

Protección contra las enfermedades e insectos forestales *

F. ROBREDO y D. CADAHIA

Se comentan los principales problemas fitosanitarios presentes actualmente en los bosques. Entre los causados por agentes autóctonos se destacan el retroceso paulatino de los cedrales naturales del Norte de Africa y de los abetos blancos y pinsapos así como el decaimiento de las formaciones naturales de *Quercus* en Europa. Entre los causados por organismos nocivos introducidos en nuevas áreas geográficas se mencionan *Ceratocystis ulmi*, *Phoracantha semipunctata* y *Rhyacionia buoliana* que hace décadas salieron de sus lugares de origen, pero que aún continúan invadiendo nuevas zonas. Son recientes las introducciones de *Bursaphelenchus xylophilus* en China y Taiwán y de *Hemiberlesia pitysofila* en China continental. Las cuarentenas y las inspecciones fitosanitarias deben proporcionar un nivel de protección adecuado sin crear barreras inaceptables al comercio y minimizando los riesgos.

Las medidas selvícolas permiten sanear los bosques y prevenir la acción de organismos secundarios aunque, si se realizan mal, pueden ser contraproducentes. Las feromonas sexuales y agregativas han proporcionado resultados alentadores, pero es preciso continuar investigando posibles técnicas de control más eficaces. La lucha biológica no se ha desarrollado suficientemente en el ámbito forestal, aunque es una exigencia de la sociedad actual. La lucha química es necesaria en casos graves que exigen una solución inmediata pero pueden crear un círculo vicioso que obligue a tratar periódicamente, como sucede en Norteamérica con *Choristoneura*. Sólo deberán utilizarse plaguicidas de gran selectividad fisiológica y ecológica, a dosis mínimas, con técnicas de aplicación que minimicen su impacto. La persistencia selectiva puede disminuir el número de intervenciones químicas reduciendo los impactos ecológicos. Existe una buena base científica para ser utilizada en el MIP, pero no suele estar disponible en forma adecuada. Es preciso resolver los problemas de transferencia tecnológica que presenta para utilizarla adecuadamente en el MIP.

F. ROBREDO y D. CADAHIA. Drs. Ingenieros de Montes. Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Juan Bravo, 3-B 28006 Madrid.

Palabras clave: Decaimiento, control, impacto ecológico, manejo integrado.

INTRODUCCION

Dentro del concepto «Protección del Patrimonio forestal» los problemas que plantean los agentes nocivos, bióticos y abióticos, presentan el máximo interés como causa del deterioro de los bosques, de sus pro-

ducciones y de sus valores estéticos y recreativos.

Los procesos de deterioro han puesto de manifiesto que grandes superficies forestales pueden desaparecer como consecuencia de la acción de organismos que, en un momento dado, por motivos muchas veces desconocidos, o en coincidencia con factores ambientales desfavorables, desarrollan altos niveles poblacionales.

Otro problema de gran importancia que se presenta actualmente a los forestales es

* Este trabajo ha sido presentado por el primer autor como Memoria Especial dentro del tema: «Protección contra agresiones bióticas y abióticas» en el IX Congreso Forestal Mundial celebrado en París los días 17 al 26 de septiembre de 1991.

la introducción y dispersión de organismos nocivos a los bosques en nuevas áreas geográficas. Este proceso, aunque no es nuevo, ha ido acentuándose durante la última década, como consecuencia del dinamismo adquirido por los intercambios comerciales y turísticos. Esto ha dado lugar a que muchos países, especialmente europeos, hayan reforzado las medidas de cuarentena. Sin embargo, algunos especialistas han criticado la lentitud de las Administraciones públicas en poner en vigor las reglamentaciones fitosanitarias aprobadas internacionalmente (COUTIN, 1981). También han habido voces y presiones en sentido contrario, exigiendo una suavización de las medidas cuarentenarias en aras de una mayor liberalización del comercio internacional. Pero no hay que olvidar que la legislación de cuarentenas y la inspección fitosanitaria tienen por objeto proporcionar un nivel adecuado de protección contra agentes perjudiciales foráneos sin crear barreras inaceptables al libre comercio entre los países. En este aspecto, las medidas de cuarentena son un factor importante en la protección de los montes como medida preventiva, aunque hay que admitir ciertos riesgos que deben evaluarse en cada caso.

Recordemos también que para resolver los problemas fitosanitarios forestales hay que utilizar los medios más adecuados dentro del contexto del Manejo Integrado de Plagas (MIP), que busca el mínimo impacto ecológico posible de las intervenciones, particularmente las químicas, salvaguardando así los intereses económicos y de conservación de la naturaleza y salud pública.

El objeto de esta Memoria Especial es dar una idea general de la situación actual de la Protección de los bosques contra las enfermedades e insectos y del desarrollo de las nuevas aportaciones en la materia.

PROCESOS RECIENTES DE DECAIMIENTO

En el Norte de Africa el decaimiento de las masas naturales de *Cedrus atlantica* en

las Montañas del Atlas, es un problema complejo. Las manifestaciones más evidentes son las crisis agudas de decaimiento que ocurren periódicamente, con la presencia casi inevitable de insectos y hongos xylófagos, los cuales contribuyen a la degradación del bosque. Algunos de estos cedrales son viejos fustales constituidos por árboles de mucha edad que han sobrevivido a diversas influencias negativas, sobre todo climáticas, a los incendios repetidos y a toda clase de abusos. Estos cedrales no son ya capaces de regenerarse por sí mismos por lo que se encuentran en vías de desaparición. Últimamente, la intensa sequía padecida durante varios años consecutivos al principio de la pasada década, agravada por los vientos secos y cálidos del desierto ha dado lugar a invasiones de perforadores subcorticales de la madera, principalmente el Buprestido *Melanophila marmotani* Fairm. (CADAHIA, 1987).

En Europa, los abetos *Abies pectinata* y *Abies pinsapo*, y en el Norte de Africa *Abies numidica*, se encuentran también en franca regresión. *A. pectinata* está sufriendo los fuertes ataques del muérdago, *Viscum album* L. que, al ir secando las ramas y las cimbras de los abetos, va causando en ellos un decaimiento gradual, debilitándolos, al mismo tiempo que tiene lugar una puesta en luz que favorece el desarrollo de otras especies e impide la regeneración natural de los abetales. Desde los Pirineos hasta los Alpes, la desaparición de los abetales es un hecho constatable desde hace varios años siendo más grave la situación según se avanza más hacia el Norte (ROBREDO, 1986).

Abies pinsapo sufre también un debilitamiento notable. El hongo *Fomes annosus*, junto con insectos xylófagos como *Dioryctria aulloi* y el perforador subcortical *Criphalus numidicus* están causando graves destrozos en las masas autóctonas españolas (COBOS, 1990). Un proceso análogo está ocurriendo también en el Norte de Africa en las masas de *Abies numidica*.

En Europa se observa desde hace unos años un debilitamiento de las masas del gé-

nero *Quercus*. Es un problema complejo en el que, al parecer, están implicados diversos factores tanto bióticos como abióticos. Entre estos se habla de sequía y/o de exceso de lluvias, llegándose a achacar en algunos casos la muerte de encinas, *Quercus ilex* L. y de alcornoques, *Quercus suber* L., a problemas de hidromorfía. También están implicados en este problema los hongos de desequilibrio *Diplodia mutila* e *Hipoxylon mediterraneum* (De Not.) Mill. y hay forestales que comparan los síntomas a los producidos por *Ceratocystis fagacearum* (Bretz.) Hunt., causantes de la «marchitez de los robles» (oak wilt). Si esto se confirmara, las dimensiones del problema serían enormes para Europa pues podría suponer una amenaza ecológica y económica muy superior al desastre causado por la enfermedad holandesa del olmo, ya que puede contar con un escoltído transmisor muy eficaz, *Scolytus intricatus* Ratz. (MAPA 1990). Un hecho a favor es que los *Quercus* blancos, del Grupo *Leucobalanus*, al cual pertenecen la mayoría de los *Quercus* europeos, presentan una mayor resistencia y se pueden considerar medianamente susceptibles (GIBBS *et al.* 1984).

INTRODUCCION DE NUEVOS AGENTES NOCIVOS

El ejemplo más conocido que está en plena actualidad en Europa, es el de *Ceratocystis ulmi*. Después de haber invadido el continente europeo en la segunda década de este siglo, probablemente procedente de Asia (HEYBROEK, 1967) pasó a Norteamérica reinvasiéndola nuevamente Europa en la década de los 70 y principios de los 80, después de haber mutado genéticamente originando una cepa hipervirulenta que está devastando aún el Continente Europeo (BRASIER, 1986). España y Portugal fueron los últimos países alcanzados, entre 1980 y 1981. Actualmente se sufren aún en ambos países los últimos efectos del hongo que ya ha destruido prácticamente la totalidad de las olmedas.

Phoracantha semipunctata, cuya primera detección fuera de Australia se realizó en la República Sudafricana en 1906, sigue dando muestras de su gran potencialidad de dispersión y adaptación ya que ha colonizado casi todas las zonas repobladas con *Eucalyptus*. Actualmente es un factor limitante en algunas regiones de la Península Ibérica y del Norte de Africa (CADAHIA, 1986). Ultimamente, se ha citado en Bolivia (ZELLES, 1984) y en California (FAO, 1987).

En 1979, el nematodo *Bursaphelenchus xylophilus* se detectó sobre *Pinus nigra* en Missouri (EE. UU.). Se supone que actualmente está presente en todo el país sin causar daños en los pinos autóctonos. En 1971 se detectó en Japón sobre *P. thumbergi*, aunque se cree que estaba introducido en el país desde principios de siglo. En 1979 causó los mayores daños de la historia en Japón, ascendiendo a 2,4 millones de m³ la madera destruida por el nematodo (MAMIYA, 1987). SUN en 1982 lo encontró en China, cerca de Nanjing sobre una plantación ornamental de *P. thumbergi* Parl. y en 1985 se detectó en Taiwán, cerca de Taipei (TZEAN *et al.*, 1985) sobre *P. luchuensis*. También en Francia ha sido citado sobre *P. pinaster* pero, al igual que en China continental, ha habido algunas discrepancias taxonómicas (WANG *et al.*, 1985) que impiden conocer la distribución actual del nematodo en China y niegan su existencia en Francia.

Los pinos norteamericanos y chinos son resistentes al nematodo (MAMIYA, 1983). En cambio, los pinos europeos y japoneses, especialmente *P. thumbergi* Parl. y *P. densiflora* Sieh et Zucc. son susceptibles. Esto hace suponer que el nematodo fue introducido en Japón. Los insectos vectores, del género *Monochamus* existen en Norteamérica y en el Continente Euroasiático. *M. alternatus* es el vector más importante en Asia. El movimiento de troncos infestados, junto con sus vectores, parece ser el modo de propagación más efectivo. La entrada en Europa de *B. xylophilus* puede plantear graves problemas. Para evitarlo, los países



Fig. 1.—Eucaliptal atacado por *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Foto D. Cadahía).



Fig. 2.—Tronco de eucalipto atacado por *Phoracantha semipunctata* Fabr. (Foto D. Cadahía).

nórdicos y la CEE han prohibido la importación de coníferas procedentes de Canadá, China, Japón, EE. UU. y Taiwán si no están estufadas.

En mayo de 1982 se descubre en China continental, en las proximidades de Hong Kong y Macao la iniciación de un proceso de decaimiento y muerte de los pinares de *Pinus massoniana* Lamb. producido por la cochinilla diaspina *Hemiberlesia pitysophi-la* Takagi, probablemente introducida en Hong Kong sobre árboles de Navidad procedentes de Japón o Taiwán. En 1987 la superficie afectada por la plaga alcanzaba ya 420.000 Ha con una progresión imparable del proceso que amenaza a 2,5 millones de hectáreas pobladas por *Pinus massoniana* en la provincia de Guangdong y gran parte

de los 12 millones de hectáreas pobladas con la misma especie, repartidas en el resto de la geografía china. Pese al gran esfuerzo realizado por los especialistas y forestales chinos en el conocimiento del problema y en su resolución, por el momento, sólo presenta algunas probabilidades de éxito la introducción de entomófagos procedentes del área de distribución natural de *H. pitysophi-la*. No obstante, se estima conveniente avanzar en la puesta a punto de la lucha química como medio auxiliar para el reforzamiento de las barreras naturales existentes e impedir así la rápida extensión de la plaga (CADAHIA, 1989).

La polilla europea de los brotes del pino, *Rhyacionia buoliana* Schiff., invadió Argentina y Uruguay hace algunas décadas.



Fig. 3.—Avión Antonov utilizado en la lucha química contra *Hemiberlesia pitysophila* Takagi en China. (Foto D. Cadahía).

Fig. 4.—Repoblación por siembra de *Pinus massoniana* Lamb. fuertemente atacada por *Hemiberlesia pitysophila* Takagi en la Provincia de Guangdong, China. (Foto D. Cadahía).

Fig. 5.—*Hemiberlesia pitysophila* Takagi sobre acículas de *Pinus massoniana* Lamb. (Foto: Departamento Forestal de Guangdong).

En 1985 apareció en el sur de Chile desde donde se ha difundido hacia el norte infestando las extensas repoblaciones de *P. radiata* que ocupan una superficie de más de 1.250.000 Ha. Esta plaga está interfiriendo en los métodos selvícolas utilizados para la producción de madera sin nudos, de grandes escuadrías. Como consecuencia, el valor de la madera, al perder calidad, baja de precio y parte de ella tendría que dedicarse a otros usos (ROBREDO, 1988).

El pulgón de los cipreses, *Cinara cupressi* se encuentra distribuido ampliamente en el Hemisferio Norte, de donde es nativo. En 1986 se descubrió en Malawi y en 1987 en Tanzania. Posteriormente, ha sido citado en Burundi, Kenya, Rwanda, Uganda, Zaire y Zimbabwe. En estos climas cálidos *C. cupressi* se reproduce partenogénicamente durante todo el año. Esto unido a la falta de enemigos naturales ha hecho que sus poblaciones se disparen rápidamente. Kenya ha sido el último país en descubrir este pulgón en marzo de 1990. Actualmente el insecto está presente en más del 80 % de los bosques del país, causando graves daños (CIESLA, 1990).

Para evitar estos procesos catastróficos sólo podemos aplicar medidas estrictas de cuarentena, y una rígida inspección fitosanitaria.

EL CONTROL DE PLAGAS FORESTALES EN LA PRACTICA

Además de las medidas de cuarentena, la selvicultura y los cuidados culturales son la base de la prevención y lucha contra las plagas y enfermedades forestales. La práctica de una buena selvicultura ha minimizado muchos problemas.

Muchas veces, los únicos medios de lucha contra determinadas plagas forestales están basados en prácticas y tratamientos selvícolas. Estas prácticas nos permiten modificar una estructura forestal deficiente, vigorizando la masa, saneando los montes al eliminar los árboles atacados por perfora-

dores u hongos y eliminando las causas de los problemas.

La destrucción mecánica de perforadores de troncos de coníferas, atraídos por árboles cebo, se ha utilizado ampliamente en Europa contra *Ips* sp., *Tomicus* sp. y otros. BAKKE (1982) ha utilizado en Noruega este sistema contra *Ips typographus* a escala operacional con troncos cebo impregnados con sus feromonas agregativas y previamente tratados con insecticida.

Un manejo selvícola inadecuado puede llevar a situaciones no deseadas. La «racionalización» de las operaciones de corta, descortezado y saca de la madera en varios países del Norte de Europa dieron lugar a un aumento notable de la población de perforadores y sus daños. Los árboles apeados durante la estación fría quedan en el monte hasta el verano para ser entonces descortezados mecánicamente sirviendo de lugar de cría y desarrollo de los perforadores (WAINHOUSE, 1985).

Las feromonas sexuales se han utilizado para la determinación de los períodos de vuelo de algunas plagas y/o para conocer su abundancia. Como método de lucha se ha utilizado en dos vertientes: la captura masiva de machos, en la cual los éxitos pueden considerarse relativos y la confusión sexual o prevención de la cópula. La captura masiva parece más adecuada para perforadores subcorticales que para lepidópteros (BAKKE, 1982).

En España se lleva a cabo un amplio programa de captura masiva de machos de procesionaria del pino en pinares previamente tratados que mantienen niveles muy bajos de población. El objetivo es mantener esos bajos niveles (CUEVAS *et al.*, 1983).

En Inglaterra y en España se ha ensayado la feromona sexual de *Rhyacionia buoliana* para prevenir la cópula. En España los daños se redujeron al 30 % de los habidos en la generación anterior (ROBREDO, 1985). Actualmente se siguen estudios análogos en Chile.

Los intentos experimentales de prevención de la cópula mediante feromonas sexuales casi nunca han proporcionado re-



Fig. 6.—Ciprés mejicano en últimos estados de daño del pulgón *Cinara cupressi* en Kenya. (Foto W. M. Ciesla).

sultados prácticos. Sus componentes menores tienen gran importancia en la actividad de la pareja en las sucesivas etapas etológicas. Si falta alguno de estos componentes menores o no están presentes en las debidas proporciones se pueden alterar las pautas de comportamiento y no conseguirse la prevención de la cópula que es el objetivo final.

En cambio, la utilización de feromonas sexuales para determinar las épocas de vuelo de los imagos, para el seguimiento de las poblaciones y/o para la detección de nuevas invasiones, como se está haciendo en Chile para la detección de la polilla del brote del pino es muy útil y se utiliza ampliamente (ROBREDO, 1988).

La lucha biológica, como exigencia de la



Fig. 7.—Colonia de *Cinara cupressi* sobre ciprés. (Foto W. M. Ciesla).

sociedad actual, no ha llegado a desarrollarse lo suficiente en el ámbito forestal. En Europa, hasta la fecha, se ha utilizado poco. La mayor contribución de Europa ha sido como fuente de insectos beneficiosos (WAINHOUSE, 1985).

Uno de los mayores éxitos de la lucha biológica en Europa tuvo lugar en la década de los 20 al introducirse el calcidido *Schedius kuwanae*, parásito de huevos de *Lymantria dispar*, procedente de Norteamérica. Actualmente este insecto se encuentra repartido por toda la Península Ibérica y Norte de África. En Australia el nematodo *Deladenus siricidicola* ha demostrado su utilidad en la lucha contra *Sirex noctilio* (ZONDAG, 1985).

En Chile se lleva a cabo actualmente por

el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) un programa de lucha biológica mediante la introducción del Bracónico *Orgylus obscurator*, parásito larvario de *Rhyacionia buoliana*. La elección de este único parásito se basó no sólo en su mayor efectividad sino en la eliminación de los riesgos de hiperparasitismo y cleptoparasitismo que habrían surgido al importar todo el complejo parasitario europeo, como sucedió en Norteamérica (SCHROEDER, 1986).

La utilización de las hormigas rojas ha sido muy discutida por diversas razones. Su utilización en masas forestales de crecimiento rápido sería incompatible con su manejo intensivo (WAINHOUSE, 1985).

La lucha química en los bosques es aún necesaria para resolver problemas graves que requieren una solución inmediata. Sin embargo, estas intervenciones casi nunca resuelven el problema de manera definitiva. Baste mencionar la problemática creada por *Choristoneura* sp. en Norteamérica. La defoliación de los bosques de coníferas durante la época de brotación causa la muerte del arbolado ocasionando grandes pérdidas económicas y ecológicas. Durante las últimas décadas las poblaciones de *Choristoneura* se han mantenido a niveles muy altos a pesar de tratar casi todos los años (FELLIN, 1983) y, quizás, como consecuencia de ello. Las técnicas de aplicación y los productos utilizados hasta entonces no proporcionaban la eficacia deseable además de perturbar las interrelaciones entre la plaga y sus enemigos naturales, dando lugar a un desequilibrio que no permitía la estabilización de la plaga por debajo de su umbral económico práctico. La aparición de plagas de ácaros inducida por los tratamientos químicos llegó a causar daños tan graves como los originados por la defoliación de *Choristoneura* (DAHLSTEIN y DREISTADT, 1984).

Además de los gastos cuantiosos y los graves daños ecológicos que estos tratamientos conllevan, se originó un círculo vicioso difícil de romper como consecuencia de la dependencia creada por los tratamientos químicos, que siguen siendo imprescin-

dibles para evitar la muerte del arbolado.

Actualmente, las nuevas formulaciones de *Bacillus thuringiensis* y de los reguladores del crecimiento de los insectos, preparadas para su aplicación con la técnica ULV parecen haber resuelto estos problemas.

Si fuera imprescindible intervenir químicamente deberán utilizarse plaguicidas que tengan una gran selectividad fisiológica y ecológica y técnicas adecuadas de aplicación que minimicen su impacto. De esta forma, la utilización de plaguicidas puede ser un componente importante de la lucha integrada. En este contexto, las aplicaciones aéreas a volúmenes ultra bajos (ULV) permiten aplicar cantidades muy pequeñas de producto con un reparto muy uniforme y con gotas pequeñas de tamaño controlado que nos permiten obtener los efectos biológicos deseados. Esta técnica ULV se aplica extensamente en Europa, Africa del Norte y América contra numerosos defoladores forestales.

La manera en que las relaciones depredador-parásito-presa se ven afectadas por las diferentes técnicas de aplicación es compleja e implica muchos factores. Debería prestarse más atención a este problema.

IMPACTO ECOLOGICO DE LAS INTERVENCIONES QUIMICAS

Las interacciones entre las poblaciones de las distintas especies presentes en un ecosistema forestal muestran un número casi infinito de combinaciones. Por eso los mecanismos biológicos y químicos a través de los cuales incide un plaguicida en el monte son difíciles de predecir.

Ecológicamente, la lucha contra plagas puede considerarse como un ejercicio de selectividad toxicológica en el que la actividad biocida absoluta no es lo más importante. La selectividad fisiológica presenta mayores ventajas que la ecológica porque es independiente de las condiciones de aplicación, pero es de difícil consecución porque muchos de los procesos vitales sobre los que puede interferir el plaguicida son co-

munes a muchas especies. Los insecticidas convencionales actuales presentan, en general, poca selectividad fisiológica ya que actúan sobre el sistema nervioso, con un modo de acción que afecta también a los animales de sangre caliente, aunque hay excepciones.

Los piretroides presentan una selectividad fisiológica muy favorable entre insectos y animales de sangre caliente pero tienen un gran poder insecticida y un amplio espectro de acción, por lo que no presentan selectividad frente a la fauna entomológica. Por esta razón la utilización de piretroides en los ecosistemas forestales debe reservarse para casos concretos, bien estudiados, debido a su acción sobre la fauna de artrópodos. Sólo en épocas frías de escasa actividad y a dosis extremadamente bajas podemos recomendar su utilización, como en los tratamientos de otoño contra la procesionaria del pino con dosificaciones de 0,6 a 2,5 g ma/ha, según el piretroide a utilizar.

En la búsqueda de la selectividad fisiológica se han considerado los pocos procesos bioquímicos o fisiológicos presentes en los insectos y ausentes en los demás organismos de sangre fría o caliente. La metamorfosis ofrece esta oportunidad, de ahí el desarrollo de los reguladores de crecimiento como diflubenzurón y los más recientes triflumurón, hexaflumurón, flufenoxurón, teflubenzurón, etc., que actúan por ingestión y sólo afectan a los estados larvarios. Las dosis de aplicación también son bajas, de 30 a 56 g ma/ha proporcionando una gran eficacia contra orugas defoliadoras (ROBREDO, 1990).

Algunas aplicaciones con reguladores del crecimiento nos permiten introducir un nuevo concepto, ya definido por CADAHIA y ROBREDO en 1985, dentro de la selectividad ecológica. Se trata de la denominada *persistencia selectiva* que tiene lugar cuando el plaguicida queda activo por bastante tiempo en la acículas y hojas persistentes mientras permanezcan en el árbol, degradándose y perdiendo actividad al incorporarse al suelo. De esta manera, los defolia-

dores, al ingerir el follaje durante sus fases larvarias, tiempo después de la aplicación, van muriendo paulatinamente al mudar, mientras que el resto de los artrópodos no defoliadores no sufren las consecuencias del tratamiento. De esta manera es posible el tratamiento de dos defoliadores no simultáneos con una sola aplicación.

La selectividad fisiológica entre los insectos plaga y los demás es posible al emplear entomopatógenos microbianos y sus toxinas. Entre ellos se encuentran las diversas cepas de *Bacillus thuringiensis* Berliner. Estas formulaciones han cambiado radicalmente al introducirse nuevas técnicas de ingeniería genética en su proceso de biosíntesis, habiéndose eliminado los problemas de producción que presentaba y mejorado mucho su eficacia.

Las granulosis y polihedrosis víricas han recibido también atención como posibles plaguicidas selectivos, pero la necesidad de su reproducción masiva sobre animales o tejidos vivos para obtener formulaciones estables han hecho que su uso, hasta la fecha, sea sólo experimental.

Recientemente, la biotecnología ha producido una serie de nuevas moléculas de la familia de las lactonas macrocíclicas. Su modo de acción como agonistas del neurotransmisor, ácido gamma-aminobutírico, en las uniones neuromusculares de los artrópodos y sus bajas dosificaciones han presentado nuevas perspectivas en los primeros ensayos contra defoliadores forestales (DEECHER *et al.*, 1990). Su mayor polaridad reduce su penetración cuticular y su selectividad y actividad translamina aumentan su seguridad.

El uso de plaguicidas selectivos, tanto ecológica como fisiológicamente, y la utilización de técnicas de aplicación mínimamente contaminantes son los métodos más seguros para reducir el impacto ecológico de las aplicaciones plaguicidas.

APLICACIONES DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)

La modelización de un sistema de manejo integrado de plagas presenta una gran

complejidad. La diversidad ecológica de las áreas forestales y la diferente actitud de los países respecto a las plagas y enfermedades forestales hace que el enfoque del manejo de plagas sea también muy diverso. Además, son pocas las plagas forestales, estudiadas a fondo, que nos permitan establecer un sistema de manejo integrado. En Norteamérica se han investigado a fondo varias plagas forestales, principalmente los escolítidos *Dendroctonus frontalis* Zimm. (THATCHER *et al.*, 1980), *D. ponderosae* Hopkins, *D. brevicornis* LeConte y los lepidópteros *Lymantria dispar* L. (DOANE y MCMANUS, 1981), *Orgyia pseudotsugata* McDunnough (BROOKS *et al.*, 1978), *Choristoneura fumiferana* Clemens y *Choristoneura occidentalis* Freeman (BROOKS *et al.*, 1987). Cada uno de estos programas contribuyó al conocimiento más profundo de estos insectos y a la evolución y desarrollo del concepto de Manejo Integrado de Plagas. Pero su influencia sobre las prácticas del MIP y sobre la reducción de daños era dudosa. Los conocimientos obtenidos en estos estudios proporcionaron una sólida base para el MIP. Sin embargo, aunque estos conocimientos estaban potencialmente disponibles para tomar decisiones, en la práctica, la mayor parte no eran accesibles para los usuarios y, por tanto, no eran utilizados por éstos. Nosotros sostenemos, como otros muchos autores (COULSON *et al.*, 1989), que uno de los problemas básicos del MIP se centra en la manera de utilizar eficientemente la información actual y futura. Esta información debe organizarse, integrarse, interpretarse y distribuirse en un formato adecuado para que sea utilizable. Muchos especialistas consideran más importante la posibilidad de utilizar la información que la obtención de nuevos conocimientos (COULSON *et al.*, 1987; COULSON y SAUNDERS, 1987; NAEGELE *et al.*, 1986; RYKIEL *et al.*, 1984).

Los principios y conceptos del MIP han ido evolucionando desde que, en 1970, RAAB y GUTHERIE iniciaron su andadura. Al principio, el objetivo era aumentar el conocimiento científico, sobre todo, conocer

las interacciones entre las plagas y sus hospedadores, definiéndolas y cuantificando sus efectos. Luego, los medios proporcionados por la informática y la ingeniería permitieron reunir y ordenar los datos obtenidos, desarrollando diversos productos informáticos que incluían modelos de simulación y funciones de evaluación. No obstante, esto no se tradujo en los cambios tan radicales que los creadores del Manejo Integrado previeron en un principio. Este hecho dio lugar a un cambio de orientación dirigiendo los esfuerzos a la aplicación de los conocimientos obtenidos y estudiando nuevas maneras de transferir la tecnología adquirida a los profesionales del MIP. Las aplicaciones informáticas por ordenador se consideraron importantes para este proceso de transferencia tecnológica.

Al principio se utilizaron técnicas informáticas convencionales como sistemas de manejo de la información, de bases de datos o de apoyo de decisiones. El primer trabajo fue el Sistema de Apoyo de Decisiones sobre *Dendroctonus frontalis* (COULSON *et al.*, 1985; SAUNDERS *et al.*, 1985). Aunque este sistema proporcionaba acceso a modelos de simulación y a la información técnica disponible sobre dicha plaga, nunca llegó a ser utilizado por los forestales. Igual sucedió con los primeros intentos de toma de decisiones mediante ordenadores.

COULSON *et al.* (1989) describen un método (KSE) para utilizar la información, actual y futura, basado en técnicas informáticas convencionales y en inteligencia artificial aplicándolo a la dinámica de poblaciones de *Dendroctonus frontalis*. Este enfoque es aplicable a otras plagas forestales en distintas situaciones. Esperamos que una vez resueltos los problemas de transferencia tecnológica y de instrumentación que aún puedan presentarse, esta tecnología informática será de gran utilidad en el MIP.

CONCLUSIONES

1. Las buenas prácticas selvícolas son la base de la sanidad de los bosques y de las

nuevas plantaciones al vigorizar y conservar sus masas. Esto elimina la mayor parte de las causas de debilitamiento del arbolado y con ello se previene la acción de insectos secundarios y de hongos de debilidad.

2. Las cuarentenas forestales constituyen, junto con las inspecciones fitosanitarias, en puertos y fronteras, el único sistema preventivo que tiene posibilidades de disminuir los riesgos de introducción y difusión de nuevas plagas y enfermedades que, en ocasiones, pueden dar lugar a situaciones catastróficas de gran impacto ecológico.

3. La lucha biológica y los métodos biotécnicos, como tratamientos no contaminantes, son una exigencia de la sociedad actual. Sin embargo, no han sido suficientemente explotados en el ámbito forestal. Las autoridades responsables de la sanidad forestal deberían incentivar la investigación y aplicación de estas técnicas.

4. Los tratamientos químicos siguen siendo necesarios para resolver situaciones

graves que exigen una intervención inmediata. En estos casos es necesario utilizar plaguicidas de gran selectividad fisiológica y ecológica y técnicas de aplicación no contaminantes o que reduzcan la contaminación a un mínimo, aplicando la menor cantidad posible de plaguicida y de caldo.

5. La persistencia selectiva de algunos inhibidores de crecimiento es una característica que puede ser aprovechada para disminuir los impactos ecológicos, al reducir el número de intervenciones.

6. El nivel de información existente sobre conocimientos teóricos y aplicaciones prácticas concretas proporciona una base científica adecuada para su utilización en el Manejo Integrado de Plagas. Sin embargo, esta información, en su mayor parte, no está en forma utilizable por los especialistas en protección forestal. Creemos que el problema actual más importante es poder utilizar la información existente de manera práctica. A esto deben dirigirse los esfuerzos de los especialistas.

ABSTRACT

ROBREDO, F. y D. CADAHIA (1992): Protección contra las enfermedades e insectos forestales. *Bol. San. Veg. Plagas*, 18 (3): 555-567.

The authors analyse the main phytopathological problems currently encountered in forests. Among the most important examples caused by native agents are the slow regression of North African natural cedar forests, white firs and pinsapos, as well as blight in natural oak stands in Europe. Amongst the harmful agents introduced into new geographic zones are *Ceratocystis ulmi*, *Phoracantha semipunctata* and *Rhyacionia buoliana* which left their original areas a number of decades ago but which continue to colonize new zones. The introduction of *Bursaphelenchus xylophilus* in China and Taiwan and *Hemiberlesia pitysophila* in China is, on the other hand, more recent. Quarantines and phytopathological inspections should make it possible to attain a satisfactory level of protection, minimize risks and avoid creating insurmountable trade barriers.

Silvicultural measures will make it possible to improve forest health and to anticipate the action of secondary organisms, although they can have negative effects if not correctly applied. Sexual and aggregating pheromones have given encouraging results but it is necessary to continue research into the potential of more efficient control techniques. Biological control has not been sufficiently developed in the forest sector, despite the fact that there is a great need in this field. The use of chemical methods is necessary in serious cases requiring periodic treatments, as in North America with *Choristoneura*. Only pesticides with a high level of physiological and ecological selectivity should be used, and even then, at minimal doses and using application techniques which minimize the effect. Selective persistence can reduce the number of chemical interventions, thus limiting the ecological effects. There is a good scientific basis that

can be used in integrated pest management but generally speaking, it is not available in a readily use form. It is essential to resolve the existing technology transfer problems for appropriate use of integrated pest management.

Key words: Decline, control, ecological, impact, integrated pest management.

REFERENCIAS

- BAKKE, 1982: *Mass trapping of the spruce bark beetle Ips typographus in Norway as a part of an integrated control program in Insect Suppression with controlled release pheromone systems II*. Eds. A. F. Kydonieus y M. Beroza. CRC Press.
- BRASIER, C., 1986: The population biology of Dutch Elm Disease: its principal features and some implications for other host-pathogens systems. En: *Advances in Plant Pathology*. Editado por D. S. Ingram y P. H. Williams. Academic Press, vol. 5, pp. 53-118.
- BROOKS, M. H.; STARK, R. W.; CAMPBELL, R. W., (Eds.) 1978: *The Douglas-fir tussock moth: a synthesis*. USDA Forest Service Technical Bulletin 1585.
- BROOKS, M. H.; CAMPBELL, R. W.; COLBERT, J. J.; MITCHELL, R. G.; STARK, R. W., 1987: *Western spruce budworm*. USDA Forest Service Technical Bulletin 1694.
- CADAHIA, D., 1986: Importance des insectes ravageurs de l'eucalyptus en région méditerranéenne. *Bull. OEPP*, **16**: 265-283.
- 1987: Les insectes xylophages des conifères. Intensification de la Protection phytosanitaire des forêts. Consultation d'Entomologie forestière. Projet FAO DP.FO.ALG./83013, 37 pp.
- 1989: *Hemiberlesia pityophila* Takagi (Homóptera: Diaspididae) plaga letal de *Pinus massoniana* Lamb. en China. *Bol. San. Veg. Plagas*, **15**(4): 343-363.
- CAHADIA, D.; ROBREDO, F., 1985: Combate de plagas y enfermedades forestales. Comisión Técnica I. *IX Congreso Forestal Mundial*. México.
- CIESLA, W. M., 1991: Cypress aphid. A new threat to Africa's forests. *Unasylva* (in press).
- COBOS, J. M., 1990: Informe de los reconocimientos fitosanitarios efectuados en las masas de *Abies pinsapo* Boiss. durante 1990. Archivos de la Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España, 5 pp.
- COULSON, R. N.; SAUNDERS, M. C.; LOH, K. D.; RYKIEL, E. J.; PAYNE, T. L.; PULLEY, P. E.; HU, L. C., 1985: A decision support system for southern pine beetle, pp. 35-46. En: *Insects and diseases of southern forests*. Eds. R. A. Goyer y J. P. Jones. Louisiana Agricultural Experiment Station. Baton Rouge, La.
- COULSON, R. N.; FOLSE, J. L.; LOH, D. K., 1987: Artificial intelligence and natural resources management. *Science*, **237**: 262-267.
- COULSON, R. N.; SAUNDERS, M. C., 1987: Computer-assisted decision-making as applied to Entomology. *A. Rev. Ent.*, **32**: 415-437.
- COULSON, R. N.; SAUNDERS, M. C.; LOH, D. K.; OLIVERIA, F. L.; DRUMMOND, D.; BARRY, P. J.; SWAIN, K. M., 1989: Knowledge System Environment for Integrated Pest Management in Forest Landscapes: The southern pine beetle (Coleoptera: Scolytidae). *Bull. Ent. Soc. America*, **35**(2): 26-32.
- COUTIN, R., 1981: Les insectes introduits menaces répétées pour cultures ornementales méditerranéennes. *Persp. Méditerranéennes*, **6**.
- CUEVAS, P.; MONTOYA, R.; BELLÉS, X.; CAMPS, F.; GUERRERO, A.; RIBA, M., 1985: Initial field trials with the synthetic sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *J. chem. Ecol.*, **9**(1): 85-93.
- DAHLSTEN, D. L.; DREISTADT, S. H., 1984: Forest insect pest management. *Bull. Ent. Soc. America*, **30**(4): 19-21.
- DEECHER, D. C.; BREZNER, J.; TANENBAUM, S. W., 1990: Effects of 4'-Deoxy-4'-Epiavermectin B₁ Hydrochloride (MK-243) on gypsy moth (Lepidoptera: *Lymantridae*). *J. econ. Ent.*, **83**(3): 917-919.
- DOANE, C. E.; McMANUS, M. L., 1981: The gypsy moth: Research towards integrated pest management. USDA Forest Service Technical Bulletin 1584.
- FAO, 1987: Outbreaks and new records. United States: Appearance of *Phoracantha semipunctata*. *Pl. Prot. Bull.*, **35**: 68.
- GIBBS, J. N.; LIESE, W.; PINON, J., 1984: Oak wilt for Europe? Outlook on Agriculture, **13**(4): 203-207.
- HEYBROEK, H. M., 1967: The Dutch Elm Disease in the Old World. XIV IUFRO Congress. Munich, (5): 447-454.
- MAMIYA, Y., 1983: Pathology of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *A. Rev. Phyt.*, **21**: 201-220.
- 1987: Origin of the pine wood nematode and its distribution outside the United States. En: *Pathogenicity of the pine wood nematode*. Editado por M. J. Wingfield, pp. 59-65.
- MAPA, 1990: *Reunión nacional sobre la seca de las encinas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España, 12 pp.
- NAEGELE, J. H.; COULSON, R. N.; STONE, N. D.; FRESBIE, R. E., 1986: The use of Expert Systems to integrate and deliver IPM technology, pp. 692-711. En: *Integrated Pest Management on major agricultural systems*. Eds. R. E. Frisbie y P. L. Adkisson. Texas Agricultural Experiment Station M-P 1616, College Station, Tex.
- RAAB, R. L.; GUTHERIE, F. E. (Eds.), 1970: *Concepts*

- of pest management*. North Carolina Agricultural Experiment Station. North Carolina State University, Raleigh.
- ROBREDO, F., 1985: Ensayos de lucha contra *Rhyacionia buoliana* Schiff. mediante feromonas sexuales. Informe Técnico. Archivos de la Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.
- 1986: Decaimiento gradual de *Abies pectinata*. Informe visita técnica a los abetares del Valle de Arán, Pirineo de Lérida, hasta los Alpes suizos. Archivos de la Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España, 9 pp.
- 1988: Consultoría sobre *Rhyacionia buoliana* Schiff. en Chile. Informe para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 47 pp.
- 1990: Ensayos de eficacia con la técnica ULV y diversos piretroides e inhibidores de crecimiento de los insectos contra la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Informe técnico. Archivos de la Subdirección General de Sanidad Vegetal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España, 10 pp.
- RYKIEL, E. J.; SAUNDERS, M. C.; WAGNER, T. L.; LOH, D. K.; TURNBOW, R. H.; HU, L. C.; PULLEY, P. E.; COULSON, R. N., 1984: Computer-aided decision-making and information accessing in pest management systems with emphasis on the southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). *J. econ. Ent.*, 77: 1073-1082.
- SAUNDERS, M. C.; LOH, D. K.; COULSON, R. N.; RYKIEL, E. J.; PAYNE, T. L.; PULLEY, P. E.; HU, L. C., 1985: Development and implementation of the southern pine beetle decision support system, pp. 335-363. **En:** *Integrated pest management symposium*. USDA Forest Service General Technical Report. Eds. J. S. Branham y R. C. Thatcher.
- SCHROEDER, D., 1986: Iniciación de la lucha biológica contra la polilla del brote del pino, *Rhyacionia buoliana* Schiff., recientemente introducida en Chile. Informe Técnico para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Oficina de Chile.
- SUN YONG CHUN, 1982: The occurrence of the pine wood nematode at Sun Yan Sen Mausoleum in Nanjing. *Jiangsu Linye Keji*, 4: 47.
- THATCHER, R. C.; SEARCY, J. L.; COSTER, J. E.; HERTEL, G. D., 1980: The Southern pine beetle. USDA Forest Service Technical Bulletin 1631.
- TZEAN SHAN SHONG; JAN SHAN TANG, 1985: The occurrence of the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* in Taiwan. Proceedings of the 6th Symposium on Electron Microscopy, pp. 38-39.
- WAINHOUSE, D., 1985: The adoption of integrated control practices for forest insect pests. **En:** *Integrated Control: A synthesis*. Eds. Th. Coaker, A. Burn y P. Jepson. Academic Press.
- WANG YU YANG; DAN YUN LIN; ZHOU XIN SHENG; BAI GUI HUA; LIU JUN, 1985: A preliminary observation on the epidemiology of *Bursaphelenchus xylophilus* in *Pinus thumbergi* Parl. in Nanjing. *Forest Pest and Disease*, 2: 15-17.
- ZALLES, M. T., 1984: El taladro del eucalipto (*Phoracantha semipunctata* Fabr.), peligro para las plantaciones de este género en el Valle de Cochabamba (Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 5: 39-51.
- ZONDAG, 1985: Controlling *Sirex* with a nematode. Proceedings of the 28th New Zealand Weed and Pest Control Conference, pp. 169-199.

(Aceptado para su publicación: 20 octubre 1991)