

Historia del fuego de *Pinus pinaster* y *Abies pinsapo* en la cara norte de Sierra Bermeja (Málaga): 1817-1997.

JOSÉ ANTONIO VEGA HIDALGO¹

Introducción

Es evidente que el fuego ha actuado durante miles de años como un factor ecológico principal en la dinámica de la vegetación en la cuenca Mediterránea, desempeñado en ella un papel crucial. La información resumida por Naveh (1974), Trabaud (1981) y Pons y Thinon (1987) en relación a muchos datos arqueológicos, análisis de polen, pedoantracológicos y datos paleoecológicos ha mostrado que el fuego forestal es un fenómeno extremadamente antiguo en esta región. Hace alrededor de 330.000 años A.C., el hombre estuvo en posesión del fuego, pero no fue hasta alrededor de aproximadamente 40.000-50.000 A.C. cuando fue capaz de empezar a controlarlo (Perles 1975, 1977).

Liacos (1974) ha citado varias fuentes en la literatura clásica griega mostrando que los fuegos de origen natural fueron muy comunes en la antigua Grecia. Naveh (1974) ha mencionado referencias contenidas en la Biblia respecto a fuegos de épocas históricas y otras extraídas de la literatura romana. Ciertos fuegos forestales durante épocas históricas han sido documentados por Trabaud (1981) en el S de Francia, y asimismo Gil et al. (1990) han recopilado

1. Centro de Investigaciones Forestales, Dpto. Inc. Forestales y Protecc. Amb. Xunta de Galicia, Apto. 127, 36080 Pontevedra, España Tel. 86.85.64.00; Fax 86.85.64.20.

un número de referencias de incendios en el levante español en los siglos XVIII y XIX. De todas formas, hay una casi falta total de información sobre la frecuencia y la intensidad de incendios forestales en el pasado que afectaron a distintas especies y ecosistemas del ámbito mediterráneo. Obviamente estos datos son esenciales para un entendimiento del régimen de fuego y para una evaluación de su influencia sobre la actual composición y estructura de este tipo de bosque.

Las estadísticas sobre incendios forestales son relativamente recientes en la mayoría de los países de la región. En principio, parecerían indicar que en los últimos 20 ó 30 años, los fuegos forestales en la cuenca Mediterránea se han vuelto más frecuentes y más extensos (Le Houerou 1987, Vélez 1982, FAO/ECE 1982). Esto ha causado preocupación entre el público en general y también en un número de científicos, quienes perciben el problema como si de hecho empeorara continuamente en comparación con un supuesto régimen de fuego en el pasado histórico reciente, generalmente considerado «más ligero».

No resulta posible, desde luego, hacer comparaciones generalizadas relativas a este régimen entre países con diferente distribución de la población y distintos ecosistemas, dado que existen datos cuantitativos muy aislados para casi todas las áreas, al menos para un período suficientemente largo de tiempo. No obstante, se tiene la sospecha de que la frecuencia de fuegos en el pasado ha podido ser también muy alta, particularmente si las reseñas anteriores son tenidas en cuenta.

A la vista de lo anterior, la investigación sobre la historia del fuego en las áreas de bosque Mediterráneo es de interés, puesto que puede suministrar una perspectiva más general de la frecuencia y la amplitud del problema extendido a un período de tiempo más dilatado. Claramente, esto puede darnos una mejor comprensión del papel real que el fuego ha jugado en la estabilidad y la persistencia de las diferentes variantes de este tipo de bosque. También nos facilitará información relativa a la resistencia del fuego de sus especies componentes, cuestión que puede ayudar a explicar mecanismos de regeneración, adaptación y competencia interespecífica. Finalmente, un conocimiento de la frecuencia del fuego que estos tipos de bosques pueden soportar es esencial para la experimentación con fuego prescrito y para su posible introducción como una medida protectora contra incendios forestales en ciertas circunstancias.

Se considera generalmente que *P. pinaster* Ait., quizás debido a su alto contenido de resina, es la más pirofítica de las coníferas españolas (Ruiz de la Torre 1971) y, al igual que *P. halepensis* Mill. produce fuegos de alta intensidad, pero hasta ahora no se disponía de información relativa a su resistencia al fuego o a la frecuencia de incendio en bosques de esta especie. Su diversificación en varias razas a partir de un origen común en la Península Ibérica (Baradat y Marpeau 1988, Gil *et al.* 1990) y el hecho de que esta especie se presente en hábitats muy diferentes y dispersos hacen que las generalizaciones acerca de ella casi carezcan de significado. La masa muestreada está localizada en el área natural de la raza geográfica de la serranía de Ronda, incluida en el grupo magrebí de esta especie (Baradat y Marpeau 1988), estrechamente emparentado por su composición terpénica con procedencias de Marruecos, Argelia y Túnez. Por otro lado, constituye una de las 20 regiones consideradas naturales de procedencia de la especie (Alía *et al.*, 1996). Es también la habitación de la recién considerada subespecie *acutisquama* (rivas Martínez *et al.*, 1991) que ya Boissier había considerado una variedad en su célebre viaje de 1837.

En el otro extremo, *A. pinsapo* Boiss, una especie relíctica, que vive en algunos puntos de la cordillera Bética, es considerada como una de las coníferas menos inflamable, especialmente teniendo en cuenta las condiciones específicas de su hábitat, generalmente laderas frescas y húmedas expuestas al Norte, en elevaciones superiores a los 1.000 m.

El pino negral usualmente tiene una longevidad máxima de 150 a 300 años (Ramos 1971, Ruiz de la Torre 1971) mientras que el pinsapo presenta un valor ligeramente mayor, aunque ningún dato seguro está disponible para este área. Esas cifras limitan las posibilidades de uso de estas especies en este tipo de análisis dendrocronológicos.

Hasta muy recientemente la información disponible sobre historia del fuego en nuestro país ha sido prácticamente nula. Este hecho ha cambiado hace muy poco de forma sustancial con las aportaciones sobre este tema llevadas a cabo por Gómez Mendoza *et al.* (1997) y Araque *et al.* (1996), siguiendo metodologías clásicas de la investigación histórica, basadas fundamentalmente en la exploración de fuentes documentales.

Este estudio supone un acercamiento metodológico diferente a esa misma problemática utilizando técnicas dendrocronológicas.

El objetivo de este trabajo ha sido obtener información sobre la historia del fuego en la ladera N de Sierra Bermeja en los últimos 180 años (1817-1997) para establecer una cronología del fuego y sus efectos en la regeneración post-incendio de *P. pinaster* y ayudando a comprender mejor la significación ecológica del fuego en relación a las masas naturales de *P. pinaster* y *A. pinsapo* en la zona. Finalmente se ha tratado de relacionar lo anterior con una estrategia de conservación de esos bosques sin duda singulares.

Area de estudio

La Sierra Bermeja está situada en el extremo sudoccidental de la provincia de Málaga, su eje corre de SO a NNO (5% 5' O a 5% 14' O y desde 36% 28' N a 36% 36' N). Tiene alrededor de 23 km. de longitud, mientras que su anchura, bastante variable, alcanza un máximo de alrededor de 12 km. Está localizada entre 3 y 17 km. de la costa mediterránea y presenta una topografía muy accidentada, con pendientes muy pronunciadas. Su punto más alto es Los Reales (1.452 m.), a sólo 8 km de la costa. Su línea de cumbres comprende elevaciones desde los 950 m. hasta los 1.200 m. El clima es típicamente Mediterráneo con veranos largos, calurosos y secos. La precipitación anual varía entre 850 mm y alrededor de 1.200 mm., y la temperatura media anual de 18° C a 12° C según la orientación y la elevación. El Fitoclima es IV₂/IV₄ (Allué, 1990). El sustrato está constituido casi exclusivamente de peridotita y serpentina. Los suelos son rankers en evolución impedida hacia suelos mediterráneos pardos (Nicolás y Gandullo, 1967) o Cambisoles eútricos (Tavernier, 1985).

El bosque de *Pinus pinaster* Ait. (pino negral) domina en una faja desde los 350 a los 1.100 m. de altura en los pisos bioclimáticos termomediterráneo y mesomediterráneo en el subsector Bermejense, sector Rondeño de la provincia Corológica Bética; y está incluido en la asociación *Pino pinastri-Quercetum cocciferae*, Cabezudo et al. 1989 (Rivas Martínez 1987, Cabezudo et al. 1989). La especie ocupa alrededor de 23.000 has. en estas Sierras (Bermeja, Palmitera y Real), situándose las principales masas sobre la exposición N. Esta sierra parece haber sido el refugio más al S en Europa para la citada especie durante las glaciaciones Riss y Mindel (Baradat y Marpeau 1988).

Por encima de los 1.100 m. y extendiéndose hasta la cumbre de la Sierra, en Los Reales, se presentan tres zonas pequeñas de *Abies pinsapo* Boiss. que

constituyen uno de los escasos hábitats de esta especie en regresión cuya distribución prácticamente ha sido reducida a tres pequeños enclaves en las montañas del SO de la península Ibérica y el N de Marruecos. En 1933, Ceballos y Vicioso (1933) consideraban que esa pequeña masa de la cumbre de Sierra Bermeja, el primer pinsapar visitado por Boissier, era la menos perturbada y más madura de las existentes. Estas manchas están situadas en el piso supramediterráneo (subhúmedo) húmedo en la misma provincia corológica, sector y subsector que el pinar de *P. pinaster*; quedan incluidas en la asociación *Bunio maculal-Abietetum pinsapi* (Rivas Martínez, 1987).

En la citada ladera N de la Sierra vive un grupo de masas de *P. pinaster* irregulares, con un número alto de clases de edad diferentes, alternándose porciones muy defectuosas en espesura con otras superficies cubiertas de regenerado joven y manchas de monte bravo, latizal y fustal.

El área de estudio está localizada en la zona delimitada por las divisorias de los términos municipales de Estepona y Jubrique, Genalguacil y Jubrique y el arroyo del Quejigar en un triángulo de unas 320 has. de clara orientación N. Dentro de esa zona, y después de una inspección del terreno, se escogieron unas 75 has. de pinar en la ladera que desciende desde el alto del Porrejón al citado curso de agua, área conocida como Majada de Rocillo, extendiéndose desde la cumbre del Porrejón (1.210 m.) hasta la Cañada de Las Cuevas, a unos 750 m. Prácticamente comprende los rodales 13F, 14G, 39E y 40D del correspondiente tramo del plan de ordenación (Lozano. Comun. personal).

El terreno es escarpado con pendientes acusadas (valor medio 43%). El pinar presenta frecuentes árboles de buen porte, destacando entre ellos los llamados «coronados», ejemplares sobremaduros con una típica copa redondeada que emerge del conjunto de la masa y que se hace aplanada en los individuos más viejos. Hay en este grupo de árboles un gran número de individuos viejos con heridas de fuego múltiples.

En el caso de la masa de pinsapo, se seleccionó un pequeño rodal para muestreo en la cara N de Los Reales a una altitud de 1.150 m. El sitio es una ladera, casi un barranco, sombría y muy pedregosa. La masa del tipo irregular, incluye árboles vivos muy viejos y otros muertos en pie así como un considerable número de pequeños pies procedentes de regeneración, estos últimos especialmente en pequeños claros. El lugar de muestreo fue seleccionado porque

representaba un rodal en el interior de la masa de *A. pinsapo*, cerca del borde de contacto con otra próxima de *P. pinaster* con la que el pinsapo se mezcla en una pequeña faja.

Metodología

En el área de estudio de *P. pinaster* se efectuaron cuatro muestreos en 1989, 90, 91 y 92 respectivamente, implicando cada uno de ellos un examen detenido de la masa y una selección subsiguiente de árboles que mostraban heridas múltiples de fuego. En algunos casos, se escogieron parejas de árboles adyacentes y en otros, se usaron tocones y árboles derribados, esparcidos por toda el área de estudio en la citada ladera. Doce grupos de árboles fueron seleccionados, cada uno formado por dos individuos maduros adyacentes y también se consideraron cinco rodales de 2 a 6 has. de tamaño. En total se extrajeron secciones transversales de 39 árboles maduros, 6 árboles de tamaño latizal y 4 árboles más jóvenes en los 4 muestreos.

Para determinar algunas características dendrométricas y otras características de las heridas, se marcaron, y se localizaron sobre partes representativas de la masa, 11 parcelas circulares de 15 m. de radio, midiéndose la densidad del arbolado, la densidad de «coronados», el diámetro normal y altura total y se extrajeron también muestras de los tres árboles dominantes dentro de cada parcela con el diámetro normal mayor; se contabilizó igualmente el número de individuos con heridas de fuego visibles, midiéndose sobre cada pie la altura máxima de aquella. Cada herida fue asignada a uno de los ocho puntos cardinales principales.

Aprovechando las operaciones de aclareo y corta en la masa en 1991, se tomaron varias secciones transversales de otros 81 especímenes más, representando clases diamétricas en los rangos de 2-35 cm. de diámetro normal, a través de toda el área, para estimar la edad de los individuos correspondientes. Un número considerable de pequeños brinzales de 20 hasta 150 cm. de altura se cortaron en diferentes lugares de la zona y su edad fue también estimada por conteo de anillos.

Las posibilidades de muestreo en la masa de pinsapo estuvieron muy restringidas, dado que el área constituye un lugar con un alto nivel de protección, por ello sólo pudo efectuarse una extracción de varias secciones de dos árboles muertos caídos, uno muerto en pie y de otro muriendo.

Para cada sección transversal, se siguieron las técnicas descritas por Arno y Sneck (1977) y Dieterich y Sweetnam (1984). No estaba disponible para este área una cronología maestra de anillos, de forma que se construyó una en base a medidas de la anchura de los anillos de crecimiento anuales en secciones transversales tomadas de 12 especímenes de pino negro cortados. Se hicieron medidas a lo largo de varios radios por sección transversal. Esta cronología maestra se usó para el cruzado de fechas de las heridas de fuego siguiendo la técnica del «esqueleto» (Stokes y Smiley 1968). Las heridas de fuego se identificaron siguiendo el criterio de Dieterich y Sweetnam (1984). El número de heridas por sección y por fuego fueron contadas. En muchos casos, fue evidente un decrecimiento, o menos frecuentemente, un incremento en la anchura del primer anillo después del fuego. Un año de incendio se definió como cualquier año en el cual al menos dos árboles de la muestra estuvieran heridos por el fuego. Siguiendo este criterio, algunas heridas de fuego de algunos individuos fueron rechazadas debido a que se consideraron que habían sido producidas por hogueras o pequeños fuegos. Esto ocurrió en 1957, 1982 y 1986. Además, no existía ninguna información oficial relativa a esa fecha de fuego y en esa época las estadísticas de incendios ya estaban funcionando.

La fecha aparente de origen de cada árbol en la muestra de *P. pinaster* se determinó contando el número de anillos desde el exterior hasta la médula sobre las dos caras de cada sección basal transversal. El espesor de la sección fue luego dividido por la diferencia de años obtenida a través del conteo de anillos (o por uno si las dos caras tenían el mismo número de anillos) y la cifra así obtenida se consideró el crecimiento medio en altura para los primeros años y se aplicó a la altura del tocón. De esta forma se tuvo un número de años y esta cifra fue añadida a la edad de la médula de la cara inferior de la sección para obtener el año de origen del individuo. La altura de crecimiento estuvo entre 1,5 y 10 cm. por año, con una media de 6 cm. por año. Este valor está de acuerdo con la cifra media obtenida a través del conteo de anillos de brinzales de *P. pinaster* recolectados a través de toda el área de estudio y es similar a la que encontraron Arno y Sneck (1977) y Davis (1980) para otras especies de pino en Montana. El mismo procedimiento se aplicó a *A. pinsapo*.

La regeneración después del incendio no siempre ocurre inmediatamente, el mismo año del fuego, sino que a veces se extiende a unos años posteriores al mismo. De esta forma, la fecha de origen calculada como se ha indicado

líneas más arriba es sólo aproximada. Por esta razón, se usó un criterio similar al de Arno y Sneek (1977), pero limitado a 6 años después del fuego en vez de los 10 ó 12 que ellos consideraron e incluyendo también como fecha de origen la de tres años antes de un fuego, compensando así, otros posibles errores en la determinación del crecimiento. Los cálculos para el intervalo libre de incendios son los que se describen habitualmente en la literatura de esta materia y están definidos por Romme (1980). Los árboles jóvenes que habían sufrido sólo dos fuegos en diferentes años, fueron excluidos de los cálculos del intervalo medio libre de incendio ya que para estos individuos existía un simple valor del intervalo libre de incendios.

Resultados y discusión

Características de la masa y de las heridas para las muestras de Porrejón

Lo que sigue se refiere a árboles con un diámetro normal superior a 5 cm. La masa tiene una densidad media de 1.140 árboles por ha, variando entre 480 y 1.630 árboles por ha según la zona. Los árboles «coronados» representan el 6% del total, con un rango de 0 al 32% según los sitios. La altura media del arbolado varía entre 7,5 m. y 14,75 m.; en los «coronados» es de 13,5 m. y para el resto 11,5 m. Sin embargo, cuando los «coronados» y los otros tipos de árboles coexisten en el mismo rodal, la media de la diferencia de altura entre ellos es 3,5 m. La masa tiene un índice de calidad del sitio que varía entre las clases III y IV (Nicolás y Gandullo 1967).

Con relación a las heridas, aproximadamente la mitad de los árboles «coronados» presentan heridas visibles en el tronco de una altura promedio de 35 cm., aunque en algunos casos alcanza los 8 m; a veces algún ejemplar presenta considerables porciones del tronco horadadas y carbonizadas por el fuego. En cuanto a la orientación de las heridas, el porcentaje más alto aparece en la exposición S, seguido por el O y SO, y las heridas más largas corresponden a esta última orientación. Esto parece indicar que los fuegos que causaron el número mayor de heridas en el tronco (en tamaño y número) se han propagado ladera arriba o han entrado en el área de estudio desde la dirección SE, probablemente a través del puerto de la Silla del Porrejón; se sabe que ello ha ocurrido en otras ocasiones. Estos datos sugieren fuegos de baja intensidad, una eficiente cicatrización de estas especies, o una extracción de los árboles más dañados por el fuego después de los incendios.

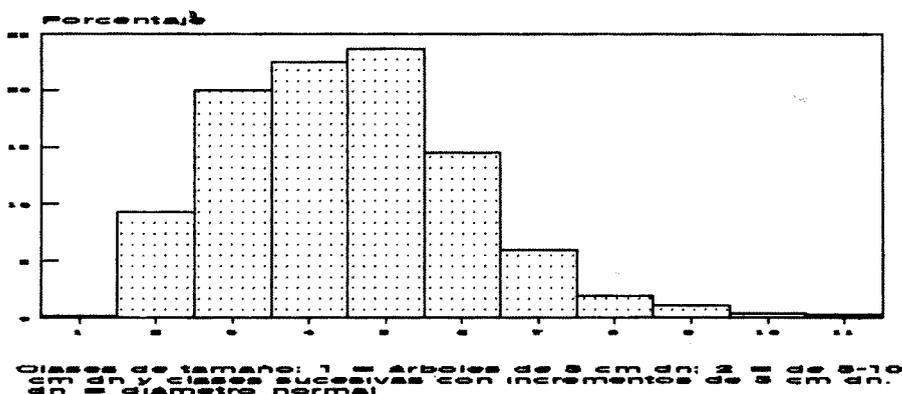
La distribución de porcentajes por clases de tamaño se muestra en la figura 1. Prácticamente la población completa de «coronados» presenta diámetros normales > 35 cm., aunque algunos de ellos aparecen en las clases de 31-35 cm y 26-30 cm. Puede observarse un «salto» entre las clases diamétricas 5 y 6 y 6 y 7. Para las clases 4, 5 y 6 casi todos los árboles se originaron después de 1932 o antes de 1876. De hecho sólo el 5% de los árboles muestreados se originaron entre 1876 y 1932. De esta forma, hay un vacío de 75 años en los cuales la regeneración parece ser bastante escasa. Este punto será comentado más tarde.

Intervalo medio del fuego para P. pinaster

La tabla I muestra los años en los que ocurrieron incendios entre 1817 y 1997 en el pinar estudiado, junto con el número de heridas correspondientes a los años de diferentes fuegos que han sido detectados en las secciones analizadas.

En primer lugar hay que destacar que un número apreciable de individuos, con varias heridas de fuego en el tronco de considerable tamaño, han sobrevivido hasta ahora. Esta característica no había sido documentada para esta especie anteriormente y demuestra un alto nivel de resistencia individual al fuego. Por otro lado, ese rasgo es más destacable cuando se compara a la escasa supervivencia mostrada por esta misma especie en otras áreas geográficas de España, como por ejemplo en Galicia.

Fig. 1 Porcentaje de distribución por clases de tamaño



En esta región, la supervivencia después de un incendio forestal está limitada prácticamente a árboles de considerable tamaño; usualmente sólo ligeramente chamuscados en la base del tronco por fuegos de baja intensidad que afectan al suelo de manera muy superficial (observaciones de campo del autor).

Tabla I. Cronología del fuego en la Ladera Norte de Sierra Bermeja.

Año del fuego	Localización: Porrejón Especie: P. pinaster		Localización: Los Reales. Especie: A. pinsapo	
	Nº de heridas encontradas	Intervalo libre de fuego, años	Nº de heridas encontradas	Intervalo Libre de fuego años
1991	1	18	-	-
1984	-	-	6	7
1977	-	-	1	11
1973	48	7	-	-
1966	2	34	3	7
1959	-	-	3	48
1932	43	13	-	-
1919	50	11	-	-
1911	-	-	1	3
1908	33	14	3	20
1894	20	12	-	-
1888	-	-	1	-
1882	25	6	-	-
1876	14	11	-	-
1865	16	25	-	-
1840	3	13	-	-
1827	2	10	-	-
1817	1	-	-	-
TOTAL	258		18	

El número de fuegos por sección en árboles maduros (>58 años) varió entre 0 y 8 (figura 4) con una media de 5,3. Estas cifras indican que *P. pinaster* puede resistir frecuentes fuegos a lo largo de su vida y al mismo tiempo servir como registro de la reciente historia del fuego en un área determinada reflejando su frecuencia de una forma bastante adecuada. Esta cualidad distintiva puede ser considerada como una característica genética que podría parcialmente explicar la persistencia de esta especie después de fuegos repetidos en el área Mediterránea. Otros factores externos tales como más alta humedad atmosférica y precipitaciones en las masas del NO Ibérico podrían también influenciar el frecuente ataque post-fuego de hongos patógenos y coadyuvar a su limitada resistencia al fuego. Estas infecciones son usualmente menos frecuentes en las masas del S.

El examen de las heridas de fuego nos suministra información relativa a la cronología del fuego hasta una fecha que se extiende hacia atrás hasta 1817. Puede verse que en los últimos 180 años (1817-1997), tuvieron lugar 13 incendios y que los intervalos libres de incendios variaron entre 6 y 34 años, con una media de 14,5 años.

No hay datos publicados hasta la fecha relativos a la frecuencia de incendios en este período para pinares específicos en un determinado bosque en la cuenca Mediterránea. Por esta razón no es posible comparar estos cálculos iniciales con otros relativos a *P. pinaster* u otra especie de pino en esa cuenca.

Debemos referirnos por tanto a bosques de especies diferentes del mismo género *Pinus* en otras partes del mundo para establecer comparaciones. Sin embargo, estas deben ser tomadas con prudencia al tratarse de otras especies viviendo en ecosistemas diferentes y con una presión humana y ambiental bien distinta.

Los hallazgos de Arno y Sneek (1977) y Arno y Peterson (1983) indican que en el O de Montana, las masas de *P. ponderosa* mezcladas con *Pseudotsuga menziesii* en áreas de valles, muestran intervalos libres de fuegos entre 6 y 11 años de acuerdo al sitio, con un rango de 2 y 20 años para el período 1735-1900. Por otro lado, el intervalo estimado, en el caso de masas mezcladas de *P. ponderosa* y *P. contorta* con otras coníferas en laderas del piso montano, es algo mayor, de 7 a 19 años, elevándose de 17 hasta 28 años para el caso del piso subalpino.

Además, en el oeste de Montana, Barret (1980) encontró para *P. ponderosa* mezclado con *Pseudotsuga*, valores medios que antes del asentamiento del hombre blanco estaban entre 9 y 19 años, de 11 a 15 para el período de colonización (1861-1910) y de 26-27 años de 1911 a 1980. En las Montañas Rocosas Centrales de Colorado, Laven et al. (1980) hallaron, también para *P. ponderosa*, intervalos medios de 66 años antes del asentamiento de 1840 y 21 años para el período desde esa última fecha a 1905. En California, Griffin (1980) obtuvo en *P. lambertiana*, y para el período 1640-1907, un valor medio de 21 años y al S de ese mismo territorio, McBride y Jacobs (1980) indican para *P. ponderosa*, 14 años de 1863 a 1904 y 32 años de 1905 a 1974, mientras que para *P. jeffrey* señalan 19 y 66 años respectivamente. También en California, Warner (1980), en una mezcla de las dos especies anteriores, da una media de 3,5 años para el período 1775 a 1909. Valores medios tan bajos como esos e incluso inferiores, fueron encontrados por Dieterich (1980) y Dieterich y Sweetnam (1984) en lugares de Arizona y Colorado con *P. ponderosa*, obteniendo cifras medias de 1,8 y 3,9 años para períodos diferentes entre los siglos XVIII y XIX y XVIII y principios del XX.

También en *P. ponderosa* mezclado con *P. strobiformis* y *Pseudotsuga*, en Texas, Alhstrand (1980) determinó valores de 4,7 años para el período 1554-1842. En latitudes más al N, en Alberta (Canadá), Tande (1980) halló intervalos medios de 1 a 36 años de 1665 a 1975 y en el período de asentamiento europeo (1892 a 1910), cifras tan pequeñas como 1-2 años para los valles poblados de mezclas de *P. contorta* con otras especies. En cambio, también en Alberta, pero en las montañas cubiertas de *P. contorta* hasta unos 1.800 m., Hawkes (1980) obtuvo intervalos medios de incendios de 101 años.

Parece desprenderse de todos estos casos y de otros no reseñados aquí, que la presencia de los primitivos pobladores americanos imponía en los valles quemados frecuentes para favorecer el pastoreo extensivo así como el de los animales de caza, mientras que en las montañas, más húmedas y donde la presión humana era muy pequeña, excepto en el S, eran los rayos, con una frecuencia natural más baja, los que desencadenaban el fuego.

En Suecia, Zackrisson (1980) da un intervalo medio de 46 años, con un rango entre 30 y 50 años, para el período desde el siglo XVII hasta el presente en mezclas de *P. sylvestris* y *Picea abies*.

A la vista de estos datos parece que la masa de *P. pinaster* del último tercio de la ladera N del monte Porrejón en la cara N de Sierra Bermeja, ha estado sometida desde los primeros años del siglo XIX hasta el presente a una frecuencia de fuego relativamente alta. Debemos tener en cuenta, como señalan un número de autores, que las cifras obtenidas son siempre estimas conservativas, puesto que ningún tronco de árbol es herido por todos los fuegos, lo que hay que añadir en nuestro caso que las heridas de los incendios de 1957, 1982 y 1986 fueron desestimadas.

Existe probablemente una relación entre esta frecuencia y un incremento en el uso de la tierra de las áreas forestales de una forma más o menos continuada, desde el principio del siglo XIX hasta aproximadamente los años 50 de este siglo. No debe ser olvidado que hasta esa última fecha, estos montes fueron extensivamente pastoreados por ganadería ovina y caprina y que el fuego es usado periódicamente para la renovación de la vegetación; la relativa regularidad de los intervalos libres de fuegos sugiere esta posibilidad. De esta forma, esa aparente regularidad podría indicar que muchos de los fuegos se debieron a incendios provocados con fines pascícolas, cuando el matorral había llegado a un estado notoriamente senescente en el que no resultaba palatable para el pastoreo, independientemente de que en otras zonas se imponga un ciclo de fuego más corto con esa misma utilidad pascícola.

Por otro lado, estas fechas de principios del siglo XIX coinciden también con el inicio de la reactivación minera de la Sierra, algunas de cuyas explotaciones habían sido puestas en funcionamiento ya por los romanos, lo que sin duda exigió el uso de cantidades apreciables de madera; se produjo así un incremento de presión sobre los aprovechamientos forestales de la zona, con lo cual pudieron darse mayores posibilidades de negligencias y todo ello superpuesto a las demandas usuales de madera para la construcción rural de la zona e incluso para la exportación de madera en rollo y tabla (Sánchez Bracho, 1984).

Otro aspecto a destacar es que no se aprecian, en conjunto, variaciones importantes en el intervalo de tiempo libre de incendios a lo largo del período considerado; por tanto no pueden establecerse etapas de mayor frecuencia de fuego. El «retraso» de 33 años en producirse un incendio desde 1933 a 1966 parece fruto de actuaciones forestales de protección contra incendios no deseados. Sin embargo, después del gran fuego en la cara sur de la Sierra de 1966 y

que afectó también en menor medida a la norte, se han sucedido en esta última exposición fuegos espaciados pocos años, con lo que el intervalo medio de incendios de 1919 a 1991 ha sido sólo ligeramente más alto (18 años) que el de 1876 a 1919 (11 años) y el de 1817 a 1876 (15 años).

Intervalo medio de fuego para A. pinsapo

Como la muestra de *A. pinsapo* de la ladera N en Los Reales es muy pequeña, las cifras deben ser entendidas como un impulso inicial para ir estableciendo la cronología reciente de los fuegos en esta formación. Por otro lado, esta información está posiblemente influenciada por pertenecer la zona de estudio al borde de contacto con *P. pinaster*. El intervalo medio libre de fuego es 16 años, variando entre 3 y 48 años para el período 1888 a 1984. A pesar de la pequeñez de la muestra, estos datos y algunas observaciones de campo pueden darnos un primer cuadro que permita comparar estas cifras con las precedentes relativas a *P. pinaster*.

En principio, resulta sorprendente encontrar ejemplares de pinsapo con heridas conspicuas de fuego, una especie de corteza delgada y considerada como muy sensible al fuego. Más inesperado aún es que el intervalo medio libre de fuegos encontrado sea tan corto. Esto parece indicar o la capacidad de esta especie para soportar un grado apreciable de recurrencia del fuego o que estos incendios ocurridos han sido de baja intensidad. Parece que una cifra tan baja de recurrencia del fuego debería amenazar su regeneración.

Una explicación podría ser que los incendios penetraron dentro de la masa generalmente con una intensidad relativamente baja. Varios factores están implicados en ese resultado. El pinsapo vive sobre terrenos particularmente rocosos, casi exclusivamente entre grandes bloques de piedra, dejando poco espacio para el matorral, procurando así muy poco material combustible. Además, esta masa crece en lugares sombreados que son bastante frescos a nivel del suelo. Debido a que el follaje de las copas es muy espeso y que las ramas, que crecen desde poca altura de la base, están muy revestidas de hojas, con lo que el terreno recibe considerablemente menos radiación solar que el del pinar. De esta forma, la hojarasca conserva un contenido de humedad más alto y también se evita el desarrollo de matorral; asimismo, debe recordarse la dificultad con la que el viento penetra a través de las copas, lo que disminuye la oxigenación de la combustión. Todos estos factores crean una situación en la cual el

fuego se propaga más lentamente y con menos intensidad que en el pinar, dejando a su paso porciones de terreno prácticamente sin ser tocadas por las llamas, excepto cuando el incendio es muy intenso.

Si consideramos que el pinsapo posee una corteza bastante fina que le protege sólo ligeramente del calor, se comprende la dificultad de encontrar individuos con numerosas heridas de fuego, no sólo porque los árboles afectados mueran directamente sino también por el tipo de fuego en mosaico ya descrito, al que generalmente está sometido el pinsapar. Concluimos a partir de lo anterior que es posible que los fuegos, que se habrán originado en áreas preferentemente fuera del pinsapar, con una cantidad de combustible mayor que en este último y donde hay una presión humana mayor, penetran en la zona del pinsapo con mayor dificultad y una intensidad decreciente. Así, sus efectos son reducidos de una manera natural. Esto podría explicar por qué el intervalo libre de fuegos no es mucho menor que en el pinar pero en cambio las masas de *A. pinsapo* son afectadas menos severamente, lo que muestra que el sistema puede tolerar el fuego, al menos hasta un cierto nivel.

Sin embargo, lo anterior refleja también que existe un equilibrio bastante precario. De hecho, en las masas mezcladas con *P. pinaster* y sobre los bordes de contacto entre ambas especies, el fuego causa bastante más daño al pinsapo que al pino, recuperándose el primero con mucha más lentitud; frecuentemente el daño causado por el fuego conduce al pinsapo a una infección por patógenos. Tampoco la regeneración es ayudada, debido al hecho de su comentada irregularidad en la producción de semilla, que por otra parte es significativamente más pequeña que en el caso del pino; además, las piñas se descomponen cada año y las semillas caen al terreno con poca protección contra el calor, al estar provistas de una fina cubierta; es sabido también que la semilla presenta una rápida reducción en la capacidad germinativa originada por la degradación de los aceites contenidos en ellas, con lo que perduran en el terreno menos tiempo. Asimismo, las condiciones ambientales más xéricas que el fuego origina, no favorecen el desarrollo de los brinzales de abeto, que parecen necesitar condiciones sombreadas por algún tiempo.

Hemos podido verificar este hecho después del fuego de 1991 en la Sierra del Real, próxima a la Sierra Bermeja; mientras un buen número de brinzales de *P. pinaster* se han establecido a los pocos meses después del fuego, no ha sido posible encontrar apenas plántulas de *A. pinsapo*. Probablemente el resul-

tado final será que, en masas mezcladas de *A. pinsapo* con *P. pinaster*, el primero es desplazado cuando el intervalo medio de incendio se reduzca. Esta dinámica es visible en la ladera del N adyacente a Los Reales; donde hoy existe una masa pura de pinar, hace 50 años parece haber existido una masa mezclada de pinsapo y pino si se tienen en cuenta las observaciones de los agentes forestales.

Para concluir esta discusión, parece que *A. pinsapo* podría sólo tolerar ligeros fuegos que eliminaran los árboles más jóvenes o los ejemplares más débiles, dejando huecos en la masa; de alguna forma ello podría favorecer indirectamente la regeneración. De hecho, se crearían pequeños claros o huecos, rodeados por árboles padres adultos, más resistentes al fuego, que podrían así producir un nuevo rodal de brinzales. Observaciones de campo en esa localización muestra que a veces la dinámica de la regeneración tiene lugar con una pauta similar: árboles sobremaduros y viejos o árboles muriendo, al ser atacados por hongos, van dejando huecos donde la diseminación da origen a grupos de brinzales.

Los valores de intervalo libre de fuego obtenidos de masas puras de *Abies sp.* o de mezclas de abeto y otras coníferas proceden de latitudes más al Norte que las estudiadas aquí, están usualmente tomadas a elevaciones más grandes y son típicamente mayores que los encontrados en este estudio. Para esas situaciones, Arno y Davis (1980) dan rangos de 68 a 155 años en los bosques del piso subalpino de Montana. Para el Noroeste de este estado, Davis (1980) propone 146 años como el intervalo medio entre fuegos para masas subalpinas dominadas por mezclas de *A. lasiocarpa*, *P. menziessii* y *P. contorta* que crecen entre 1.575 m. y 1.800 m. en el piso subalpino de Montana y por encima de esta altitud para el período 1735-1910. En el N de Idaho, Arno y Davis (1980) hallaron cifras para *A. lasiocarpa* de alrededor de 150 años. Hawkes (1980) encontró cifras incluso mayores para las montañas de Alberta. En ese lugar, *Abies lasiocarpa* y *Picea engelmannii* que ocupan la parte más alta del piso subalpino (< 2.000 m.) tienen valores promedio de 101 años y 304 años para elevaciones más altas. En Yellowstone, Romme (1980) indica que más de 300 años es la cifra para intervalos de retorno de fuegos intensos, destructivos, que actúan de hecho como quemas de reemplazamiento de la masa al producir una nueva regeneración, usualmente coetánea. El gran fuego de 1988 en ese área podría considerarse un ejemplo de este tipo de incendios.

Pero junto con estos datos, intervalos libres de incendio más pequeños pueden ser también encontrados en estas mismas zonas. Arno y Peterson (1983) hallaron, en áreas del piso subalpino y alpino, donde crecen el *Abies lasiocarpa* y *Pinus albicaulis*, intervalos medios de 17 a 28 y de 30 a 41 años para el período de 1735 a 1900.

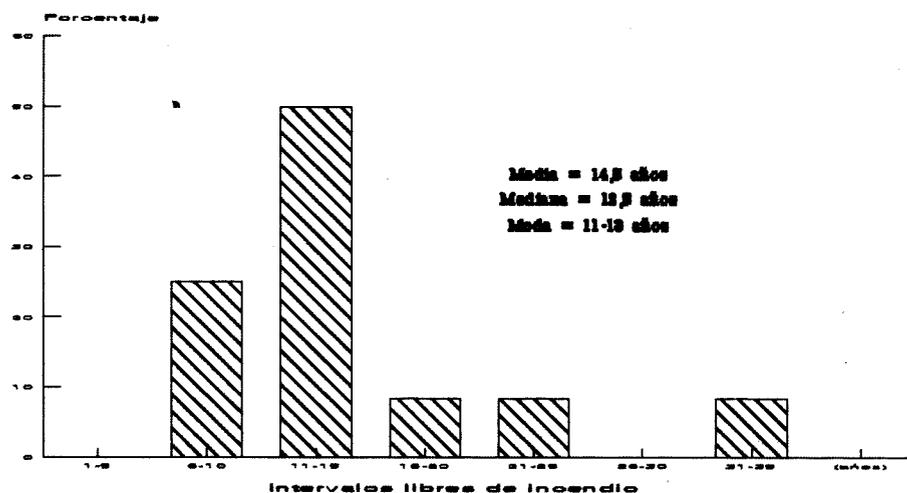
Está claro que las situaciones que acabamos de mencionar no son comparables a la estudiada aquí. El clima en esas regiones es más frío, lo que significa un retraso en la acumulación de combustible y una mayor dificultad para el inicio del fuego. Son también lugares donde el hombre históricamente ha ejercido una demanda pequeña de los productos forestales.

Fechas de origen de los árboles de la zona

En la tabla II se puede encontrar la fecha más probable de origen para los árboles muestreados. En base a estos datos, pueden hacerse una serie de observaciones.

- a) De un total de 33 individuos de *P. pinaster* que se han usado para analizar las fechas de origen, el 50% parece estar asociado con incendios previamente estimados por sus correspondientes heridas de fuego.

Fig. 2. Distribución de porcentajes de intervalos libres de fuego en la masa de la ladera Norte de Porrejón (1817-1991)



Esto indica por sí mismo el papel esencial que los fuegos repetidos han jugado en el mantenimiento de la masa y más concretamente, en la creación de una estructura de diferentes clases de edad. Pero también muestra que el proceso de diseminación sin fuego ha actuado de forma regular y tiene un peso igualmente importante. La existencia de dos tipos de piñas, las serotinas y las desprovistas de este carácter, en casi todos los individuos (Sánchez, 1995) refuerza también ese hallazgo.

- b) Una parte del conjunto de árboles que componen la muestra parecen haber nacido en momentos muy distintos, correspondiendo con otros tantos incendios, y ello a pesar de que los fuegos se han sucedido a intervalos bastante cortos. Esto parece indicar que los incendios no han sido en general muy intensos, habiendo sobrevivido individuos de diferentes edades. No se trata, por tanto, de fuegos que hayan reemplazado la masa destruyendo todos o casi todos los árboles presentes en un momento determinado, sino de incendios de superficie moderada a baja intensidad.

Tabla II. Fecha más probable de origen para los árboles muestreados. Ladera Norte de Sierra Bermeja.

Especies	Localización	Exposición	Nº de árboles muestreados	Año medio de origen	Fuego asignado
Ap.	Los Reales	N	1	1747?	-
Pp.	Porrejón	N	1	1774	-
Pp.	Porrejón	N	1	1780	-
Pp.	Porrejón	N	1	1789	-
Pp.	Porrejón	N	3	1796	-
Pp.	Porrejón	N	1	1805	-
Pp.	Porrejón	N	2	1828	1827
Pp.	Porrejón	N	2	1835	-
Pp.	Porrejón	N	12	1842	1840
Ap.	Los Reales	N	2	1848	-
Pp.	Porrejón	N	9	1851	-
Pp.	Porrejón	N	4	1866	1865
Pp.	Porrejón	N	1	1876	1876
Pp.	Porrejón	N	1	1894	1894
Pp.	Porrejón	N	1	1908	1908
Ap.	Los Reales	N	1	1916	-
Pp.	Porrejón	N	19	1936	1933
Pp.	Porrejón	N	57	1944	-
Pp.	Porrejón	N	12	1966	1966
Pp.	Porrejón	N	3	1973	1973

Ap: *Abies pinsapo*

Pp: *Pinus pinaster*

Distribución de los intervalos de fuego para P. pinaster

La distribución de porcentajes de intervalos de fuego por tamaño para el pinar de *P. pinaster*. (fig.2) muestra que:

- a) Hay un desplazamiento de la distribución hacia los valores menores de intervalos.
- b) Los fuegos que ocurrieron en intervalos menores de 11 años comprenden el 25% del total y podrían amenazar la supervivencia de la masa. Aunque la floración puede ser en esa zona bastante precoz, con edades tan bajas como 6 años (Tapias et al. 1977), la cantidad de semilla disponible a los 10-11 años parece bastante baja para asegurar una regeneración eficaz. Por otro lado, la escasa altura de los individuos a esa edad no favorece una eficaz protección de la semilla frente al calor del incendio.
- c) Los fuegos distanciados entre 11 y 15 años representan el 50% del total. Su alto porcentaje parece reforzar la idea de que los fuegos no debieron ser excesivamente intensos o que hacia el final de ese rango de intervalos, el individuo dispone de una suficiente reserva de semilla en sus conos serotinos.
- d) En los intervalos superiores a 15 años parece que la regeneración post-fuego debería estar asegurada, aunque podría esperarse que la acumulación de combustible tras esos años sin fuego fuera considerable y diera lugar a incendios más intensos en esos casos. No obstante, es posible que un pastoreo continuado mantuviera la carga de combustible en niveles bajos.

Efecto del tamaño de la muestra sobre el intervalo medio de fuego

Se puede ver en la figura 3 que el intervalo promedio disminuye progresivamente cuando consideramos las cifras suministradas por árboles individuales y las de un área de más de 1.000 ha sobre la ladera N de la Sierra Bermeja, incluyendo las dos masas, de pino y pinsapo, estudiadas. Para ese área de tamaño más grande, el intervalo medio de fuego está basado en todos los fuegos identificados en esa extensión, combinando los que ocurren en la masa del último tercio de la ladera de Porrejón y la del pinsapar de Los Reales. Aunque esta última cifra da una idea general de los intervalos libres de fuego para el período 1817-1991 en ese sector de la Sierra, no debemos olvidar que este valor es de uso limitado para caracterizar la historia del fuego de masas de más pequeño tamaño. Esto siempre ocurre para cifras basadas en grandes áreas, generalmente compuestas de varios hábitats de vegetación, zonas topográficas diferentes, y que usualmente tienen también diferentes historias de fuego.

Inversamente, las estimaciones a partir de árboles individuales tienden a sobreestimar el tamaño del intervalo medio de fuegos. Este problema ha sido bien discutido por Houston (1973), Arno y Sneek (1976), Dieterich (1980) y Arno y Petersen (1983) entre otros autores.

En nuestro caso, la estima obtenida varía desde 20 a 13 cuando nos trasladamos desde árboles individuales a la masa de 75 has. Arno y Petersen (1983) encontraron, para tres zonas en el Oeste de Montana, en una media ladera cubierta por *P. ponderosa* mezclado con otras coníferas, que el intervalo libre de incendios varió de 26, cuando se obtuvo de árboles individuales, a 15 años, cuando estuvo basado en datos de masas de 80 a 350 has.

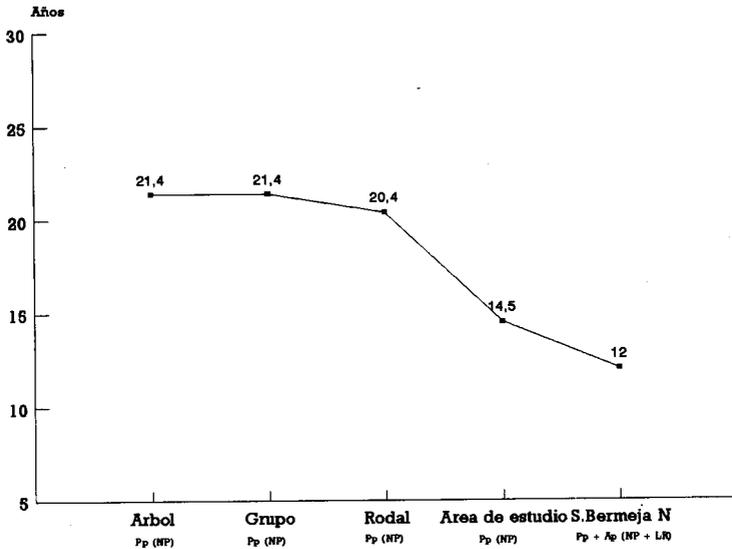
Edad de la primera herida de fuego

La figura 4 muestra la distribución de porcentaje de las clases de edad de *P. pinaster* que han sobrevivido hasta el presente, teniendo en cuenta cuando recibieron la primera herida de fuego. El rango de la población es bastante abierto, (15-145 años), con una media y mediana que difieren algo.

A partir de los datos anteriores, pueden señalarse dos características:

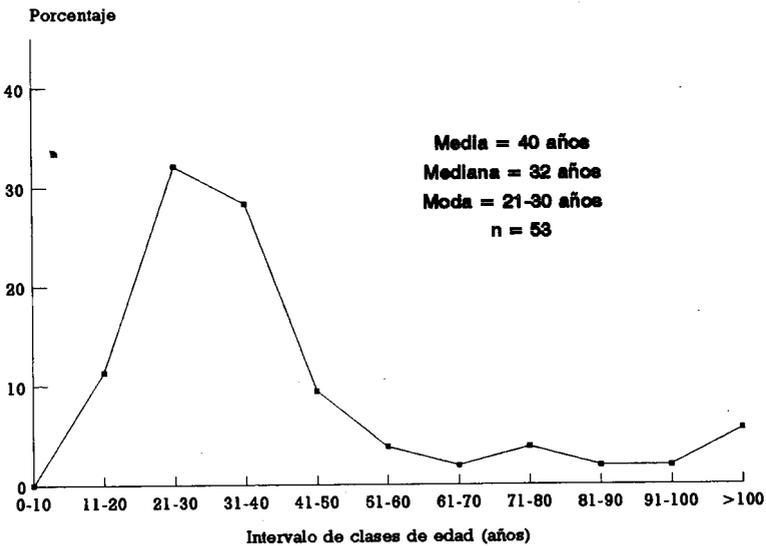
- a) Ningún árbol que fuera afectado por el fuego antes de la edad de 10 años, ha sobrevivido hasta 1997. Usando los datos actuales, no puede saberse si esos árboles fueron eliminados por el primer fuego que les dañó antes de esta edad o si fueron debilitados por aquel y subsiguientemente suprimidos por otro incendio posterior. Es posible que, en la muestra estudiada estén incluidos árboles que sufrieron fuegos a los 5, 7, 8 u 11 años, pero en ese caso no fueron heridos en el tronco y no muestran ningún decrecimiento en la anchura de los anillos. Quizá estos árboles se encontraban en rodales a donde el fuego no llegó o donde quemó con una baja intensidad. La cifra es de interés si quiere ser puesto en marcha un programa de fuego prescrito en este tipo de masa.
- b) Más de la mitad de la población que sobrevivió al fuego, recibió su primera herida entre los 21 y 40 años de edad; esto parece bastante lógico si consideramos que los fuegos fueron muy frecuentes y que posiblemente hubo regeneraciones para cada fuego, que serían afectadas por incendios posteriores.

Fig. 3 Intervalo medio libre de incendios del bosque de la ladera norte de S^a Bermeja.
Período: 1817-1991



Pp = P. pinaster; Ap = A pinsapo; NP = Norte Porrejón; LR = Norte Los Reales

Fig. 4 Distribución del porcentaje de clases de edad según la primera herida de fuego.
Norte de Porrejón (S^a Bermeja). Período: 1817-1991



Regeneración post-fuego de P. pinaster

Algunas consideraciones pueden ser hechas sobre las pautas de regeneración del pinar en relación a los fuegos frecuentes en esta parte de la Sierra Bermeja durante los siglos XIX y XX.

- 1) Los intervalos más largos libres de incendio produjeron una regeneración post-fuego abundante que ha sobrevivido a los incendios subsiguientes hasta el momento actual. Así, en la muestra de árboles maduros y sobremaduros se puede observar que el más alto porcentaje de los árboles de la muestra (56,4%) se originaron en el intervalo libre de fuego de 25 años entre 1840 y 1865.

Para los árboles jóvenes, puede verse que virtualmente todos (93,7%) se originaron entre 1932 y 1966, dentro de un intervalo libre de fuego de 34 años, que fue el mayor encontrado dentro del período de tiempo estudiado.

En ambos casos, el proceso de regeneración no sólo fue producido en los años inmediatamente posteriores al incendio, sino que se espació ampliamente a través de un tiempo más largo, pero las pautas parecen ser diferentes en estos dos casos. Después del fuego de 1840, la regeneración más grande (54,5% del total en el período 1840-1865) fue producida en los diez años alrededor del período 1837-1846. Entre 1847 y 1865, un 31,8% más de regeneración tuvo lugar, virtualmente completando el proceso por el cual los árboles se originaron entre 1840 y 1865.

En cambio, después del fuego de 1932 y hasta 1966, el proceso de regeneración es más abierto en el tiempo y se extiende a un período mayor; en los primeros años subsiguientes al fuego (de 1930 a 1939), tuvo lugar el 21% de la regeneración; luego, entre 1940 y 1949, germinaron el 55% de los brinzales; entre 1950 y 1959 el 17% y entre 1959 y 1964 lo hicieron el 7% de la población contabilizada.

Este diferente patrón en la distribución de la regeneración aparecida en los dos intervalos libres de fuego mayores, indica posiblemente que el fuego de 1840 fue más intenso y produjo una repentina liberación del stock de semillas acumuladas en las piñas serótinas. Probablemente el incremento de luz debido a la corta o a la destrucción parcial de la copa estimuló ese proceso. La velocidad de crecimiento de los anillos en estos primeros años fue bastante alta y este hecho podría quizá apoyar el anterior argumento. En cambio, la relati-

vamente limitada regeneración que siguió al fuego de 1932 podría ser un reflejo primeramente, de una intensidad del fuego relativamente baja, quizá insuficiente para abrir las piñas serótinas o destruir las copas; secundariamente, del hecho de que la corta de madera, que habría producido un rápido incremento de la radiación, no tuvo lugar inmediatamente después del fuego; y finalmente, del hecho de que los árboles que se originaron alrededor de los 6 ó 7 años post-fuego suponen sólo un quinto de la regeneración total entre 1932 y 1966. La velocidad de crecimiento pequeña en los primeros anillos después del incendio, sugiere un crecimiento en condiciones muy competitivas. La mayoría de los brinzales (51%) que se originaron en los siguientes diez años al fuego de 1932, podrían ser un reflejo de una corta o de la mayor contribución jugada por la diseminación de piñas no serótinas, o por ambos factores; los anillos de crecimiento más grandes en estos años apoyarían esta interpretación.

A partir de lo anterior podemos decir que *P. pinaster* en esta zona parece presentar un doble mecanismo de diseminación basado en la apertura de piñas normales no serótinas y la liberación de un stock de semillas en piñas serótinas después del fuego, siempre que esta última alteración sea de suficiente intensidad para inducir su dehiscencia. Esa estrategia asegura su supervivencia sin fuego, pero le da también una ventaja sobre otras especies en el caso de incendios.

Cuando el intervalo libre de incendio se va acortando, la regeneración post-fuego es fácilmente destruida por el siguiente incendio y en el caso de valores tan pequeños como 6-14 años no puede esperarse que las plantas originadas de incendios precedentes tengan suficiente stock de semilla viable para asegurar el reclutamiento de nuevos individuos para asegurar la continuidad del bosque. En este caso, la regeneración tiene que depender de la presencia de árboles padre que aseguren una diseminación abundante post-incendio. La combinación de intervalos libres de fuego cortos y la falta o casi total falta de regeneración en 1882, 1894, 1908 y 1919, con los fuegos separados entre ellos por 11-14 años, parece sugerir que ambos factores están ligados.

El origen de los tres especímenes de la muestra de 1796 podría ser una consecuencia de un fuego de ese año aunque la pequeñez de la muestra y la falta de árboles más antiguos no permita asegurarlo.

Reflexión de conjunto e implicación para la conservación de los bosques de coníferas de Sierra Bermeja

Los resultados precedentes nos permiten extraer algunas consecuencias útiles para la conservación de esas masas:

- 1) Esta es la primera vez que se ha obtenido información relativa a pinares de *P. pinaster* con numerosas heridas recientes y antiguas de fuego, evidenciando una resistencia a este fenómeno superior a la que previamente se había supuesto para esta especie. Aunque el área de estudio es limitada, estos datos demuestran que al menos este grupo magrebí de la especie *P. pinaster* presenta claros rasgos de resistencia al fuego. No sabemos si otras masas de *P. pinaster* de origen natural en la península Ibérica poseen estas características pero es claro que las del NO no las tienen, reforzando la hipótesis de un origen diferente.
- 2) Parece lógico relacionar esta resistencia con otros rasgos que *P. pinaster* muestra en este área, tales como un alto porcentaje de piñas serótinas, una excelente regeneración post-fuego, una relativamente buena capacidad para recuperarse de un cierto nivel de chamuscado de la copa, así como resistencia a soportar heridas de fuego a una edad relativamente temprana. Estos datos indican claramente, que existe una adaptación a fuegos periódicos que puede ser contrastada con la respuesta menos agresiva de *Abies pinsapo*, más fácilmente dañado en el tronco y experimentando mucha más dificultad en la regeneración post-fuego. Esto da lugar a que la supervivencia post-incendio en las zonas del pinsapar, periódicamente sometidas al fuego, haya sido más precaria. Este hecho ha podido *coadyudar* junto a otros factores (presión del ganado cabrío sobre los brinzales, cambio climático, etc.), a que el pinsapo haya perdido territorio en comparación al pinar.
- 3) La reciente historia, desde los primeros años del siglo XIX hasta el presente, muestra que al menos en el área estudiada de la ladera norte de la Sierra Bermeja, el fuego ha ocurrido bastante frecuentemente; sin embargo, no parecen haberse presentado fuegos catastróficos que hayan eliminado virtualmente todos los árboles antiguos con la instalación subsiguiente de una masa regular; más bien se han producido fuegos de relativamente baja intensidad que han dado nuevas regeneracio-

nes, al mismo tiempo que fuegos más frecuentes de mayor intensidad han eliminado parcialmente las regeneraciones originadas por los fuegos inmediatamente precedentes.

Conviene señalar, no obstante, que en este proceso, los dos intervalos libres de fuego de más larga duración, el primero desde 1840 a 1865 (25 años) y el segundo de 1932 a 1966 (34 años) han jugado un papel importante en el mantenimiento de la especie en el área. Particularmente, el segundo de ellos, (que duró virtualmente hasta 1973, puesto que el fuego de 1966 no fue muy intenso en ese sitio), ha permitido la diseminación y el establecimiento de árboles no sólo a partir del fuego de 1932 sino también a lo largo de varios años después. Esto promovió la presencia de clases de edad variadas que combinadas con árboles maduros (principalmente nacidos en 1842, 1851 y 1866) confirió una gran estabilidad al sistema.

- 4) Se desprende de lo anterior que este tipo de árboles maduros y también sobremaduros cumplen una función crucial en el sistema respecto a la supervivencia del arbolado. Si el arbolado joven es destruido por un fuego antes de que sea capaz de disponer de semilla viable, la masa es excluida del sitio. En casos tales como el estudiado aquí, donde los fuegos frecuentes han eliminado a veces dos o quizá más regeneraciones previas, los árboles padre «coronados» han garantizado la existencia de este pinar. Su gran almacenamiento de semilla ha asegurado siempre la permanencia de la especie en este área.
- 5) Sin embargo, es importante tener presente que para estos pinares mediterráneos, en general, el incremento excesivo del intervalo libre de incendios puede ser más peligroso para la supervivencia de la especie que fuegos menos extensos y más frecuentes. De hecho, la regeneración natural post-fuego es usualmente abundante después de un largo intervalo libre de fuegos y el incendio es también generalmente muy intenso, debido a las grandes acumulaciones de combustible producidas tras a una exclusión del fuego durante un largo período de tiempo. En *P. pinaster* y otras especies como *P. halepensis*, tras esos fuegos se crea una masa muy densa y regular. Este tipo de estructura es muy propensa al fuego de copas durante los años siguientes y si un incendio ocurre en

ese período, la regeneración podría ser imposible, en el supuesto de que los árboles padres viejos hayan sido destruidos o cortados.

- 6) La historia reciente del fuego en el área parece estar, de alguna manera, ligada a un pastoreo extensivo que tiene una larga tradición en el conjunto de esta Sierra. Aunque su acción ha debido suponer una presión muy considerable para la regeneración (Ceballos y Vicioso, 1933).

Como consecuencia de ello, la acumulación superficial de combustible fue probablemente moderada hasta los años 50 de este siglo, fecha en la que la presión del pastoreo comenzó a disminuir apreciablemente. Esto sería un argumento a favor de los fuegos de moderada o baja intensidad en el pasado. Como se ha hecho notar más arriba, los intervalos aparentemente bastante regulares entre incendios podrían estar ligados a quemadas periódicas para estimular el rebrote de la vegetación con finalidad pascícola.

- 7) Los fuegos periódicos y el pastoreo, dentro de ciertos límites, parecen haber ayudado a mantener la estabilidad del pinar con una estructura típicamente irregular. Intervalos libres de fuego bastante breves y el pastoreo evitaron una acumulación sustancial de combustible superficial en el sotobosque que propiciaría incendios muy destructivos e intensos. Estos fuegos frecuentes de moderada a baja intensidad han respetado, en conjunto, a los árboles. Además, periódicamente abrieron claros en la masa, lo que favoreció la regeneración, creando un típico mosaico de diferentes clases de edad, densidades y coberturas distintas; esta situación puede, de alguna manera, haber ayudado también a mejorar la diversidad biótica del sistema.

- 8) Parece que el régimen de fuego podría haber jugado un papel esencial en la colonización del pino y en el mantenimiento de esta especie a lo largo del tiempo en la zona media-alta de la Sierra, excluyendo quizá a robles como el *Quercus suber*, *Quercus faginea* y *Quercus canariensis* en áreas que inicialmente fueron masas mezcladas. *Q. faginea* y *Q. canariensis* son más vulnerables al fuego debido a su fina corteza, aunque tienen asegurado el rebrote después del fuego; *Q. suber*, en sus primeros años, es también sensible a fuegos repetidos; por otra parte las condiciones más xéricas creadas por el fuego y también el aclareo que produ-

ce en la masa, no parecen favorecer a ninguna de estas especies de roble, que son tolerantes a la sombra. Quizá pudiéramos hablar en esta situación de una facies del *P. pinaster* Ait. mantenida por fuegos repetidos y desde ese punto de vista, habría que considerar al bosque de *P. pinaster* Ait. como climácico en esas condiciones.

De lo anterior, pueden extraerse algunas consecuencias en relación a la conservación y ordenación de esos pinares:

1. Sería apropiado mantener individuos «coronados» en buen estado sanitario como sea posible, a través de unas cortas selectivas; son una fuente de regeneración futura y sobre todo, parecen evitar la instalación de una masa coetánea que es particularmente vulnerable a fuegos intensos. La supervivencia de la especie se halla comprometida en este tipo de masas hasta que el arbolado alcanza una edad fértil, permaneciendo durante mucho tiempo muy sensible a fuegos de copas. Este tipo de fuego a su vez, podría de nuevo producir una masa coetánea, muy vulnerable a incendios intensos, con una disminución del valor estético y la diversidad, y así cerrarse en un círculo vicioso de alta probabilidad de exclusión de la especie arbórea.

Sería conveniente en consecuencia, en los rodales donde sólo existe la regeneración de 1933, poner en marcha unos aclareos para romper la continuidad, al menos en pequeñas zonas, puesto que indudablemente el coste puede ser un factor disuasorio de esta operación.

2. La quema prescrita podría ser usada, independientemente o en combinación con el pastoreo, como un medio de controlar la acumulación de combustible superficial. Podría ser desarrollada a intervalos más cortos que los de los incendios y durante épocas del año de bajo riesgo. Este tipo de fuego controlado no debería afectar a la masa en un grado excesivo y es quizá la única alternativa económicamente viable a los incendios cada catorce años; estos últimos son siempre potencialmente difíciles de controlar en esta zona, debido a los fuertes vientos y la topografía tan quebrada que esta Sierra presenta y desde luego tienen, en principio, unos efectos más drásticos sobre el ecosistema que el tratamiento comentado. Por los datos que disponemos hasta ahora, parece que la introducción de la quema podría hacerse a partir de una edad

superior a los 20 años, aunque la cantidad de matorral en el sotobosque sería el factor limitante. En masas más adultas, el fuego prescrito, practicado a intervalos similares a los de los incendios, pero en épocas del año apropiadas y combinado con aclareos, respetaría y propiciaría la regeneración del pino y en consecuencia, no amenazaría la estructura irregular de la masa.

Agradecimientos. El autor desea expresar su agradecimiento a la D.G. Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente por la financiación parcial de este trabajo y especialmente a Ricardo Vélez por su apoyo. También a Agustín Lozano, Miguel Alvarez y Antonio Hernández por la ayuda para realizar este estudio y su información sobre Sierra Bermeja. Antonio Arellano y Elena Pérez por su ayuda en la selección y datación de las secciones. Pedro Cuiñas por su opinión sobre algunos puntos del escrito. José Arellano, por su trabajo en el campo, y Betty Otero, Chon Gil y Cristina Fernández por el tratamiento del texto.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahlstrand, G.M. 1980. Fire history of a mixed conifer forest in Guadalupe mountains National Park. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, p. 4-7. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Alia, R.; Martín, S.; De Miguel, J.; Galera, R.; Agúndez, Gordo, J., Salvador, L.; Catalán, G. y Gil, L. 1996. Las regiones de procedencia de *Pinus pinaster* Aiton. DGCONA. 74 pp.
- Allué, J.L. 1990. Atlas Fitoclimático de España. Taxonomías. INIA. Madrid. 221 pp.
- Araque, E.; Sánchez, J.; Garrido, A.; Martín, M.; Gallego, V.; Moya, E.; Pulido, R. 1997. Presencia histórica de los incendios forestales en Andalucía y Extremadura. Univ. Jaén. 158 pp.
- Arno, S.F. and Sneek, K.M. 1977. A method for determining forest fire history in coniferous forests in the Mountain West. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report INT-42. Intermountain Research Station, Ogden, Utah. 28 pp.
- Arno, S.F. and Davis, D.H. 1980. Fire History of western Redcedar/Hemlock forests in northern Idaho. In Proc. of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 21-26. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Arno, S.F. and Petersen, T.D. 1983. Variation in estimates of fire intervals: a closer look at fire history on the Bitterroot National Forest. United States Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper INT-301. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah. 8 pp.

- Baradat, P. and Marpeau-Bazard, A. 1988. Le Pin Maritime. *P. pinaster* L. Biologie et génétique des terpenes pour la connaissance et l'amélioration de l'espece. Thèse Collective Docteur d'Etat, Université Bordeaux.1.
- Barrett, S.W. 1980. Indian Fires in the presettlement forests of western Montana. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 35-41. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Cabezudo, B.; Nieto-Calderón, J.M.; and Pérez-La Torre, A. 1989. Acta Botánica Malacitana, 14, pp. 291-294.
- Ceballos, L. y Vicioso, C.1993. Estudio sobre la vegetación y flora forestal de la provincia de Málaga. IFIE. Madrid. 285pp.
- Davis, K.M. 1980. Fire history of a western larch/Douglas-fir forest type in northwestern Montana. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 69-74. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Dieterich, J.H. 1980. Chimney Spring forest fire history. United States Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper RM-220. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 8 pp.
- Dieterich, J.H. and Sweetnam. 1984. Dendrochronology of a Fire- Scarred Ponderosa Pine. Forest Science, 30 (1), pp. 238-247.
- FAO/ECE Agriculture and Timber Division. 1982. Information of forests fires. In Forest Fire Prevention and Control. Edited by T. Van Náo. Martinus N.; hoff, pp. 1-19.
- Gil, L., Gordo, J., Catalan, G. and Pardos, J.A. 1990. *Pinus pinaster* Aiton. en el paisaje vegetal de la Península Ibérica. In Ecología. 1: 469-496.
- Gómez-Mendoza, J.; Manuel, C. M., Fernández, S., Martín, M. A.; Rodríguez, J. A.; Sánchez, M.; Ballosillo, I., Cárdenas, R.; Ferrer, D.1997. Estudio sobre la presencia histórica de incendios forestales en España y sus causas (1830-1970). 268 p.
- Griffin, J.R. and Talley, S.N. 1980. Fire History, Junipero Serra Park, Central Coastal California. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 82-84. United States Department of Agriculture, Forest Service,
- General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Hawkes, B.C. 1980. Fire history of Kananaskis Provincial Park. Mean Fire Return Intervals. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 42-45. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.

- Houston, D.B. 1973. Wildfires in northern Yellowstone National Park. *Ecology* 54, pp. 1111-1117.
- Laven, R.D., Omi, P.N., Wyant, J.G. and Pinkerton, A.S. 1980. Interpretation of Fire Scar Data From a Ponderosa Pine Ecosystem in the Central Rocky Mountains, Colorado. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, p. 46-49. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Le Houerou, H.N. 1987. Vegetation wild fires in the mediterranean basin; evolution and trends. *Ecologie Mediterranee* XIII (4), pp. 13-24.
- Liacos, L. 1974. Present studies and history of burning in Greece. In Proceedings 13th Annual Tall Timbers Fire Ecology Congress. Tall Timber Research Station, Tallahassee, Florida. p. 65-96.
- McBride, J.R. and Jacobs, D.F. 1980. Land use and fire history in the mountains of southern California. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, p. 85-88. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Naveh, Z. 1974. Effects of Fire in the Mediterranean Region. In Fire and Ecosystems. Edit by T. T. Kozlowski. Ac. Press, pp. 406-411.
- Nicolás, A. and Gandullo, J. M. 1967. Ecología de los pinares españoles. I. *Pinus pinaster* Ait. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid. 238 pp.
- Perles, C. 1975. L'homme préhistorique et le feu. *Le Recherche*, 60, pp. 829-839.
- Perles, C. 1977. Préhistoire du feu. Masson, Paris; 180 pp.
- Pons, A. and Thinon, M. 1987. The role of fire from paleoecological data. *Ecologie Mediterranee* XIII (4), pp. 3-11.
- Ramos, J.L. Apuntes de Selvicultura. ETSIM. 231 pp.
- Rivas-Martínez, S. 1987. Memoria del mapa de series de vegetación de España. ICONA-MAPA. Madrid. Serie Técnica: 269 pp.
- Rivas-Martínez, S.; Asensi, A.; Molero, J. y Valle, F. 1991. Endemismos vasculares de Andalucía. *Rivasgoday*, 6, pp. 5-76.
- Romme, W.H., committee chairman. 1980. Fire history terminology: report of the ad hoc committee. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, p. 135-137. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Romme, W.H. 1980. Fire frequency in Subalpine forest of Yellowstone National Park. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 27-30. United States

- Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Ruiz de la Torre, J. 1971. Arboles y arbustos de la España Peninsular. IFIE. 437 pp.
- Sánchez, M. 1993. Estudio comparativo del carácter serotino de las piñas de *Pinus pinaster* Ait. y *Pinus halepensis* Mill del Sur de España. Proyecto fin de carrera. ETSIM. Madrid, 49 pp.
- Sanchez Bracho, M. 1984. Encuentros con Estepona, 2ª edición. 499 pp.
- Stokes, M.A. and Smiley, T.L. 1968. Introduction to tree-ring dating. University Chicago Press, Chicago, 111. 73 pp.
- Tande, G.F. 1980. Interpreting fire history in Jasper National Park, Alberta. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 31-34. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Tapias, R.; Bertomeu, M.; Gil, L.; Pardos, J.A. 1997. El papel evolutivo del fuego como factor de selección natural en las masas de pinos mediterráneos. Estudio de los conos serotinos y la floración precoz. Actas del II Congreso Forestal Español. Mesa V. pp. 455-459.
- Tavernier 1985. Soil map of the European Communities. Brussels. 124 pp.
- Trabaud, L. 1981. Effects of Past and Present Fire on the Vegetation of the French Mediterranean Region. In Dynamics and Management of Mediterranean-Type Ecosystems. Proceeding Symposium. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report P5W-58, pp. 450-457.
- Vélez, R. 1982. Forest Fire in the Mediterranean region. In Forest Fire Prevention and Control. Edit by T. Van Náo. Martinus N., hoff: 37-51.
- Warner, T.E. 1980. Fire history in the yellow pine forest of Kings Canyon National Park. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 89-92. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.
- Zackrisson, O. 1980. Forest fire history: Ecological significance and dating problems in the North Swedish Boreal Forest. In Proceedings of the Fire History Workshop, Tucson, Arizona, pp. 120-125. United States Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report RM-81. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 142 pp.