

La detección de plagas de insectos y enfermedades forestales*.

W. M. CIESLA, D. CADAHÍA Y F. ROBREDO

La moderna tecnología, asociada con la vigilancia de campo y las prospecciones sistemáticas, constituye la base para diseñar sistemas de detección precoz y la evaluación precisa de las plagas de insectos y enfermedades forestales. Estos sistemas son elemento esencial de los programas de manejo diseñados para proteger los recursos forestales de los principales insectos y enfermedades perjudiciales desde un punto de vista global.

W.M. CIESLA, *Forest Insect and Disease Management, Methods Application Group, Forest Service, USDA, Davis, California, USA.*

D. CADAHIA y F. ROBREDO, *Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fito-patológica. Ministerio de Agricultura. Madrid. ESPAÑA.*

INTRODUCCION

La detección, aplicada al manejo de las plagas forestales, se define como el procedimiento o práctica usado para descubrir focos de plagas de insectos o enfermedades en el monte. Los objetivos de la detección son:

1. Descubrir las infestaciones cuando se encuentran confinadas en áreas limitadas antes de que el daño sea extensivo.
2. Croquizar sobre un mapa la localización de los daños causados por insectos y enfermedades y su intensidad.
3. Determinar la necesidad de una evaluación más detallada de las infestaciones antes de decidir si debe o no intervenirse para su supresión.

Como las superficies con problemas existentes o potenciales deben ser descubiertas y señaladas en el mapa antes de considerar cualquier programa de acción, el elemento clave en un programa de manejo de plagas es un sistema de detección eficiente y bien diseñado. El objetivo final de un sistema de detección es descubrir bajos niveles de actividad de insectos y enfermedades, de tal modo que pueda prevenirse el desarrollo de las principales epidemias y la precisión de las pérdidas resultantes, a través de programas de manejo de plagas cuidadosamente planeados y ejecutados. Las prospecciones de detección deben limitarse a los ciclos de vida de las principales plagas de insectos y enfermedades autóctonas de una región forestal determinada para asegurar una adecuada sin-

* Ponencia solicitada para la «Segunda Consulta Técnica Mundial sobre las Enfermedades y los Insectos Forestales», FAO/IUFRO, celebrada los días 7-12 de abril de 1975 en Nueva Delhi (India).

cronización de las prospecciones en coincidencia con la aparición de la plaga o su daño correspondiente. En las naciones en formación y desarrollo, donde la biología y ecología de las principales plagas forestales no son bien conocidas, la investigación básica para definir sus bionomías es un prerrequisito para la implantación de un efectivo sistema de detección.

MÉTODOS DE DETECCIÓN

Vigilancia de campo

La vigilancia de campo consiste en observaciones casuales de la actividad de los insectos y enfermedades realizados por los forestales, propietarios de montes o público en general y la rápida información de niveles desusados de actividad o daño. (ANÓNIMO, 1971). La vigilancia de campo está basada en la premisa del «hombre sobre el terreno», íntimamente familiarizado con las condiciones locales del monte, que recorre a intervalos frecuentes, y que resulta más eficaz para descubrir un problema incipiente de insectos o enfermedades que la de los profesionales entomólogos o fitopatólogos, cuyas visitas a un área determinada del monte son menos frecuentes. Un programa de vigilancia depende de personal conocedor de los problemas de plagas y capaz de reconocer lo inusual o anormal. Otro fundamento de los programas de vigilancia es el entrenamiento periódico, por profesionales, sobre el reconocimiento de signos y síntomas de los principales problemas de insectos y enfermedades indígenas para una región dada, sus ciclos de vida y procedimientos para el envío de muestras del agente causal o daños.

El interés de los participantes en un programa de vigilancia de campo debe ser mantenido con el fin de proporcionar información

fluida a los funcionarios responsables. Para mantener un programa vivo y eficaz son de gran valor los impresos de información simplificados, y el rápido acuse de recibo agradeciendo la información e identificación del material enviado con recomendaciones para el tratamiento, si fuera necesario. En los Estados Unidos, donde las propiedades forestales se encuentran entremezcladas, los esfuerzos en la detección dependen de la cooperación entre las Agencias Federales y del Estado y los propietarios particulares. Muchos Estados publican boletines de aviso de plagas forestales que ponen al día a los responsables sobre el estado de las plagas y enfermedades. Frecuentemente, se menciona el nombre del que proporciona la noticia, con objeto de mantener el interés de los informadores. Los boletines de aviso, los consultorios especiales, y las notas de prensa son útiles para alertar a los usuarios forestales de la reciente detección de un incremento de los niveles de población de una plaga y recordarles que deben informar si detectan daños similares.

Los programas de vigilancia de campo son particularmente efectivos en regiones de ordenación forestal intensiva y áreas de reciente población donde las inversiones por hectárea son altas, y sirven como incentivo adicional para una detección precoz de las plagas. En el Sureste de los Estados Unidos, por ejemplo, donde un clima cálido y húmedo proporciona crecimientos medios rápidos, se han establecido turnos cortos para los principales productos forestales y selvicultura intensiva en grandes superficies de repoblación, muchas de ellas procedentes de semillas seleccionadas, genéticamente superiores. En estas áreas, normalmente, es el ojo vigilante del forestal quien descubre, como parte de su normal actividad diaria, un incremento derivado de la actividad de los insectos y enfermedades.



Fig. 1.—El personal de campo, capaz de reconocer altos niveles de actividad de las plagas y enfermedades de la zona, son parte esencial en una red de detección.

Análogamente, el establecimiento de plantaciones forestales en las regiones áridas y semiáridas del mundo, tales como las del Oriente Medio, requiere una alta inversión inicial por hectárea para el riego, acompañada de una selvicultura intensiva durante todo el turno para asegurar la producción. Esto proporciona incentivos adicionales para intensificar la vigilancia de los forestales responsables, que asegure la detección precoz de plagas de insectos y enfermedades forestales.

DetECCIÓN SISTEMÁTICA

Como complemento de la vigilancia de campo, se realizan prospecciones de detección «sistemáticas» o «programadas». Estas se efectúan por especialistas entrenados y su único propósito es descubrir y advertir sobre los daños producidos por los insectos y enfermedades.

DETECCIÓN AÉREA

Los pequeños aviones de ala alta son una herramienta valiosa en la detección de insectos y enfermedades forestales. Su uso fue ampliamente aceptado en U.S.A. y Canadá en la década de 1950 (HELLER et al. 1955, WATERS et al. 1958). Se dispone de procedimientos detallados para la organización y realización de las prospecciones de detección aérea para varias regiones forestales de U.S.A. (WEAR y BUCKHORN 1955, ANÓNIMO 1971).

La estimación efectiva de los daños producidos por las plagas forestales mediante el uso de prospecciones aéreas depende enteramente de la visibilidad del daño. Los daños de naturaleza más o menos conspicua, que afectan a una parte significativa de la copa, pueden ser observados fácilmente desde alturas de vuelo comprendidos entre 160 y 500 metros sobre el suelo. Los daños de insectos

y enfermedades visibles desde el aire incluyen la muerte de los árboles, tal como la causada por perforadores subcorticales (*Coleoptera: Scolytidae*), o ciertos insectos chupadores, tales como *Adelges piceae* RATZ (*Homoptera: Adelgidae*), defoliaciones tales como las producidas por *Choristoneura* sp. (*Lepidoptera: Tortricidae*), *Porthetria dispar* (L.) (*Lepidopteras: Lymantridae*) o marchitez causada por agentes patógenos, tal como *Ceratocystis fagacearum* (Bretz) Hunt, *Ascomícetos: Sphaeriaceae*). Estos daños son fácilmente croquizados sobre un mapa por observadores entrenados con visión normal del color.

La eficacia de las prospecciones aéreas puede ser optimizada mediante una sincronización cuidadosa de los vuelos y la máxima expresión de los daños. El momento de la prospección variará de acuerdo con la región forestal y/o el insecto o enfermedad para los que está dirigida. Los forestales responsables de la operación deben estar familiarizados con los ciclos de vida y períodos de expresión máxima de los síntomas de las plagas más importantes, dentro de su área de responsabilidad, para realizar con eficacia un programa de detección sistemática. En las regiones de bosques boreales y templados, donde la mayor parte de las plagas de insectos tienen una sola generación al año, puede ser suficiente una prospección aérea anual. En las regiones tropicales y subtropicales, donde los ciclos de vida multivoltinos son más frecuentes, pueden ser necesarios dos o tres vuelos de detección para asegurar una cobertura adecuada. La detección aérea es de particular valor para las regiones forestales lejanas e inaccesibles donde la posibilidad de una vigilancia de campo es limitada.

Los muestreos pie a tierra complementarios son parte integrante de la detección aérea (ANÓNIMO 1971). Deben realizarse para obtener la identificación del agente causal res-



Fig. 2.—Los pequeños aviones de ala alta proporcionan una valiosa herramienta para croquizar las zonas afectadas por plagas y enfermedades, en grandes masas forestales.

ponsable del daño, de la planta afectada y la localización adicional de áreas con daños no visibles desde el aire.

El mayor inconveniente de la detección aérea es que las plagas son descubiertas después de que el daño se ha realizado y el insecto o enfermedad causal ha completado su ciclo de vida. Es usual que los daños producidos por insectos defoliadores se descubran cuando se encuentran en último estadio larval o en estado de pupa, demasiado tarde para

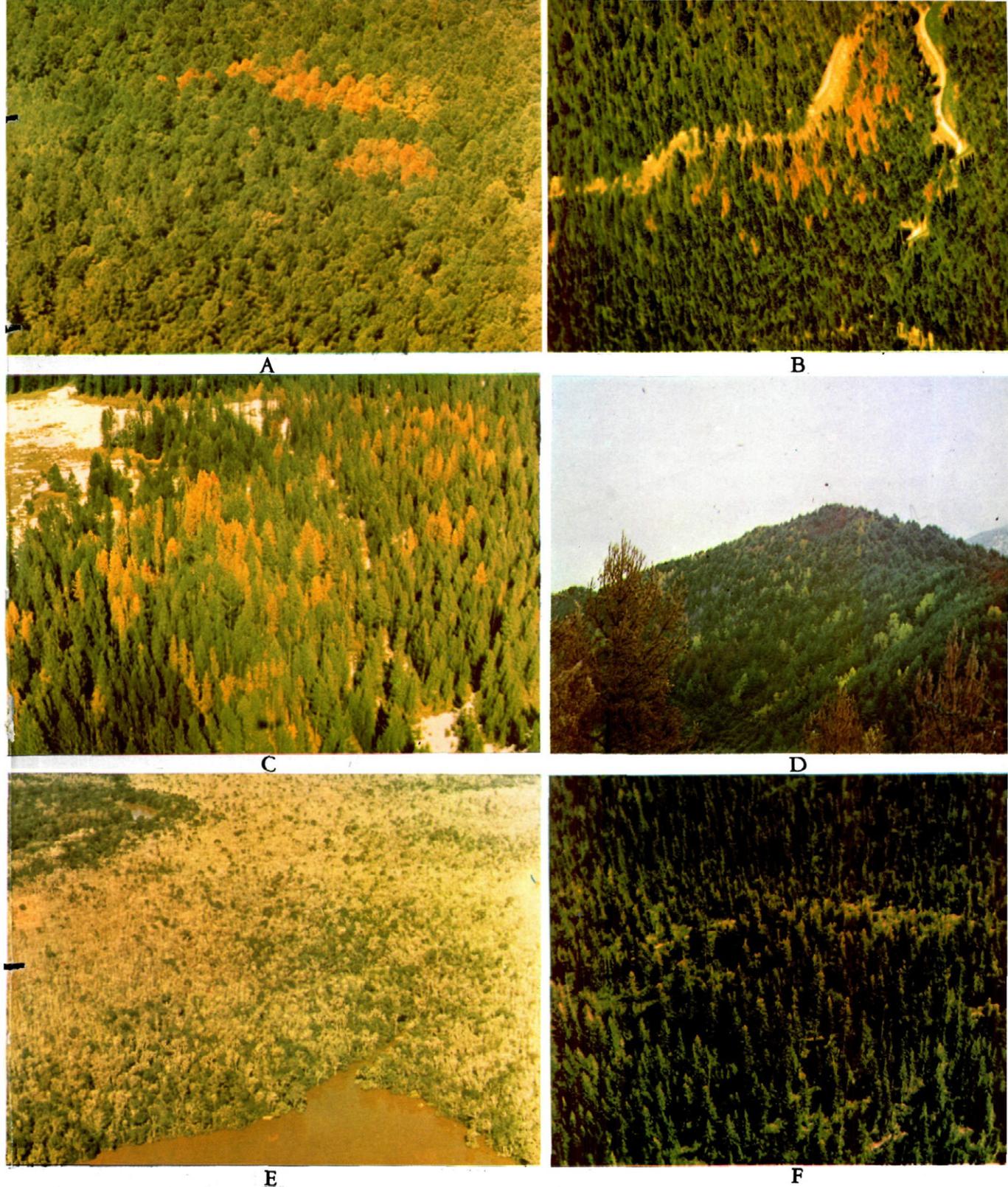


Fig. 3.—Ejemplos de daños visibles desde el aire, causados por insectos forestales.

A.—*Dendroctonus frontalis* Zim. en *Pinus taeda*, Texas Oriental, USA.

B.—*Scolytus ventralis* en *Abies grandis*, Idaho, USA.

C.—*Dendroctonus ponderosae* Hopk. en *Pinus ponderosae*, Montana, USA

D.—*Ips acuminatus* en *Pinus Sylvestris*. Lérida, España. (Fotografía cedida amablemente por el Biólogo, D. Adolfo Rupérez).

E.—Defoliación de *Nysa aquatica* por *Malacosoma disstria* (Lepidoptera: Lasiocampidae), Mobile River Basin, Alabama, USA

F.—Defoliación de *Pseudotsuga menzeissi* v *Abies grandis* por *Oryza pseudotsugata*, Idaho septentrional, USA

planear y ejecutar su tratamiento. El descubrimiento de una defoliación proporciona a los especialistas en manejo de plagas forestales posibilidades para evaluar la infestación y los daños potenciales de la generación siguiente, y así decidir sobre la oportunidad de su tratamiento. La progenie de los perforadores subcorticales de coníferas (*Coleoptera: Scolytidae*) normalmente emerge antes de que sea ostensible la decoloración de la copa. Por lo tanto, los grupos de árboles muertos o moribundos indicadores de ataques de escolítidos, informan al observador aéreo que se ha dado un brote de plaga y debe realizarse una prospección terrestre complementaria para establecer la presencia de árboles en los que se ha instalado una nueva generación.

Prospecciones pie a tierra

Normalmente, los daños de naturaleza más sutil, tales como los de brotes y guías o en brinzales, no son visibles desde un avión. Entonces es necesario programar prospecciones pie a tierra, destinadas a detectar estas formas de daño. En España han sido realizadas anualmente desde 1966, prospecciones terrestres sistemáticas para detectar y estimar la tendencia de las poblaciones de *Rhyacionia buoliana* Den. et Schiff. (ROBREDO 1970). Además, frecuentemente, puede ser deseable detectar poblaciones de plagas destructivas antes de que alcancen niveles de daño o extensión tales que pueden ser visibles desde el aire.

Las prospecciones pie a tierra son también necesarias para detectar y evaluar estados particulares de ciertos insectos. Así, se han utilizado las técnicas de muestreo secuencial para las puestas de *Choristoneura fumiferana* (Clem.) en Canadá (MORRIS 1954) y también para nidos de orugas de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. en España (CADAHIA et al. 1963, 1967).

En Canadá se instituyó en 1936 una prospección metódica de insectos forestales para llenar una necesidad creciente de información sobre su estado y tendencia (MCCUGAN 1955). Esta prospección está basada casi enteramente en prospecciones pie a tierra realizadas por los guardas forestales locales especializados en plagas. El material colectado por estos guardas es enviado a los laboratorios regionales dónde se realizan las identificaciones y se almacenan los datos. El «Canadian Forest Insect Survey» ha proporcionado una información abundante sobre la distribución de los insectos forestales en Canadá y ha servido como sistema precoz de avisos, mediante la información sobre las tendencias de la población de defoliadores, tales como *Choristoneura fumiferana* (Clem.)

Prospecciones especiales de detección

Además de la vigilancia de campo normal y programas de detección, pueden realizarse prospecciones especiales para comprobar el estado de la población de plagas de insectos o enfermedades introducidos o de naturaleza extremadamente destructiva. Constituye un ejemplo, la introducción de *Adelges piceae* Ratz. en las masas aisladas de *Abies fraseri* del sur de la cadena montañosa de los Apalaches en U.S.A. que amenaza a su valor paisajístico y recreativo, y a una industria local de árboles de Navidad. Un sistema de detección consistente en prospecciones aéreas cuidadosamente programadas, acompañadas de una red de trampas adhesivas destinadas a coleccionar ninfas móviles transportadas por el viento, asegura una detección precoz de infestaciones puntuales localizadas antes de que lleguen a ser demasiado extensas, con el fin de adoptar medidas de control efectivas (ANÓNIMO 1971, LAMBERT y FRANKLIN 1967).

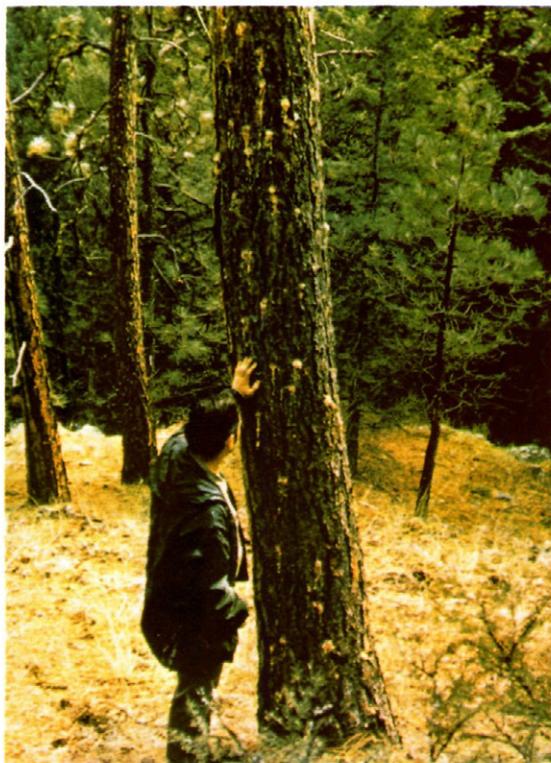


Fig. 4.—El muestreo complementario de campo es una parte integral de la detección aérea.

Ciertas plagas autóctonas tales como *Orygia pseudotsugata* McConnough (*Lepidoptera: Lymantridae*), defoliador indígena de los bosques de *Abies-Pseudotsuga* del Oeste de Norteamérica, son capaces de causar destrucciones de tal magnitud que merecen sean montadas prospecciones especiales que aseguren la detección precoz de las poblaciones epidémicas. El historial de las gradaciones epidémicas de *O. pseudotsugata* del pasado, es de gran ayuda en la planificación de prospecciones especiales de detección. Las culminaciones de población se dan con frecuencia regular, a intervalos de 7 a 10 años. En el norte de Idaho, U.S.A., la plaga ha aparecido virtualmente en las mismas masas arbóreas en 1946-47, 1964-65 y 1973-74 (TUN-

NOCK 1973). Frecuentemente, la aparición de plagas en los montes está precedida en 1-3 años por su aparición en árboles de sombra u ornamentales de las áreas residenciales. El descubrimiento de focos localizados en urbanizaciones del norte de Idaho en 1971-72 condujo a los entomólogos forestales a intensificar la vigilancia de campo y realizar prospecciones de puestas de áreas arboladas infestadas durante las culminaciones de población anteriores. Esto permitió localizar una superficie de unas 20.000 hectáreas antes de que fuera defoliada (LIVINGSTON y TUNNOCK 1973). Es obvia la necesidad de realizar tratamientos contra la plaga como resultado de tales esfuerzos de detección.

MEDIOS DE DETECCION ESPECIALIZADOS

Los recientes avances tecnológicos han proporcionado nuevas herramientas que constituyen una promesa considerable para la detección precoz de las plagas de insectos y enfermedades forestales y una estimación más aproximada de su status.

Sensores remotos

Fotografía aérea

La fotografía aérea de escalas grandes a medias se ha usado para una amplia gama de aplicaciones en estimaciones de plagas de insectos y enfermedades forestales, (MURTHA 1972, WEAR et al. 1966). Las películas de color tienen una capacidad de resolución significativamente más grande que las películas en blanco y negro (HELLER et al. 1959). Durante los pasados diez años, la fotografía aérea en color y color infrarrojo se han hecho más asequibles para los usuarios, menos costosas y con mayor sensibilidad y poder de resolución.



Fig. 5.—Vista aérea del Vivero del Monte de Cercedilla (Madrid) tomada con cámara gran angular RC-10 WILD con emulsión Kodak de infrarrojo color. La coloración es indicativa del vigor de las plantas. Las eras de tonos verdes fuertes son de plantas secas. Los tonos más fuertes de rojo, entre las eras y los árboles colindantes, son indicativos de la edad. (Foto cedida amablemente por el Ingeniero de Montes, D. Serafín López Cuervo).

Cuando el objetivo primario de detección es el descubrimiento de bajos niveles de infestación, la fotografía aérea tiene la desventaja de ser cara y a veces complicada, particularmente cuando se trata de amplias áreas forestales. Las desventajas específicas corresponden a los altos costos de la repetición de las operaciones de fotografía y las restricciones impuestas por las condiciones meteorológicas, ciclos de vida de los insectos y agentes patógenos a prospeccionar, y la disponibilidad de los equipos especializados (ANÓNIMO 1971, ROTH et al. 1963). La fotografía aérea como herramienta de prospección proporciona los mayores beneficios cuando se requieren evaluaciones detalladas

de una plaga determinada. Las prospecciones fotoaéreas han incrementado la eficacia y precisión de los intentos para medir la incidencia de las plagas (WERT y WICKMAN 1970), proporcionar datos para planear e instrumentar las operaciones de salvamento (Mc GREGOR et al. 1974), o comprobar los efectos de las pulverizaciones aéreas (CIESLA et al. 1971).

Se ha informado sobre la aptitud de las técnicas de falso color para la detección previsual de los síntomas de anomalías fisiológicas en repoblaciones de *Pinus pinaster* Ayt. en España (DAFAUCE 1975). Sin embargo, estas técnicas no han sido efectivas en la detección de pinos infestados por escolíti-



Fig. 6.—Fotografía con emulsión infrarroja del pinsapar de Ronda. Los árboles con tonalidades azules se encuentran atacadas por el escolitido *Cryphalus numidicus* Eichh. (Fotografía amablemente cedida por el Ingeniero de Montes, D. Fernando Braquehais).

dos antes de la decoloración de sus copas (CIESLA et al. 1967), y HELLER (1968, 1975) informa que, hasta la fecha, ninguna película, filtro o combinación de escala ha dado resultados en la detección de árboles decadentes antes de que tenga lugar la decoloración práctica del follaje.

La fotografía multispectral no ha sido plenamente explorada en su utilización para la detección de insectos y enfermedades forestales. El propósito de este procedimiento es realzar un objeto de interés, tal como una especie maderable, decoloración del follaje, etc., de forma que se haga más fácilmente visible.

Rastreadores multispectrales

Los rastreadores lineales recogen los datos en muchos canales de estrecha longitud de onda a través de un único sistema óptico, que debe proporcionar una excelente discriminación entre los follajes sanos y los decadentes e incluso la detección previsional de los árboles que se encuentran en dificultades. En último extremo tal sistema permitiría la fotointerpretación y clasificación automática, pero resulta demasiado caro en su actual estado de desarrollo como para considerar su uso en el campo de la detección de plagas (HELLER 1975).

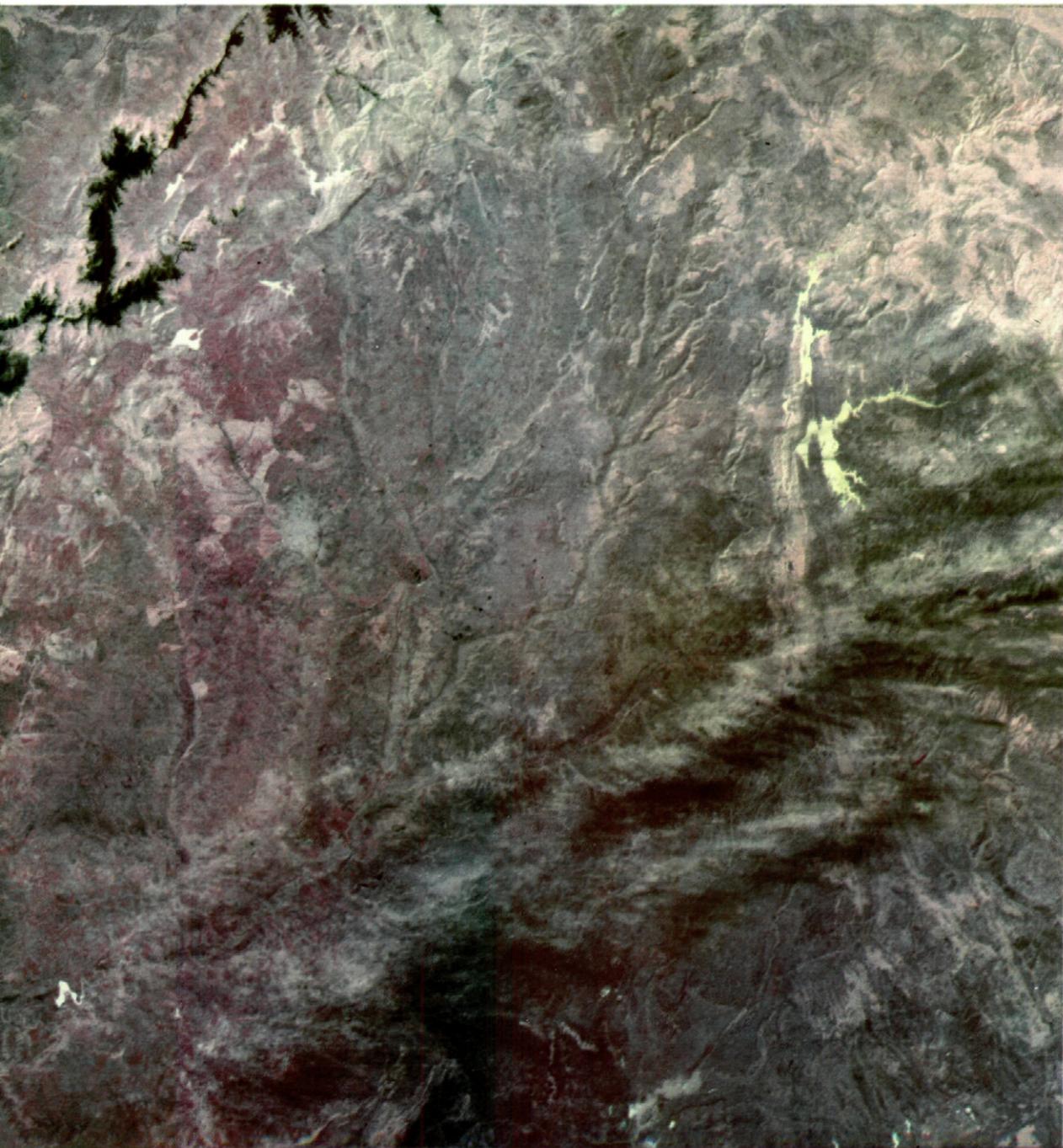


Fig. 7.—Imágenes obtenidas por el satélite orbital ERTS-A, a escala aproximada 1: 1.200.000. En esta vista se detectan perfectamente los pantanos de Entrepeñas y Buendía. La ciudad de Madrid se encuentra casi en el centro de la imagen. (Fotos cedidas por el Servicio de Fotogrametría y Fotointerpretación de la Universidad Politécnica de Madrid).



Fig. 7.—Imágenes obtenidas por el satélite orbital ERTS-A, a escala aproximada 1: 1.200.000. En esta vista se detectan perfectamente los pantanos de Entrepeñas y Buendía. La ciudad de Madrid se encuentra casi en el centro de la imagen. (Fotos cedidas por el Servicio de Fotogrametría y Fotointerpretación de la Universidad Politécnica de Madrid).

Radar

El radar de barrido lateral aerotransportado (SLAR) tiene una capacidad de resolución insuficiente para detectar diferencias entre árboles dañados y sanos, como se ha demostrado en el norte de California sobre áreas conocidas de infestación por escolítidos (HELLER 1975).

Satélites orbitales

La imaginería procedente de satélites orbitales terrestres (ERTS y SKYLAB) ha sido evaluada en muchas aplicaciones de inventariación de recursos de la tierra, incluyendo la detección de daños de insectos y enfermedades forestales y agrícolas. Aún cuando sean prometedores para futuras aplicaciones, hasta el momento se han encontrado ciertos pro-

blemas, como son la inconsistencia de la calidad de la imagen, resolución insuficiente, sincronización y precisión posicional inadecuadas (HELLER 1973). La imaginería de los satélites aún no se ha demostrado efectivamente apta para detectar la actividad de los insectos o enfermedades con suficiente precisión, como para colaborar en los programas de detección o tratamiento. Las extensas superficies de los Estados Unidos afectadas por defoliadores no fueron tomadas en imagen con suficiente calidad para definir las áreas de más severa defoliación. En Dakota del Sur la mortalidad de extensas áreas de *Pinus ponderosa* Laws. por *Dendroctonus ponderosae* Hopkins no fue detectable ni por el realce óptico de las imágenes del ERTS, ni por el análisis con ordenador de las señales tomadas por el ERTS mediante cinta magnética (HELLER 1975).



Fig. 8.—Trampas para captura de insectos

A.—Trampa con adhesivo para capturar ninfas móviles transportadas por el viento, de *Adelges piceae*.

B.—Trampa con adhesivo para capturar adultos machos de *Rhyacionia buoliana* mediante la atracción de su feromona sexual.

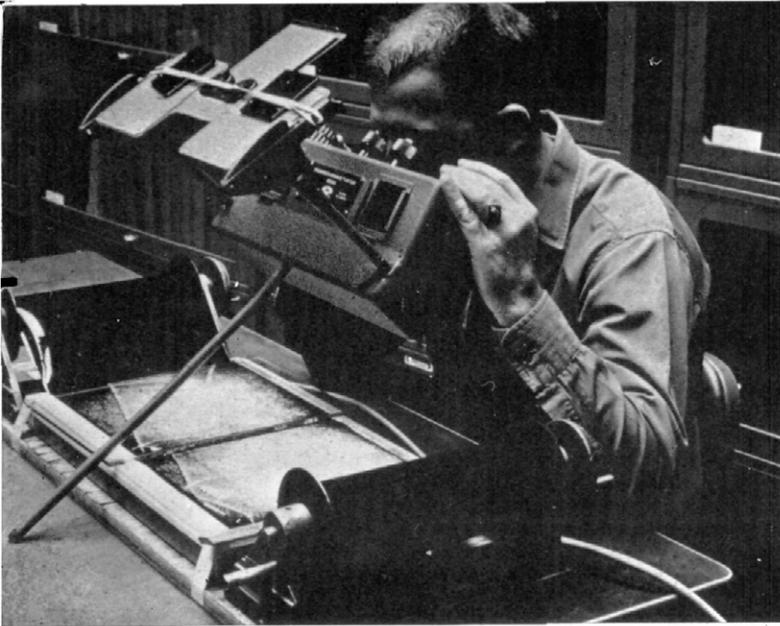


Fig. 9.—Fotointerpretación de transparencias tomadas con infrarrojos para hacer el conteo de árboles muertos y decadentes.



Fig. 10.—Las terminales de tiempo compartido proporcionan un acceso rápido a los ordenadores para procesar y almacenar los datos obtenidos en las prospecciones.

La evaluación de las fotos de escala ultra-pequeña (1: 126.720) de vuelos bajos del ERTS, tomadas desde 25.000 metros, indican que pueden ser resueltas las defoliaciones

moderadas a fuertes, en masas puras o casi puras de *P. ponderosa* por *Neophasia menapia* H. y H. (*Lepidoptera: Pieridae*); sin embargo, la precisión fue considerablemente

más baja en las masas de especies mezcladas o donde la vegetación del sotobosque enmascara los daños. Incluso no pudieron ser resueltas sobre dichas fotos (CIESLA, 1974), determinadas áreas conocidas de *P. ponderosa* muertos por *D. ponderosae* y de *Pseudotsuga menzeisii* defoliadas por *Choristoneura occidentalis* Free.

Feromonas

En años recientes, se han identificado y sintetizado compuestos químicos producidos por los insectos que aseguran su apareamiento y selección de la planta huésped, y se han evaluado en la estrategia del manejo de plagas (SILVERSTEIN et al. 1968, FURNISS et al. 1974). La investigación de feromonas se encuentra en variados estados de desarrollo para los insectos forestales de mayor importancia del continente Norteamericano, tales como *Dendroctonus* sp., *P. dispar* (L.), *Choristoneura* sp. y más recientemente, *O. pseudotsugata* McD. (DATERMAN 1974). En Europa, la investigación en feromonas de los escolítidos se realiza sobre varias especies de *Ips* y *Blastophagus piniperda* L. en coníferas y *Leperesinus fraxini* Panz. en *Fraxinus* (BAKKE 1973). De entre los lepidópteros forestales, se han iniciado estudios sobre la feromona sexual de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (CADAHIA et al. 1974).

En el este de los Estados Unidos se han usado eficazmente trampas atrayentes para la captura de machos de *P. dispar* para detectar la dispersión de esta plaga introducida. Una de las aplicaciones inmediatas prometedoras de las feromonas es el seguimiento cuantitativo de las poblaciones endémicas de las plagas de insectos más importantes con una

base anual y uso de los tipos de fluctuaciones anuales de las capturas en las trampas para la predicción de los ciclos endémicos. El análisis de los datos procedentes de la red de trampas feromonales para el establecimiento de umbrales numéricos, indicativos de una inminente explosión de la población, es de grandísima importancia para el desarrollo de sistemas de trampeo operacional para las plagas más importantes.

Proceso automático de datos

Las prospecciones de detección son de poco valor al menos que los resultados sean proporcionados a los responsables de los recursos a tiempo y de manera concisa. Esto es verdad particularmente en la era actual de concienciación sobre los problemas ambientales, en que cada plan de manejo de plagas forestales debe acompañarse de una detallada estimación del impacto sobre el medio ambiente y de una adecuada información pública. Los ordenadores proporcionan una ayuda valiosa para un rápido y preciso procesamiento y almacenamiento de grandes volúmenes de datos procedentes de las prospecciones. El análisis automático y almacenamiento de los datos constituye una parte integrante del «Canadian Forest Insect Survey» desde el año 1952 (MCGUGAN 1958). Actualmente, los ordenadores centralizados de tiempo conversacional compartido, accesibles mediante terminales lejanas unidas por líneas telefónicas, ponen a disposición de un gran número de usuarios los más sofisticados equipos, tales como los de trazado gráfico y digitalizadores, que permiten el análisis directo de mapas de campo y facilitan la reproducción de los mapas de prospección para su rápida retransmisión al campo.



Fig. 11.—La interpretación de esta fotografía aérea deberá hacerse con su pareja, utilizando un aparato lector de estereoscopia. La fotografía que completa la pareja se inserta en hoja suelta, para poder acomodar la visión al efecto estereoscópico, mediante el uso del aparato ya citado, similar al expuesto en la figura 9.



Fig. 11 bis.—Esta fotografía aérea será utilizada junto con la fig. 11, con el fin de obtener el efecto estereoscópico.

ABSTRACT

CIESLA, W.M. CADAHIA, D. Y ROBREDO, F. 197.—La detección de plagas de insectos y enfermedades forestales. *Bol. Serv. Plagas* 2: 37-53.

Modern technology, coupled with field surveillance and systematic surveys, form the basis of systems designed to augment early detection and accurate evaluation of forest insect and disease outbreaks. These systems are an essential element of management programs designed to protect forest resources from major insect and disease pests on a global basis.

REFERENCIAS

- ANONYMOUS. 1971: Detection of forest pests in the southeast. USDA Forest Service, SE Area, Div. Forest Pest Control, Atlanta, GA., 51pp.
- BAKKE, A. 1973: Bark Beetle pheromones and their potential use in forestry. OEPP/EPPO Bull 9: 5-15
- CADAHIA, D., INSUA, A., MALLEN, J. A. 1963: Distribución e intensidad de la plaga de procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. en 1963. *Bol. Serv. Plagas For.* 12: 78-84
- CADAHIA, D., INSUA, A., MALLEN, J. A. 1967: Distribución de la plaga de «procesionaria del pino» *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., en 1966. *Bol. Serv. Plagas For.* 19: 69-72
- CADAHIA, D., ENRIQUEZ, L., SANCHEZ, A. 1974: La atracción sexual en *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Bol. Serv. Plagas* 1
- CIESLA, W. M., J. C. BELL JR. y J. W. CURLIN, 1967: Color photos and the southern pine beetle. *Photogrammetric Eng.* 33: 883-888.
- CIESLA, W. M., L. E. DRAKE y D. H. WILMORE, 1971: Color photos, aerial sprays and the forest tent caterpillar. *Photogrammetric Eng.*, 37: 867-873
- CIESLA, W. M. 1974: Forest Insect damage from high altitude color infrared photos. *Photogrammetric Eng.*, 41: 683-690
- DATERMAN, G. E. 1974: Chemical identification and development of the tussock moth sex pheromone for improvement of detection methods. Interim Rpt., Douglas-fir tussock moth research and pilot test program, season of 1974, by U.S. Forest Service and cooperators-USDA Forest Service, Pacific NW Forest and Range Expt. Sta., Portland, OR.
- DEFAUCE, C., 1975: Methods for detection of forest pests. Special Paper, Second World Technical Consultation on forest insects and diseases., FAO/IUFRO, New Delhi, India, April 7-12, 1975.
- FURNISS, M. M., C. E. DATERMAN, L. N. KLINE, M. D. MCGREGOR, G. C. TROSTLE, L. F. PETTINGER, y J. A. RUDINSKY, 1974: Effectiveness of the Douglas-fir beetles antiaggregative pheromone methylcyclohexene at three concentrations and spacings around felled host trees. *Canadian Entomol.* 106: 381-392.
- HELLER, R. C., J. F. COYNE y J. L. BLEAN. 1955: Airplanes increase effectiveness of southern pine beetle surveys. *J. Forestry* 53: 483-487
- HELLER, R. C., R. C. ALDRICH y W. F. BAILEY, 1959: An evaluation of aerial photography for detecting southern pine beetle damage. *Photogrammetric Eng.* (Sept.) 595: 606
- HELLER, R. C., 1968: Previsual detection of ponderosa pine dying from barkbeetle attack. Proc. 5th Symposium Remote Sensing of Environment. Univ. of Michigan, Ann Arbor, 1968: 387-434.
- HELLER, R. C. 1973: Analysis of ERTS imagery-problems and promises for foresters. Proc. Symposium IUFRO, Freiburg, Germany: 373-393
- HELLER, R. C., 1975. Remote sensing to detect forest disease and insects. Special Paper, Second World Technical Consultation on forest insects and diseases, FAO/IUFRO, New Delhi, India, April 7-12, 1975.
- LAMBERT, H. L. y R. T. FRANKLIN, 1967: Tanglefoot traps for detection of the balsam woolly aphid. *J. Econ. Entomol.*, 60: 1525-1529.
- LIVINGSTON, R. L. y S. TUNNOCK, 1973: Biological evaluation of existing Douglas-fir tussock moth populations in northern Idaho to determine damage potential for 1973. State of Idaho, Dept. Public Lands, Forest Pest Rpt. N.º 2, 7 pp.
- MCGREGOR, M. D., M. M. FURNISS, W. E. BOUSFIELD, D. P. ALMAS, P. J. GRAVELLE y R. O. OAKES, 1974: Evaluation of the Douglas-fir beetle infestations, North Fork Clearwater River Drainage, northern Idaho, 1970-73. USDA Forest Service, Northern Region, Div. State and Priv. Forestry, Missoula, MT., Rpt. No. 74-7, 17 pp.
- MCGUGAN, B. M. 1958: The Canadian forest insect survey. Proc. Tenth Int. Cong. Entomol., 4: 219-232.
- MORRIS, R. F. 1954: A sequential sampling technique for spruce budworm eggs surveys. *Can. J. Zool.* 32.
- MURTHA, P. A. 1972: A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada. Canadian Forestry Ser., Ottawa, Pub. No. 1292.
- ROBREDO, F. 1970: Contribución al conocimiento de la bioecología de *Rhyacionia buoliana* Schiff. y sus daños. *Bol. Serv. Plag. For.* 26: 181-186.
- ROTH, E. R., R. C. HELLER y W. A. STEGALL, 1963: Color photography for oak wilt detection. *J. Forestry*, 61.
- SILVERSTEIN, R. M., R. G. BROWNLEE, T. E. BELLAS, D. L. WOOD y L. E. BROWNEE, 1968: Brevicomín: principal sex attractant in the frass of the female western pine beetle. *Science* 159: 889-891.
- TUNNOCK, S. 1973: The Douglas-fir tussock moth in the Northern Region, a cartographic history of outbreaks from 1923-1973. USDA Forest Service, Northern Region, Div. State and Priv. Forestry, Missoula, MT., Rpt. No. 73-27, 18 pp.

- WATERS, W. E., R. C. HELLER y J. L. BEAN. 1958: Aerial appraisal of damage by the spruce budworm. *J. Forestry* 56: 269-276.
- WEAR, J. F., y W. J. BUCKHORN, 1955: Organization and conduct of forest insect aerial surveys in Washington and Oregon. USDA Forest Service, Pacific NW Forest and Range Expt. Sta., Portland, OR., 41 pp.
- WEAR, J. E., R. B. POPE y P. W. ORR, 1966: Aerial photographic techniques for estimating damage by insects in western forests. USDA Forest Service, Pacific NW Forest and Range Expt. Sta., Portland, OR., 79 pp.
- WERT, S. L., y B. E. WICKMAN, 1970: Impact of Douglas-fir tussock moth/color aerial photography evaluates mortality. USDA Forest Service, Pacific SW Forest and Range Expt. Sta., Berkeley, CA., Res. paper, PSW-60, 6 pp.