

Combate de plagas y enfermedades forestales*

D. CADAHIA y F. ROBREDO

La compleja problemática que presentan las plagas de insectos y enfermedades forestales debe enfocarse mediante la puesta a punto de programas concretos de Manejo Integrado de Plagas (IPM). Esto exige un conocimiento profundo de la dinámica de poblaciones de los agentes perjudiciales, de sus daños y de las múltiples interacciones de los diversos factores que intervienen en los ecosistemas forestales. Asimismo, hay que tener en cuenta los valores actuales y potenciales de los recursos del monte, los efectos de los agentes perjudiciales y la orientación futura de los usos y producciones del monte, estableciendo límites realistas al sistema si queremos hacer posible una modelización mediante la detección de los factores clave. En la actualidad, se han desarrollado estos modelos en algunos casos concretos.

Otro problema de gran trascendencia, agudizado en los últimos tiempos, es la dispersión e introducción en nuevas áreas geográficas de organismos perjudiciales a los montes y sus productos. Las medidas de cuarentena internacionales dirigidas a evitar este fenómeno, aunque no relacionados directamente con el IPM, son un factor importante en la lucha preventiva.

Se analiza brevemente el impacto ecológico de las intervenciones químicas contra las plagas forestales. La F.A.O., preocupada por este problema, ha elaborado un documento sobre los «Criterios ecológicos para el Registro de plaguicidas» que contiene las recomendaciones y principios teóricos para la predicción y evaluación de los efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente, dado que no es concebible en un futuro próximo una sustitución total de la lucha química. No obstante, en la actualidad se cuenta con medios técnicos de lucha eficaces y suficientemente seguros.

Se define un nuevo concepto, la persistencia selectiva, que presentan algunos inhibidores de crecimiento de los insectos, que nos proporciona una nueva técnica de grandes posibilidades de aplicación en el área forestal.

Finalmente, se hace un breve análisis del control integrado de plagas forestales en la práctica, pasando revista a las técnicas que en la actualidad se practican en el mundo.

D. CADAHIA y F. ROBREDO (Subdirección General de Sanidad Vegetal). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.

INTRODUCCION

Dentro del marco conceptual «Los recursos forestales en el desarrollo integral de la sociedad», presentan el máximo interés los problemas que plantean las plagas y enfer-

medades forestales desde el punto de vista del deterioro de los bosques, de sus producciones y de sus valores estéticos y recreativos.

Por otra parte, es imprescindible también resolver los problemas inherentes a la propia estructura de los montes, casi siempre inaccesibles para los equipos terrestres de tratamiento, lo que obliga a disponer de técnicas de aplicación aérea para obtener una cobertura aceptable con las menores dosis posi-

* Documento especial presentado en el IX Congreso Forestal Mundial, México, julio de 1985, dentro de la Comisión Técnica I, Tendencias y nuevas aportaciones.

bles de plaguicidas adecuados con objeto de obtener el efecto biológico deseado y el mínimo impacto sobre el medio ambiente.

En teoría, estos problemas quedarían resueltos mediante la puesta a punto de programas concretos de manejo integrado de plagas (IPM), lo que exige un conocimiento profundo de la dinámica de poblaciones y de las interacciones de los diversos factores que actúan en un determinado ecosistema forestal, de por sí sumamente complejo.

PROBLEMATICA ACTUAL DE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES FORESTALES

Dificultades de aplicación del manejo integrado de plagas en el área forestal

La determinación del impacto de una plaga en el monte es, en general, complicada. A veces han de considerarse varios productos, como madera y frutos, pero incluso cuando se tiene en cuenta un solo factor, por ejemplo, madera, habrán de considerarse diversos aspectos. El destino de la madera puede ser decisivo; así los hongos de pudrición blanca que utilizan las ligninas para su nutrición afectan gravemente a su resistencia mecánica pero no alteran su contenido celulósico.

Las deformaciones, tortuosidades y curvaturas de los fustes causados por los numerosos perforadores de brotes, como los lepidópteros del género *Rhyacionia*, devalúan totalmente la madera para des enrolllo o sierra, pero si el destino de la madera es la industria papelera, o se utiliza en la fabricación de tableros de partículas o aplicaciones análogas, no existe devaluación de la madera.

Además, han de considerarse otros productos y usos del monte, como sustancias químicas naturales, caza y pesca, pastos, frutos, agua, valores recreativos y estéticos, protección de cuencas hidrográficas, y sus funcio-

nes como filtro del aire polucionado y reciclaje del oxígeno, estas últimas de importancia creciente.

Otro factor que complica la evaluación del impacto de las plagas forestales es el largo período de tiempo a tener en cuenta en las producciones; el turno puede ser de 50 a 100 años. La escala de valores de la sociedad actual en relación con los usos y producciones del monte está variando y tiende a rentabilidades y usos sociales a corto plazo.

No hay que olvidar tampoco otro aspecto perjudicial de algunas plagas forestales que, además de los daños que causan al monte, producen molestias y, a veces, problemas de salud a los trabajadores forestales y personas que transitan o utilizan el monte, como la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, *Euproctis chrysorrhoea* y otros insectos causantes de alergias y urticarias.

También en ocasiones, en coincidencia con áreas forestales y naturales, pueden encontrarse otros insectos molestos y vectores de enfermedades del hombre y de los animales que deberían ser considerados en los programas IPM como exigencia social.

Por eso, cuando se ha de desarrollar un sistema de manejo integrado de plagas forestales (IPM), como tendencia actual de la sanidad vegetal, es imprescindible reconocer todos los valores actuales y potenciales de los recursos del monte y tener en cuenta todos los efectos importantes de las plagas y enfermedades basándonos en un futuro previsible de los usos y producciones del monte.

Todos estos conocimientos relativos a las plagas y su impacto se complican cuando los montes se encuentran en estado más o menos natural y no han sido transformados dramáticamente por el hombre, como en los bosques tropicales. Entonces nos encontramos con una gran variedad específica. El número de interacciones potenciales entre los distintos organismos durante su período

biológico de vida, en ese tipo de ecosistemas forestales, en casi ilimitado. Sin embargo, esta complejidad hace que los efectos de las plagas y enfermedades, en este caso, sean menos importantes, en general.

Si a esto se añaden las variaciones microclimáticas y edáficas del monte, se comprenderá la imposibilidad de una modelización en la que se incluyan todos estos detalles. Debemos pues, establecer límites realistas al sistema si queremos hacer posible esta modelización mediante la investigación de los factores clave, si bien los modelos conceptuales detallados pueden ayudarnos a identificar aquellas áreas más necesitadas de investigación.

Todo esto descubre un nuevo panorama y abre nuevos caminos de investigación que se deben tener en cuenta a corto plazo para poner a punto la avanzada tecnología que preocupa en este momento a los equipos especializados en la materia (CADAHIA, 1981).

Sin embargo, los modelos de manejo integrado de plagas forestales sólo se han desarrollado en unos pocos casos concretos, sin duda, debido a la complejidad que presentan y a la escasez de estructuras y equipos especializados.

En los Estados Unidos de Norteamérica esta problemática del manejo integrado de algunas de las plagas forestales más importantes se aborda a través de un programa nacional «Combined Forest Pest Research and Development Program», en el cual se coordinan los diversos Centros de Investigación sobre *Lymantria dispar*, *Dendroctonus frontalis* y *Orgyia pseudotsugata* (DOANE y McMANNUS, 1981; THATCHER y otros 1980; BROOKES y otros, 1978).

En Europa, la diversidad de sus áreas forestales, con climas mediterráneos, atlánticos, continentales y nórdicos, con especies vegetales y animales adaptadas a sus distintos climas, con una geografía variada y una actitud muy distinta de unos países a otros

respecto a las plagas y enfermedades forestales, el enfoque de la problemática del manejo integrado es también muy variado.

En Inglaterra se ha prestado una especial atención a la dinámica de poblaciones de *Bupalus piniaria* y *Panolis flammea*, defoliadores de pinos, con vistas al tratamiento químico (WAY y BEVAN, 1977). En Suiza la plaga más importante y mejor estudiada en este aspecto es el lepidóptero perforador de brotes de alerce, *Zeiraphera diniana* (BAL-TENSWEILER, 1976).

En la cuenca mediterránea la plaga más estudiada por su importancia, tanto forestal como social, es la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, que ha sido objeto de un proyecto de investigación conjunto hispanofrancés en el Grupo de Trabajo denominado «Lucha integrada en pinares mediterráneos» de la O.I.L.B. (Organización Internacional de Lucha Biológica). El análisis de estos trabajos ha dado lugar a una monografía sobre la dinámica de poblaciones de *T. pityocampa* en la que, además, se estudia la de *Diprion pini*, también importante plaga de los pinares europeos (GERI, 1980). Esta monografía proporciona bases suficientes para la aplicación de un programa IPM contra estas plagas.

Introducción y dispersión de organismos perjudiciales a los montes en nuevas áreas geográficas

Otro problema de gran trascendencia es la dispersión e introducción en nuevas áreas geográficas de organismos perjudiciales a los montes y sus productos. Ya durante el siglo pasado, y en las primeras décadas de este siglo, se produjeron casos que, partiendo de introducciones locales, han llegado a colonizar grandes áreas continentales.

Durante los últimos años este fenómeno de dispersión se ha prodigado más de lo normal, aún teniendo en cuenta el actual

dinamismo de los intercambios comerciales y turísticos, que han hecho ponerse en guardia a la mayoría de los países, especialmente a los europeos, si bien en algunos casos demasiado tarde, como lo han hecho notar algunos especialistas que critican duramente la lentitud de las Administraciones en la puesta en vigor de las reglamentaciones fitosanitarias (ARZONE y MEOTTO, 1978; COUTIN, 1981).

También las enfermedades forestales han sido protagonistas de este fenómeno de dispersión. Quizá el ejemplo más clásico ha sido el de la grafiosis o enfermedad holandesa del olmo, *Ceratocystis ulmi*, que invadió el continente europeo en la segunda década de este siglo, probablemente procedente de Asia (HEYBROEK, 1967) pasando de aquí a Norteamérica y reinvasando nuevamente Europa en los años sesenta, procedente esta vez de Norteamérica, después de haber sufrido una mutación genética que la ha transformado en una cepa hipervirulenta que está asolando actualmente el continente europeo después de haber destruido la casi totalidad de los olmos de Inglaterra (BRASIER, 1979; BRASIER y GIBBS, 1978). Esta enfermedad de los olmos, de difícil transmisión sin la colaboración de los escolítidos vectores, pasó de Europa a América acompañada de los barrenillos europeos *Scolytus scolytus* y *Scolytus multistriatus* que favorecieron extraordinariamente su rápida difusión en la región Neártica.

La legislación de cuarentenas y la inspección fitosanitaria tienen por objeto proporcionar un nivel aceptable de protección contra agentes perjudiciales foráneos sin crear barreras inaceptables al libre comercio entre los países. En este aspecto, las medidas de cuarentena, aunque no relacionadas directamente con el IPM, son un factor importante en la protección de los montes y, por tanto, un componente de la lucha integrada (MATHYS, 1975).

Impacto ecológico de las intervenciones químicas

En general, bajo el concepto de lucha integrada o bajo el más amplio de «manejo integrado de plagas» no debe entenderse la total erradicación, sólo alcanzable en casos particulares, sino su mantenimiento en un nivel de población tal que los daños que ocasione se mantengan bajo un umbral tolerable. Esto supone considerar la necesidad del tratamiento superado este umbral, mediante la aplicación armónica de todos los medios con que se cuente, ya que no sólo es útil la aplicación de plaguicidas, sino también la lucha biológica, medidas culturales y medios biotécnicos disponibles. El IPM, realmente, ha sido motivado por la necesidad de salvaguardar los intereses técnico-económicos y los más generales de conservación de la naturaleza y salud pública, pues si no se actúa así, se produce una grave amenaza, no sólo para nuestros recursos forestales, sino también para nuestra existencia futura. Ello, no quiere decir que los plaguicidas de síntesis química no continúen siendo factor imprescindible en la lucha contra las plagas, sino que su elección y aplicación debe realizarse bajo normas estrictas, con objeto de que el equilibrio ecológico natural se perturbe mínimamente.

En algunos casos, se pueden predecir los riesgos de los plaguicidas en el monte basándonos en trabajos de laboratorio pero, en muchas ocasiones, estos riesgos no quedan definidos hasta que sus efectos se observan directamente en las poblaciones de animales silvestres. El papel de los plaguicidas en el monte, sobre especies no objetivo, no sólo debe enfocarse sobre los efectos de la toxicidad aguda de los plaguicidas, rápidamente observables, sino también sobre los efectos a largo plazo, sólo reflejados en las poblaciones de las especies silvestres al cabo de cierto tiempo. Además, las interacciones entre las poblaciones de las distintas especies

que constituyen la biocenosis de un ecosistema forestal presentan un número casi infinito de combinaciones y, por tanto, los mecanismos biológicos y químicos a través de los cuales incide un plaguicida en el monte son difíciles de predecir y, en general, poco conocidos.

En este contexto, la F.A.O. (1982) se ha preocupado proporcionando a los gobiernos un documento sobre los Criterios Ecológicos para el Registro de Plaguicidas, que contiene las recomendaciones y principios teóricos para la predicción y evaluación de los efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente.

Con las perspectivas actuales, no es concebible en un futuro próximo una sustitución total de la lucha química contra las plagas por otros medios no contaminantes. Es, por tanto, vital el mantenimiento de programas de investigación que nos proporcionen plaguicidas y técnicas de aplicación más eficaces y seguros. Desde un punto de vista ecológico, la lucha contra las plagas puede ser considerada como un ejercicio de selectividad toxicológica y en este aspecto, más que la actividad biocida absoluta, es la selectividad la clave para la búsqueda de mejoras.

Todo plaguicida debe ser intrínsecamente más activo contra las especies plaga a combatir que frente a las demás especies no objetivo, lo que define su selectividad fisiológica, pero además su aplicación debe permitir que la mayor proporción de la dosis alcance al organismo plaga y no a los restantes, lo que se denomina selectividad ecológica. La selectividad fisiológica presenta mayores ventajas que la ecológica porque es independiente de las condiciones de aplicación, pero es de difícil consecución, ya que muchos de los procesos vitales que pueden ser afectados por el plaguicida son comunes a muchas especies.

En primer término, la selectividad fisiológica debe ser buena en relación con el hombre, animales domésticos y vida silvestre.

Tampoco deben causar daños apreciables a los insectos útiles, microorganismos y fauna del suelo y, naturalmente, no ser fitotóxicos, a excepción de los herbicidas que en este sentido deben ser también selectivos.

Los insecticidas convencionales actuales, pertenecientes en su gran mayoría a los grupos de organoclorados, organofosforados y carbámicos, 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, en cambio, presentan una selectividad fisiológica muy favorable entre insectos y animales de sangre caliente, al mismo tiempo que un gran poder insecticida que permite tratamientos muy eficaces con dosis que oscilan entre 12,5 y 2,5 g.m.a./ha. Esta última dosis es muy eficaz contra *T. pityocampa* (PIEDALLU y ROA, 1983) y *L. dispar* (COBOS, 1982). Sin embargo, ha de tenerse en cuenta que no presenta selectividad frente a la fauna entomológica en general. Por esta razón la utilización de piretroides en los ecosistemas forestales no parece aconsejable por su acción sobre la fauna auxiliar de artrópodos, tan importante en los ecosistemas forestales.

También se han considerado en la búsqueda de selectividad fisiológica los pocos procesos bioquímicos o fisiológicos presentes en los insectos y ausentes en los mamíferos y otros organismos. Sin duda, la metamorfosis ofrece esta oportunidad y ha sido objeto de atención. Las hormonas juveniles, presentes en los estados inmaduros de los insectos, son las responsables de la permanencia en estos estados, previniendo la maduración de los mismos. El primer mimético desarrollado con aplicación práctica fue el metopreno. Las previsiones basadas en su acción específica en el sistema endocrino de los insectos y su baja toxicidad para mamíferos y fauna silvestre han sido ampliamente colmadas, e incluso se ha demostrado una

cierta selectividad entre los insectos, presentando bajos riesgos para los insectos polinizadores.

Más recientemente, BOWERS y otros (1976) han aportado un nuevo avance en este campo, al descubrir antihormonas juveniles en las plantas. Estas hormonas antagónicas denominadas precocenos, inducen en las larvas una metamorfosis precoz, lo que supone un mayor potencial de eficacia en la lucha contra las plagas de insectos.

También, muy recientemente, se han desarrollado los reguladores de crecimiento en los insectos, que actúan como inhibidores de la formación de la cutícula, tales como el diflubenzuron y el más reciente triflumuron, y que en consecuencia son activos contra los estados inmaduros en el momento de las mudas, a diferencia de las hormonas juveniles. Este nuevo grupo de insecticidas, además de presentar una buena selectividad fisiológica frente a mamíferos, también es altamente selectivo frente a otros organismos, incluidos los grandes grupos de insectos no fitófagos, ya que estos productos actúan únicamente por ingestión. Las dosis de aplicación también son bajas, 40-50 g.m.a./ha., proporcionando una alta eficacia contra las orugas defoliadoras, particularmente contra *Thaumetopoea pityocampa* y *Lymantria dispar*, para las que se ha desarrollado una nueva tecnología de su tratamiento (ROBREDO, 1980).

La selectividad fisiológica entre insectos plaga e insectos útiles, es posible mediante el empleo de patógenos microbianos y sus toxinas, entre los que se encuentran el *Bacillus thuringiensis* en sus diversas cepas, las granulosis y poliedrosis nuclear vírica, que han recibido atención como posibles plaguicidas selectivos, aún cuando existen problemas en la obtención de formulaciones estables y reproducibles.

Como antes hemos anotado, el interés actual en el desarrollo de la lucha integrada ha estimulado a las organizaciones interna-

cionales y, concretamente, a la O.I.L.B. a constituir Grupos de Trabajo especializados en la puesta a punto de los métodos experimentales adecuados a la selección de plaguicidas utilizables en los programas de lucha integrada, es decir, de aquellos que dentro de la eficacia requerida, son selectivos con respecto a la entomofauna útil.

La selectividad ecológica, como antes enunciamos, estriba en las posibilidades que un plaguicida tiene para que, en el momento de su aplicación, alcance en la máxima cantidad al organismo que se trata de combatir, con independencia de su selectividad fisiológica y de sus propiedades fisicoquímicas, determinantes de su movilidad y persistencia, factores clave en el proceso de bioacumulación, tal como han mostrado los insecticidas organoclorados considerados como los plaguicidas más contaminantes y que más nos han enseñado sobre el tema. En consecuencia, la selectividad ecológica puede modificarse en un sentido más o menos favorable mediante la formulación del plaguicida y método de aplicación en el que juegan un papel importante el momento de la aplicación, la localización del plaguicida y su dosificación.

Determinadas formulaciones y aplicaciones del diflubenzuron nos permiten definir un nuevo concepto dentro de la selectividad ecológica, la **persistencia selectiva**, mediante la cual el plaguicida queda activo contra fitófagos en las acículas de las coníferas y hojas persistentes de las frondosas, mientras permanezcan en el árbol, degradándose y perdiendo su actividad al incorporarse al suelo, como luego analizaremos.

EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS FORESTALES EN LA PRACTICA

En la práctica forestal, la prevención y lucha contra las plagas de insectos y enfermedades forestales debe tener una atención prioritaria.

Muchos de los problemas planteados tienen su origen en las malas condiciones selvícolas en que se encuentran los montes, debido a causas temporales como sequía, heladas u otros factores abióticos, o a causas permanentes como deficiencias o carencias del suelo, elección incorrecta de especies en las repoblaciones, etc.

En algunos casos el hombre puede favorecer la aparición de situaciones prácticamente irreversibles por un manejo selvícola inadecuado que puede llevar, incluso, a la destrucción del ecosistema forestal o a la sustitución, no deseada, de unas especies por otras de menor valor económico o ecológico. La «racionalización» de las operaciones de apeo, descortezado y saca de la madera en varios países del Norte de Europa, en que los árboles apeados durante la estación fría quedan en el monte hasta el verano para ser entonces descortezados mecánicamente, da lugar a un aumento considerable de la población de perforadores y sus daños (WAINHOUSE, 1985).

Por ello, la selvicultura y los cuidados culturales son la base de la prevención y lucha contra las plagas y enfermedades forestales. La práctica tradicional de una buena selvicultura en los países desarrollados ha minimizado indirectamente muchos problemas, ya que los árboles vigorosos son, generalmente, resistentes.

En muchas ocasiones, los únicos medios de lucha contra determinadas plagas están basados en prácticas y tratamientos selvícolas. La lucha contra *Phoracantha semipunctata*, importante perforador de troncos de eucaliptos, de reciente introducción en España, se lleva a cabo mediante árboles cebo tratados, en la densidad adecuada, que es función de las características de las repoblaciones y de la abundancia de la plaga. Con este método, junto con la eliminación de los árboles atacados, se ha llegado a reducir la plaga un 75 por 100 en algunas áreas del suroeste español (GONZÁLEZ TIRADO, 1984).

La destrucción mecánica de perforadores de troncos de coníferas atraídos por árboles cebo es una práctica tradicional que se ha utilizado ampliamente en Europa contra *Ips*, sp., *Blastophagus* sp., *Pissodes notatus* y otros.

En el IPM las medidas culturales y selvícolas pueden ser de gran valor, pues nos permiten modificar una estructura forestal deficiente, ayudar a vigorizar la masa o eliminar algunas de las causas de los problemas, tales como árboles atacados por perforadores u hongos. Las operaciones selvícolas deben orientarse siempre a la prevención de los problemas sanitarios de los montes y a evitar que su ejecución dé lugar a brotes de plagas o enfermedades, sacando la madera y leñas del monte oportunamente, etc.

La utilización de feromonas sexuales como medio de lucha se ha intentado en dos vertientes: la captura masiva de machos y la prevención de la cópula. En el primer caso, los éxitos pueden considerarse relativos. En algunos casos han habido resultados alentadores con *L. dispar*. Actualmente, se lleva a cabo en España un amplio programa de captura masiva de machos en pinares previamente tratados con diflubenzuron, con poblaciones muy bajas de *T. pityocampa*. Los resultados obtenidos hasta la fecha parecen prometedores (CUEVAS y otros, 1983).

Sin embargo, la técnica de la captura masiva de machos parece más apropiada para perforadores de troncos que para lepidópteros, dado su comportamiento agregativo. En Noruega se ha utilizado este sistema contra *Ips typographus* a escala operacional (BAKKE, 1982) con troncos cebo impregnados con feromona y previamente tratados con insecticida.

En Inglaterra se han llevado a cabo ensayos para prevenir la cópula de *Rhyacionia buoliana* con buenos resultados (JONES, 1985). En España se utilizó experimentalmente la feromona de *R. buoliana* en la prevención de la cópula y en la captura masiva de

machos. Los daños causados en la generación siguiente al tratamiento se redujeron al 29,5 por 100 con respecto a la anterior en la parcela de prevención de cópula y al 40 por 100 en la de captura masiva, con una supervivencia en testigos del 65,1 por 100, lo cual nos indica la efectividad que pueden tener estos métodos en la lucha contra este insecto (ROBREDO, 1985).

No hay que olvidar el gran valor de las feromonas en los programas IPM como medio de seguimiento de las poblaciones de insectos plaga, que es donde mayor uso tienen hasta el momento.

Otras técnicas, como el control biológico, no han tenido el éxito esperado en Europa y nunca se han aplicado como estrategia de lucha, debido quizá a que la mayor parte de las plagas son autóctonas. Sin embargo, mediada la década de los años veinte, se introdujo en España un parásito de huevos de *Lymantria dispar*, el *Schedius kuwanae* procedente de Norteamérica, que actualmente se encuentra perfectamente aclimatado en la Península Ibérica (RUPÉREZ, 1958) y que es un factor importante en el mantenimiento de las poblaciones de *L. dispar* en niveles muy bajos de población.

Este es uno de los mayores éxitos de la lucha biológica en Europa. Sin embargo, la mayor contribución de Europa a la lucha biológica quizá haya sido como fuente de insectos beneficiosos (WAINHOUSE, 1985).

La introducción del himenóptero sirícido *Sirex noctilio* en Australia y Nueva Zelanda, que en Europa no se presenta como plaga grave, ha tenido una gran repercusión en las plantaciones de *Pinus radiata*. Los parásitos importados de Europa no resolvieron el problema. En cambio, se descubrió un nematodo de la familia *Neotylenchidae*, *Deladenus siricidicola* en la Isla Norte de Nueva Zelanda con el que se ha iniciado la lucha biológica contra la plaga, mediante la utilización de una raza que esteriliza a las

hembras adultas del perforador. (BEDDING y ACKHURST, 1974; ZONDAG, 1975).

Las hormigas rojas del grupo *Formica rufa* se han utilizado como predadores de insectos defoliadores, haciendo transplantes de hormigueros de unas zonas a otras. No obstante, su utilización ha sido muy discutida. Sus principales limitaciones, aparte del costo de los transplantes, son las especiales características que han de tener los lugares a que se van a transplantar para que la operación tenga éxito, la densidad alta de hormigueros necesaria, el aumento de la población de pulgones mirmecófilos y las restricciones que impone al uso de insecticidas convencionales. Según algunos autores (WAINHOUSE, 1985) la colonización por hormigas rojas de masas forestales de crecimiento rápido sería incompatible con el manejo intensivo de las mismas. No obstante, consideramos que en un buen manejo integrado de plagas lo importante es que las intervenciones se hagan de manera que salvaguarden el complejo parasitario y de predadores o, al menos, incidan mínimamente en él. Esto, en general, puede ser más importante que la introducción de nuevos parásitos y predadores que, sin embargo, pueden ser fundamentales en casos particulares.

La lucha química en el monte es una decisión que suele tomarse cuando se presenta un problema agudo de plagas o enfermedades que requiere una solución inmediata y se pueden arbitrar fondos para ello, ya que la rentabilidad del monte no siempre lo permite.

En algunos casos, los montes y especialmente las repoblaciones, pueden presentar un momento crítico que les hace vulnerables a una determinada plaga. Por ejemplo, el período crítico para las plantaciones de *Pinus sylvestris* de la Meseta Norte de España tiene lugar antes de que lleguen a cerrar copas. En ese momento, el tortricóide perforador de brotes *Rhyacionia buoliana*

impide el desarrollo del sistema aéreo, retardando o paralizando el crecimiento del repoblado. Su tratamiento químico en el momento adecuado reduce la plaga notablemente sin incidir de manera acusada en el complejo parasitario, permitiendo así a los árboles rebrotar vigorosamente y cerrar copas, haciendo innecesarios tratamientos posteriores (ROBREDO, 1970).

Sin embargo, la utilización de estas estrategias a corto plazo no siempre basta para resolver el problema de una manera definitiva. Un ejemplo clásico nos lo proporciona uno de los problemas de plagas de más actualidad en Norteamérica: la continuada defoliación de los bosques de coníferas del género *Picea* por el complejo de tortricidos del género *Choristoneura*. La defoliación de los árboles durante la época de brotación del follaje causa su muerte con las consiguientes pérdidas económicas y ecológicas.

Durante las últimas décadas las poblaciones de *Choristoneura* se han mantenido a niveles muy altos causando graves daños en los bosques con pérdidas enormes de árboles a pesar de los tratamientos químicos masivos que se han llevado a cabo (FELLIN, 1983). Según este autor, después de tres décadas de tratamientos químicos, ¿cuál ha sido el resultado? La situación al parecer es peor que al principio.

La necesidad de tener que tratar cientos de miles de acres en un lapso de tiempo muy limitado ha obligado a la utilización de grandes aviones, con grandes anchuras y longitudes de pasada, guiados por sistemas de navegación aérea muy sofisticados, pero no todo lo exactos que serían de desear para obtener una cobertura perfecta y una mortalidad adecuada de la plaga. Además, los insecticidas utilizados no tienen toda la selectividad ecológica que sería de desear por lo que, necesariamente, afectan a la fauna de artrópodos útiles reduciendo la población de parásitos y predadores de la plaga a niveles

insuficientes para mantenerla en equilibrio por debajo del umbral de tolerancia.

Otra consecuencia de este desequilibrio ha sido la aparición de otra plaga de ácaros, inducida por los tratamientos químicos, cuyos daños han sido, en algunos casos, tan graves como la defoliación causada por la plaga de *Choristoneura* el año anterior (DAHLSTEN y DREISTADT, 1984). Y todo esto, con unos costes económicos y ecológicos fabulosos que, además, han llevado a la formación de un círculo vicioso muy difícil de romper debido a la dependencia que se ha creado respecto de los tratamientos químicos, que permiten así mantener el follaje necesario para que los árboles no mueran y evitar que desaparezcan millares de hectáreas de bosque todos los años.

Este tipo de problemas nos enseña que es necesario profundizar en el conocimiento de las interacciones que tienen lugar entre los componentes de las biocenosis de los ecosistemas forestales antes de tomar decisiones a gran escala.

Las intervenciones químicas deben realizarse con plaguicidas que tengan una gran selectividad fisiológica y ecológica, cuando sea preciso resolver un problema agudo de plaga, con objeto de minimizar el impacto de la intervención sobre la biocenosis. De esta forma la aplicación de insecticidas puede convertirse en un componente importante de la lucha integrada.

El área a tratar debe minimizarse mediante las adecuadas prospecciones y la aplicación debe realizarse con la máxima exactitud y en el momento más apropiado para obtener la máxima efectividad contra la plaga y el mínimo impacto sobre el medio ambiente.

Durante los últimos años se han desarrollado varios inhibidores de crecimiento de los insectos, a los que antes nos hemos referido, cuya utilización no afecta a los parásitos y predadores que se encuentran en estado adulto y hay evidencia de que los endoparásitos pueden sobrevivir después de un trata-

miento con diflubenzuron, sobre todo si se encuentran en sus últimos estadios de desarrollo en el momento del tratamiento (DEMOLIN, 1978; GRANNET y OTROS, 1976).

Estas características han hecho que el diflubenzuron sea uno de los inhibidores de crecimiento de los insectos más utilizados en Europa. En Polonia se tratan grandes extensiones contra *Lymantria monacha* y en España se tratan anualmente unas 250.000 ha. contra *T. pityocampa* y unas 20.000 ha. contra *L. dispar*. Se calcula que en el mundo se tratan de 600.000 a 1.200.000 ha. anuales con diflubenzuron dependiendo de las fluctuaciones de las plagas, especialmente de *L. dispar* y de las disponibilidades presupuestarias de los distintos países (KARS, 1985).

En los tratamientos realizados en España contra *T. pityocampa*, a la dosis de 45 a 60 g.m.a. disueltos en 5 litros de gas-oil por hectárea, se ha observado que el producto aplicado permanece activo en las acículas hasta el año siguiente al tratamiento. De esta manera, las orugas que nacen al año siguiente, procedentes de diapausas de uno o más años o de invasiones de adultos, mueren. Esta propiedad, unida a su casi nula acción sobre la fauna útil de artrópodos, hace que no se produzcan nuevos brotes de la plaga hasta pasados algunos años y, en ciertos casos, parece que las poblaciones del insecto plaga establecen al cabo del tiempo un nuevo equilibrio a niveles más bajos de los originales, debido a que los parásitos y predadores no han sufrido menoscabo apreciable en su población. Nuestra experiencia en este aspecto es aún insuficiente para definirnos sobre este hecho, pero las observaciones de 4 a 5 años parecen apuntar hacia ello. Por otra parte, las acículas de la mayoría de las especies del género *Pinus* caen al suelo a los dos años y, si han sido tratadas, los residuos que pudieran quedar de diflubenzuron se degradan en contacto con las materias orgánicas y minerales del suelo, desapareciendo del medio.

Todo lo anterior, unido a la selectividad fisiológica y ecológica que presenta este compuesto, que sólo actúa por ingestión de los tejidos tratados y contra estados inmaduros, degradándose después de su incorporación al suelo, nos ha permitido definir anteriormente el nuevo concepto de **persistencia selectiva**. Esta característica nos permite tratar simultáneamente dos plagas, o incluso, dos generaciones de especies univoltinas consecutivas de una misma plaga mediante una sola aplicación. Así se pueden tratar dos generaciones de *T. pityocampa*. Asimismo, al realizar tratamientos contra el perforador de conos de pino, *Dioryctria mendacella*, durante mayo o junio, el diflubenzuron permanece activo en las acículas causando la muerte de las orugas de la procesionaria del pino al realizar la primera muda en agosto-septiembre. De esta manera se multiplica la rentabilidad de los tratamientos a la vez que se minimiza su incidencia en el medio ambiente, lo que pone en nuestras manos una nueva técnica de grandes posibilidades en el área forestal.

La aplicación de insecticidas biológicos es otra de las armas más recomendables en la lucha integrada contra plagas forestales. Los virus, siempre específicos, han demostrado su eficacia contra dieciocho plagas de insectos forestales (CUNNINGHAM, 1982), entre ellas *Thaumetopoea pityocampa*, *Neodiprion sertifer* y *Gilpinia hercyniae*. Las enfermedades víricas suelen ser relativamente frecuentes en las poblaciones de insectos forestales, no así las enfermedades bacterianas que no suelen producir epizootias naturales. No obstante, uno de los agentes microbianos más eficaces contra los insectos es la bacteria *Bacillus thuringiensis* que, en diversas cepas, se ha utilizado con éxito vario contra algunas plagas forestales. *Lymantria dispar* y *Thaumetopoea pityocampa* son muy susceptibles al *B. thuringiensis* en sus primeras edades. Al llegar al tercer estadio larvario *T. pityocampa* comienza a presentar resistencia y,

debido a esto, en muchos casos las mortalidades obtenidas con estos tratamientos no son suficientes. Los resultados alcanzados contra *Panolis flammea* en Escocia tampoco fueron satisfactorios debido quizá a la escasa persistencia del *B. thuringiensis* y a los hábitos crípticos de alimentación de las larvas en sus primeros estadios.

Sin embargo, a pesar de algunos éxitos reconocidos, y de los múltiples ensayos realizados con insecticidas biológicos contra plagas forestales, ninguno ha llegado a utilizarse extensamente, quizá entre otras razones por su excesivo costo para la economía forestal.

En ciertos casos, la combinación de insecticidas biológicos con otros químicos ha dado resultados aceptables con cantidades menores de producto. Estas preparaciones pueden ser útiles en parques y zonas recreativas donde es necesaria una protección del arbolado con dosis mínimas de insecticida.

Las técnicas de aplicación tienen también una importancia grande, no sólo en la efectividad de los tratamientos sino también en la minimización de la contaminación ambiental.

En los tratamientos forestales es imprescindible una cobertura adecuada y un reparto muy homogéneo del producto aplicado que debe depositarse en su mayor parte en aquellos sitios en que la plaga se encuentre, generalmente en la copa del árbol. Por otra parte, la cantidad de materia activa aplicada debe ser la menor posible, compatible con una eficacia adecuada.

Las aplicaciones primitivas por espolvoreo estaban sujetas a una fuerte deriva, aunque se realizaran con calma atmosférica, por lo que un porcentaje muy elevado de producto caía fuera del objetivo.

Las aplicaciones aéreas de líquidos a bajo volumen (LV), con dosis de aplicación media y bajas y equipos convencionales de barra y boquillas dan lugar a una pérdida de producto que, o bien cae al suelo con las gotas demasia-

do grandes, o se difunde en la atmósfera con las gotitas demasiado pequeñas, ya que estos equipos producen gotas de muy diverso tamaño, con una proporción no muy amplia de gotas del tamaño óptimo para producir el efecto biológico deseado.

En cambio, las aplicaciones aéreas a volúmenes ultra bajos (ULV), mediante atomizadores rotatorios, proporcionan un espectro de gotas muy homogéneo, con una gran proporción de gotas dentro de los diámetros que proporcionan el efecto biológico buscado, por lo que la cantidad de producto aprovechado en la aplicación es muy grande, al mismo tiempo que se pierde poco producto por la formación de gotas demasiado grandes o demasiado pequeñas. Esto permite así unas dosis de aplicación mucho menores (1 a 5 l./ha.) y reduce notablemente la contaminación.

Esta técnica ULV se está utilizando ampliamente contra plagas forestales. En Inglaterra se ha utilizado contra *Panolis flammea* en repoblaciones de *Pinus contorta* en el Norte de Escocia (HOLDEN y BEVAN, 1979). En Polonia se utiliza ampliamente en la lucha contra *Lymantria monacha* en montes de *Pinus sylvestris*.

En España se ha puesto a punto una técnica ULV de tratamiento contra *Thaumetopoea pityocampa* con diflubenzuron (ROBREDO 1980), con la cual se han tratado ya cerca de 1.500.000 ha. de pinar desde 1979. También *L. dispar* se trata en España con 45 g. (m.a.) de diflubenzuron disuelto en 2 litros de gasoil por hectárea. Otras plagas del encinar, *Quercus ilex*, se tratan también con la técnica ULV en España por medios aéreos.

Se discute, en relación con las aplicaciones ULV contra las plagas de insectos, que si bien mejoran la probabilidad del impacto sobre los mismos y su repartición espacial, es menos concluyente la mejora del efecto residual contra los insectos fitófagos, con excepciones tales como la persistencia selectiva encontrada para el diflu-

benzuron. En general, los insectos predadores son más móviles que sus presas. Los depósitos residuales en el follaje se encuentran relativamente más disponibles para los fitófagos que para los insectos que caminan o vuelan, mientras que el impacto directo de la pulverización es posible que haga decrecer más a las poblaciones de predadores y parásitos que a la del fitófago. La cuestión de cómo son afectadas las relaciones naturales predador-parásito/presa por las diferentes técnicas de pulverización es, naturalmente, compleja e implica muchos factores. Estas consideraciones sugieren que debe pres-

tarse más atención al asunto (GRAHAM-BRYCE, 1977).

Como consecuencia de todo lo dicho, y teniendo en cuenta las exigencias de la sociedad actual, el forestal debe poner en juego los conocimientos y medios técnicos actualmente disponibles para el combate de plagas y enfermedades en sus intentos de aplicación del IPM, tendiendo a utilizar lo más posible los métodos selvícolas y a optimizar la acción de los enemigos naturales apoyándose en sólidos principios biológicos y ecológicos.

ABSTRACT

D. CADAHIA and F. ROBREDO: Combate de plagas y enfermedades forestales. *Bol. Serv. Plagas*, 11: 261-273.

The complex problems presented by forest insect pests and diseases should be approached through Integrated Pest Management (IPM) programs. It requires a deep knowledge of the population dynamics of the harmful organisms, its damages and the many sided interactions of the various factors taking part in the forest ecosystems. In the same way it is necessary to take into account the present and potential values of the forest resources, the effects of the harmful organisms and the future prospects in the use and yield of the forests by establishing realistic limits to the system in order to make possible a modeling by determining the key factors. At present, these models have been developed in some particular cases.

Another significant problem, becoming more acute in modern times, is the dispersion and introduction in new geographical areas of organisms harmful to forests and forest products. International Quarantine regulations aimed to avoid this problem, though not directly related with Integrated Pest Management (IPM), are important factors in prevention and control.

Ecological impacts of chemical applications against forest pests are briefly analyzed. The FAO, concerned with this problem, has prepared a document on the «Ecological Criteria for Pesticides Registration» with recommendations and basic essentials for the prediction and evaluation of the effects of pesticides on the environment, since a complete replacement of chemical control is not conceivable in a near future. Nevertheless, at present, we have safe and effective methods of control.

A new concept, selective persistence, is defined in this paper. It is a characteristic of some insect growth regulators that provides a new technique of great possibilities in forest pest control.

Finally, a brief analysis of integrated control of forest pests in practice is realized and a review on the application techniques most used in the world at the present time is made.

REFERENCIAS

- ARZONE, A. y MEOTTO, F., 1978: Reperti biologici su *Gonipterus scutellatus* Gyll (Col.: Curculionidae) infestante gli eucalipti della Riviera Ligure. *Redia*, 41: 205-222.
- BALKE, A., 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.
- BALTENSWEILER, W., 1976: Insect population dynamics. *Proced. XVI IUFRO World Congress-Norway*, 381-393.

- BEDDING, R. A. y ACKHURST, R. J., 1974: Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. *J. Aust. Ent. Soc.*, 13: 129-135.
- BEVAN, D., 1979: Como citado por WAINHOUSE (1985).
- BOWERS, W. S.; OHTA, J.; CLEERE, J. S. y MARSELLA, P. A., 1976: Discovery of insect anti-juvenile hormones in plants. *Science. N. Y.*, 193: 542-547.
- BRASIER, C. M., 1979: Dual origin of recent Dutch Elm Disease outbreaks in Europe. *Nature*, 281: 78-80.
- BRASIER, C. M. y GIBBS, J. N., 1978: Origin and development of the current Dutch Elm Epidemic. En: Scott, P. R. y Bainbridge, A., Plant Disease Epidemiology. Ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburg, Melbourne, 329 p.
- BROOKES, M. H.; STARK, R. W. y CAMPBELL, R. W., 1978: The Douglas fir tussock moth. A synthesis. *USDA Forest Service Tech. Bull.*, 1585.
- CADAHIA, D., 1981: Análisis de la situación de las plagas de insectos y enfermedades forestales en España y en particular de la investigación especializada en este campo. *Bol. Serv. Plagas*, 7: 199-205.
- COBOS, J. M., 1982: Campaña experimental contra *Lymantria dispar*. Informe Técnico. Archivo del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fito-patológica.
- CUEVAS, P.; GUERRERO, A.; MONTOYA, R., 1983: Nuevas experiencias con «pytoulure», feromona sintética de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Bol. Est. Cen. Ecol.*, 12 (24): 75-80.
- COUTIN, R., 1981: Les insectes introduits menaces répétées pour cultures ornementales méditerranéennes. *Perpectives Méditerranéennes*, nº 6.
- CUNNINGHAM, J. C., 1982: Field trials with baculoviruses: Control of forest insect pests. In Microbial and viral pesticides (Ed.) Marcel Dekker, N. Y. pp. 335-286.
- DAHLSTEN, D. L. and S. H. DREISTEADT, 1984: Forest insect pest management. *Bull. of Ent. Soc. Am.* V. 30, (4): 19-21.
- DEMOLIN, G., 1978: Action du Dimilin sur les chenilles de *Lymantria dispar* L.: Incidence sur les tachinaires endoparasites. *Ann. Sci. Forest.*, 35 (3): 229-234.
- DOANE, C. C. y McMANNUS, M. L., 1981: The gypsy moth: research towards integrated pest management. *Techn. Bull.* 1584. USDA. Washington.
- F.A.O., 1982: Criterios ecológicos para el registro de plaguicidas. Segunda consulta de expertos. Estudio F.A.O.: Producción y protección vegetal 28. BP9.
- FELLIN, D. G., 1983: Chemical insecticide vs. the western spruce budworm: after three decades, what's the score? *West. Wildl.*, 9 (1): 8-12.
- GERI, C., 1980: Application des méthodes d'études démoeologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de *Diprion pini* L. (Hyménoptère, *Diprionidae*).
Dynamique des populations de la processionnaire du pin. *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptère, *Thaumetopoeidae*) dans l'île de Corse. These présentée a la Université de Paris-Sud Centre d'Orsay, grade de Dr. Ex-Sciences.
- GONZÁLEZ TIRADO, L., 1984: Lucha contra *Phoracantha semipunctata* Fab. en el suroeste español. *Bol. Serv. Plagas*, 10: 185-204.
- GRAHAM-BRYCE, I. J., 1977: Recent developments in the chemical control of agricultural pests and diseases in relation to ecological effects. En: *Ecological Effects of Pesticides*. Linnean Soc. of London. Academic Press.
- GRANNET, J. y WESELOH, R. M., 1975: Dimilin toxicity on the Gypsy moth larval parasitoid *Apanteles melanoscelus*. *J. Econ. Entomol.*, 68: 577-580.
- GRANNET, J.; DUNBAR, D. M.; WESELOH, R. M., 1976: Gypsy moth control with Dimilin sprays timed to minimize effects on the parasite *Apanteles melanoscelus*. *J. Econ. Entomol.*, 69 (3): 403-420.
- HEYBROEK, H. M., 1967: The Dutch Elm Disease in the old world. 14 IUFRO Congress Munich (5), 447-454.
- JONES, O., 1985: Comunicación personal.
- KARS, A., 1985: Comunicación personal.
- MATHYS, G., 1975: Quarantine. Recent advances and current needs. Second FAO World Technical Consultation on Forests Diseases and Insects. pp. 1-12.
- PIEDALLU, CH., y ROA, L., 1983: 1-Protección de los cultivos. En *Deltrametrin*. Monografía. ROUSSEL UCLAF.
- ROBREDO, F., 1970: Contribución al conocimiento de la bioecología de *Rhyacionia buoliana* Schiff. y sus daños. *Bol. Serv. Plagas For.*, 26: 181-186.
- ROBREDO, F., 1980: Tratamientos masivos con diflubenzuron contra la procesionaria del pino en España. *Bol. Serv. Plagas*, 6: 141-154.
- ROBREDO, F., 1985: Ensayos de lucha contra *Rhyacionia buoliana* Schiff. mediante feromonas sexuales. Informe Técnico. Archivos de Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fito-patológica.
- RUPÉREZ, A., 1958: Sugerencias sobre la lucha biológica contra la *Lymantria dispar* L. en estado de huevo. *Bol. Serv. Plagas For.*, I (1): 41-53.
- THATCHER, R. C., SEARCY, J. L.; LOSTER, J. E. y HERTEL, G. D., 1980: The Southern Pine Beetle. *For. Serv. Sci. and Educ. Adm. Tech. Bull.*, 1631. USDA.
- WAINHOUSE, D., 1985: The adoption of integrated control practices for forest insect pests. In integrated control: a synthesis (Eds) Th. Coaker, A. Burn, P. Jepson. Academic Press (in press).
- WAY, M. J. y BEVAN, D., 1977: Dilemmas in forest pest and disease management. In *Ecological effects of Pesticides*. Academic Press. Inc. London.
- ZONDAG, R., 1985: Controlling *Sirex* with a nematode. Proc. 28th N.Z. Weed and Pests control Conference pp. 169-199.