

MODELIZACIÓN MEDIANTE GIS Y USO DE FEROMONAS EN EXPLOSIONES POBLACIONALES DE ESCOLÍTIDOS PERFORADORES DE CONÍFERAS. APLICACIÓN AL POSTINCENDIO DE GUADALAJARA

Gerardo Sánchez Peña¹, Jesús Dieste Otal¹, Gema Revenga Fernández¹, Ángel Vela Laína², Alfredo Chavarría Samper³, Carlos García Ortega³ y Eudaldo González Rosa⁴

¹ Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Ríos Rosas 24. 28003-MADRID (España). Correo electrónico: gsanchez@mma.es

² O. A. Espacios Protegidos. Parque Natural del Alto Tajo. Cardenal González de Mendoza 7-9. 19071-GUADALAJARA (España)

³ Dirección General de Política Forestal. Delegación Provincial de Medio Ambiente y Desarrollo Rural. Avda. del Ejército 10. 19071-GUADALAJARA (España)

⁴ SILCO, S.L. Nicolás Usera 51, 1º 28026-MADRID (España)

Resumen

El incendio de La Riba de Saelices (Guadalajara) asoló en el verano del 2005 casi 12.000 hectáreas, de las cuales cerca de 10.000 corresponden a pinar. Posteriormente en las áreas internas no quemadas y en el perímetro del incendio se han declarado importantes mortandades del pinar superviviente causadas por explosiones poblacionales de escolítidos (*Ips sexdentatus* Börner, 1776). Se expone el diseño de una herramienta de seguimiento basada en el estudio del impacto, la modelización del desarrollo de la plaga y las labores de prevención y control frente a futuras explosiones. La base es un dispositivo de trapeo a gran escala (más de 230 trampas), y un análisis integrado georeferenciado de los resultados obtenidos (análisis GIS). La información recogida permite reflejar el impacto real del daño, las plagas y su evolución tras el incendio, y cuantificar el diferente efecto de las generaciones emergentes de escolítidos a lo largo del año y las tendencias en su expansión.

Palabras clave: *Ips sexdentatus*, Feromonas, Incendio, Trapeo, GIS

INTRODUCCIÓN

El incendio que asoló en Julio de 2005 unas 11.997 hectáreas de monte, afectó a nueve términos municipales de la provincia de Guadalajara. De esta superficie, 9.357 ha corresponden a pinar en su mayoría pino rodeno. A pesar de la celeridad en los trabajos posteriores de retirada de madera y de restauración llevados a cabo, se han detectado importantes focos de infestación cuya causa principal ha de atribuirse

a explosiones poblacionales de escolítidos, principalmente *Ips sexdentatus*.

ANÁLISIS DE LA ZONA INCENDIADA ANTES DEL TRAMPEO Y RIESGO GENERADO TRAS EL INCENDIO

La vegetación afectada por el incendio correspondió en su mayor parte a rodenal (pinar de pino rodeno o resinero), en un 78%, siendo el

resto matorral (principalmente jaral, brezal y aliajar), roble (rebollar o marojal), pinar de pino silvestre, sabinar, quejigar y cultivos (rastrojeras).

Las especies dominantes (pino rodeno, roble marojo y quejigo) presentan en general buena respuesta a la regeneración natural tras el incendio.

El mayor riesgo en este tipo de situaciones se centra en el arbolado en pie del entorno (SCHWILK, 2006). Los daños se concentran en las islas de vegetación que sobrevivieron en el interior del área incendiada, y en el perímetro del mismo (RYAN et al., 1988; RASMUSSEN et al., 1996), que coincide en su límite con masas boscosas de pino resinero (*P. pinaster* Ait.) y pino silvestre (*P. sylvestris* L.). Se observan, tanto en los pequeños rodales aislados que quedaron dentro del monte como en el perímetro, abundantes árboles recién muertos o con inicio de procesos de decaimiento: amarilleamiento de copas, laxitud en los ramillos portantes de acículas, enrojecimientos parciales o totales, etc. El análisis de estos pies muestra procesos de colonización interna a nivel subcortical por el escolítido *Ips sexdentatus* (ROMANIK et al., 1993; MUÑOZ et al., 2003).

Este escolítido tiene un carácter claramente secundario, necesita la existencia de arbolado debilitado para iniciar el proceso de colonización y de explosión poblacional (HERNÁNDEZ et al., 1993). De forma natural es un componente habitual de los ecosistemas forestales, donde se desarrolla sobre arbolado moribundo o muy debilitado, propiciando su muerte. Es por tanto una buena señal de aviso de desequilibrios puntuales, o generales cuando las poblaciones “explotan” por la abundancia de material susceptible de colonización (REEVE, 1995; LOGAN et al., 1998).

La secuencia post-incendio es un buen caldo de cultivo para las explosiones poblacionales de perforadores. La persistencia de árboles en el interior de zonas quemadas o en su perímetro, aparentemente sanos pero sometidos a un brutal estrés (parte inferior de la copa quemada, troncos dañados por acción del fuego o del calor, sistema radicular fino superficial afectado por las temperaturas, etc.), los convierte en emisores de una serie de señales de estrés (aceites esenciales) que son captados por las poblaciones de escolítidos las cuales se dirigen a estos árboles para colonizarlos (RYAN et al., 1996). El estado de debilidad del árbol afectado hace que sus mecanismos de

defensa no resulten efectivos, pronto sea totalmente colonizado y se convierta a su vez en una fuente de infestación del entorno (HART, 1998).

Dicha situación se ha desarrollado a lo largo del año 2006. Tras el incendio, durante el otoño del 2005 pudo haberse iniciado un primer proceso de colonización, y la constitución de un abundante reservorio de insectos que se concentrarían en el arbolado más afectado. El primer vuelo de dispersión primaveral de perforadores suele producirse en coincidencia con un umbral de temperatura máxima superior próximo a los 15°C (HERNÁNDEZ et al., 2005), situación que puede empezar a ocurrir en el mes de marzo. Desde entonces es relativamente probable el desarrollo de varias generaciones, algunas de ellas “hermanas” que han permanecido activas incluso los meses de octubre y noviembre del 2006, por lo cálido del otoño. El resultado es que la pervivencia de árboles debilitados o con algún síntoma de daño por pequeño que sea en el área del incendio supone su constitución en foco de colonización, y que los daños, sólo ligeramente apreciables al comienzo de la primavera, se tornan espectaculares conforme avanza el verano y el otoño. La aparición de gran número de árboles muertos a lo largo del verano-otoño del 2006 es por tanto el siguiente paso habitual en la dinámica posterior a un incendio de grandes dimensiones, y la experiencia parece indicar que el nivel de daños alcanzado es aún reducido, habida cuenta del potencial infectivo que debe existir en el área (MARKALAS, 1991; AMMAN et al., 1991).

MATERIAL Y MÉTODOS

El modelo de trampa utilizada fue la Theysohn® colgada de un mástil metálico constituido por dos piezas en forma de L invertida, mediante alambres.

Dispositivo de trampas instalado en 2006

Ante la aparición de los primeros daños relevantes, a lo largo del año 2006 fueron colocándose una serie de trampas-vigía cargadas con feromona atractiva en los bordes de masa y franjas verdes interiores, para valorar la posible incidencia de la plaga. Los niveles de captura alcanzados indicaban la presencia de grandes

poblaciones de escolítidos, atraídos de otras áreas por la presencia de madera debilitada o desarrollados sobre los pies afectados.

Se colocaron 99 trampas Theyshon® en el perímetro originado tras el incendio acaecido en julio de 2005 coincidente con masa de pinar (Figura 1). Fueron instaladas entre el 25 de julio y el 15 de agosto de 2006 y cebadas con feromona de *Ips sexdentatus*. Se revisaron cada diez días, siendo cada veinte a finalizar el trampeo.

La presencia de nuevos árboles muertos o en proceso de debilitamiento acusado durante el otoño-invierno posterior indicaba la existencia de una población latente de gran volumen que a lo largo del 2007 realizará los nuevos vuelos dispersivos de infestación.

Refuerzo del trampeo realizado en 2007

Durante el año 2007 la principal estrategia seguida fue la de reforzar el dispositivo instalado el año anterior, desde los siguientes aspectos:

- Refuerzo del perímetro, intercalado una trampa entre cada dos ya instaladas. De este modo la distancia entre trampas queda en unos 200 metros. Para ello fue necesario la colocación de 86 trampas nuevas.
- Instalación temprana de 15 trampas “testigo”, que avisen del comienzo en la actividad del

escolítido. Fueron distribuidas en tres zonas de acuerdo con los datos de capturas del año 2006. Estas trampas se revisan semanalmente, pero su conteo es más exhaustivo previo proceso de identificación de especies capturadas.

- Instalación temprana de todo el dispositivo de trampeo, de modo que una vez detectado el comienzo del vuelo de *Ips sexdentatus* fueron cebadas con feromona.
- Se instalan siete grupos de siete trampas cada uno en zonas del interior del área incendiada, para evaluar el efecto “llamada” hacia dichas zonas, y comprobando así la eficacia de este método de atracción hacia zonas despobladas de vegetación. Dentro de estos grupos, diseñados en torno a cruces de caminos, se mantiene la distancia de 200 metros aproximadamente entre trampas.

Con la colocación de estas últimas trampas, el total de las utilizadas asciende a 237 (Figura 2).

- Se procede al añadido de feromona cada seis semanas aproximadamente, pero con una cadencia de tres semanas se realiza en trampas alternas, de modo que una vez cumplido este periodo de tiempo existe feromona nueva en la zona manteniendo el mismo periodo de reposición.

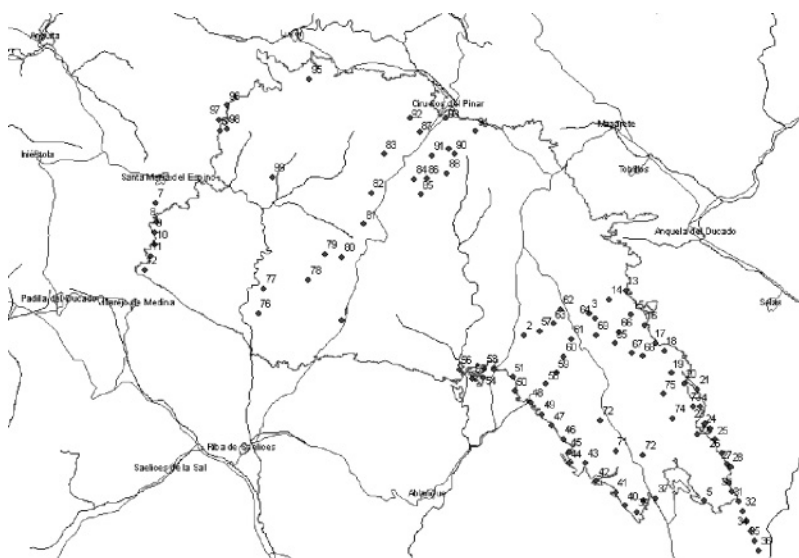


Figura 1. Dispositivo de trampas utilizado en el año 2006

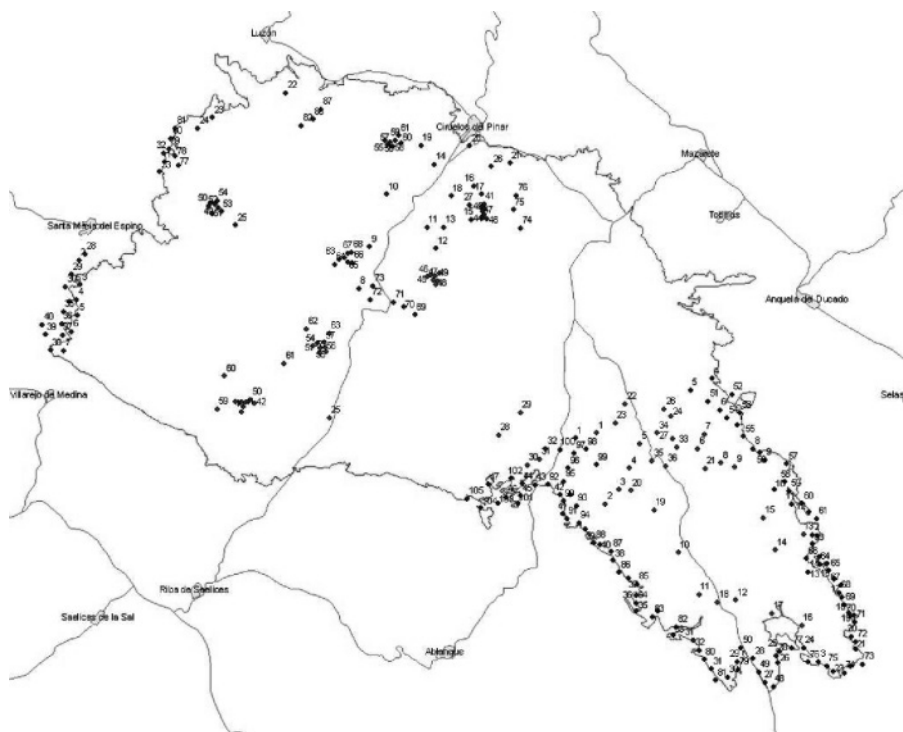


Figura 2. Dispositivo de trampas diseñado en 2007

Se aplaza el último añadido de feromona desde el mes de agosto hasta comienzos de septiembre, ya que de acuerdo con los datos del año anterior, es en este momento cuando se produce un fuerte repunte en las capturas.

El conteo de capturas obtenidas en las trampas se realizó mediante volumen. Para la estimación del número de individuos en función del volumen se ha utilizado el siguiente modelo: Número de *Ips* = 10,61 + 19,41 x Volumen (ml)

La gráfica de dispersión (Scatterplot) que relaciona el número de *Ips sexdentatus* contabilizado y su volumen calculado, con intervalos de confianza del 95 %, respecto a 26 mediciones tomadas como muestra, muestra que la relación es lineal (Figura 3).

La correlación entre ambas variables es muy alta (0,996), lo que indica que la asociación entre ellas es muy grande (siempre que sea lineal). El coeficiente de determinación es del orden de 0,992, es decir, el modelo obtenido en fun-

ción del volumen “explica” en torno a un 99% de la variabilidad en el número de *Ips*.

Las capturas se han relacionado con la temperatura máxima diaria obtenida en el área de muestreo mediante un sensor meteorológico portátil Hobo®, que captura datos térmicos cada media hora.

RESULTADOS

Mediante el trampeo llevado a cabo en 2006 se capturaron un total de 572.501 individuos de *Ips sexdentatus* en 99 trampas. Con estos datos de capturas y mediante análisis GIS se analizó su evolución a lo largo del año, realizando un *kriging* para comparar entre el inicio de la tercera generación y el acumulado final de capturas (Figura 5). De esta forma, junto con las capas de información sobre vegetación arbórea superviviente al incendio, se detectaron aquellas áreas

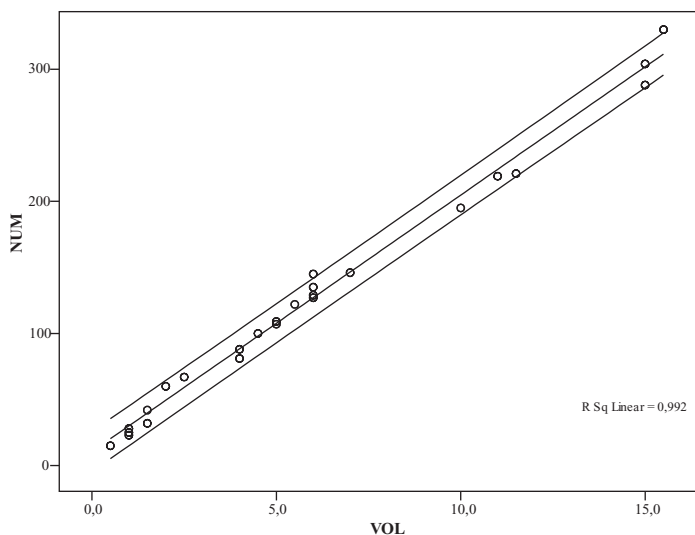


Figura 3. Recta de regresión utilizada para la estimación del nº de individuos mediante el volumen

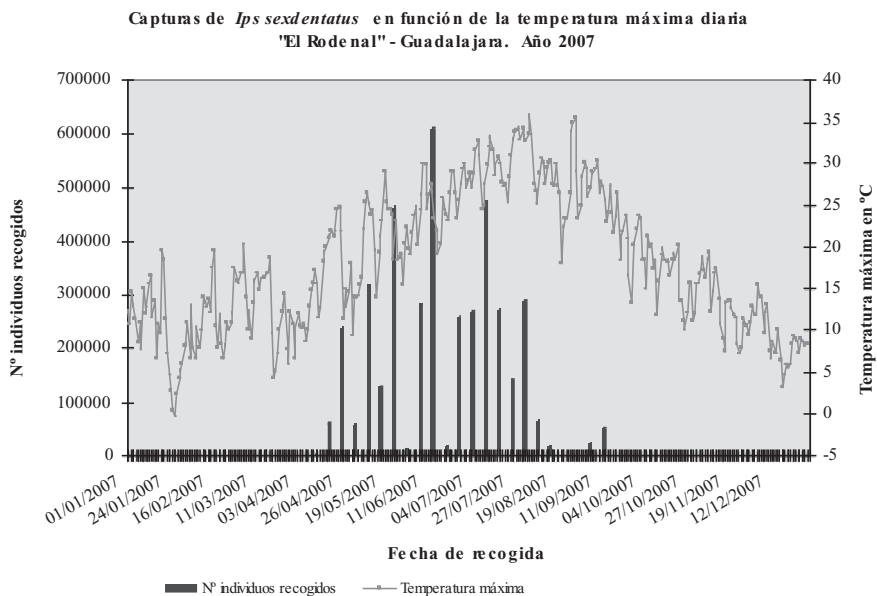


Figura 4. Curva de vuelo frente a la de temperaturas máximas diarias durante el periodo de trapeo

con mayores poblaciones del escoltídeos con vistas a planificar la temporada siguiente.

Utilizando estos datos se planificó la instalación del trapeo durante la primavera de 2007. El comienzo en las capturas fue detectado en las

trampas “testigo” el 15 de marzo de 2007, momento en el que se activó el dispositivo completo compuesto por 237 trampas. La sucesión de periodos irregulares en cuanto a temperaturas durante la primavera, provocaron la ausencia de

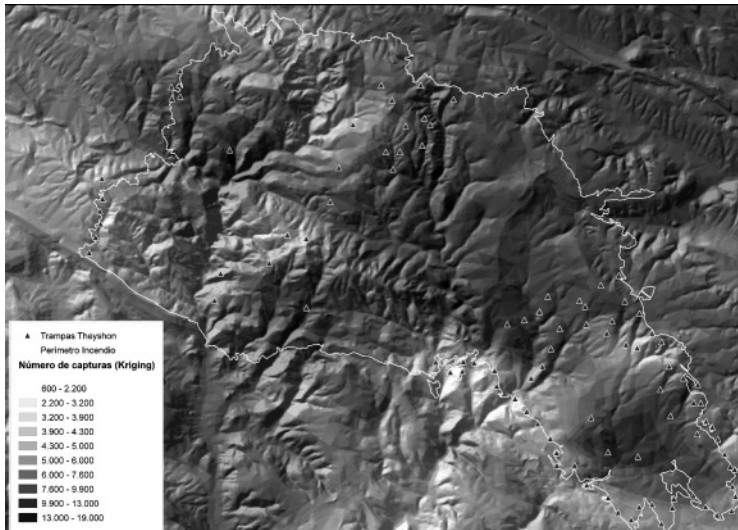


Figura 5. Kriging respecto del acumulado final de capturas en 2006

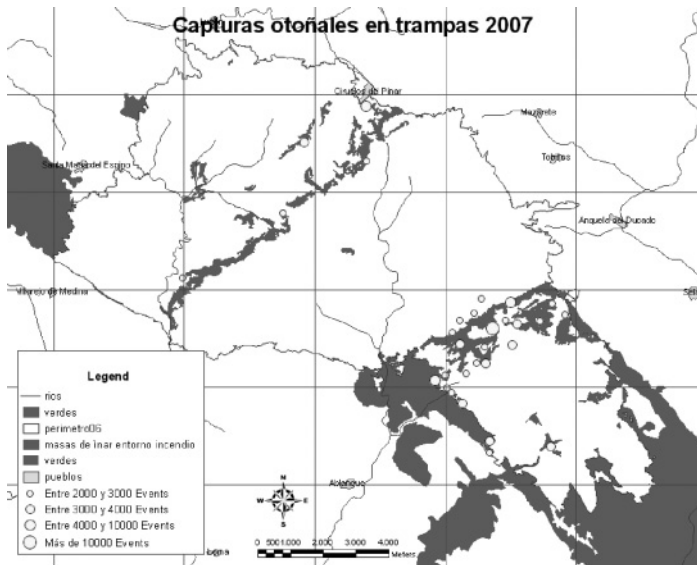


Figura 6. Mapa de distribución espacial georeferenciada de capturas en las trampas correspondiente a 2007

nuevas capturas hasta el 11 de abril. Desde entonces hasta la finalización del trampeo, el día 31 de octubre se contabilizaron un total de 4.355.769, con media por trampa de 18.379 individuos del escoltído *Ips sexdentatus* en este periodo de trampeo.

Este modelo permite dar respuesta a algunas de las características que presenta la curva de vuelo del escoltído.

Respecto a los grupos de trampas instalados en zonas interiores al perímetro del área afectada, los resultados de capturas medias por trampa

son similares a los del resto de trampas del dispositivo.

Otros muchos insectos proliferan bajo estas circunstancias. A pesar de que la feromona utilizada posee una especificidad muy alta, otros insectos se sienten atraídos por alguno o algunos de los compuestos volátiles que componen dicha feromona. En su mayor parte son otros perforadores y predadores, así como otros oportunistas.

CONCLUSIONES

Analizando de forma conjunta la información del medio, los resultados de trampeos anteriores y los daños bióticos generados es posible planificar los dispositivos de trampeo con feromona con objeto de obtener mayor eficacia.

De esta forma, para el caso concreto de los trabajos realizados en El Rodenal de Guadalajara, duplicando el número de trampas y planificando la metodología, se ha conseguido aumentar en más de seis veces los resultados de capturas obtenidos en 2006.

El análisis GIS permite interpolar capas biológicas (poblaciones, árboles afectados) con

geográficas (relieve, formaciones vegetales, fracciones de cabida cubierta) y climáticas (registro de temperaturas y eventos lluviosos en la zona). Este proceso de modelización, en cierto modo novedoso, ha dado muy buenos resultados en zonas con gran impacto de escolítidos (POWEL et al., 1996; BRITISH COLUMBIA, 2006), pero deben diseñarse específicamente para el área objeto de estudio. La información que puede generar si llega a desarrollarse adecuadamente es una de las mejores herramientas con la que se puede contar para reducir y optimizar al máximo en el futuro acciones de control.

DISCUSIÓN

Los daños producidos por escolítidos y evaluados en otoño de 2007 se limitan a pies aislados y pequeños corros, muy dispersos por toda el área de estudio. No obstante, el pinar superviviente presentó un buen estado vegetativo, fruto de las favorables condiciones climáticas que tuvieron lugar: primavera lluviosa, verano poco caluroso y otoño suave en cuanto a temperaturas.

FAMILIA	ESPECIE
<i>Scolytidae</i>	<i>Ips sexdentatus</i> <i>Orthotomicus erosus</i> <i>Pityogenes bidentatus</i> <i>Hylurgus ligniperda</i> <i>Hylastes ater</i> <i>Hylastes attenuatus</i> <i>Hylastes linearis</i>
<i>Cerambycidae</i>	<i>Acanthocinus aedilis</i> <i>Acanthocinus hispanicus</i> <i>Monochamus galloprovincialis</i> <i>Spondylis buprestoides</i> <i>Rhagium inquisitor</i>
<i>Buprestidae</i>	<i>Anthaxia sp.</i> <i>Chalcophora mariana</i> <i>Chrysobothris solieri</i> <i>Buprestis novemmaculata</i>
<i>Curculionidae</i>	<i>Hylobius abietis</i> <i>Magdalis memnoria</i>
<i>Elateridae</i>	<i>Ampedus aurilegulus</i>
<i>Cleridae</i>	<i>Thanasimus formicarius</i>
<i>Trogossitiidae</i>	<i>Temnochila caerulea</i>

Tabla 1. Listado de especies capturadas en las trampas

Las labores de prevención y control de futuras explosiones se han de basar en un análisis integrado georeferenciado de los resultados obtenidos (análisis GIS). La información recogida, tanto de las cortas de policía realizadas como de las trampas instaladas y sus capturas, superpuesta a una capa de información geográfica y de vegetación, permitirá reflejar el impacto real del daño y su evolución temporal. Además cuantificará el diferente impacto de las distintas generaciones emergentes de escolítidos a lo largo del año, las tendencias en su distribución y en su desarrollo espacial, y el diseño de un modelo predictivo, espacial y en intensidad del año próximo.

Agradecimientos

Al personal de Castilla la Mancha: Alfredo Chavarría Samper, Carlos García Ortega, Jose Ángel Jambrina Busons, Celso Eduardo Sánchez Estes. Al personal del SPCAN: Julio Martínez de Saavedra Viciano.

BIBLIOGRAFIA

- AMMAN, G.D. & RYAN, K.C.; 1991. *Insect infestation of fire injured trees in the greater Yellowstone Area*. U.S. For. Res. Station Research Note INT-398.
- BRITISH COLUMBIA; 2006. *Mountain Pine Beetle Action Plan, Sustainable Forests, Sustainable Communities 2006-2011*. Vancouver.
- HART, S.; 1998. Beetle mania: an attraction to fire. *BioScience* 48: 3-5.
- HERNÁNDEZ, R.; MARTÍN, E.; PÉREZ, V.; PRADAS, T. Y ROVIRA, J.; 1993. *Perforadores de pinos, II. Ips sexdentatus*. Boern. Informaciones Técnicas 5/93. Gobierno de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Montes. Centro de Protección Vegetal. Zaragoza.
- HERNÁNDEZ, R.; PÉREZ, V.; SÁNCHEZ, G.; CASTELLÁ, J.; PALENCIA, J.; BELVIS, G. Y GIL, J.M.; 2005. Ensayos de control integrado de escolítidos perforadores en pinares españoles mediante el uso de feromonas. *En: S.E.C.F.-Gobierno de Aragón (eds.), Libro de resúmenes, conferencias y ponencias. IV Congreso Forestal Español*. CD-Rom. Imprenta Repes, S.C. Zaragoza.
- LOGAN, J.; WHITE, P.; BENTZ, B. & POWELL, J. A.; 1998. Model analysis of spatial pattern in mountain pine beetle outbreaks. *J. Theor. Biol.* 53: 235-255.
- MARKALAS, S.; 1991. Insects attacking burnt pine trees *Pinus halepensis*, *Pinus brutia* and *Pinus nigra* in Greece. *Anzeiger Fuer Schaedlingskunde Pflanzenschutz Umweltstschutz* 64: 72-75.
- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V.; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R. Y SÁNCHEZ, G.; 2003. *Sanidad Forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- POWELL, J.A.; LOGAN, J.A. & BENTZ, B.J.; 1996. Local projections for a global model of mountain pine beetle attacks. *J. Theor. Biol.* 179: 243-260.
- RASMUSSEN, L.A. ET AL. ; 1996. Bark beetle and wood borer infestation in the Greater Yellowstone Area during four postfire years. *U.S. For. Serv. Intermountain Res. Station Research Paper* 487: 1-10.
- REEVE, J.R. ET AL. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- POWELL, J.A.; LOGAN, J.A. & BENTZ, B.J.; 1996.; 1995. Host suitability, predation and bark beetle population dynamics. *In: Population dynamics: new approaches and synthesis: 339-357*. Academic Press. San Diego.
- ROMANIK, N. Y CADAHÍA, D. (coord.); 2001. *Plagas de insectos en las masas forestales*. Ed. Mundi-Prensa-SECF. Madrid.
- RYAN, K.C. & AMMAN, G.D.; 1996. Bark beetle activity and delayed tree mortality in the greater Yellowstone Area following the 1988 fires. *In: Ecological Implications of Fire in Greater Yellowstone*. IAWF.
- RYAN, K.C. & REINHARDT, E.D.; 1988. Predicting postfire mortality on seven western conifers. *Can. J. For. Res.* 18: 1291-1297.
- SORIANO, J.M.; 2007. Restauración de pinares rodenos tras incendios forestales. Una propuesta para los Pinares del Ducado (Guadalajara). *Montes* 87: 35-39.
- SCHWILK, D.W.; 2006. Tree mortality from fire and bark beetles following early and late season prescribed fires in Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecol. Manage.* 232: 36-45.