

Censo de focos de *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. en ecosistemas de pinsapo

R.M. NAVARRO CERRILLO, C. CALZADO MARTÍNEZ, M.E. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, J. LÓPEZ QUINTANILLA, A. TRAPERO CASAS

Se exponen los resultados de un censo de focos de podredumbre radical causada por *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. en ecosistemas de *Abies pinsapo* Boiss. en las tres áreas de distribución natural de la especie en la Península Ibérica: los pinsapares de Sierra de las Nieves (Málaga), Sierra de Grazalema (Cádiz) y Los Reales de Sierra Bermeja (Málaga). La búsqueda del patógeno se dirigió a la observación de los sistemas radicales de los pies derribados visibles en el monte, para posterior delimitación de las zonas afectadas y cumplimentación de una ficha de campo específica para la descripción y caracterización de la enfermedad. El patógeno fue detectado en la totalidad de las áreas muestreadas, en un total de 81 centros de infección o focos, contabilizándose, adicionalmente, 11 zonas de elevada mortandad de pinsapo (*áreas de posible infección*), donde no pudo comprobarse la presencia del patógeno, si bien ésta se consideró posible. El Parque Natural Sierra de las Nieves fue el más afectado, con un 88.9% de los focos detectados. En Sierra de Grazalema la incidencia fue considerablemente inferior, si bien las características del pinsapar y las particularidades de la enfermedad en la zona hicieron temer de un riesgo generalizado de infección. Finalmente, Los Reales fue la zona menos afectada, con tan sólo un foco con causa atribuible a *H. annosum*.

R.M. NAVARRO CERRILLO, (irInacer@uco.es), C. CALZADO MARTÍNEZ, (ma2camac@uco.es): Departamento de Ingeniería Forestal - E.T.S.I.A.M. - Universidad de Córdoba - Avda. Menéndez Pidal s/n - 14.080 Córdoba,

M.E. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, (ag1sahem@uco.es), A. TRAPERO CASAS, (trapero@uco.es): Departamento de Agronomía - E.T.S.I.A.M. - Universidad de Córdoba - Avda. Menéndez Pidal s/n - 14.080 Córdoba,

J. LÓPEZ QUINTANILLA, (joseb.lopez@juntadeandalucia.es): Delegación Provincial de Medio Ambiente - Junta de Andalucía - c/ Mauricio Moro Pareto, 2-4º - 29071 Málaga.

Palabras clave: *Abies pinsapo*, *Heterobasidion annosum*, podredumbre radical, focos, áreas de posible infección.

INTRODUCCIÓN

Abies pinsapo Boiss. es una especie relicta, de área de distribución restringida a determinados sistemas montañosos del Suroeste de Andalucía y Norte de Marruecos, de enorme valor ecológico y elevada singularidad botánica. Se trata de una especie protegida, cuyas áreas naturales han sido acogidas en España a figuras de protección especial, habiendo sido declaradas Parques Naturales

(de Sierra de las Nieves-Málaga- y de Sierra de Grazalema-Cádiz) o Paraje Natural (Los Reales de Sierra Bermeja-Málaga).

Heterobasidion annosum (Fr.) Bref. está considerado como el patógeno de coníferas más peligroso del Hemisferio Norte, constituyendo la enfermedad más frecuente en las masas forestales objeto de aprovechamiento selvícola en países como Noruega (AAMLID *et al.*, 2000) y otros países nórdicos (BENDZ-HELLGREN *et al.*, 1998), países bálticos (FIO-

DOROV, 1998), Islas Británicas (REDFERN y WARD, 1998), Europa Central y del Este (DIMITRI y TOMICZEK, 1998) y Norteamérica (FILIP y MORRISON, 1998). Es un patógeno que causa podredumbre de raíz y tronco, que puede provocar la muerte de los pies afectados por podredumbre de raíces, a la vez que severas pérdidas en su volumen maderable. En general, los pies infectados sufren problemas de anclaje, a causa de la degradación de sus raíces gruesas de sujeción, con lo que quedan predispuestos al derribo por efecto del viento o del peso de la nieve (SMITH *et al.*, 1992), siendo ésta la causa principal de muerte de los árboles afectados.

La infección se establece mediante dos mecanismos fundamentales. En primer lugar, se considera que la vía de entrada más habitual del patógeno en masas libres de enfermedad se produce por la germinación de las esporas infectivas, producidas en basidiocarpos perennes, sobre la madera libre de corteza de las superficies frescas de corta (tocones) o a través de heridas en la raíz, siendo infrecuente la entrada del patógeno a través de heridas en el tronco. Posteriormente, se desarrolla el micelio del hongo, que desciende hacia el sistema radical, desde donde puede dispersarse hasta las raíces en contacto de otros pies colindantes. Se ha citado una posible tercera vía de infección, a través de las conidias producidas por el anamorfo *Spiniger meinekellus* (Olson) Stalpers, aunque su papel en el ciclo de patogénesis no está claro. Los coniodóforos del estado asexual rara vez se observan en la naturaleza (GREIG, 1998). Además, a diferencia de las basidiosporas, que se expulsan activamente y se dispersan con mucha efectividad en el aire, las conidias son sésiles y precisan de agentes externos (viento, lluvia, animales) para liberarse (KORHONEN y STENLID, 1998). En inoculaciones artificiales se ha demostrado que las conidias son capaces de infectar tocones (MORRISON y REDFERN, 1994). Sin embargo, la colonización de las raíces y su amplio rango de variabilidad genética en las poblaciones de basidiosporas da lugar a un alto grado de competencia

entre genotipos y a la selección de las más eficientes en la colonización del sustrato (REDFERN y STENLID, 1998), lo que, junto con lo anterior, hace suponer que las conidias deben tener poca o nula importancia en el establecimiento de la enfermedad en campo.

Los síntomas aéreos de la enfermedad son genéricos y carecen de valor de diagnóstico, ya que otros patógenos pueden producir síntomas similares: clorosis, marchitez, muerte de árboles aislados o en grupos y pies abatidos por el viento que muestran las raíces podridas. Muchos árboles con el sistema radical afectado no muestran síntomas aéreos, aunque cabe plantearse que una observación más detallada de los mismos ponga de manifiesto una supresión de su crecimiento frente a árboles sanos. Por todo esto, se asume que si *H. annosum* está establecido en un determinado rodal, habrá muchos más árboles afectados de los que pudieran estimarse en base a una observación externa de síntomas y signos (SINCLAIR *et al.*, 1987).

Se trata, por tanto, de un hongo cuya detección puede ser difícil en campo, aunque su identificación sea establecida con facilidad en laboratorio, siendo la observación de los basidiocarpos el criterio más seguro de diagnóstico en el terreno. Éstos pueden aparecer en partes podridas de árboles muertos o, menos frecuentemente, sobre pies vivos, ya sea entre los huecos del sistema radical o aprovechando galerías de animales, en la base de tocones o troncos, en raíces superficiales, en el interior del sistema radical de árboles derribados por el viento o dentro de tocones y troncos huecos. En zonas de verano seco raramente aparecen en superficies expuestas (SINCLAIR *et al.*, 1987).

A pesar de la escasa atención de que ha sido objeto en España en el pasado, ha comenzado a ser citado como agente implicado en el proceso de decaimiento de las masas de *Abies alba* Mill. del Pirineo Aragonés (Camarero, *sf*), se anticipa su posible futura importancia en pinares con fines madereros (DANS *et al.*, 1999) y, especialmente, ha sido descrito como patógeno primario de *Abies pinsapo*. La primera reseña

de la incidencia de *H. annosum* en los pinsapares andaluces se produjo en la década de los 90 (COBOS, 1994). En estudios posteriores sobre el estado fitosanitario de las masas de *Abies pinsapo* Boiss. en 1998, *H. annosum* fue nuevamente destacado, considerando su presencia como abundante en los pinsapares del Parque Natural Sierra de las Nieves, especialmente en el término municipal de Yunquera (Málaga), donde el patógeno fue detectado en la mayor parte de las rizosferas de los pinsapos derribados (COBOS *et al.*, 1998).

Aunque sospechada su importante implicación y presencia en los pinsapares, *H. annosum* no había sido objeto de un muestreo específico para la evaluación de los daños que ocasiona, la localización concreta de sus focos o la estimación de su expansión. Por otro lado, la incipiente situación de declive que se ha venido observando en determinados pinsapares, hizo recomendable una estimación específica de la presencia, extensión y participación de *H. annosum* en el estado sanitario de estos ecosistemas.

La metodología para la elaboración de un censo de focos de *H. annosum* se basó en el protocolo de trabajo de la Red Andaluza de Equilibrios Biológicos (NAVARRO *et al.*, 2000) y la Red de Equilibrios Biológicos en ecosistemas con presencia de *Abies pinsapo* Boiss. (NAVARRO y CALZADO, 2001). Ambas corresponden a redes de seguimiento fitosanitario, inspiradas en la Red Europea de daños en los bosques, instaurada en 1986 por la entonces Comunidad Económica Europea (MONTROYA y LÓPEZ, 1997), y que mantienen los principios de ésta.

La Red Andaluza de Equilibrios Biológicos se materializó en una malla de muestreo cuadrada de 8 Km de lado y se ocupa de la revisión anual de los árboles (de cualquier especie forestal) presentes en los puntos de muestreo; su dominio comprende la totalidad de la superficie forestal de Andalucía. La Red de Equilibrios Biológicos en ecosistemas con presencia de pinsapo, establecida con posterioridad, representa la particularización de la Red Andaluza para la evalua-

ción del estado de los pinsapares, centrando sus observaciones, también anuales, sobre pies de *A. pinsapo* y restringiéndose, geográficamente, a las tres áreas de distribución natural de la especie en la Península Ibérica: Sierra de las Nieves, Sierra de Grazalema y Los Reales de Sierra Bermeja. Se establece sobre una malla cuadrada de 1 Km de lado, lo que supone una importante densificación del trazado de la Red Andaluza y la Red Europea, de las que procede (NAVARRO y CALZADO, 2001).

En este contexto, la Consejería de Medio Ambiente, en convenio con el Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Córdoba, desarrolló en junio de 2001 una metodología específica para el censo de focos de *H. annosum* en ecosistemas con presencia de pinsapo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Materiales

Los materiales utilizados para el trabajo de campo corresponden, fundamentalmente, a herramientas para la observación de la raíz y cartografía para la localización de los focos:

- Mapa Topográfico 1:10.000: presentado en formato A2, fue la cartografía esencial para el trabajo de campo, localización y reseña cartográfica de los focos.
- Mapa Topográfico 1:25.000: presentado en formato A2, pretende una localización general de la zona. Sobre él se recogieron, como elementos de referencia, los puntos de la Red de Equilibrios Biológicos en Ecosistemas con presencia de pinsapo, así como la malla de muestreo de 1 x 1 km.
- Cartografía de la Red de Equilibrios Biológicos en Ecosistemas con presencia de pinsapo: consta de una colección de mapas 1:50.000, 1:5.000 y un juego de ortofotos 1:10.000, que recogen con menor o mayor grado de detalle la localización de los puntos de la Red.
- Croquis de acceso: fueron elaborados durante los trabajos de levantamiento

de la Red y recogen, de forma detallada, los accesos a cada uno de los puntos.

- **Prismáticos:** para la observación de síntomas en la parte aérea de los árboles.
- **Herramientas para el trabajo de campo:** azada para descubrir las raíces, navaja para descortezado de la madera podrida, desinfectantes (pulverizador con lejía diluida en agua al 50%) y paños limpios para la limpieza de herramientas de un sistema radical a otro.
- **Fichas de campo:** basadas en la estructura de las fichas de la Red Andaluza y la Red de pinsapo, recogen de forma ordenada las variables que contempla el censo de focos de *H. annosum*.

Identificación y evaluación de focos

El censo de focos se planteó como un diseño estratificado (limitado al estrato pinsapar), y dirigido, en el que no se pretendía comprobar aleatoria o sistemáticamente la presencia de enfermedad, sino dirigir la búsqueda a aquellos enclaves donde la apariencia del dosel arbóreo o el conocimiento directo o reportado de determinados daños en la masa, hicieran sospechar la presencia del patógeno.

Puesto que se pretendió la comprobación del estado de la totalidad de los pinsapares en los tres espacios naturales protegidos antes mencionados, el muestreo partió de una fase inicial de **detección preliminar de focos** apoyada por los agentes de medio ambiente de los Parques o Parajes Naturales. A ellos correspondió la labor de alertar de los enclaves donde se había detectado la enfermedad o donde se reportaran daños relacionados con la presencia de *H. annosum* (rodales con árboles caídos, zonas de corta donde se observara podredumbre en la base del tronco, etc.). El trabajo en campo se dirigió a la comprobación de la presencia del patógeno en estas zonas, así como a la evaluación general de los pinsapares ubicados a lo largo de los itinerarios establecidos. En aquellos casos en que los daños observados se consideraran atribuibles al patógeno serían considerados como *focos* y señalados en la cartografía de campo utilizada.

Dada la dificultad de detección *de visu* de la enfermedad, se consideraron focos de *H. annosum* a *aquellas zonas donde se aprecian pies descalzados con raíces afectadas de la descomposición característica atribuible al patógeno*, especialmente cuando se pudo ratificar el diagnóstico por la presencia de basidiocarpos. A su vez, se distinguieron dos tipos de focos según la aparente actividad del patógeno en los mismos: *focos antiguos* y *focos activos*. *Focos activos* fueron aquellos donde pudo establecerse la proximidad temporal del derribo (acícula aún verde en la copa del pie caído, podredumbre fresca en raíces, micelio fresco del hongo creciendo bajo la corteza). En segundo lugar, fueron considerados *focos antiguos* aquellos donde se previó la implicación del patógeno (pies derribados con evidente podredumbre de raíz), si bien el avanzado estado de degradación de los restos encontrados hizo dudar de la virulencia actual del hongo.

De forma adicional, ante la inespecificidad de los síntomas aéreos observados, aquellas zonas visitadas, con síntomas evidentes, pero donde no fuera posible la identificación de *H. annosum*, fueron incluidas en el censo como *áreas de posible infección*. Bajo esta denominación se agruparon masas con elevada mortandad de pies de *A. pinsapo*, en algunos casos con pies derribados, donde no era posible la identificación *de visu* de un agente causal concreto. También se incluyeron cubiertas donde los ataques del perforador más grave de la especie, el escólido *Cryphalus numidicus* Eichhoff (Coleoptera Scolytidae), presentaba niveles de daño superiores al de masas adyacentes de caracteres estructurales y ubicación semejantes. *H. annosum* pudiera ser uno de los agentes implicados en el aparente declive de estas áreas, si bien su participación no resultó lo bastante evidente para ser consideradas como focos de la enfermedad.

Detectado en campo un foco se procedió a su **delimitación**. En esta fase del muestreo se pretendió estimar la superficie afectada (*superficie del foco*), trasladando su períme-

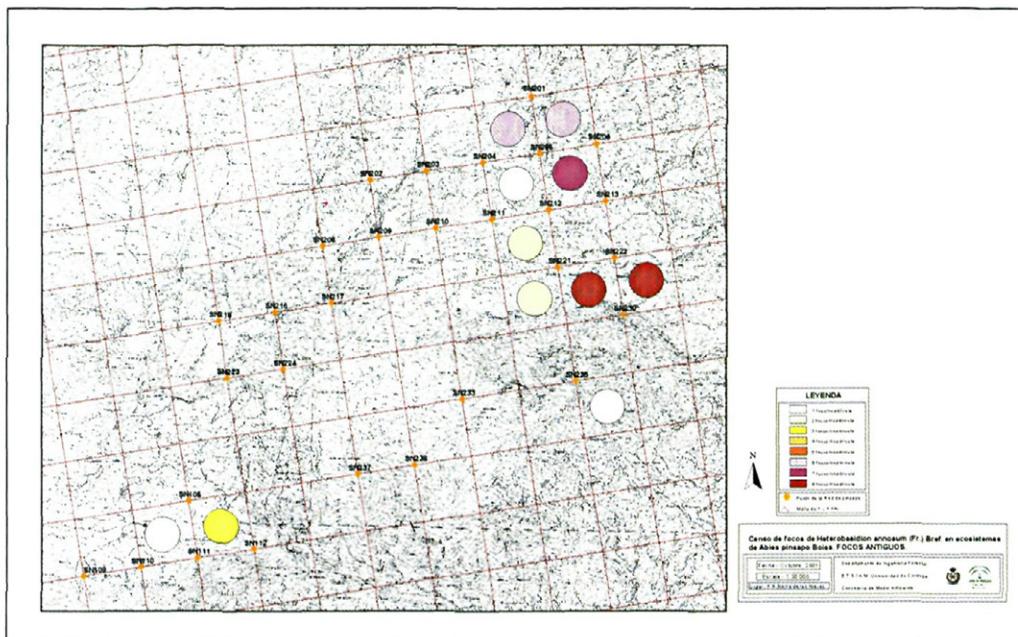


Figura 1: Frecuencia de focos antiguos en Parque Natural Sierra de las Nieves

tro a la cartografía mediante su observación y estima de la superficie, según las siguientes categorías: 1 (<1000 m²), 2 (1000-5000 m²) y 3 (>5000 m²).

Finalmente, se procedió a la **descripción** del foco, para lo que se estableció un conjunto de parámetros a observar, definidos en un manual de campo específico y que fueron cumplimentados en una ficha especialmente concebida al efecto. La información contenida en la ficha se organizó en diferentes campos, destinados, en su conjunto, a ofrecer una descripción del medio y de las características locales de la enfermedad, capaces de establecer una primera estimación sobre su gravedad y expansión en los ecosistemas de *A. pinsapo*. De este modo, durante la planificación del muestreo, se seleccionaron aquellas variables con previsible relación con la enfermedad, que fueron organizadas bajo dos apartados fundamentales:

- Información general: localización geográfica del foco y descripción del medio

- Descripción de la masa forestal afectada y de la enfermedad

Para la descripción del medio, se seleccionaron aquellos parámetros que, además de establecer determinados caracteres generales del enclave (situación orográfica, orientación), pudieran tener implicación con la incidencia y gravedad de una patología de raíz: textura del suelo, pH y labores selvícolas observadas en los focos.

El segundo grupo de datos se ocupan específicamente de describir la masa afectada y evaluar las dimensiones del ataque de *H. annosum*. Espesura de la masa y especies forestales afectadas describen la cubierta, a la vez que número de pies muertos (nº pies), porcentaje estimado de pies afectados (%) y superficie del foco (categoría 1, 2 ó 3), pretenden evaluar el alcance del ataque en el rodal afectado. La espesura es, adicionalmente, una variable con relación directa en la incidencia de la enfermedad, en la medida en que *H. annosum* tiene gran facilidad para difundirse por contacto radical en las masas más densas.

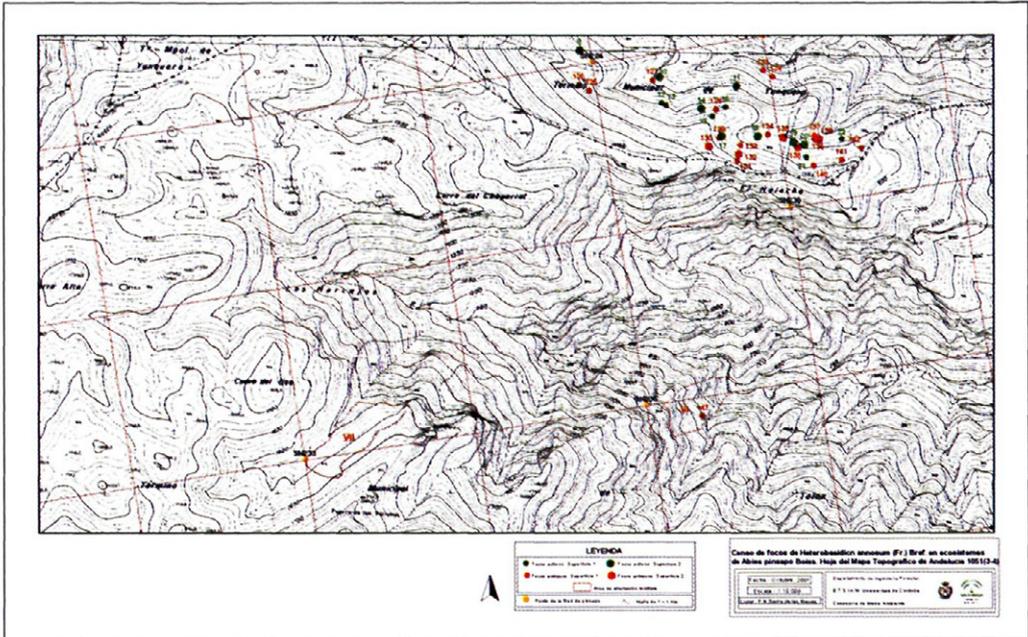


Figura 2: Cartografía de detalle. Distribución de focos y áreas de posible infección en Lajares-Alhucemal (Yunquera; P.N. Sierra de las Nieves).

Por último, se procedió al conteo e integración de los focos en un sistema de información geográfica (ArcView 3.2). Este soporte permitió la salida en una cartografía específica, basada en los vértices de la malla de la Red de pinsapo donde, en cada cuadrícula, se reflejó, mediante un círculo de un color predefinido, el número de focos detectados. Esta cartografía fue elaborada por partida doble, separando focos antiguos y focos activos (**figura 1**) para cada uno de los espacios protegidos de estudio, en formato A2 y a escala 1:30.000. De forma auxiliar, se confeccionaron mapas con la distribución de las áreas de posible infección, además de una cartografía de detalle (formato A2, escala 1:10.000) con la localización individual de los focos (**figura 2**), diferenciados convencionalmente por actividad (focos activos como puntos verdes y antiguos en color rojo) y superficie de incidencia estimada (mayor o menor tamaño de puntos).

RESULTADOS

La primera campaña de censo se llevó a cabo los meses de agosto y septiembre de 2001, en el Parque Natural de Sierra de las Nieves, que presenta la mayor superficie de masas con presencia de *Abies pinsapo* de Andalucía. Con posterioridad, se acudió a Los Reales de Sierra Bermeja en febrero de 2002 y a Sierra de Grazalema en marzo de ese mismo año.

En total, se contabilizaron 81 focos, de los que 26 fueron considerados *focos activos* y 55 *focos antiguos*.

En 64 focos se cumplimentó una ficha de campo específica con la totalidad de los datos. No se rellenó ficha, por el contrario, en aquellos casos en los que el foco no presentaba diferencias respecto a otros próximos, si bien se anotaron unas observaciones generales con las características de la masa y de la enfermedad.

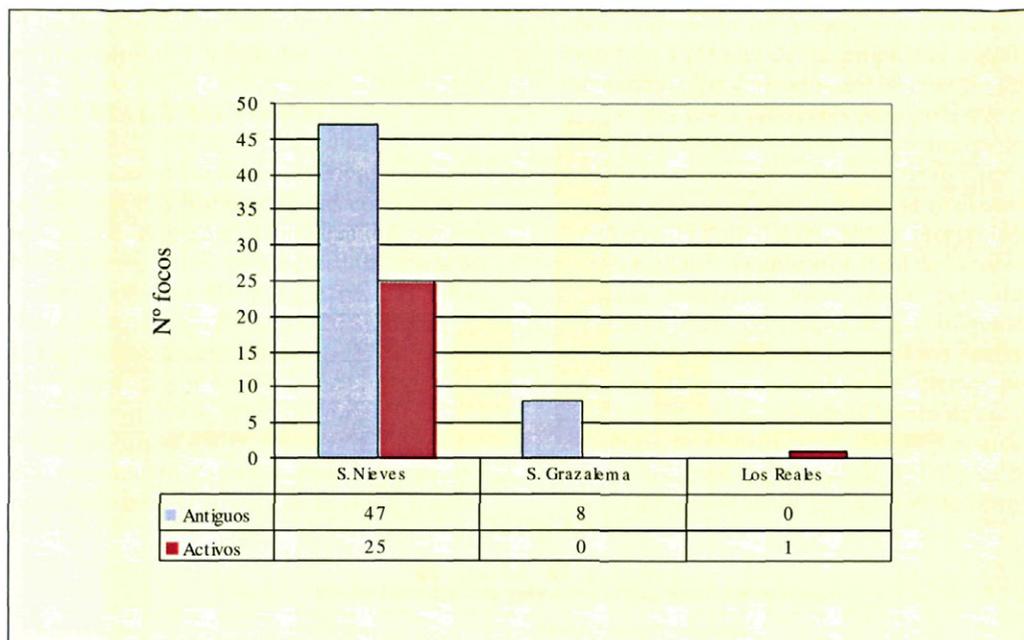


Figura 3: Número de focos según actividad por espacio natural

Los focos más típicos encontrados correspondieron a rasos de tamaño variable, en los que solía aparecer algún tocón antiguo (69 de los 81 focos mostraban restos de cortas de edad variable) y donde se observaron uno o más pies derribados. La masa de la orla, salvo excepciones, era asintomática, no presentando síntomas aéreos. Los pies descalzados correspondían normalmente a individuos adultos o maduros, pudiendo alcanzar grandes alturas y diámetros, pero muy raramente jóvenes. El diámetro normal mínimo detectado en pies derribados por podredumbre atribuible a *H. annosum* fue de 15 cm; adicionalmente, tan sólo fueron dos los pies de estas dimensiones afectados por la enfermedad. Fue común observar en los focos árboles muertos en pie, individuos atacados por perforadores y/o algún pie muy decolorado, pero todos ellos salpicados en la masa o incluso alejados del centro del foco.

En cuanto a estructura, los pinsapares regulares, puros, adultos y muy densos (Lajares, Alhuecema, Puerto Saucillo, en

Sierra de las Nieves) sufrieron las pérdidas más graves, albergando 52 focos, de los cuales 22 fueron descritos como focos activos.

Las masas más maduras e irregulares mostraron indicios de la probable presencia del patógeno, pero no albergaban focos activos y las zonas afectadas aparecían distantes y aisladas entre sí (Cubero, La Chaparrera, pinsapares de Ronda en Sierra de las Nieves; pinsapares de Grazaema; pinsapar de Los Realillos en Sierra Bermeja, con 20 focos antiguos). En este tipo de masas, como se ha anticipado, los pies descalzados, además de ser más escasos, corresponden siempre a los individuos más viejos, de mayores dimensiones, existiendo una aparente preferencia del hongo por los pies dominantes en este tipo de estructuras. En estos pinsapares, estructuralmente más perfectos, existe una aparente situación de equilibrio, en la que caen grandes pies que dejan huecos en la masa y que son pronto colonizados por un regenerado abundante y sano. En los pinsapares más viejos, constituidos por ejemplares en evidente

decrepitud (La Alcazaba, Francaile, Cañada del Cuerno en Sierra de las Nieves; pinsapar de Casares en Sierra Bermeja), no pudo comprobarse la presencia del patógeno ni descartarse de forma concluyente, si bien las podredumbres de troncos y ramas observados, los desgarros, heridas, defoliaciones y decoloraciones parecen más atribuibles a un complejo de diversos agentes de debilidad asociados a la senectud de las masas, que a la acción de *H. annosum*. Por último, son los bosquetes de individuos jóvenes y dispersos los que se mostraron más probablemente exentos de la presencia del hongo, así como aquellas zonas con diversidad de especies, donde *Quercus* sp. tienen una importante representación. Este hecho, muy patente en Sierra de las Nieves, no resulta tan determinante en Grazalema, donde las masas mixtas de *A. pinsapo* y *Quercus faginea* Lam. albergan focos de reducidas dimensiones, aunque con una notable fructificación del patógeno.

En cuanto a especies afectadas en los focos, en la mayoría de los casos el hongo restringió su ataque sobre los pies de *A. pinsapo*, desdeñando otras coníferas existentes. Los individuos de *Pinus* sp. presentes incluso en focos activos de Sierra de las Nieves no sólo no mostraron síntomas externos atribuibles a *H. annosum*, sino que, abordada una comprobación más profunda mediante descalzado con azada de parte de su sistema radical, tampoco mostraron síntoma alguno. De la misma forma, en aquellas zonas donde se detectaron pies de *Pinus* sp. que parecían afectados por *H. annosum* (dos focos en Sierra de las Nieves sobre *P. nigra* Arnold-*P. sylvestris* L. y otro sobre *P. halepensis* Mill.), los pinsapos adyacentes se mostraron aparentemente sanos.

Otro hecho a destacar fue, especialmente en las zonas más afectadas de Sierra de las Nieves (los pinsapares densos de Lajares, Alhucemal y Puerto Saucillo), la aparente vinculación entre el binomio *Cryphalus numidicus* y *H. annosum*, siendo común la coincidencia de núcleos de alto nivel de daño por el perforador en focos del patógeno. En este sentido, se sabe que, además de los

daños directos, *H. annosum* puede originar pérdidas al debilitar los pies afectados y predisponerlos al ataque de otros agentes de carácter secundario (coleópteros perforadores) u otros hongos oportunistas (*Armillaria* sp., etc.) (Sinclair *et al.*, 1987). Así, un 26.4% de los focos de Sierra de las Nieves mostraron altos niveles de daños causados por *C. numidicus* (árboles descopados, con el ápice del característico color naranja, restos de corteza o trozos con las galerías típicas del patógeno, troncos perforados con resina). Las zonas que han sufrido una mayores daños de *C. numidicus* también mostraron una mayor afectación de *H. annosum*, hecho especialmente patente en los pinsapares del término municipal de Yunquera. Del mismo modo, en las áreas de posible infección de este Parque, *C. numidicus* suele estar implicado. Este hecho no ocurre en Grazalema, donde las laderas con mayor incidencia del perforador no albergaban focos.

De forma general, el ataque de *H. annosum* no condicionó, en un primer momento, el establecimiento del regenerado; por el contrario, pareció favorecerlo en ciertas circunstancias. Así, fue posible observar masas muy densas de Sierra de las Nieves, donde la ocupación del sustrato era completa y la luz insuficiente, con lo que la regeneración escaseaba bajo la cubierta. Sin embargo, en los rasos provocados por la caída de pies, o, muchas veces, en la orla de los huecos, las plántulas comenzaron a proliferar. Ninguno de los pies más crecidos del regenerado (de más de 1,5–2 m) en los focos mostró indicios de enfermedad.

Del mismo modo, se detectaron 11 áreas de posible infección, de elevada mortandad de pinsapo, donde la presencia de *H. annosum* no pudo ser establecida de forma concluyente. En ellas se observaron pies descalzados, aunque en un avanzado estado de degradación que impidió la detección de un agente causal concreto. Elevado nivel de daños por perforadores (*Cryphalus numidicus* Eichh.), podredumbres de tronco y raíz, derribos y muertes en pie fueron constantes en este tipo de áreas.

DISCUSIÓN

Una de las primeras observaciones derivadas del muestreo fue la elevada dificultad asociada a la detección *de visu* de *H. annosum* y la delimitación de sus focos, en la medida que se comprobó que la práctica totalidad de pies afectados por el patógeno mostraban una parte aérea asintomática. En 27 focos se detectaron en campo pies descalzados, con las raíces afectadas por el patógeno y cuya parte aérea se mostraba aún verde, nula o escasamente defoliada y carente de decoloraciones o microfilia que hicieran sospechar una patología radical. A falta de evidencias externas, el diagnóstico en campo de la enfermedad hubo de establecerse mediante la observación del sistema radical, aquejado de la podredumbre fibrosa típica, donde, eventualmente, estaba presente el micelio blanco del hongo entre la madera afectada y la corteza. Por lo tanto, queda de manifiesto la imposibilidad de prever si los árboles de la orla del foco, aparentemente sanos, estaban o no infectados. Por ello, la posible expansión del hongo en el foco hubo de ser inducida de la densidad de la masa y de la existencia de contacto radical entre los pies implicados en ella, pero no pudo ser establecida en base a la observación directa. Por la misma razón, no pudo garantizarse la ausencia del patógeno en bosques aparentemente sanos donde no existía ningún pie derribado, como indicio claro del ataque del hongo. En este sentido, la principal limitación del censo fue su restricción a aquellas áreas donde la enfermedad ya se había manifestado en el derribo de pies, no pudiendo establecer previsiones sobre el estado de cubiertas aún sin síntomas secundarios de la enfermedad.

En términos generales, es el Parque Natural Sierra de las Nieves el que mostró una mayor incidencia de la enfermedad, albergando el 88.9% de la totalidad de focos censados. Sin embargo, las zonas de mayor gravedad aparecieron claramente concentradas en montes y parajes concretos, correspondientes a los términos municipales de Yunquera y, en menor medida, a Parauta, donde

aparece la mayor proporción de pinsapares densos en estructuras regulares que, como se ha anticipado, se mostraron como los más gravemente afectados por el patógeno; adicionalmente, fue en este tipo de estructuras donde aparecieron la totalidad de focos activos. Tras una observación de la cartografía de los focos detectados en esta zona, también se pone de manifiesto la concentración espacial de los rodales afectados, siendo patente el riesgo de que el avance de la expansión de la enfermedad en los focos provoque la coalescencia de varios de ellos, generando grandes rasos en el monte.

En segundo lugar, en el P.N. Sierra de Grazalema se detectó un número de focos considerablemente inferior (8 focos antiguos), si bien los rodales afectados aparecieron dispersos por la totalidad del pinsapar, a distintas cotas y en diversidad de estructuras de la cubierta, lo que hace pensar que, junto a la mayor frecuencia de fructificación, el riesgo de infección sea generalizado en toda la Sierra del Pinar. En este caso, no es tan preocupante la apertura de grandes rasos por ampliación de los focos preexistentes, sino el establecimiento de nuevos focos de infección gracias a las basidiosporas del hongo.

Por último, Los Reales de Sierra Bermeja muestra la mayor indeterminación de resultados, al haberse detectado tan sólo un foco en el momento del muestreo, pese a tratarse de una de las zonas con más y más graves crisis fitosanitarias en el pasado, especialmente las atribuidas a *Armillaria mellea* (Vahl.) Kumm. en la década de los 80 (COBOS, 1994; COBOS *et al.*, 1998).

Una constante dentro de los focos fue la manifiesta predilección del patógeno por los pies de *A. pinsapo* frente a otras coníferas presentes. En este sentido, en las masas afectadas de *A. pinsapo* con *Pinus* sp. (*P. halepensis* Mill., o *P. pinaster* Sol. in Aiton, abundantes en Sierra de las Nieves y, especialmente, Los Reales) sólo se observaron pies derribados de pinsapo. Del mismo modo, como se ha anticipado, en los escasos focos en los que el hongo atacó a *Pinus* sp., los pies de pinsapo presentes se mostraron

asintomáticos. Se ha reportado la existencia de hasta tres grupos interestériles de *H. annosum* (Korhonen, 1997) que, aunque no estrictamente específicos, muestran preferencia por distintos huéspedes: *Picea* sp. (grupo S), *Abies* sp. (grupo F) y de *Pinus* sp. (grupo P). En este sentido, parece oportuno abordar un estudio específico en estas sierras para detectar la posible existencia de diferentes grupos del patógeno, abordar su caracterización y establecer previsiones sobre el futuro de otras cubiertas de coníferas presentes en los espacios muestreados, estableciendo, en caso necesario, precauciones en sus tratamientos selvícolas de cara a prevenir problemas asociados.

Por último, debe cuestionarse la aparente situación de equilibrio que se plantea en ciertas masas afectadas, donde los huecos abiertos por la caída de pies son pronto ocupados por un regenerado abundante. Sin embargo, cabe plantearse el futuro de estos individuos con el paso de los años. Se desconoce la persistencia del hongo en la matriz de estudio, si bien se sabe larga en muchas otras especies de coníferas, especialmente en regiones de climas frescos y en tocones de gran tamaño. Se ha consignado, en Gran Bretaña, la persistencia de *H. annosum* en tocones de *Larix* sp. de más de 63 años de edad. En el otro extremo, en las regiones cálidas del Sur de Estados Unidos, la descomposición total de la madera de tocones de *Pinus* sp. se completa en menos de 10 años, acabando con el ciclo infectivo del hongo y dejando el sustrato apto para el establecimiento de una nueva plantación (SINCLAIR *et al.*, 1987). En cualquier caso, se asume que la vida media del patógeno puede rondar los 20 años, siendo éste, sin embargo, un valor altamente dependiente del clima, de la especie hospedante, de las características de la masa forestal y de las medidas de control que pueda incorporar la gestión. Son necesarios los estudios específicos a este respecto para establecer previsiones sobre la futura infección del regenerado actual. Ampliando el mismo punto, no se ha observado tendencia alguna de sustitución de

especies en el regenerado dentro de los focos: si bien, en algunos casos, el regenerado de *Quercus* sp. (fundamentalmente, *Q. ilex* y *Q. faginea*) fue el dominante, no se han encontrado elementos que indiquen que estas especies pudieran estar desplazando a *A. pinsapo* de estas masas.

Por último, en cuanto a las áreas de posible infección, son zonas que constituyen puntos de estudio a abordar en un futuro, tanto en el discernimiento de la implicación efectiva del patógeno, como en la detección y caracterización de lo que pudiera ser un proceso de decaimiento de *Abies pinsapo*, donde clima, posibles patógenos de suelo e insectos pudieran estar interactuando para generar la situación observada de declive actual.

Con todo, *H. annosum* se ha manifestado como el más frecuente patógeno de raíz de *A. pinsapo*, además del principal generador de pérdidas en el presente, junto al perforador *Cryphalus numidicus*. Especialmente los pinsapares más densos de Yunquera y, en menor medida, Parauta (Sierra de las Nieves), requieren de medidas de control para detener el avance del patógeno en sus abundantes focos activos. En ese sentido, se pretende abordar en un futuro inmediato ensayos para la puesta a punto de tratamientos, de índole fundamentalmente selvícola, tendientes a eliminar el alto nivel de inóculo en el monte y a impedir un mayor avance de la enfermedad en los focos ya establecidos para frenar las pérdidas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la participación del Servicio de Ordenación de los Recursos Forestales- Departamento de Plagas y Enfermedades, de la Dirección General de Gestión del Medio Natural de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, a través del Acuerdo Específico con la Universidad de Córdoba para "Desarrollo de modelos de evaluación de daños producidos por la Seca de especies del género *Quercus* en Andalucía. Propuestas de Solución".

ABSTRACT

R.M. NAVARRO CERRILLO, C. CALZADO MARTÍNEZ, M.E. SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, J. LÓPEZ QUINTANILLA, A. TRAFERO CASAS. 2003. Inventory of gaps caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in ecosystems of *Abies pinsapo* Boiss. *Bol. San. Veg. Plagas*, 29: 581-592.

We expose the results of an inventory of gaps of trees of *Abies pinsapo* with root decay caused by *Heterobasidion annosum*. The sampling was developed in ecosystems with *Abies pinsapo* Boiss., in the species natural areas of the Iberian Peninsula: Sierra de las Nieves (Málaga, Spain), Sierra de Grazalema (Cádiz, Spain) and Los Reales de Sierra Bermeja (Málaga, Spain). The pathogen research was restricted to the observation of the radical systems in windthrown trees, identification in roots and further delimitation of the affected surface. The pathogen was identified in 81 infection centers, additionally accounting 11 areas of high mortality of *Abies pinsapo* trees (areas of possible infection), where the presence of *H. annosum* was not certain but considered possible. Sierra de las Nieves Natural Park was the most affected area, reaching the 88.9% of the total amount of infections centers. Sierra de Grazalema showed a lower incidence, although the stand features and disease particularities in this Park make us suspect a general and high risk of infection all over the *A. pinsapo* forest. Finally, Los Reales was the least affected zone, with only one infection center with root decay caused by *H. annosum*.

Key words: *Abies pinsapo*, *Heterobasidion annosum*, root decay, infection centers, areas of possible infection.

REFERENCIAS

- AAMLID, D.; TORSETH, K.; VENN, K.; STUANES, A. O.; SOLBERG, S.; HYLEN, G.; CKRISTOPHERSEN, N.; FRAMSTAD, E. 2000. *Changes of forest health in Norwegian boreal forests during 15 years*. En: *Forest Ecology and Management* 127 (2000) pp. 103-108.
- BENDZ-HELLGREN, M.; LIPPONEN, K.; SSOLHEIM, H.; THOMSEN, I.M., 1998. *The nordic countries*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon pp. 333-346.
- CAMARERO MARTÍNEZ, J. J. sf. *El decaimiento del abeto en los Pirineos*. En: URL <http://www.aragob.es/ambiente/04ma/04pag/04ma18.htm>
- COBOS SUÁREZ, J. M. 1994. *Estado fitosanitario de los pinsapares andaluces*. En: *Gestión y Conservación de los pinsapares andaluces*. Asociación Forestal Andalucía. Cádiz.
- COBOS SUÁREZ, P.; MARTÍNEZ SAAVEDRA, G.; GUTIÉRREZ TEJADA, G. A.; MIGUEL MARTÍNEZ, F. J.; COBOS SUÁREZ, J. M. 1998. *Estado Fitosanitario de las masas de Abies pinsapo Boiss*. Departamento de Producción Vegetal: Botánica y Protección Vegetal. Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Forestales. Universidad Politécnica de Madrid.
- DANS DEL VALLE, F.; FERNÁNDEZ DE ANA-MAGÁN, F. J.; ROMERO GARCÍA, A. 1999. *Manual de selvicultura del Pino radiata en Galicia*. En: URL http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/pinoradiata/cap5_3.html
- DIMITRI, L.; TOMICZEK, C. 1998. *Germany and Austria*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 355-368.
- FILIP, G.M.; MORRISON, D.J. 1998. *North America*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 405-428.
- FODOROV, N. 1998. *Eastern Europe and Baltic countries*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 387-404.
- GREIG, B.J.W. 1998. *Field recognition and diagnosis of Heterobasidion annosum*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 35-42.
- KORHONEN, K. 1997. *Annosum Root Rot*. En: HANSEN, E. M.; LEWIS, K. J. (Eds.). *Compendium of Conifer Diseases*. American Phytopathological Society. St. Paul. MN. pp 12-13.
- KORHONEN, K.; STENLID, J. 1998. *Biology of Heterobasidion annosum*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 43-70.
- MONTAÑA MORENO, R.; LÓPEZ ARIAS, M. 1997. *La Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Nivel I). España, 1986- 1997*. Publicaciones del O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 557 pp. Madrid.
- MORRISON, D.J.; REDFERN, D.B. 1994. *Long-term development of Heterobasidion annosum in basidiospore-infected Sitka spruce stumps*. *Plant pathology* 43, 897-906.
- NAVARRO CERRILLO, R.M.; FERNÁNDEZ REBOLLO, P.; RUIZ NAVARRO, J.M. 2000. *Manual de campo para establecimiento de los puntos de la Red Andaluza de Daños sobre ecosistemas forestales en Andalucía*. Servicio de Ordenación de los Recursos Fores-

- tales. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- NAVARRO CERRILLO, R.M.; CALZADO MARTÍNEZ, C. 2001. *Manual de campo para establecimiento de los puntos de la Red de Equilibrios Biológicos en Ecosistemas con presencia de pinsapo (Abies pinsapo Boiss.)*. Servicio de Ordenación de los Recursos Forestales. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- REDFERN, D.B.; STENLID, J. 1998. *Spore dispersal and infection*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 105-124.
- REDFERN, D.B.; WAED, D. 1998. *The UK and Ireland*. En: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*. CAB International, Oxon. pp. 347-354.
- SINCLAIR, W. A.; LYON, H. H.; JOHNSON, W. T. 1987. *Diseases of Trees and Shrubs*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. London.
- SMITH, I. M.; DUNEZ, J.; LLELIOTT, R. A.; PHILLIPS, D. H.; ARCHER, S. A. 1992. *Manual de enfermedades de las plantas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Title: Inventory of gaps caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. in ecosystems of *Abies pinsapo* Boiss.
- (Recepción: 3 febrero 2003)
(Aceptación: 27 febrero 2003)