

Estudio dendroecológico del ataque de *Epinotia subsequana* Hw. (Lepidoptera: Tortricidae) sobre un abetar (*Abies alba* Mill.) del Pirineo aragonés (Diazas, Torla)

J. J. Camarero^{1,2} *, E. Martín Bernal¹, E. Gil-Pelegrín²

¹ Unidad de Sanidad Forestal, Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza, Gobierno de Aragón. Avda. Montañana, 930. Apdo. 727. 50059 Zaragoza.

² Unidad de Recursos Forestales, Servicio de Investigación Agroalimentaria, Gobierno de Aragón, Avda. Montañana, 930. Apdo. 727. 50059 Zaragoza.

chechu@bio.ub.es

RESUMEN

La presencia de anillos anuales de crecimiento estrechos o ausentes entre 1996 y 1998 en la mayoría de los árboles muestreados en el abetar de Diazas (Torla; 42° 37' 50'' N, 0° 05' 40'' W, 1528 m s.n.m.) y su coincidencia en el tiempo con ataques del lepidóptero minador *Epinotia subsequana* Hw. en la zona motivó el siguiente estudio dendroecológico. Se comparó el crecimiento radial del abetar de Diazas con el observado en otros 13 abetares muestreados a lo largo del Pirineo aragonés y no afectados por *E. subsequana*. Durante el período 1996-98, el crecimiento radial en Diazas fue de un 12-22 % respecto al crecimiento medio del resto de abetares. La reducción del crecimiento radial durante estos tres años también se manifestó en la elevada frecuencia de anillos ausentes, que raramente aparecían en el resto de abetares estudiados. Este hecho sugería que algún factor había actuado de forma local causando la reducción de crecimiento. El menor crecimiento radial fue producto de las intensas defoliaciones producidas por *E. subsequana*. La reducción más pronunciada del crecimiento radial se produjo en 1997, un año después de que la defoliación alcanzara niveles máximos (1996). Este desfase temporal puede deberse a que la defoliación observada en 1996 disminuyera las reservas y redujera así la capacidad de crecimiento para la producción del anillo del año posterior. De hecho, el crecimiento radial no aumentó de forma notable hasta tres años (1999) después de la primera reducción intensa de crecimiento (1996).

Palabras clave: dendroecología, anillos de crecimiento, *Abies alba*, *Epinotia subsequana*, defoliación.

* Autor para correspondencia

Recibido: 21-11-01

Aceptado para su publicación: 27-6-02

INTRODUCCIÓN

El decaimiento del abeto (*Abies alba* Mill.) en el Pirineo aragonés se vio marcado por un episodio cuya intensidad fue máxima durante la década de los ochenta (1986) en algunas zonas subpirenaicas del área más occidental (Ansó, Jasa-Aragüés del Puerto), aunque se prolongó hasta la década de los noventa. En principio, se detectó algún ataque puntual de insectos perforadores que no bastaba para explicar de forma satisfactoria el fenómeno (Martín y Cobos, 1986). A principios del año 2000, se inició un estudio dendroecológico de los abetares altoaragoneses a través del apoyo del Gobierno de Aragón. Dicho proyecto partía de una hipótesis básica: el episodio de decaimiento estudiado era, en parte, consecuencia de un aumento reciente de variabilidad climática, especialmente a partir de los años ochenta (Camarero, 2001). Esta hipótesis se basa en el hecho de hallarnos ante el límite SW de la especie que forma poblaciones muy fragmentadas. Dicho límite es teóricamente más sensible al clima que el área principal de la especie (Europa Central) y se sitúa en una estrecha franja pirenaica de condiciones más atlánticas, limitada al sur por la influencia mediterránea predominante en la Península Ibérica. El límite entre ambas influencias climáticas, patente a lo largo del gradiente pirenaico W-E, no es estático. Sin embargo, este enfoque regional se ve muy influido por procesos locales muy variados que afectan a la salud de los abetares estudiados. Varios factores bióticos influyen normalmente de forma localizada el estado fitosanitario de los abetares, desde hongos a insectos defoliadores o perforadores (Martín y Cobos, 1986).

Durante los veranos y otoños del período 1993-97 se observaron en varios abetares aragoneses (Ordesa-Bujaruelo, valles de Yésero –puerto de Cotefablo– y Tena) intensas defoliaciones afectando al 30-100 % de la superficie de algunos abetares sin que se pudiera describir con claridad el agente causante ni su procedencia (Sánchez Peña, 1996; Zubiaurre Eizaguirre, 1996; Sánchez Peña *et al.*, 2000). Destacaban algunos abetares muy dañados que mostraban las copas muy defoliadas y dañadas en la mayoría de los individuos: Cotefablo (puerto de Cotefablo, valle de Yésero, Barranco del Infierno) y Torla (barranco de Diazas). Estas intensas defoliaciones correspondían al período 1996-97 y aparecen reflejadas en informes fitosanitarios de 1998. Estos estudios señalaban la abundancia de muérdago, escolítidos y daños de *Armillaria spp.* Además ya entonces los tratamientos selvícolas eran considerados como parte del problema del decaimiento al notarse los continuos y excesivos aclareos experimentados por algunos abetares que se ven invadidos por el haya (montes de Garde y Paco Ezpela, Garde-Ansó). Aunque primero se creyó que el defoliador era *Choristoneura murinana* Hbn., la captura en vuelo de mariposas entre mayo y junio (después de la brotación del abeto) en 1995 y a mediados de abril en 1997 en varios valles aragoneses (Biescas, Yésero, Ordesa) permitió identificar el minador de acículas *Epinotia subsequana* Hw. (Lepidoptera, Tortricidae). El vuelo comenzaba tras abrirse los brotes foliares del año y finalizar el período de heladas continuas (Sánchez Peña *et al.*, 2000). Ésta era la primera cita de este insecto en España (Vives Moreno, 1995), el cual pudo entrar desde los abetares de la vertiente francesa favorecido por ciertas condiciones climáticas.

Diversas especies del género *Epinotia* son minadoras de acículas de especies del género *Abies* y de otras especies arbóreas (Johnson y Lyon, 1988), tanto en Norteamérica (Washburn y McGregor, 1974) como en Europa (Abgrall y Soutrenon, 1991). Sus ataques suelen disminuir enormemente el vigor del árbol afectado haciéndolo más susceptible al ataque posterior de escolítidos o al efecto de períodos climáticos adversos (p. ej. sequías). Por

ejemplo, se ha señalado que *E. cedricida* Diak. puede afectar al crecimiento de cedros reduciéndolo durante 4-5 años debido a la movilización de reserva necesaria para reconstruir la copa defoliada (Abgrall y Soutrenon, 1991). *E. subsequana* produce daños intensos pero geográficamente muy localizados. Este lepidóptero se considera uno de los principales insectos defoliadores de *A. alba* y de píceas en el centro y norte de Europa (Strouts y Winter, 1994; Bogenschutz *et al.*, 1997). Los daños causados por este insecto en abeto se caracterizaban por la abundancia de acículas rojas (minadas y secas) a finales del verano (agosto) (Sánchez Peña *et al.*, 2000). Los brotes del año pueden ser también perforados, secándose y cayendo. Este insecto ataca la copa de arriba hacia abajo y de fuera hacia dentro. Aunque sólo parece minar la mitad superior de la acícula, toda ella muere y cae o queda ligada al árbol mediante sedas. En general, los daños son mayores en la parte externa y alta de la copa de árboles dominantes o codominantes (Sánchez Peña, 1996). Un fuerte ataque puede destruir casi todas las acículas del año. Los abetos atacados, pero no muy afectados, rebrotaron de nuevo a finales del verano, aprovechando reservas anteriores. Los ataques de *E. subsequana* se concentraban en los valles de: Biescas (Paco Asieso), Tena, Ordesa y Bujaruelo (Torla), Broto y, sobre todo, Yésero (Sierra de Tendeñera).

En general, el minador *E. subsequana* concentró sus ataques entre 1993 y 1996-97 en la zona central-oriental del Pirineo aragonés, básicamente caliza (Fig. 1). Las acículas de 1996 presentaban abundantes huevos. En el verano de 1997 el ataque en los abetares aragoneses prácticamente había remitido (Zubiaurre Eizaguirre, 1996). Las hojas brotadas en

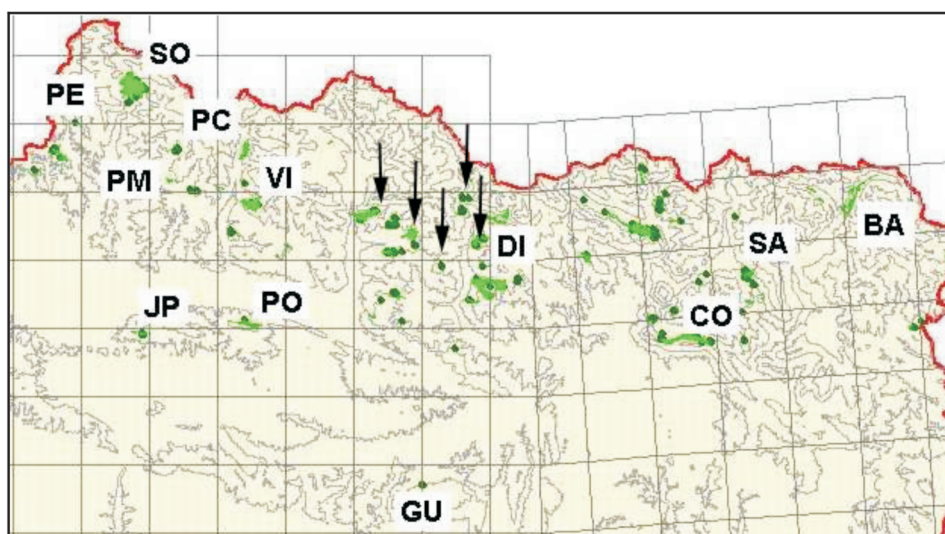


Fig 1.-Situación de algunos abetares muestreados en el Pirineo aragonés: PE, Paco Ezpela; SO, Selva de Oza-abajo; PM, Paco Mayor; PC, Puente de los Corralones; VI, Paco de Villanúa; JP, S. Juan de la Peña; PO, Peña Oroel; GU, Guara; CO, collado de Collubert; SA, collado de Sahún; BA, Ballibierna. El abetar estudiado es Diazas (DI, Lat. 42° 37' 50'' N, Long. 0° 05' 40'' W, altitud media 1.528 m). Las flechas señalan puntos de ataque de *Epinotia subsequana* durante los años 1996-97. Las manchas y puntos verdes corresponden a la presencia del abeto en el Pirineo aragonés. Se ha superpuesto la cuadrícula de 10 km × 10 km. El Norte apunta hacia la parte superior de la figura.

1997 y 1998 en la zona de Biescas-Yésero sufrieron heladas primaverales (mayo) lo que pudo propiciar el descenso de las poblaciones de *E. subsequana* (J. Cañada, com. pers.). En 1998, el crecimiento longitudinal de abetares afectados en años previos fue bueno, mostrando una recuperación rápida (p. ej. en Lanuza). Dichos abetos mostraban los ramillos de los años de afectación casi desprovistos de acículas (p. ej. 1996-97). En las prospecciones a nivel pirenaico no se detectó este minador en abetares navarros y catalanes. En la zona de Torla, se indicaba que el ataque no había sido muy intenso, apareciendo afectado sólo el tercio superior de las copas de los abetos mientras las partes media y baja se mantenían frondosas y verdes. Respecto al escenario climático, los inviernos de 1993-94 y 1994-95 no fueron muy fríos y la precipitación en forma de nieve fue baja. Quedaba por determinar si el clima había favorecido el ataque puntual de estas masas por *E. subsequana*. Tampoco se conoce bien la relación de estos ataques con la silvicultura de los abetares, su estadio sucesional y la presencia de otros organismos (p. ej. el muérdago).

Los estudios dendroecológicos sobre el efecto de insectos defoliadores en el crecimiento radial de los árboles son numerosos y, básicamente, han reconstruido en el tiempo los brotes periódicos de distintos insectos y han cuantificado la reducción radial derivada de la defoliación (Swetnam *et al.*, 1985; Swetnam y Lynch, 1993; Schweingruber, 1996). Este estudio pretende cuantificar el efecto sobre el crecimiento radial de abetos afectados por el lepidóptero *E. subsequana* en la zona de Diazas (Torla). La cuantificación del efecto localizado de un insecto sobre el crecimiento radial permitirá comparar esta influencia con la modulación regional del crecimiento causada por factores climáticos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

Las características topográficas del abetar de Diazas (Latitud 42° 37' 50'' N, Longitud 0° 05' 40'' W) son las siguientes (en todos los casos pertinentes se indica el promedio \pm 1 error estándar): altitud = 1.528,2 \pm 4,3 m; pendiente = 22 \pm 2°; orientación = N-NW. Una cresta rocosa separa claramente, formando un ecotono, la ladera del abetar (orientación N-NW) de una dominada por *Pinus sylvestris* (orientación W-SW). La litología es caliza y el suelo es pedregoso, con abundante materia orgánica y mostrando cierta erosión. Las características geomorfológicas (promontorios rocosos, erosión) indican que el bosque se encuentra sobre parte del frente de una morrena glacial. La vegetación acompañante del abeto está dominada por (orden decreciente de importancia para cada estrato): *P. sylvestris* (se observa algún pino joven muerto en pie), *Sorbus aucuparia*, *S. aria*, *Ilex aquifolium* y *Fagus sylvatica* (escasa) en el estrato arbóreo; *Buxus sempervirens* en el estrato arbustivo; *Oxalis acetosella*, *Daphne laureola*, *Vaccinium myrtillus*, *Galium rotundifolium* y *Hepatica nobilis* en el estrato herbáceo. Este abetar no ha experimentado talas desde hace al menos 20 años. Sin embargo, se observan trochas y zonas de saca de madera donde el sotobosque es escaso y aparecen restos de tocones de abeto y pino silvestre junto a troncos caídos. Se han encontrado restos de madera quemada que pueden corresponder a rayos, aunque no hay noticias recientes de incendios. El muestreo se realizó en agosto del 2000. Según datos procedentes de la estación meteorológica de Torla (42° 37' 40'' N, 0° 06' 40'' W, 1.053 m, período con datos pluviométricos: 1954-99; período con datos térmicos: 1989-95), el clima de la zona se caracteriza por: una precipitación media

anual de 1323 mm, con el mínimo mensual en julio (69 mm) y el máximo en noviembre (143 mm); una temperatura media anual de 11,6 °C, con un máximo mensual de temperatura media en agosto (21,3 °C) y un mínimo en enero (3,6 °C).

Muestreo dendroecológico

Para tomar las muestras radiales de madera (*cores*) se seleccionaron 12 abetos adultos dominantes separados entre sí por más de 25 m y que fueran representativos del monte estudiado. Para estimar la densidad (individuos · ha⁻¹) y el área basimétrica (m² · ha⁻¹) de abeto se estableció un círculo de radio igual a 7,62 m centrado en cada uno de estos 12 abetos. Se identificó la especie y se midió el diámetro normal a 1,3 m de altura o diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los individuos arbóreos y arbustivos localizados en el interior de este círculo y cuya altura fuera igual o superior a 1,3 m. Se midió el tamaño (DAP, altura, altura de la primera rama viva o rama viva más baja) de los 12 abetos seleccionados para el muestreo dendroecológico.

Las técnicas dendrocronológicas permiten datar y cuantificar, con precisión anual e incluso estacional, las perturbaciones, incluido el clima, que han afectado al crecimiento radial del árbol (Fritts, 1976). Este estudio se enmarca dentro del muestreo extensivo de 27 abetares a lo largo de los Pirineos aragoneses (Camarero, 2001). Hasta hoy, se dispone de datos dendrocronológicos para 14 de ellos, incluido el abetar de Diazas. En todos los casos se siguió la metodología dendrocronológica clásica (Fritts, 1976). En cada abetar, se seleccionan 10-20 individuos de los que se extraen al menos dos muestras cilíndricas de madera (*cores*) a 1,3 m de altura usando una Barrena Pressler. Se buscaron individuos de un amplio rango de edades aunque con una edad mínima suficientemente alta (> 50 años).

Las muestras de madera se secaron a temperatura ambiente en el laboratorio, se pegaron sobre guías de madera y se pulieron con papeles de lija de grano sucesivamente más fino hasta poder distinguirse perfectamente los anillos de crecimiento. Los anillos se contaron y dataron (un anillo = un año) o sincronizaron mediante datación cruzada (*crossdating*) comparando cada muestra con la/-s otra/-s del mismo árbol y del mismo rodal (Stokes y Smiley, 1968). También se identificaron anillos característicos (ausentes, estrechos, anchos, de madera tardía oscura o clara, de helada, etc.) para datar las muestras (Yamaguchi, 1991). Ambas dataciones se basan en el hecho de que los árboles de una misma zona responden al clima de forma similar, el cual modula su crecimiento radial. Este proceso se realizó observando las muestras lijadas con una lupa binocular usando hasta 40 aumentos.

Se midió la anchura de los anillos anuales de crecimiento de las muestras ya procesadas con un medidor semiautomático tipo CATRAS (Aniol, 1983). La resolución máxima de las medidas fue de 0,01 mm. Los anillos ausentes fueron muy escasos. Para validar las dataciones visuales se utilizó el programa COFECHA que se basa en el cálculo de correlaciones solapadas entre cada serie de anchura del anillo y la serie media de cada población (Holmes, 1983). Los segmentos de las series con crecimientos anómalos (p. ej. madera de reacción) o aquellos con una correlación con la serie media de su población muy baja fueron descartados (Blasing *et al.*, 1983).

Las series de crecimiento muestran tendencias debidas al aumento de diámetro y edad del árbol (Fritts, 1976). En general, los anillos próximos a la médula son más anchos que los próximos a la corteza. Sin embargo, la situación inversa es habitual en el abeto si pasa como vástago suprimido gran parte de su juventud hasta alcanzar la parte alta del dosel

forestal y hacerse dominante. Las series de datos brutos son estandarizadas usando funciones tipo *spline* (Cook y Peters, 1981; Cook y Kairiukstis, 1990). Estas funciones son polinomios de distinto grado que siguen la serie de crecimiento según la frecuencia seleccionada. Se usó la *spline* de 50 años por retener gran parte de la variabilidad de alta frecuencia. Las series pasaron una primera estandarización con regresiones lineales o exponenciales negativas y una segunda basada en las *splines* de 50 años. Los índices adimensionales de crecimiento radial se obtenían dividiendo los valores predichos por la función *spline* y los valores brutos de anchura. Dado que los índices muestran autocorrelación temporal (Monserud, 1986), se filtraron de nuevo las series de índices con modelos autorregresivos de orden 1 para obtener así las series residuales (sin autocorrelación) empleadas en este estudio. Este proceso se realizó con el programa ARSTAN (Cook, 1985) integrado en el paquete del ITRDB (Cook y Holmes, 1992). Cada serie corresponde a un *core* y todas las series de los árboles de un mismo lugar son promediadas usando medias robustas ponderadas para obtener así la cronología media de ese abetar. Se analizaron los datos brutos de crecimiento radial (mm) y los índices estandarizados.

Para identificar y cuantificar el efecto del minador *E. subsequana* sobre el crecimiento radial de los abetos de Diazas se procedió al uso modificado del análisis huésped/no-huésped como los habitualmente empleados en estudios dendroecológicos sobre plagas forestales (Swetnam *et al.*, 1985). Este análisis consiste en comparar las cronologías de la especie forestal huésped respecto a la no afectada. Esto permite detectar y valorar ataques pasados del insecto que producen una reducción fuerte del crecimiento en la especie afectada durante varios años consecutivos (Girardin *et al.*, 2001). En general, a la cronología de la especie afectada se resta la cronología de la no afectada para eliminar la influencia climática y cuantificar la reducción de crecimiento causada por el insecto. Los períodos en que esta reducción supera un umbral crítico (p. ej. $-1,28$ SD –desviación estándar–; Girardin *et al.*, 2001) durante varios años consecutivos se consideran producto del ataque de insectos defoliadores o minadores. Aunque se dispone de datos dendroecológicos para otras especies no-huéspedes de *E. subsequana* y que crecen en el barranco de Diazas (*Pinus sylvestris* y *P. uncinata*), se prefirió la comparación de crecimiento de la población afectada (Diazas) respecto de otros abetares del Pirineo aragonés no afectados. Esta aproximación se justificó por dos hechos: (i) se consideró que la respuesta de estos abetares al clima era similar para todo el Pirineo aragonés; (ii) se disponía de informes recientes sobre ataques de *E. subsequana* en abetares aragoneses (p. ej. Sánchez Peña, 1996) por lo que se sabía qué montes habían sido atacados durante los últimos 10 años. Respecto a la respuesta común de los abetares frente al clima, se ha de señalar que las cronologías residuales (período 1900-99, $n = 100$; estandarización basada en *splines* de 50 años) de abetares separados por 115 km en línea recta (p. ej. Ansó-Benasque) mostraban aún correlaciones significativas (p. ej. Paco Ezpela-Ballibierna, $r_s = 0,36$, $P < 0.001$).

RESULTADOS

Crecimiento radial

En cuanto al tamaño y estado fitosanitario de los 12 abetos muestreados en el abetar de Diazas, sus características son: altura = $25,9 \pm 0,6$ m; DAP = $56,50 \pm 2,24$ cm y altura de la primera rama viva = $13,8 \pm 0,8$ m. La presencia de muérdago en los abetos mues-

treados fue escasa. Prácticamente, la mitad de los abetos mostraban ápices sanos y la otra mitad ápices ligeramente defoliados. El área basimétrica y la densidad de abeto fueron $45,36 \pm 2,18 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ y $1302 \pm 186 \text{ pies} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente. El área basimétrica ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) de otras especies menos importantes fueron *P. sylvestris*, $18,37 \pm 4,86$; y *F. sylvatica*, $0,23 \pm 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$.

El crecimiento radial en Diazas fue: alto (media < crecimiento < media +1SD) en los periodos 1921-52, 1978-85 y 1987-93; y muy alto (> media +1SD) en el período 1953-77 (Figs. 2-7). Destacan como años de escaso crecimiento radial: 1949 y 1986 (Figs. 2-3). Estos anillos estrechos aparecen también en el resto de los abetares muestreados lo que indica un factor causal común que actúa a nivel regional, posiblemente el clima. Por contra, el período 1996-98 es el único en el que se alcanzan durante varios años consecutivos valores de crecimiento radial menores incluso que la media $-1,28$ veces la desviación estándar (Figs. 2, 5-7). Estos anillos estrechos sólo aparecían en el abetar de Diazas, lo que indicaba que algún factor había actuado de forma local (Fig. 3).

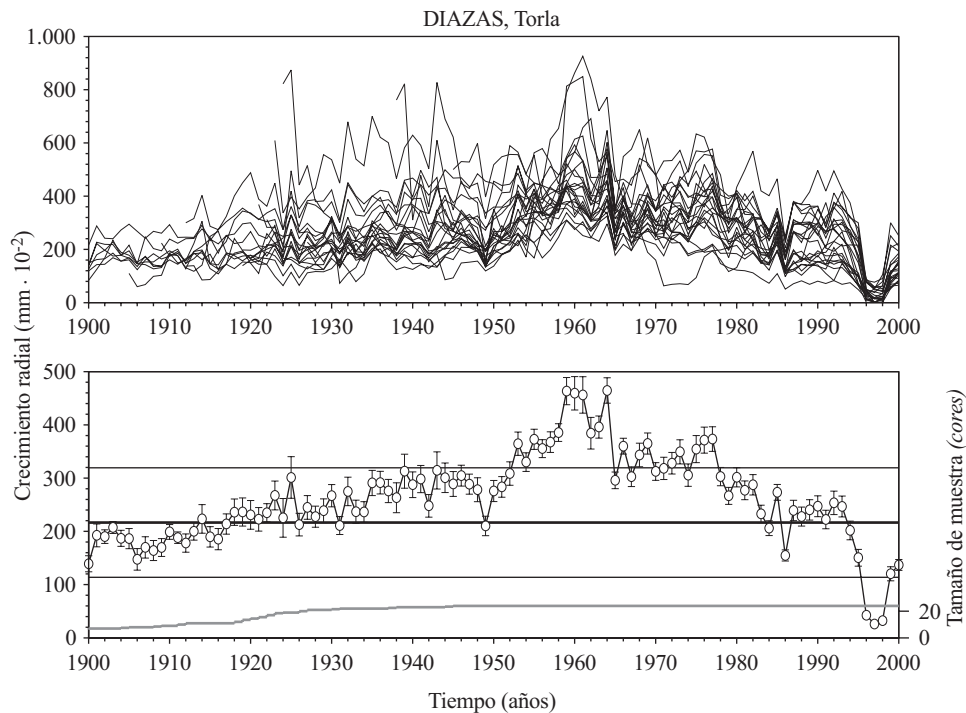


Fig 2.—Crecimiento radial bruto de los abetos muestreados en Diazas (Torla) para el siglo XX. La figura superior muestra todas las series datadas y medidas y la figura inferior muestra el valor medio y el error estándar (barras de error).

La línea gris de la figura inferior muestra el tamaño de muestra (número de cores; escala en el eje de la derecha).

Las líneas horizontales corresponden a la media (línea más gruesa) ± 1 SD para el período mostrado.

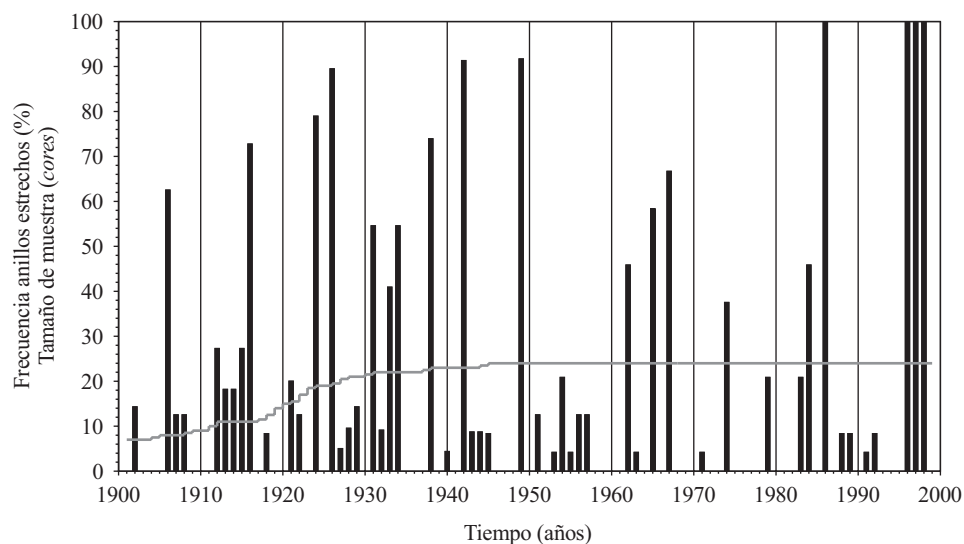


Fig. 3.—Frecuencia (porcentaje; barras negras) de anillos característicos estrechos en el abetar de Diazas. La línea gris muestra el tamaño anual de muestra (número de *cores*).

Tras estos años de crecimiento radial reducido se aprecia cierta recuperación de crecimiento a partir de 1999 (Figs. 4-5). De hecho en Diazas la anchura media anual de los anillos (mm; años indicados entre paréntesis) de los abetos muestreados fue de: $1,50 \pm 0,16$ (1995), $0,42 \pm 0,05$ (1996), $0,26 \pm 0,05$ (1997), $0,32 \pm 0,06$ (1998), $1,20 \pm 0,13$ (1999) y $1,37 \pm 0,10$ (2000). Si no consideramos aquellas muestras con anillos ausentes durante el período 1996-98, los resultados (mm) para estos tres años son $0,53 \pm 0,06$ (1996), $0,38 \pm 0,05$ (1997) y $0,44 \pm 0,07$ (1998). La reducción de crecimiento medio de 1996 respecto a 1995 fue del 28 % y la recuperación de crecimiento radial de 1999 a 1998 fue del 373 %. Durante este período, el crecimiento en Diazas fue de un 12 % (1997) a un 19-22 % (1996, 1998) respecto al crecimiento medio del resto de abetares muestreados (Fig. 5.A.), lo que representa en promedio una reducción en la anchura del anillo entre 1,8 mm (1997) y 1,4-1,5 mm (1996, 1998) (Figs. 4 y 5.B.). Esto equivale a una reducción para el período 1996-98 de 1,45 mm respecto a la media del resto de poblaciones, o sea un valor próximo a la media del resto de abetares menos 2 veces la desviación estándar (Fig. 6).

Respecto a los anillos característicos estrechos y considerando sólo el período con tamaño de muestra máximo y constante (1945-2000; $n=24$ *cores*), su frecuencia (porcentaje de *cores*) fue muy elevada en los siguientes años (Fig. 3): 1998 (100 %), 1997 (100 %), 1996 (100 %), 1986 (100 %) y 1949 (91,7 %). Como ya se ha indicado, cabe aquí separar anillos estrechos climáticamente determinados y que aparecen a escala regional en diversos abetares de los Pirineos aragoneses (p. ej., 1986) de aquellos sólo presentes en Diazas (1996-98) y que pueden atribuirse a un factor local. El período 1996-98 es también peculiar por mostrar una elevada frecuencia de anillos ausentes, lo que es bastante raro en casi

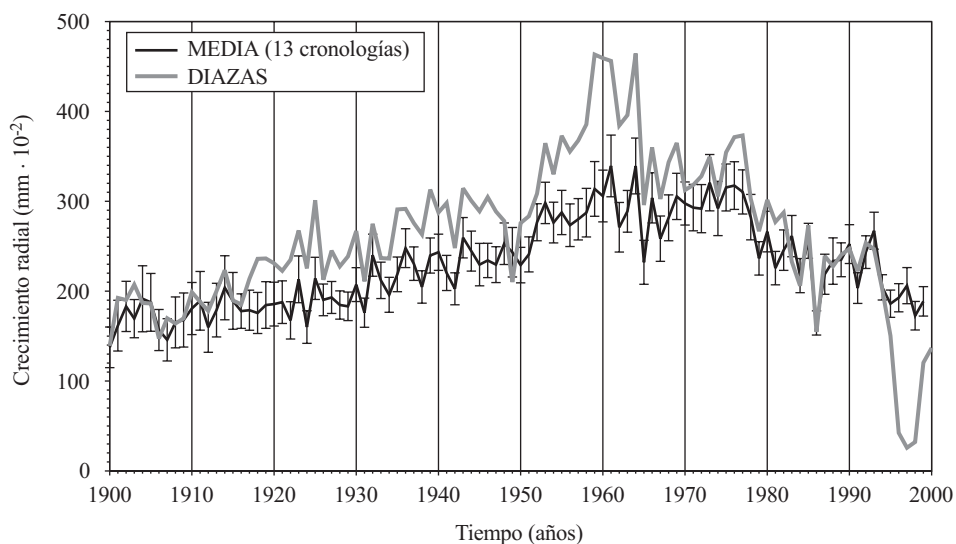


Fig. 4.—Comparación entre el crecimiento radial medio (± 1 error estándar) de 13 abetares del Pirineo aragonés (línea negra) y el abetar de Diazas (línea gris) durante el siglo XX. Obsérvese el escaso crecimiento radial en Diazas en los años 1996-98.

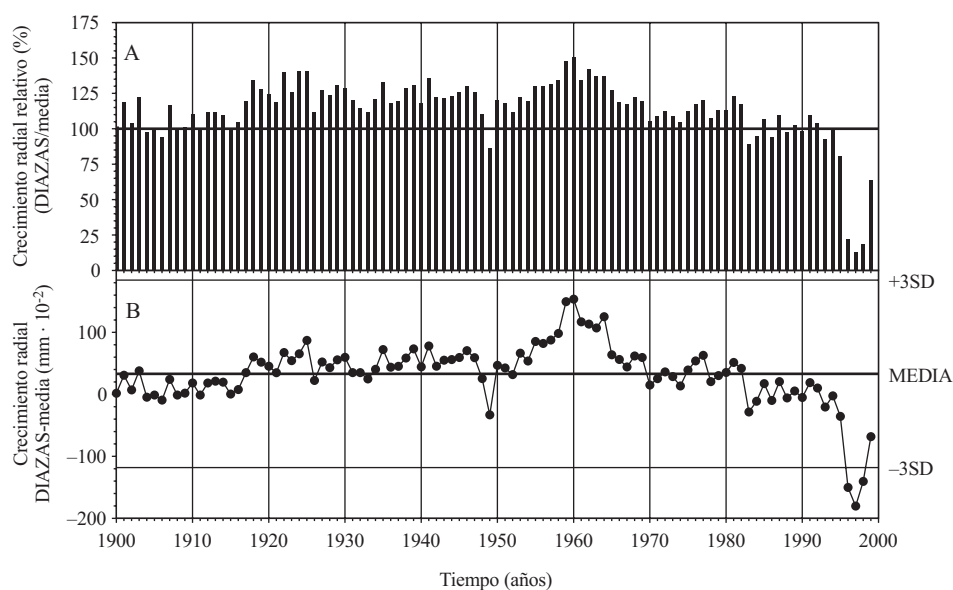


Fig 5.—Crecimiento radial relativo de Diazas respecto a la media del resto de abetares muestreados. A. Crecimiento relativo (%) obtenido dividiendo para cada año el crecimiento en Diazas respecto a la media (se indica el valor del 100 %). B. Crecimiento relativo obtenido restando para cada año el crecimiento en Diazas respecto a la media del resto de abetares. Las líneas muestran la media (línea gruesa) ± 3 SD (líneas finas).

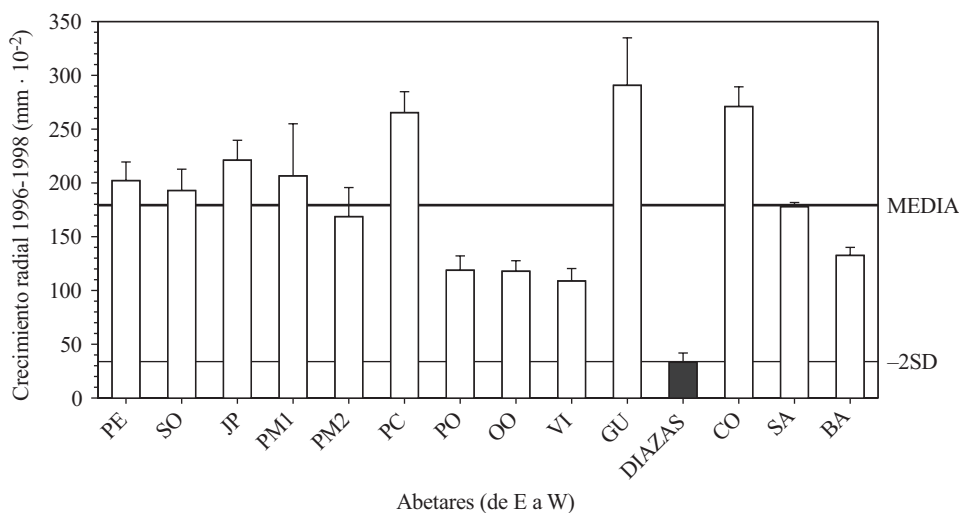


Fig. 6.—Crecimiento radial medio (+1SD) para el período 1996-98 en una serie de abetares del Pirineo aragonés (barras blancas) en comparación con el abetar de Diazas (barra negra). Se muestra también la media de crecimiento radial para ese período para todos los abetares (línea gruesa horizontal) y -2 SD (línea fina horizontal). Ver abreviaturas de los abetares en la Fig. 1.

todos los abetares estudiados salvo casos de individuos muy suprimidos (Camarero, 2001). Respecto a los anillos ausentes, destacan por su elevada frecuencia: 1997 (37,5 % de los *cores*, 6 árboles), 1998 (12,5 % de los *cores*, 2 árboles) y 1996 (12,5 % de los *cores*, 2 árboles). El período 1996-98 no destacó por ningún otro tipo de anillos característicos (madera tardía oscura o clara, helada, con canales resiníferos traumáticos, etc.).

DISCUSIÓN

En general, la estructura descrita del abetar de Diazas era similar al promedio general obtenido para un muestreo extensivo de 27 abetares en el Pirineo aragonés (Camarero, 2001). Lo mismo sucedía con los valores de riqueza y diversidad de especies arbustivas y arbóreas. El abetar de Diazas destacó por la importancia de *P. sylvestris* como especie arbórea acompañante y de *B. sempervirens* como especie dominante en el sotobosque. Como se ha señalado, este abetar (orientación N-NW) linda con un pinar de *P. sylvestris* (orientación W-SW) formando un ecotono que prácticamente coincide con una carena rocosa. Ningún abeto muestreado mostró defoliación reciente y sólo en alguno se observó cierta presencia de daños en el ápice.

La fuerte reducción del crecimiento radial en el período 1996-98 (Figs. 4-5) sólo se ha observado en el abetar de Diazas de entre las 14 poblaciones estudiadas hasta la fecha (Fig. 6). El factor causante de esta intensa reducción de crecimiento ha actuado de forma local y, posiblemente, se trata de la defoliación producida por *E. subsequana*. La reducción del cre-

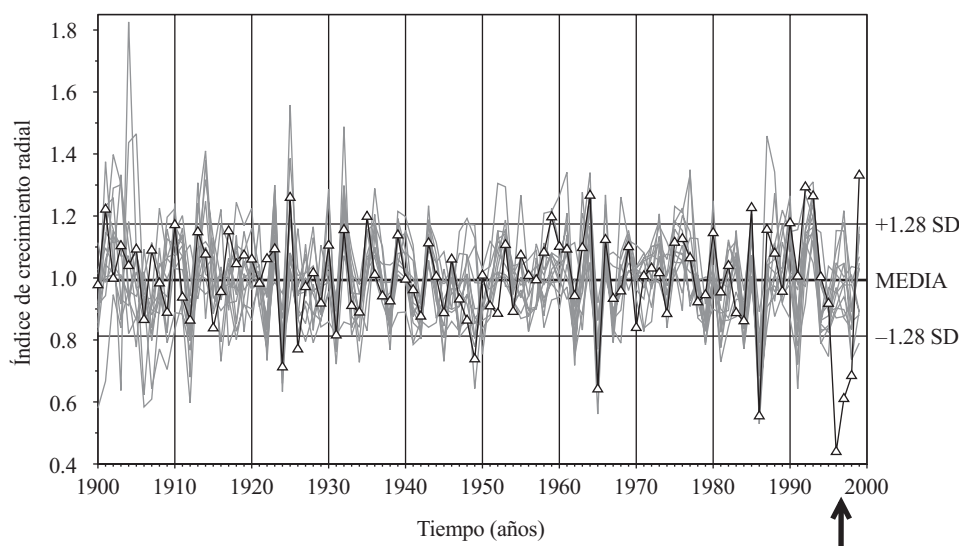


Fig. 7.—Comparación entre los índices de crecimiento radial de 13 abetares del Pirineo aragonés no afectados por *E. subsequana* (líneas grises) y los índices para Diazas (línea negra con triángulos) durante el siglo XX (cronologías residuales). Se indica la media (1,0 –línea gruesa horizontal–) para las 13 poblaciones no afectadas $\pm 1,28$ SD (líneas finas horizontales). Sólo durante el período 1996-98 (flecha) los índices de crecimiento en Diazas fueron menores que la media-1,28 SD del resto de abetares durante varios años consecutivos. Las cronologías se obtuvieron usando *splines* de 50 años. Nótese que el valor del índice de 1996 es menor que el de 1997, aunque para los datos brutos la relación entre ambos años es al revés.

cimiento radial fue mayor en 1997 y continuó hasta 1998 (Fig. 2), 1-2 años después de que la defoliación alcanzara niveles máximos (1996). Este desfase temporal puede explicarse porque la defoliación causada en 1996 por *E. subsequana* provocó que en ese año la fotosíntesis y la producción de carbohidratos se redujeran con la consiguiente disminución de reservas para la producción del anillo del año posterior. Dichas reservas debieron usarse para reconstruir en 1997 y 1998 las copas dañadas. En dendroecología está bien establecido el efecto «memoria» que tanto el crecimiento como el clima del año previo ($t-1$) ejercen sobre el crecimiento durante el año (t) de formación del anillo (Fritts, 1976). Este efecto viene mediado por la acumulación de reservas en las hojas de las diversas cohortes de acículas retenidas en las ramas de muchas coníferas, como es el caso de *A. alba*.

En repoblaciones de *Abies nordmanniana* en Dinamarca, se ha demostrado que la sequía estival conlleva una reducción de crecimiento radial y un incremento durante el otoño siguiente de la incidencia de defoliadores del género *Epinotia*, concretamente *E. tedella* y *E. fraternana* (Münster-Swendsen, 1987). No obstante, en este caso el control principal de la dinámica poblacional del insecto no era el clima sino factores bióticos como parasitoides (Münster-Swendsen, 1989). Futuros trabajos sobre dicha dinámica deberían contrastar si la influencia climática sobre la interacción abeto-defoliador es mayor en los Pirineos, donde algunos abetares se encuentran en condiciones ambientales limitantes y próximos al límite meridional de *A. alba* en Europa. Por ejemplo, Battisti *et al.* (2000)

han descrito una mayor incidencia de ataques de *Cephalcia arvensis* sobre repoblaciones de *Picea abies* cercanas al límite de distribución de esta conífera. Es plausible que las heladas primaverales (mayo) registradas en 1997 propiciaran el descenso brusco de las poblaciones de *E. subsequana* (J. Cañada, com. pers.). En cualquier caso, el crecimiento radial de los abetos de Diazas mostró un aumento y recuperación evidente en 1999 (Fig. 2).

De entre el conjunto de abetares muestreados, el abetar de Diazas no destaca en general por aspectos estructurales o fitosanitarios, salvo la elevada frecuencia de árboles con ápices dañados, aspecto que puede reflejar el efecto de las defoliaciones de los noventa. Cabe también pensar que este abetar se encuentra en condiciones subóptimas de crecimiento, bajo cierta influencia mediterránea, como muestra el hecho de que forma un ecotono con un bosque próximo de *P. sylvestris* (Camarero, 2001). Estas condiciones podrían favorecer una mayor sensibilidad al clima, que puede manifestarse en un menor crecimiento y una mayor susceptibilidad al ataque de insectos (Battisti *et al.*, 2000).

En este trabajo se ha mostrado cómo un factor local biótico (insecto) puede afectar al crecimiento radial de un abetar. Debe cuantificarse y eliminarse, si fuera necesario, la influencia de factores locales similares para determinar el papel de factores regionales de carácter abiótico, principalmente el clima. La gestión de abetares afectados por defoliadores debe tener en cuenta el posterior desarrollo del bosque dentro del presente contexto de mayor variabilidad climática.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo económico del INIA (proyecto RTA01-071-C3-1) y de la Dirección General del Medio Natural (Depto. Medio Ambiente, Gobierno de Aragón). Los Agentes de Protección de la Naturaleza Manuel Grasa y Juan José Parasé nos facilitaron información sobre el abetar estudiado. Gracias también a Juan Cañada Martín (Serv. Prov. Medio Ambiente de Huesca). Agradecemos a dos revisores anónimos sus comentarios sobre una versión inicial del texto.

SUMMARY

A dendroecological study of a *Epinotia subsequana* Hw. (Lepidoptera: Tortricidae) attack on a fir (*Abies alba* Mill.) forest in the Aragón Pyrenees (Diazas, Torla)

We found many narrow or missing annual tree-rings during the period from 1996 to 1998 in most of fir trees sampled in the Diazas forest (Torla; 42° 37' 50'' N, 0° 05' 40'' W, 1528 m a.s.l.). These tree-rings were synchronic with attacks in that area of the leaf miner *Epinotia subsequana* Hw. (Lepidoptera). This temporal coincidence motivated this dendroecological study. The radial growth in Diazas was compared with that observed in other 13 fir forests sampled across the Aragón Pyrenees and not affected by *E. subsequana*. During the 1996-98 period, the radial growth in Diazas was 12-22 % with respect to the mean growth in the rest of stands. The decrease of radial growth during these three years was the cause of the high frequency of missing rings. These were rarely found in others fir forests. This fact suggested that some local factor have caused the growth reduction. The lower radial growth was produced by the intense defoliations done by *E. subsequana*. The most pronounced reduction of growth was observed in 1997, one year after the maximum level of defoliation was reached (1996). This temporal lag may be due to the fact that the defoliation observed in 1996 reduced the reserves and growth potential to form the tree-ring in the next year. In fact, the radial growth did not increase notably until 3 years (1999) after the first intense growth reduction (1996) was observed.

Key words: dendroecology, tree-rings, *Abies alba*, *Epinotia subsequana*, defoliation.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABGRALL, J.F., SOUTRENON A., 1991. La forêt et ses ennemis. CEMAGREF, 399 pp.
- ANIOL R.W., 1983. Tree-ring analysis using CATRAS. *Dendrochronologia* 1, 45-53.
- BATTISTI A., BOATO A., MASUTTI L., 2000. Influence of silvicultural practices and population genetics on management of the spruce sawfly, *Cephalcia arvensis*. *For. Ecol. Manage.* 128, 159-166.
- BLASING T.J., DUVICK D.N., COOK E.R., 1983. Filtering the effects of competition from ring-width series. *Tree-Ring Bull.* 43, 19-30.
- BOGENSCHUTZ H., KULFAN J., SUSLIK V., ZACH P., KRISTIN A., 1997. «Die Tannenschmetterlinge der Slowakei» and studies on fir pest insects in the Black Forest (Southwest Germany). *Biologia Bratislava* 52, 141-145.
- CAMARERO J.J., 2001. El decaimiento del abeto (*Abies alba* Miller) en los Pirineos aragoneses. Informe. Dep. Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. Zaragoza, 85 pp.
- COOK E.R., 1985. A time series analysis approach to tree ring standardization. Ph.D. Thesis, The University of Arizona, Tucson, USA.
- COOK E.R., HOLMES R.L., 1992. Guide for computer program ARSTAN. *Dendrochronology Program Library*, version 1992-1. Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, Tucson, USA.
- COOK E.R., KAIRIUKSTIS L.A. (Eds.) 1990. *Methods of Dendrochronology*. Kluwer, 394 pp.
- COOK E.R., PETERS K., 1981. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. *Tree-Ring Bull.* 41, 45-53.
- FRITTS H. C., 1976. *Tree-rings and climate*. Academic Press, 567 pp.
- GIRARDIN M.-P., TARDIF J., BERGERON Y., 2001. Radial growth analysis of *Larix laricina* from the Lake Duparquet area, Québec, in relation to climate and larch sawfly outbreaks. *Écoscience* 8, 127-138.
- HOLMES R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bull.* 43, 69-78.
- JOHNSON W.T., LYON H.H., 1988. *Insects that feed on trees and shrubs*. Cornell Univ. Press, 556 pp.
- MARTÍN E., COBOS J.M., 1986. Graves ataques de perforadores en los abetares de Ansó (Huesca). *Boletín Sanidad Vegetal y Plagas* 12, 297-298.
- MONSERUD R.A., 1986. Time-series analyses of tree-ring chronologies. *For. Sci.*, 32, 349-372.
- MÜNSTER-SWENDSEN M., 1987. The effect of precipitation on radial increment in Norway spruce (*Picea abies* Karst.) and on the dynamics of a lepidopteran pest insect. *J. Appl. Ecol.* 24, 563-571.
- MÜNSTER-SWENDSEN M., 1989. Phenology and natural mortalities of the fir needleminer, *Epinotia frater-nana* (Hw.) (*Lepidoptera, Tortricidae*). *Entomol. Meddel.* 57, 111-120.
- SÁNCHEZ PEÑA G., 1996. Evaluación del estado de salud de los abetares del Pirineo. Avance de resultados. Campaña de 1995. XII Reunión Anual del Grupo de Trabajo Fitosanitario de Forestales, Parques y Jardines. Girona, pp. 49-59.
- SÁNCHEZ PEÑA G., HERNÁNDEZ ALONSO R., CAÑADA MARTÍN J.F., DIESTE OTAL J., PÉREZ FORTEA V., 2000. Notas sobre el seguimiento del tortricido *Epinotia subsequana* Hw., minador en acículas de abeto e indicaciones sobre su ciclo biológico y desarrollo. *Boletín de Sanidad Vegetal-Plagas* 26, 21-26.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1996. Tree rings and environment: dendroecology. *Haupt*, 609 pp.
- STOKES M.A., SMILEY T.L., 1968. *An introduction to tree-ring dating*. University of Chicago Press, 73 pp.
- STROUTS R.G., WINTER T.G., 1994. Diagnosis of ill-health in trees. *For. Comm.*, 320 pp.
- SWETNAM T.W., LYNCH A.M., 1993. Multicentury, regional-scale patterns of western spruce budworm outbreaks. *Ecol. Monog.* 63, 399-424.
- SWETNAM T.W., THOMPSON M.A., SUTHERLAND E.K., 1985. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. *USDA For. Serv. Agric. Handb.* 639, 39 pp.
- VIVES MORENO A., 1995. Primera addenda et corrigenda al «Catálogo sistemático y sinonímico de los lepidópteros de la Península Ibérica y Baleares (Segunda Parte)» (*Insecta: Lepidoptera*). *SHILAP* 23, 307-337.
- WASHBURN R.I., MCGREGOR M.D., 1974. White fir needle miner. U.S. For. Serv., Forest Insect and Disease Leaflet 156.
- YAMAGUCHI D.K., 1991. A simple method for cross-dating increment cores from living trees. *Can. J. For. Res.* 21, 414-416.
- ZUBIAURRE EIZAGUIRRE E., 1996. Presencia del tortricido *Epinotia subsequana* Hw. en abetares del término municipal de Biescas. Informe. Serv. Prov. Agricultura y Medio Ambiente de Huesca, Diputación General de Aragón, 3 pp.