergen durante el mes de junio.

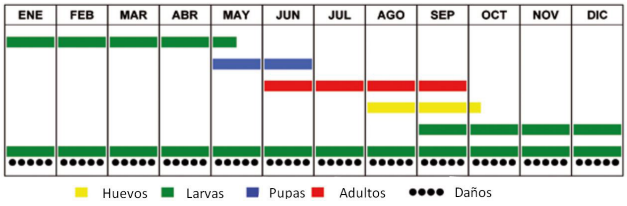

Figura 27. Ciclo biológico *Cerambyx welensii*. (Fuente: Gobierno de Aragón, 2006)

Daños: son producidos por las larvas de *Cerambyx* al construir las galerías (Fig. 28) y alimentarse de la madera de los árboles afectados. Son lesiones muy características y fáciles de identificar, pero es muy complicado conocer la especie causante de los daños. En ocasiones, las larvas se internan en las raíces de aquellos árboles situados en taludes o suelos erosionados, donde parte del sistema radicular queda al descubierto y es calentado por el sol.

La formación de las galerías va destruyendo los tejidos vasculares de la planta. Esto ocurre sobre todo en primavera y otoño cuando las larvas buscan las zonas soleadas del tronco. La acción



Figura 28. Galerias de *Cerambyx* en roble

de las larvas provoca un paulatino debilitamiento del árbol en el cual pueden observarse el secado y desgaje de las ramas, roturas por la pérdida de resistencia de la madera agujereada y la fragmentación del pie (Fig. 29).

Las galerías de alimentación y los orificios de salida de los adultos son una vía de entrada perfecta para hongos patógenos y otros insectos cuya acción acelera la putrefacción del árbol. Estas plagas atacan preferentemente árboles viejos y debilitados pero en el caso de poblaciones de *Cerambyx* muy elevadas, también pueden verse afectados ejemplares jóvenes y sanos.



Figura 29. Daños causados en roble por *Cerambyx* sp.

4. Actuaciones generales para el control de enfermedades en el bosque mediterráneo

A continuación, se explican algunas técnicas de control que pueden aplicarse de forma general para ayudar en el control de patógenos y plagas. Estas prácticas se han desarrollado y aplicado en las distintas áreas de demostración en el proyecto LIFE MycoRestore

4.1 Inoculación con microorganismos locales de biocontrol

Hongos del género *Trichoderma*

Los hongos del género *Trichoderma* son hongos ubicuos de rápido crecimiento muy comunes en los suelos agrícolas y forestales de todas las zonas climáticas. A menudo, están considerados agentes de biocontrol ya que son microorganismos que ejercen un efecto beneficioso sobre la planta huésped e impiden la colonización de otros microorganismos patógenos en las raíces.

Éste género incluye el 50% del total de especies fúngicas utilizadas en el control biológico por su capacidad para producir enzimas líticas extracelulares con actividad antifúngica como la celulasa y la quitinasa, y más de 100 metabolitos con actividad antibiótica como la ciclosporina. Así, el género *Trichoderma* actúa como micoparásitos y como competidores o inhibidores de microorganismos fitopatógenos en las plantas.

Preparación del inóculo

El inóculo de los agentes de biocontrol pertenecientes al género *Trichoderma* estudiados en el marco del proyecto LIFE MycoRestore se prepara haciendo una mezcla de dos sustratos:

a. sustrato sólido
b. sustrato líquido

a. El sustrato sólido ("grain spawn" en inglés) está constituido por paja y semillas de mijo, avena decorticada, colza, lino y cáñamo (producto comercial para la alimentación de pájaros) (Fig. 30).



Figura 30. Sustrato sólido antes de inoculación



Figura 31. "Grain spawn" de *Tricoderma* sp



Figura 32. Preparación de inóculo líquido



Figura 33. Cultivos de 3 semanas de *Trichoderma*

Este sustrato debe esterilizarse y mezclarse con inóculos del hongo vivo y dejarlo incubar 3 semanas, en oscuridad, para que el hongo pueda crecer y formar esporas (Fig. 31). Las esporas se recogen mediante lavado con agua, y se mezclan con los restos sólidos que se añadirán al sustrato líquido en un tanque para suministrar a las plantas el mismo día que se quiere utilizar.

b. El sustrato líquido se prepara en condiciones de esterilidad inoculando el hongo a partir de cultivos vivos en un caldo nutritivo comercial (Caldo de Patata y Dextrosa (PDB del inglés "Potato Dextrose Broth"), e incubando 2 semanas en agitación (Fig. 32) . Posteriormente se tritura todo el contenido del caldo y el mismo tanque donde se encuentra el sustrato sólido se añade el inóculo líquido batido y se añade agua hasta alcanzar un volumen final de 5 litros (Fig. 33). De este modo, el inóculo final está compuesto por una gran cantidad de esporas, sustrato colonizado por *Trichoderma* (semillas) y fragmentos de micelio. Un bidón es suficiente para la inoculación de una planta.

Hongos ectomicorrícicos

Los hongos ectomicorrícicos son microorganismos que se encuentran en los suelos de forma natural y forman asociaciones con raíces de muchas plantas. Algunos de estos hongos como la trufa, el níscalo o el Boletus, al colonizar las raíces forman cuerpos fructíferos (setas) que tienen un alto valor comercial.

A diferencia de los hongos del género *Trichoderma*, estos hongos establecen asociaciones simbióticas con las plantas para beneficiar a ambos organismos. Por un lado, las plantas proporcionan los azúcares necesarios para el hongo mientras que éste último proporciona nutrientes y mi-

nerales a la planta.

Esta asociación mejora tanto la absorción de agua y nutrientes de las raíces, como la nutrición de la planta y su tolerancia al estrés generando un ecosistema dotado con una mayor resiliencia y capacidad de adaptación frente a condiciones adversas. A su vez, genera un mayor beneficio económico derivado de la venta de estos hongos.

4.1.1) Estrategias de inoculación de hongos ectomicorrícicos y *Trichoderma*

Dentro del proyecto LIFE MycoRestore se han realizado dos tipos de inoculación: inoculación de hongos del género *Trichoderma* vía aérea y inoculación de hongos ectomicorrícicos y *Trichoderma* en el suelo



Figura 34. Atomizador de gasolina

a. Inoculación de hongos vía aérea

En las parcelas de demostración del proyecto se ha realizado la aplicación del inóculo de *Trichoderma* por vía aérea mediante un atomizador de gasolina (Fig. 34) con una potencia suficiente como para poder llegar a regar todo el tronco, ramas y hojas (Fig. 35). Esta tarea tiene que efectuarse un día sin lluvias y con baja humedad ambiental y preferiblemente a media mañana para evitar que el rocío impida una adecuada adhesión del inóculo en las hojas. La aplicación puede llevarse a cabo durante todo el año, pero se recomienda realizarla en la época de primavera-verano para favorecer el crecimiento del hongo. Esta práctica puede ser útil para proteger al árbol frente a patógenos que puedan entrar por vía aérea como por



Figura 35. Inoculación vía aérea en alcornoque

ejemplo en el chancro del castaño.

Para inocular los árboles se prepara un inóculo a partir de cepas autóctonas de Trichoderma con una concentración inicial de 108 esporas/mL. Un litro de este inóculo concentrado puede emplearse para para tratar unos 30 árboles adultos con copas de 5-8 m de diámetro de copa. Con esto se asegura una concentración de esporas por árbol elevada, superior a 109 esporas/árbol.

b. Inoculación de hongos en el suelo

Inoculación con ***Pisolithus tinctorius*** y ***Trichoderma*** en el suelo

Pisolithus tinctorius (Fig. 36)es un hongo micorrícico sin valor culinario, que fructifica desde la primavera hasta finales del otoño en terrenos calcáreos y silíceos pobres de toda la Península Ibérica. Tiene tendencia termófila y prefiere climas templados. Forma asociaciones ectomicorrícicas con gran variedad de especies pertenecientes a las familias *Pinaceae* (pinos), *Fagaceae* (encinas, alcornoques, robles) o *Cistaceae* (jaras).

Se sabe que *P. tinctorius* forma un extenso micelio extrarradicular capaz de transportar agua a las raíces de la planta huésped mitigando los efectos del estrés hídrico. Es una especie resistente que puede beneficiar a sus huéspedes incluso en condiciones severas de estrés por sequía. Esto es relevante en el contexto de cambio climático actual, puesto que la sequía debilita los árboles y los hace más sensibles a enfermedades causadas por patógenos como *Phytophthora* o producidas por plagas como el taladro.



Figura 36. *Pisolithus tinctorius*

La ejecución de las inoculaciones se recomienda hacerla sobre árboles con más de 5 años, con un sistema radical lo suficientemente desarrollado. Aun así, también pueden aplicarse sobre plantones o árboles regenerados que tengan menos de 5 años.

Para la inoculación en el suelo, se deben de realizar 5 zanjas en cada árbol en forma de rayos que parten del tronco del árbol de forma radial hasta el fin de la proyección de la copa (Fig. 37).

Las zanjas han de ser de 30-40 cm de ancho y 15 cm de profundidad quitando antes la cubierta herbácea (Fig. 38). Esto puede hacerse de forma

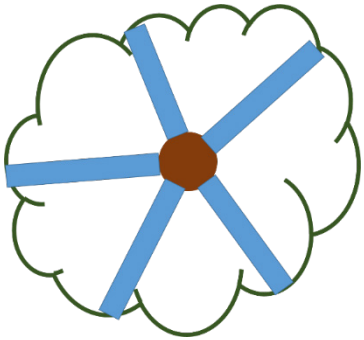

Figura 37. Esquema de realización de zanjas



Figura 38. Zanjas realizadas de forma radial



Figura 39. Aplicación del *Trichoderma* en suelo

manual, o con la vertedera de un tractor. Sobre esa zanja se aplica el inóculo de *P. tinctorius* junto al de *Trichoderma* (Fig. 39). Posteriormente se cubre el inóculo con la tierra natural extraída y se riega abundantemente.

Se recomienda llevar a cabo las inoculaciones en primavera u otoño, aprovechando el buen tempero del terreno.

Inoculación con **trufa bianchetto (*Tuber borchii*) o trufa de verano (*Tuber aestivum*)**

La trufa *Tuber borchii* (Fig. 40) o bianchetto, es una trufa comestible, muy apreciada en restauración y en industria agroalimentaria de productos gourmet.

Esta especie de trufa se desarrolla asociada a numerosas especies de árboles, como algunos pinos (*Pinus pinea, P. pinaster y P. nigra*), el avellano (*Corylus avellana*), el chopo (*Populus nigra*) o el castaño (*Castanea sativa*). Esta trufa puede crecer sobre terrenos con pH ácido-neutro y con texturas francas o franco-arenosas. A veces, puede encontrarse en suelos franco-arcillosos. De forma general, suelen localizarse en lugares con precipitaciones por encima de los 500 mm anuales.

La trufa de verano o *Tuber aestivum* (Fig. 41), es una trufa comestible apreciada por su aroma agradable que se da en la época estival en la que en el hemisferio norte no hay otras especies de



Figura 40. *Tuber borchii*



Figura 41. *Tuber aestivum*

trufas disponibles.

Esta especie de hongo se desarrolla asociado a la encina (*Quercus ilex*), el quejigo (*Q. faginea*) o el pino salgareño (*Pinus nigra*). Esta trufa puede crecer sobre terrenos con pH superior a 7. Además, puede desarrollarse en suelos francos, franco-arcillo-limosos y franco-arcillosos. En cuanto a requerimientos pluviométricos, puede darse en terrenos con una precipitación anual en torno a los 400 mm.

Se recomienda realizar las inoculaciones de T. aestivum y *T. borchii* en árboles de más de 5 años con raíces desarrolladas.

Para ambas especies de trufa, las inoculaciones pueden llevarse a cabo en el suelo haciendo de 5 a 12 hoyos alrededor del árbol con una superficie de 40 x 40 cm y 40 cm de profundidad. El número de hoyos dependerá del porte del árbol (Fig. 42).

Es recomendable que estos hoyos se encuentren equidistantes entre sí y aproximadamente en la proyección del borde de la copa. En cada hoyo se introducen 3 litros de sustrato específico de truficultura TuberGold (Pindstrup), una dosis del inóculo de esporas de buena calidad y el equivalente a 8 gramos de trufa fresca madura. Este inóculo se mezcla con el sustrato y una parte de suelo natural (0,5 L) de manera homogénea manualmente con azada (Fig. 43). Después esta mezcla se tapa con una capa de suelo natural. Estos puntos de inoculación también pueden hacerse sin sustrato (en suelos con tendencia arenosa), simplemente sustituyendo el sustrato por el suelo natural extraído y mezclándolo bien con la misma dosis de inóculo. Si existe una alta presencia de jabalíes, se recomienda proteger estos puntos de inoculación

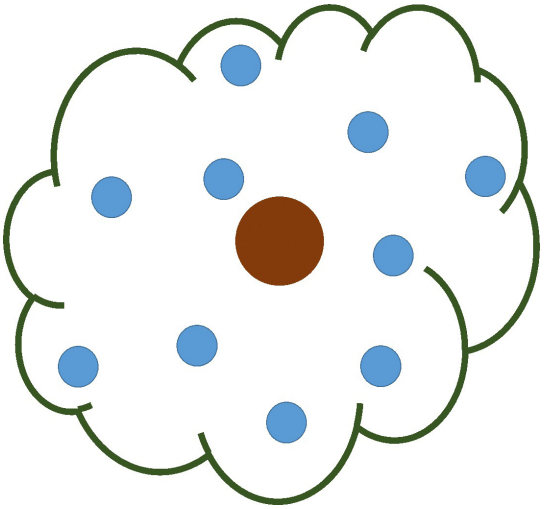

Figura 42. Esquema de inoculación



Figura 43. Mezcla de inóculo con sustrato

con mallazo del menor paso posible, para evitar daños.

Se recomienda hacer las inoculaciones de *T. borchii* en primavera cuando las temperaturas no superen los 25ºC. Además, se deben regar los puntos de inoculación entre los meses de septiembre y enero en caso de que el terreno esté seco debido a la escasez de precipitaciones. Los resultados de fructificación de este hongo se podrán ver a los dos años de la inoculación.

Se recomienda reforzar las inoculaciones, añadiendo más inóculo (5 g de trufa fresca/punto de inoculación) en el mismo punto de inoculación hacia finales de primavera.

Para *T. aestivum* es conveniente inocular en primavera o en los meses de septiembre-octubre.

Es importante regar los puntos de inoculación desde el mes de septiembre hasta junio, solamente si en algún momento el terreno llega a secarse por la escasez de precipitaciones. Los resultados en cuanto a fructificación se pueden ver habitualmente a los dos años de la inoculación.

Se aconseja reforzar las inoculaciones, añadiendo más inóculo en el mismo punto de inoculación hacia julio-agosto.

4.2 Plantación de vegetación micorrizada

Otra estrategia útil de inoculación en casos donde la baja densidad de árboles hace necesaria la reforestación, es realizar las plantaciones con árboles ya micorrizados en vivero. Hay que tener en cuenta que cuando la deforestación y en consecuencia baja densidad de árboles por hectárea está producida por la enfermedad y muerte de los árboles, es conveniente realizar la reforestación con planta micorrizada diversificando el bosque, es decir, alternando los árboles de la especie original con otras especies de árboles no sensibles o menos sensibles al patógeno, para interrumpir o dificultar la dispersión del agente causal y ayudar así al control de la enfermedad. Dentro del proyecto LIFE MycoRestore, en las parcelas de demostración se han plantado especies forestales en simbiosis con diferentes tipos de trufas. La relación de especies a elegir viene determinada por las características de las parcelas. Así, algunas combinaciones posibles para ecosistemas de dehesa son:

- *Quercus ilex* x *Tuber melanosporum*
- *Quercus ilex* x *Tuber aestivum*
- *Pinus pinea* x *Lactarius deliciosus*

Se pueden realizar dos tipos de plantación diferentes para estas especies: plantaciones protegidas con cocoon o sin cocoon.

El cocoon es un depósito de agua fabricado con materiales orgánicos (celulosa, residuos de cultivos o pastos y otros compuestos mejorados) diseñado para garantizar la supervivencia de los plantones durante el primer año de la plantación. Esta estructura aporta protección térmica a la planta a la vez que le proporciona agua y la estimula en el desarrollo de unas raíces sanas y profundas (Fig. 44).

Plantaciones con cocoon

- Se hacen unos agujeros de 25 cm de profundidad y 50 de ancho.
- A continuación, se planta el árbol en el centro del agujero, quedando por debajo de la superficie.
- Se establece el cocoon, llenándolo de agua hasta la línea que indica el cocoon.
- Se rellena de tierra el agujero y se coloca la tapa.
- Por último, se coloca un protector cactus alrededor.

Plantaciones sin cocoon

- Se realizan agujeros de 20x20 aproximadamente.
- Se coloca el árbol en el centro del agujero y se tapa con tierra.
- Por último, se coloca un protector cactus alrededor.

La colocación de protectores cactus en ambos casos tiene como finalidad evitar la herbivoría del ganado o animales salvajes (Fig. 45).



Figura 44. Cocoon protegiendo una plántula y un protector cactus alrededor



Figura 45. Plantulas sin cocoon con protector cactus en zona ganadera

4.3 Enmiendas calizas

Las enmiendas calizas sobre suelos ácidos van dirigidas a la corrección del pH haciendo disponible el ión calcio en el suelo.

Para esta corrección se puede utilizar carbonato cálcico, bien en polvo o granulado, o sulfato cálcico (yeso agrícola) (Fig. 46). Este último es más soluble y por lo tanto reacciona mejor con las lluvias y penetra a mayor profundidad. Ambos productos son relativamente económicos y fáciles de aplicar mediante medios mecánicos.

Es muy importante conocer el pH inicial del suelo y su textura, ya que estos dos parámetros condicionarán las dosis a aplicar anualmente. No se recomienda elevar más de 1 punto el pH por año, ya que una subida repentina de este parámetro puede derivar en el desbloqueo de otros elementos del suelo con efectos tóxicos sobre las plantas.

Con este tipo de enmiendas se consiguen dos de los efectos que se pretenden en este proyecto:

Por un lado, se alcanza un pH que promueve el desarrollo de las especies de biocontrol *Tuber borchii y T. aestivum.*

En segundo lugar, se consigue un antagonismo frente al hongo fitopatógeno *P. cinnamomi* puesto que el ion calcio dificulta su crecimiento.

La ejecución es recomendable hacerla en septiembre-octubre o antes de las lluvias de primavera. Es aconsejable evaluar el pH del suelo anualmente a finales de verano, e ir manteniendo el nivel deseado año tras año aportando a cada suelo la dosis que precisa.



Figura 46. Aplicación de sulfato cálcico

4.4 Aclareo selectivo

En bosques con gran densidad de árboles, la excesiva extensión de la canopia que dificulta la entrada de luz al suelo junto con la propia competitividad de los árboles entre sí puede hacer que éstos crezcan con menos fuerza lo que les hace más vulnerables a enfermedades. Por ello, una estrategia útil es el aclareo selectivo, que favorece la regeneración del bosque, posibilita que los árboles crezcan con más vigor y más fuertes, siendo más resistentes a enfermedades (Fig. 47). Esta práctica contribuye asimismo a disminuir el riesgo y extensión rápida de los incendios forestales por disminuir el aporte vertical de combustible para el fuego.

Además, el correcto mantenimiento de los bosques y dehesas limpios mediante la realización de podas que no causen heridas en los árboles y respetando la turnicidad, es una manera eficaz de prevenirposibles enfermedades.

En el caso de que el bosque esté afectado ya por alguna enfermedad, este aclareo selectivo puede focalizarse sobre los ejemplares enfermos o con más síntomas (corta sanitaria), consiguiendo así eliminar focos de infección y la propagación de la enfermedad.

La corta de los árboles afectados debe realizarse tras la ejecución de los análisis adecuados que permitan saber con certeza que la planta está infectada. Estas cortas además se harán con los permisos pertinentes de la administración.

Es necesario que después de las podas en árboles infectados se desinfecte de forma regular las herramientas utilizadas pasándolas por una llama o con alcohol al 70%, con el fin de evitar la propagación de la enfermedad, y la retirada de la madera resultante de podas y eliminación de los árboles deberá realizarse conforme a la legislación vigente para asegurar las medidas necesarias que eviten la propagación de la enfermedad. Se llevará un seguimiento de la enfermedad en el bosque para estudiar la necesidad de cortar o podar más individuos.



Figura 47. Aclareo selectivo en castañar (*Castanea sativa*)

5. Actuaciones específicas para el control de determinadas enfermedades de los bosques mediterráneos

En este apartado se detallan algunas técnicas específicas que pueden aplicarse para enfermedades concretas, entre otras las que se han aplicado en el proyecto LIFE MycoRestore para cada enfermedad y/o plaga.

5.1 La podredumbre radical y de la madera del abeto común

Durante el proyecto se han hecho pruebas de control biológico inoculando tanto los hongos ectomicorrícicos locales *Lactarius salmonicolor, Laccaria laccata, Amanita* sp., como cepas locales de los hongos de biocontrol *Trichoderma spirale y T. longipile,* obteniendo muy buenos resultados con determinadas cepas.

Con respecto a la lucha agrícola, se recomienda evitar los monocultivos de coníferas en terrenos dedicados anteriormente a la actividad agricola y en estaciones excesivamente áridas. Para la reforestación es conveniente evitar sectores de plantación densa y se prefiere el uso de varias especies arbóreas diferentes.

A pesar de que la erradicación total de la enfermedad es muy difícil de lograr en los bosques, durante la corta sanitaria, además de quitar los árboles afectados, es necesario aislar las raíces del huésped y quitar también parte de las raíces de los árboles aparentemente sanos. Los hoyos resultantes deben dejarse abiertos y expuestos a los rayos UV del sol y es conveniente sanear el suelo con cal viva en polvo.

En el Proyecto LIFE MycoRestore no se ha usado ningún tipo de fungicida químico para el tratamiento de las enfermedades estudiadas. En el caso de *A. ostoyae*, causante de la podredumbre radical y de la madera del abeto común, no hay posibilidades de lucha química eficaz debido a las estructuras de resistencia del patógeno (rizomorfas) y a que se desarrollan en la parte interna de la madera.

En enfermedades como la tinta del castaño causada por *Phytophthora cambivora* o *Phytophthora cinnamomi* , la aplicación de fungicidas rara vez es capaz de controlar el patógeno debido a que los oomicetos están poco relacionados con los hongos. En este caso, los fungicidas podrían tener eficacia sólo si se aplican en el inicio del desarrollo de la enfermedad. Además, la aplicación de fosfitos de potasio en el suelo o mediante inyecciones en el tronco son técnicamente costosas.

5.2 Enfermedad de La Seca en encinas

Desde LIFE MycoRestore, como ya se mencionó, se propone la inoculación de hongos micorrícicos como *Tuber aestivum* y *Pisolithus tinctorius*, que contribuyan a incrementar la biodiversidad y mejorar las condiciones del suelo. El uso de hongos endófitos como *Trichoderma viride* que puedan ejercer un efecto antagónico sobre *P. cinnamomi* aún se encuentra en estudio. También se plantea la inoculación con bacterias potenciadoras de micorrizas, como *Pseudomonas fluorescens,* que producen auxinas favorables para los procesos de crecimiento y facilitan la solubilidad de nutrientes como el fósforo.

Se ha realizado la adición de iones de calcio con piedra caliza mediante encalado del suelo circundante a las encinas afectadas para revertir el pH ácido del suelo e inhibir la producción de zoosporas de *P. cinnamomi.*

Además, se han llevado a cabo nuevas plantaciones protegidas por refugios con mallas metálicas (protector cactus), especialmente en zonas de dehesa con intensa actividad ganadera y baja densidad arbórea, incluyendo especies de pinos y robles en zonas de encinar con el objetivo de interrumpir la difusión de *P. cinnamomi.*

Otras medidas para el tratamiento de La Seca, incluyen la redistribución de la carga ganadera para evitar la compactación del suelo, reducir el transporte humano desde zonas enfermas, evitar los encharcamientos temporales favoreciendo el drenaje y limitar el uso de maquinaria que pueda provocar heridas en las raíces.

5.3 La tinta y el chancro del castaño

Dentro de las enfermedades y plagas estudiadas para algunas especies durante el proyecto LIFE Mycorestore, el castaño es el único para el que existen mejoras genéticas efectivas mediante la creación de híbridos.

En el caso de los castaños, existen mejoras genéticas como por ejemplo híbridos con cierta resistencia al chancro, generados principalmente a través de cruces entre el castaño europeo (*C. sativa*) y el japonés (*C. crenata*). La mayoría de estos híbridos son de origen francés. Existen también variedades producidas en Suiza (Brunella, Marowa y Golino) y son consideradas por plantarse en zonas más apacibles y con suelos ácidos.

El problema de estos híbridos son las características organolépticas de los frutos, que no son muy apreciadas por el consumidor europeo.

Por otro lado, *Castanea crenata* y *C. mollisima* son resistentes a la tinta del castaño y se han utilizados como híbridos con *C. sativa* para crear portainjertos («Marsol», «Maraval», «Ferosacre», «Marigoule», «Marlhac»). Sin embargo, algunos ejemplares resistentes han resultado ser incompatibles con clones de castaño común (*C. sativa*)

La tinta del castaño

Los sitios de inicio de infección de *Phytophtora* son las puntas de la raíz. Por ello, se ha investigado con la posibilidad de usar hongos ectomicorrízicos que, asociados a las raíces como micorrizas simbiontes, sean capaces de proteger a los árboles de la enfermedad.

En el ámbito del proyecto LIFE MycoRestore se han hecho pruebas de control biológico inoculando castaños con hongos ectomicorrícicos como *Pisolithus tinctorius, Tuber borchii, Cortinarius sp. Hebeloma sp.*; así como inoculaciones con *Trichodermas* locales (*T. aperellum, T. koningiopsis, T. koningii, T. hamatum*), habiéndose encontrado algunas cepas que demostraron alta efectividad. Se ha observado que muchos organismos asociados a la rizosfera del castaño pueden inhibir *Phytophthora: Laccaria laccata, Hebeloma crustuliniforme, H. sinapizans* y *Paxillus involutus*; *Byssochlamys sp.* y bacterias del género *Bacillus.*

En la lucha agronómica es importante favorecer el drenaje regulando el flujo de agua, evitar movimientos de suelo desde zonas enfermas y mantener el estado vegetativo vigoroso de las plantas

Desde principios de los años 2000, investigadores italianos se dieron cuenta de que al aumentar artificialmente la cantidad de abono de origen bovino y avícola, ricos en nitrógeno y fósforo, mejoraba el estado de salud de los árboles enfermos. Se llegó a la conclusión de que los resultados beneficiosos obtenidos estaban relacionados con el efecto sobre la comunidad microbiana del suelo y la presencia de *Trichoderma viride* y T*. harzianum.*

El chancro del castaño

C. parasítica presenta una nutrición esencialmente saprófita, por lo que es capaz de sobrevivir en tejidos leñosos muertos de la planta o en el suelo incluso durante varios años. Este tipo de nutrición debe tenerse en cuenta para llevar a cabo estrategias de control de la enfermedad dirigidas a reducir el inóculo.

.

Control biológico: Desde los años ‘80 se empieza a observar en Italia unos chancros que parecían estar remitiendo. De estos chancros se aislaron cepas del patógeno que presentaban una virulencia, conidiación y pigmentación reducidas

en comparación a las cepas virulentas normales y a éstas se les llamó cepas hipovirulentas (hv).

La característica que define las cepas hv es la de estar infectadas por un hipovirus de ARN de doble cadena que se replica en el citoplasma del hongo. Este virus es el responsable de la pérdida de patogenicidad de *C. parasitica* hv que se confina en las capas externas de la corteza mientras que los vasos conductores del árbol no están afectados. El árbol es capaz de reaccionar aislando los tejidos infectados a través de la formación de un callo cicatrizal. Así se generan los chancros pasivos, lentos en el crecimiento y superficiales, que no tienen resultado letal para el árbol. Se habla entonces de cánceres cicatrizados o cicatrizantes. Este fenómeno natural ha representado una oportunidad determinante para el desarrollo de técnicas de control biológico del patógeno respetuosas con el medio ambiente y auto sostenibles.

El virus puede pasar de una cepa hipovirulenta a otra virulenta con la que sea compatible gracias a la anastomosis hifal (fusión de micelios) que puede ocurrir cuando dos hongos son compatibles (se dice que pertenecen al mismo grupo de compatibilidad vegetativa (GCV)).

En consecuencia, la incompatibilidad vegetativa entre cepas de *C. parasitica* puede limitar la diseminación del hipovirus y por eso, tiene gran importancia conocer la diversidad del patógeno en cada región. Ya que la hipovirulencia se transmite entre cepas compatibles, la lucha biológica será más útil cuanto menor sea la diversidad de la población del patógeno. La condición esencial para el éxito de los tratamientos es el uso de cepas hipovirulentas de los mismos GCV de los



Fig 48. Diferesntes fases de inoculación artificial de cepas hv de *Cryphonectria parasitica* en castañar

chancros presentes en el rodal, para garantizar la transferencia del virus y evitar un aumento de GCV en el campo.

Resumiendo, la lucha biológica al chancro del castaño se realiza con aplicación manual de mezclas de cepas hipovirulentas de *Cryphonectria parasítica* para asegurar la transmisión y la difusión del hipovirus en el medio ambiente. Es importante reconocer y conservar los chancros infectados con cepas hipovirulentas ya presentes para favorecer la difusión natural de la hipovirulencia.

En el contexto del proyecto LIFE MycoRestore se han seleccionados cepas hipovirulentas de *C. parasítica* locales para la conversión de las cepas virulentas y controlar la enfermedad (Fig. 48). Estas cepas presentan dos características esenciales: una amplia gama de convertibilidad y propagación rápida.

5.4 Enfermedades causadas por plagas de *Coraebus* y *Cerambyx*

La aplicación de insecticidas químicos en los bosques crean resistencias en las plagas objetivo y pueden llegar a ser tóxicos para los seres humanos y el medio ambiente debido a su acumulación.

Además, los tratamientos químicos son poco efectivos para el biocontrol de plagas como *Cerambyx* y *Coraebus* ya que la mayor parte del ciclo biológico de estos insectos se desarrolla como larva y están protegidos por el corcho. Los imagos sólo emergen a la superficie durante el estadio adulto, pero no todos los ejemplares lo hacen a la vez y es la etapa de desarrollo de menor duración. Esto obligaría a realizar tratamientos de forma continuada durante breves periodos de tiempo lo cual es técnica y económicamente costoso.

Asimismo, el corcho es un producto utilizado en la industria alimentaria, por lo que la utilización de insecticidas no es recomendable.

Por eso, en el proyecto LIFE MycoRestore se han utilizado técnicas más respetuosas con el ecosistema para hacer frente a dos de las plagas que afectan a los bosques mediterráneos. En concreto, se han utilizado cajas-nido de biodiversidad para el biocontrol del taladro (*Cerambyx*) en robles y de la culebrilla (*Coraebus*) del alcornoque. Asimismo se han utilizado trampas con el fin de monitorizar la densidad de población y controlar la población de la de la plaga del taladro y de culebrilla

Cajas-nido de biodiversidad

Las cajas de biodiversidad son un tipo de cajas nido capaces de proveer de refugio a diferentes especies insectívoras, con el fin de permitir el desarrollo de sus poblaciones y la reproducción de forma segura.

Existen distintos tipos de estas cajas con diferentes tamaños y grados de complejidad. Las que se han utilizado en el proyecto LIFE MycoResto-

re por su versatilidad y unicidad son cajas nido que tienen múltiples cavidades separadas donde pueden anidar aves insectívoras, murciélagos y diferentes tipos de insectos beneficiosos para el ecosistema, incluyendo polinizadores y avispas depredadoras y parásitas de insectos(Fig. 49 y 50). Estas especies son depredadoras naturales de plagas causantes de grandes problemas ecosistémicos. Las cajas-nido permiten el control de estas plagas y enfermedades de forma natural sin tener que recurrir al uso de pesticidas, reduciendo su efecto, mejorando la calidad del ecosistema y aumentando la biodiversidad de las especies capaces de habitar en estas cajas.

Poseen diferentes cavidades:

- En la cavidad superior se alojan las aves insectívoras (como herrerillos, carboneros o el trepador azul), capaces de eliminar larvas de diferentes especies de insectos, como *Cerambyx,* mediante la depredación. Esto es particularmente útil en las plagas por *Cerambyx cerdo*, puesto que estas cajas de biodiversidad son métodos naturales de control compatibles con su estatus de protección por la UE, que impide el uso



Figura 49. Cajas nido de biodiversidad en alcornocal



Figura. 50. Cajas nido colocadas en robledal

de agentes insecticidas y otros métodos de control o eliminación de esta especie.
- En la cavidad inferior se alojan murciélagos, animales nocturnos capaces de controlar las poblaciones de diferentes especies de insectos, reduciendo así la presión sobre las especies arbóreas.
- En la parte inferior y superior aparecen cavidades que permiten el desarrollo de diferentes especies de insectos como abejorros, avispas o arañas.

Para favorecer un control natural de *Cerambyx* y *Coraebus*, durante el proyecto LIFE MycoRestore se han colocado cajas-nido de biodiversidad, con el fin de facilitar el alojamiento de enemigos naturales de estas plagas como pájaros insectívoros que se alimentan de una gran cantidad de larvas ayudando así a controlar su población. Estás cajas han sido diseñadas para fundirse con el entorno y no causar una contaminación visual. De esta manera también resultan más atractivas a las especies que quieran habitarla.

Trampas para la captura de insectos

Las trampas son herramientas destinadas a conocer y monitorizar el estado de incidencia de una plaga en el bosque, y al mismo tiempo ayudar a ejercer un control directo sobre estas plagas de insectos. Existen trampas inespecíficas, diseñadas para interceptar insectos voladores mediante pantallas o atraerlos a colectores bajo fuentes de luz.

También es posible encontrar trampas específicas que se complementan con sustancias semioquímicas para aumentar su especificidad hacia un tipo particular de insecto.

Los semioquímicos son compuestos químicos producidos por un organismo y que están implicados en la comunicación entre seres vivos. Estas sustancias, al ser percibidas por los insectos, son traducidas en señales que les sirven para encontrar pareja o les informan de la existencia de alimento o de un peligro. Los semioquímicos se clasifican en dos grupos:

- Las **feromonas** solo afectan a individuos de la misma especie que la que lo emite (efecto intraespecífico).
- Las **alelomonas** son efectivas entre especies diferentes (efecto interespecífico). Estas a su vez se clasifican en función de la respuesta que se genera en el organismo productor y/o receptor:
  - Alomona: favorable para el emisor.
  - Cairomona: favorable para el receptor
  - Sinomona: favorable tanto para emisor como receptor.

Dependiendo del tipo de reacción que se genere en el organismo, los semioquímicos pueden ser atrayentes o repelentes (actuando sobre receptores del olfato), estimulantes o disuasorios (induciendo o inhibiendo un comportamiento determinado).

Es importante conocer la efectividad de cada trampa para evitar interacciones entre ellas que puedan ser redundantes o disminuyan su funcionalidad. A la hora de usar semioquímicos hay que saber previamente el tipo de trampa que se va a utilizar para que sea lo más eficiente y económica posible.

Un aspecto fundamental del manejo de plagas con semioquímicos es el tipo de trampa seleccionada, que debe ser eficiente a bajas densidades de población, específica, económica y fácil de usar. Conocer el rango de efectividad de cada trampa es importante para evitar interacciones entre trampas que puedan ser redundantes o que disminuyan su funcionalidad. En estudios comparativos también es de interés estandarizar la posición, altura y densidad de las trampas dispuestas.

Según el objetivo final, las estrategias de manejo de plagas con compuestos semioquímicos pueden agruparse en dos clases:

- de seguimiento o monitoreo, si se busca obtener información con vistas al apoyo en la toma de decisiones;
- de control directo sobre la plaga, si se busca limitar la presencia del agente causal de la enfermedad.

Estrategias de monitoreo. Se basan en la atracción y captura de insectos en trampas cebadas con atrayentes. En general, no es necesario incluir la identidad completa de la feromona natural. El semioquímico empleado debe ser lo suficientemente específico para evitar la atracción de especies similares que puedan conducir a errores en la estimación, y su tasa de emisión debe ser adecuada y constante.

El seguimiento de las poblaciones de insectos mediante redes de trampas estables tiene un amplio número de aplicaciones:

- Detección de especies con baja densidad poblacional.
- Alerta temprana en la aparición de plagas exóticas o en cuarentena en envíos transfronterizos (delimitar áreas de infestación).
- Documentar el período de actividad de vuelo en los individuos adultos.
- Determinar la dispersión de los adultos mediante marcado, liberación y recaptura.
- Determinar ratios presa/depredador como evaluación del riesgo de ataque eruptivo en escolítidos.

Estrategias de control directo sobre la plaga. Las tácticas más habituales son la disrupción del apareamiento, la captura masiva y la manipulación de la población:

Disrupción del apareamiento o confusión

Se basa en la interrupción de la comunicación olfativa para evitar que los machos consiganaparearse con las hembras y se reduzca la población en la generación siguiente. Es especialmente apli-

cable a lepidópteros.

Extracción de la población o captura masiva

Se pretende reducir directamente la población de la plaga, mediante extracción del monte del mayor número de individuos capturados en trampas, o colonizando árboles o trozas cebo. Esta estrategia es adecuada para aquellas especies en las que tanto hembras como machos son atraídos por el semioquímico, como los escolítidos o *Monochamus.*

En el proyecto LIFE MycoRestore se han instalado dos tipos de trampas distintos para el taladro del roble y la culebrilla del alcornoque.

Trampas de cairomonas para *Cerambyx welensii*

Para estimar la densidad de población de *Cerambyx* y tratar de controlar la expansión de la población, se han utilizado trampas de kairomonas. Los adultos de *Cerambyx welensii* comienzan a emerger a principios de verano, por lo que una opción adecuada para controlar su población es colocar trampas de feromonas entre junio y julio. Se han instalado trampas cebadas todas ellas con el dispensador comercial denominado Econex cerambyx 60 días. La trampa utilizada, proporcionada por la misma casa comercial y denominada Econex trampa cerambyx desechable es una garrafa de cinco litros de agua, en la que su embocadura ha sido cortada y vuelta sobre sí misma a modo de embudo sobre el cuerpo de la



Figura 51. Trampas con atrayente tipo cairomona para *Cerambyx welensii*



Figura 52. Revisión y limpieza periódica de las trampas para liberar los posibles ejemplares de *C. cerdo* que pudieran haber sido atraídos

garrafa. Esta garrafa dispone de una cuerda con la que se abraza el árbol y quedando en contacto con el tronco, facilitando así las capturas (Fig. 51).

Cerambyx spp. realiza su vuelo de dispersión a unos pocos metros de su árbol de emergencia (un máximo de 500 metros de su árbol de nacimiento (Austrich, 2016) y suele permanecer en el mismo árbol. Considerando esto, la trampa se colocará en el tronco del árbol con orientación norte para evitar las altas temperaturas. Este tipo de trampa es muy adecuada porque permite la liberación de insectos vivos, con que se pueden liberar vivos los posibles ejemplares de la especie *C. cerdo* que puedan ser atraídos por el atrayente si se revisan las trampas cada 5 días durante el periodo de instalación (Fig. 52).

Trampas de interceptación para *Coraebus undatus*

Los dispositivos de trampeo cromáticos, como los que se han utilizado en el proyecto LIFE MycoRestore, se basan en la instalación de trampas prisma de triángulo. Durante el proyecto se han usado para atraer insectos del género *Coraebus*- porque se ha comprobado que presentan cierta atracción por su color púrpura. Las trampas se colocan en zonas abiertas de vegetación, pero lo más próximo posible a los árboles que se quieren proteger. Para ello se acopla la trampa a unas varillas de hierro que permite su elevación sobre el terreno y su ubicación libre en el sitio selecciona-

do (Fig. 53).

Las trampas son encoladas en campo, con un pegamento resistente a exterior, que sea apropiado para poder atrapar a un insecto del tamaño de *Coraebus* (Fig 54).



Figura 53. Trampas de intercepción para *Coraebus*

Hay que reseñar que a pesar de la ligera atracción de este insecto por el color púrpura, con esta trampa por sí sola se obtienen escasas capturas. Se están ensayando atrayentes volátiles con dispensadores, pero aún no están comercializados, por lo que es necesario esperar a que dichos ensayos demuestren su utilidad y puedan estar disponibles en el mercado para aumentar la eficacia de estas trampas.



Figura 54. Encolado y etiquetado de las trampas de intercepción

6. Bibliografía

Ahanger RA, Bhat HA, Bhat TA, Ganie S, Lone AA, Wani IA, Ganai SA, Haq S, Khan OA, Junaid JM. Impact of climate change on plant diseases. 2013. International Journal of Modern Plant and Animal Sciences 2013; 1(3):105-15.

Berrocal M, Gallardo F, Cardeñoso JM. El Castaño. 1998. Ed. Mundi-Prensa. 288 págs.

Bouchard C, Dibernardo A, Koffi J, Wood H, Leighton PA, Lindsay LR. Climate change and infectious diseases: the challenges. 2019. Canada Communicable Disease Report; 45(4):83.

Capretti P, Ragazzi A. Elementi di Patologia Forestale. 2014. Ed. Pàtron. 432 págs.

Chase K. Factors of oak decline. Bartlett Tree Experts. https://www.bartlett.com/resources/factors-of-oak-decline.pdf. Consultado el 4 de febrero de 2022.

Dalya LB, Capretti P, Ghelardini L, Jankovský L. Assessment of presence and distribution of Armillaria and Heterobasidion root rot fungi in the forest of Vallombrosa (Apennines Mountains, Italy) after severe windstorm damage. 2019. iForest-Biogeosciences and Forestry; 12(1):118.

Denman S. Acute oak decline. Forest Research. https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/acute-oak-decline/. Consultado el 4 de febrero de 2022.

Dirección General del Medio Natural Servicio de Coordinación y Planificación Forestal. Gobierno de Aragón. Informaciones técnicas 2/2006. Longicornios perforadores de los Quercus. Cerambyx cerdo linnaeus y C. welensii (küster) coleóptero. Fam. Cerambycidae. https://distritoforestal.es/images/Biblioteca/Perforadores_de_Quercus._Cerambyx_cerdo_y_C._Welensii.pdf. Consultado el 5 de febrero de 2022.

El-Sayed AM. The Pherobase: Database of pheromones and semiochemicals. 2014. The Pherobase. Obtenido de http://www.pherobase.com. Consultado el 6 de febrero de 2022.

El-Ghany NMA. Semiochemicals for controlling insect pests. 2019. Journal of Plant Protection Research; 59(1):1-11.

FAO and Plan Bleu. State of Mediterranean Forests 2018. 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Plan Bleu, Marseille. Ed. FAO & Plan Bleu. 308 págs.

Gajera H, Domadiya R, Patel S, Kapopara M, Golakiya B. Molecular mechanism of Trichoderma as bio-control agents against phytopathogen system–a review. 2013. Current Research in Microbiology and Biotechnology. 1:133-42.

Gobierno de Extremadura. Consejería de Empleo, Empresa e Innovación. Fichas fenológicas Cerambyx welensii.

http://observatoriodehesamontado.com/documents/20181/86220/Fichas-fenologicas_cerambyx_welensii_COMP.pdf/214661a3-ca8e-4aa7-acbb-b818af036b26. Consultado el 5 de febrero de 2022.

González G , González AJ. En El chancro del castaño en Asturias. Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA. 2006. Ed. Serida; 3:45-47

Gupta V, Schmoll M, Herrera-Estrella A, Upadhyay R, Druzhinina I, Tuohy M. Biotechnology and Biology of Trichoderma. 2014. Ed. Elsevier. UK. 568 págs.

Hartmann G, Nienhaus F, Butin H. En Atlante di Patologia Vegetale Forestale. Ediz. illustrata (Muzzio scuola). 1992. Ed. Franco Muzzio Editore. 266 págs.

Khullar S, Reddy MS. En: Ectomycorrhizal diversity and tree sustainability. Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications. 2019. Ed. Springer, Singapore. Págs. 145-166.

Martínez A. Coraebus undatus (Fabricius, 1787): Hembra Poniendo Huevos. 2010. Málaga, España. https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/details.php?image_id=131300. Consultado el 5 de marzo de 2022.

Muñoz C, Pérez V, Cobos P, Hernández R, Sánchez G. Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques. 2011. Ed. Mundi-Prensa. 575 págs.

Murat C, Martin F. True Truffle (Tuber spp.) in the World. 2016. Eds. A. Zambonelli, M. Lotti, C. Murat, Springer International Publishing, Cham, Switzerland; 47:137–149

Nadel RL, Wingfield MJ, Scholes MC, Lawson SA, Slippers B. The potential for monitoring and control of insect pests in Southern Hemisphere forestry plantations using semiochemicals. 2012. Annals of Forest Science; 69(7):757-767

Pérez F, Cuenca B, Ruiz-Gómez FJ, Rey MD, Ruiz-Galea M, Arrillaga I, Solla A. Programa de mejora y conservación de los recursos genéticos de la encina y el alcornoque frente al síndrome de la "seca". 2020. Foresta; (78):56-61.

Peverieri GS, Alma A, Manzo A, Vezzalini L, Bellini E, Fazzi L, Poli I, Ferracini C, Feri A, Turchetti T, Maltoni A, Ferrarese GB, Pennacchio F, Roversi PF. Linee guida per la gestione delle problematiche fitosanitarie del castagno. 2014. Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura CRA.

Plagas y enfermedades de las masas forestales extremeñas. Coraebus undatus. 2003. Junta de Extremadura. Consejería de Industria, Energía y Medio Ambiente. 4 págs.

Ragazzi A, Capretti P, Ghelardini L, Moricca S. Malattie delle piante in bosco, in vivaio e delle alberature. 2020. Ed. Patron. 272 págs.

Rigling D, Schütz-Bryner S, Heiniger U, Prospero S. Cancro corticale del castagno. Sintomatologia, biologia e misure di lotta. 2016. Notizie per la pratica, 54. Birmensdorf, Istituto federale di ricerca WSL. 8 págs. https://www.wsl.ch/de/publikationen/cancro-corticale-del-castagno-sintomatologia-biologia-e-misure-di-lotta.html

Sánchez JE, Sánchez ME, Trapero A. La Tinta del castaño. 2010. Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Seybold SJ., Bentz BJ, Fettig CJ, Lundquist JE, Progar RA, Gillette NE. Management of western North American bark beetles with semiochemicals. 2018. Annual Review of Entomology; 63:407-432.

Soriano C, Gastón A, Herrero B. En: Distribución de las especies españolas de Quercus. Notas sobre su ecofisiología. La seca: decaimiento de encinas, alcornoques y otros Quercus en España. 2004. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General para la Biodiversidad.

Sturrock RN, Frankel SJ, Brown AV, Hennon PE, Kliejunas JT, Lewis KJ, Worrall JJ, Woods AJ. Climate change and forest diseases. 2011. Plant Pathology; 60(1):133-49.

Torres-Vila LM, Tschorsnig HP. Billaea adelpha (Loew) (Diptera: Tachinidae) as a larval parasitoid of large oak-living cerambycids in Southwestern Spain. 2019. The Tachinid Times; 32:4–15.

Tsantrizos YS, Kope HH, Fortin JA, Ogilvie

KK. Antifungal antibiotics from Pisolithus tinctorius. 1991. Phytochemistry. 30(4):1113-1118.

Turchetti T, Biagioni P. En: Avversità e lotta biológica. Il castagno. 2003. AAVV. Ed. CNR e Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali. Págs. 144-167.