

# IMPACTO DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO E INCENDIOS EN LA ESTRUCTURA DE TRES COMUNIDADES FORESTALES

José Villanueva Díaz<sup>1</sup> y Guy R McPherson<sup>2</sup>.

## RESUMEN

El conocimiento actual de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas forestales de zonas templadas y de los factores que condicionan su distribución y la abundancia de las especies que las conforman es muy limitado. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de los cambios en el uso del suelo e incendios en la dinámica estructural de dos comunidades forestales ubicadas en el suroeste de los Estados Unidos de América (Animas Mountains) y una en el norte de México (Sierra los Ajos). Las asociaciones vegetales involucradas fueron (1) *Pseudotsuga menziesii* / *Quercus gambelii* localizada en exposiciones norte con una altitud superior a los 2,200 m; (2) *Pinus strobiformis* / *Pinus leiophylla* / *Pinus ponderosa* desarrollada a menos de 2,200 msnm y (3) *Pinus discolor* / *Juniperus deppeana* / *Quercus* sp. en elevaciones inferiores a 2,000 m. Aunque las distribuciones de clases diamétricas y de edad fueron muy variables en cada una de las cadenas montañosas, estas indicaron que *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus strobiformis* y *Pinus discolor* presentaron un incremento, o bien se mantienen como predominantes en algunos sitios de Animas Mountains, aparentemente como consecuencia de actividades de eliminación de incendios y diversos usos del suelo. Por el contrario, los incendios más frecuentes y las actividades de aprovechamiento forestal en la Sierra los Ajos habrían reducido la densidad de árboles y la dominancia de especies intolerantes a la sombra como *Pinus ponderosa*.

**Palabras clave:** Cambio de uso del suelo, dinámica forestal, estructura forestal, frontera México-E.U.A., incendios forestales, uso del suelo.

Fecha de recepción: 24 de julio de 1997.

Fecha de aceptación: 26 de julio de 2004.

---

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación Disciplinaria - Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera / INIFAP.  
Correo-e: villanueva.jose@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Escuela de Recursos Naturales, Universidad de Arizona.

## ABSTRACT

The focus of this study was to evaluate the effect of land-use history and fires on forest structure in two mountain ranges of the southwestern United States of Northamerica (Animas Mountains) and northern Mexico (Sierra los Ajos). Three forest communities in each mountain range were examined: (1) *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus gambelii* found on northern aspects above 2,200 m; (2) *Pinus strobiformis* / *Pinus leiophylla* / *Pinus ponderosa* found below 2,200 m, and (3) *Pinus discolor* / *Juniperus deppeana* / *Quercus* sp. at elevations lower than 2000 m, bordering grasslands. Although size and age-class distributions for individual species were highly variable within a mountain range, they indicated that *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus strobiformis*, and *Pinus discolor* are maintaining or increasing dominance in some stands in Animas Mountains, apparently as consequence of fire suppression and other land uses. In contrast, a less aggressive and usually less effective fire suppression policy in Sierra Los Ajos may have contributed to a continued dominance of the shade-intolerant *Pinus ponderosa*.

**Key words:** Land-use change, forest dynamics, forest structure, Mexico-U.S.A. frontier, forest fires, land use.

## INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los sistemas bióticos se debe fundamentar en una comprensión profunda de su ecología y desarrollo histórico, ya que ambos permiten comprender e interpretar tanto su funcionamiento como los procesos ecológicos que han determinado su desarrollo. Sin embargo, el conocimiento actual de los ecosistemas forestales de zonas templadas, así como de los factores que condicionan su distribución y abundancia de las especies que los conforman, aún es muy limitado.

Los bosques de coníferas del suroeste de los Estados Unidos de América y del norte de México son de los menos estudiados en Norteamérica (Peet, 1988); incluso, la información preliminar relacionada con su organización estructural y desarrollo sucesional no se ha detallado, aunque varios autores han descrito dichas comunidades de manera general (Pace y Brown, 1982; Niering y Lowe, 1984; Peet, 1988).

Los análisis de la estructura de edades y clases diamétricas pueden utilizarse de manera indirecta para inferir los procesos que han afectado a la comunidad, como son: la frecuencia y severidad de los disturbios (incendios, plagas, enfermedades, etc), patrones sucesionales, entre otros.

Niering y Lowe (1984) y Peet (1988) han investigado los procesos sucesionales

que han afectado a este tipo de vegetación, pero sus interpretaciones están basadas en observaciones de predominio de especies, no en estudios dinámicos del bosque. Además, el punto de vista Clementsiano adoptado por dichos autores ha sido radicalmente modificado, en especial para sistemas áridos (Westoby *et al.*, 1989). La predicción de la estructura de comunidades bióticas con base en el conocimiento taxonómico de las especies, clima prevaleciente y régimen de disturbio, es una meta central de los estudios biológicos (Collins *et al.*, 1993; Wilson y Watkins, 1994). En el caso particular de las asociaciones de coníferas del suroeste de Estados Unidos de América, la poca información disponible no permite hacer una buena la predicción de su estructura.

Como hipótesis se plantea que la estructura de los bosques en Animas Mountains, Nuevo México (AM) y en la Sierra los Ajos, Sonora (SLA) responde al clima y al historial del uso del suelo. Así mismo, una comunidad forestal localizada en sitios con características fisiográficas similares, variará como resultado de las diferencias históricas en el uso del suelo. Así se espera que los rodales en AM se distingan estructuralmente de los de SLA, a consecuencia de ese tipo de variaciones. El control de incendios en los Estados Unidos posterior a 1900 ha ocasionado cambios estructurales en la vegetación.

Los objetivos específicos de este estudio son: 1) comparar la estructura de los bosques de coníferas presentes en una cadena montañosa del suroeste de los Estados Unidos con otra en el noroeste de México, y 2) conocer la influencia del uso del suelo en los patrones estructurales de la vegetación existente. De manera específica se determinarán para cada una de las comunidades dominantes en AM y SLA las estructuras de edades y diámetro normal de fuste.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Áreas de estudio: Animas Mountains y Sierra los Ajos

**Localización Geográfica.**- Animas Mountains es el sistema de montañas más alto en el suroeste de Nuevo México; se localiza al oeste del Río Grande y al sur de la Planicie Mogollón, a una latitud de 31° 35' norte y una longitud de 108° 47' oeste; el pico más alto es de 2,600 m y ocupa 100 km<sup>2</sup> en el Gray Ranch, Hidalgo County, Nuevo México.

Sierra los Ajos se ubica en Sonora, México a una latitud de 30° 55' norte y una longitud de 109° 55' oeste, aproximadamente 100 km al suroeste de AM; su mayor altitud es del orden de los 2,600 m y tiene una superficie de 171 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Clima.**- Tanto AM como SLA presentan un patrón de precipitación bimodal, con

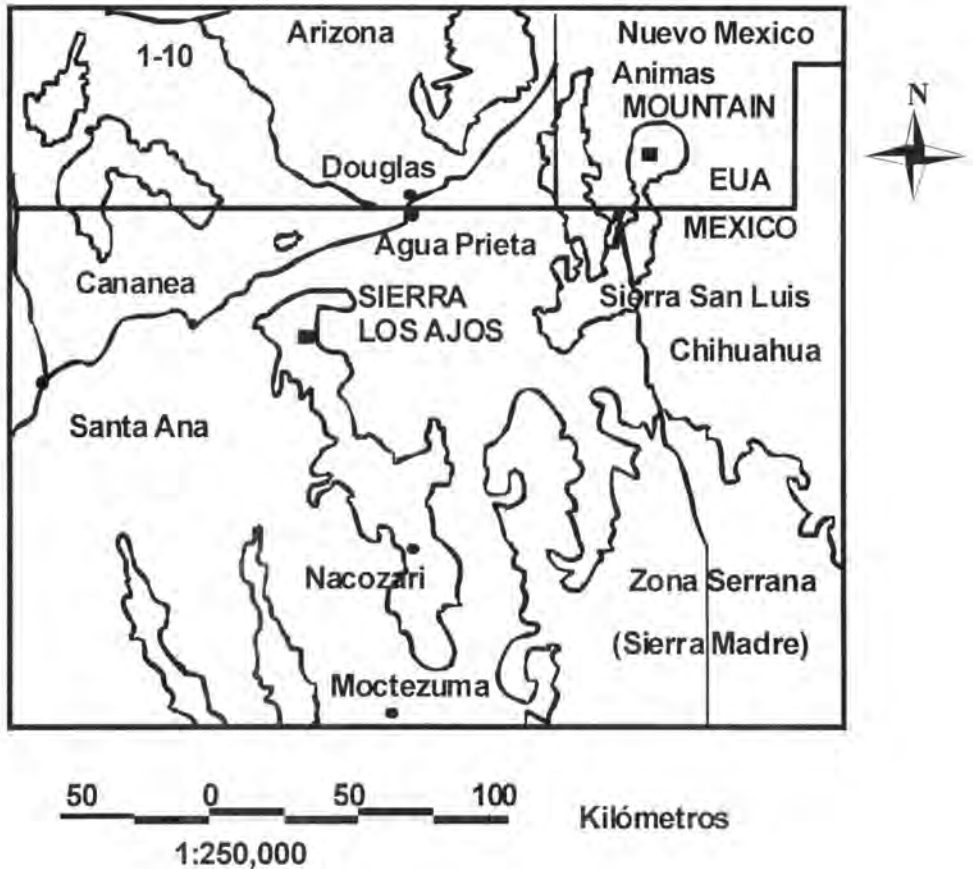


Figura 1. Localización geográfica de las montañas Animas Mountains, Nuevo México y Sierra los Ajos, Sonora.

60% del total anual (450 - 750 mm, dependiendo de la elevación) presente de julio-septiembre y 40% en el periodo invernal. Temperaturas superiores a 32°C son comunes en el verano y fluctúan entre 12 y -5°C en el invierno (Wagner, 1977; Garza-Salazar, 1993).

Vegetación.- La proximidad de AM y SLA a la Sierra Madre Occidental y a las Montañas Rocallosas ha favorecido una alta diversidad florística en estas montañas, integrada por elementos de ambas regiones (Wagner, 1977; Brown, 1982; Fishbein *et al.*, 1995).

La vegetación de AM se caracteriza por la presencia de tres tipos principales de comunidades: encinar bajo, encinar alto y bosques de coníferas. Las coníferas cubren casi 450 ha, a una altitud entre 1,980 y 2,600 m (Wagner, 1977; Hubbard 1977). Las especies más importantes son: Douglas-fir o pinabete (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Beissn.) Franco), pino fronterizo (*Pinus strobiformis* Engelm.), pino ponderosa (*Pinus ponderosa* var. *arizonica* Shaw.) y el pino real (*Pinus leiophylla* var. *chihuahuana* Engelm.). El bosque de pinos mixtos se localiza en un rango altitudinal de 2,300 y 2,600 msnm y está constituido por *P. ponderosa* var. *arizonica*, *P. leiophylla* var. *chihuahuana* y *P. engelmannii* Engelm. La asociación de pino piñonero-encino se desarrolla entre 2,300 y 2,450 msnm, los taxa que la integran son: *P. discolor* D. K. Bailey & Hawksworth, *Juniperus deppeana* Steud y diversas especies de encino entre las que sobresalen: *Quercus hypoleucoides* A. Camus, *Q. rugosa* Née, *Q. arizonica* Sarg. y *Q. emoryi* Torr.

Los tipos de vegetación que caracterizan a SLA son: bosque de coníferas, chaparral, encinar y vegetación riparia. El bosque de coníferas está restringido a exposiciones norte entre 1,900 a 2,600 msnm (Garza-Salazar, 1993; Fishbein et al., 1995); las especies dominantes son: *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus gambelii* Nutt y *Arbutus arizonica* (Gray) Sarg. La asociación pino-encino se localiza entre los 1,500 y 2,000 msnm, las especies asociadas son *Pinus ponderosa*, *P. leiophylla*, *P. discolor*, *Q. emoryi* Torr, *Q. hypoleucoides* y *Q. arizonica*.

Geología y Suelos.- Animas Mountains es producto de la intensa actividad volcánica del Periodo Terciario. Durante el Cretácico ocurrieron erupciones de basaltos seguidos por granadiorita, mientras que a finales del Terciario éstas fueron de riolita, tobas y basaltos (Arras, 1979; Wagner, 1977).

La Sierra los Ajos tiene una formación geológica muy compleja, caracterizada por una composición lítica heterogénea (Aponte, 1974). Formaciones rocosas del Precámbrico y del Holoceno se identifican a lo largo del gradiente altitudinal. Ambos sistemas montañosos poseen una topografía escarpada muy irregular, con suelos rocosos y someros, por lo regular menores de 50 cm de profundidad (Soil Conservation Service, 1973; Garza-Salazar, 1993).

## Historial del uso del suelo

Animas Mountains.- La ocupación humana en el suroeste de Nuevo México y sureste de Arizona se ha registrado por más de 10,000 años (Martin, 1963). La colonización española de la región tuvo lugar a principios del siglo XVII. Las actividades de los primeros habitantes se limitaron a la agricultura, ganadería y en menor proporción a la minería. La intensidad del pastoreo en AM durante este periodo se desconoce, pero a principios de 1890 se inició a gran escala, cuando estas montañas formaron parte del histórico Diamond A Cattle Ranch

(Wagner, 1977; Tonne *et al.*, 1992). Aunque la mayor actividad se presentó en el pastizal, la presencia de cercos viejos, veredas y abrevaderos en las partes altas, indican que el bosque también fue utilizado para esos fines.

El fuego, como componente natural de los ecosistemas forestales, fue modificado de manera significativa en el siglo XX. La combinación de la ganadería intensiva y el control de incendios (actividad iniciada durante las primeras décadas de 1900) habría provocado cambios en la vegetación y afectado otros procesos ecológicos, que involucran la formación y expansión de arroyos, la invasión del pastizal por arbustivas y la sustitución de especies intolerantes a la sombra por especies tolerantes (Archer y Smeins, 1991).

El régimen natural de incendios en AM antes de 1900, se caracterizó por una mezcla de eventos de baja intensidad y alta intensidad, con una frecuencia de 3 a 15 años los primeros y de 20 a 50 años los segundos. (Baisan y Swetnam, 1995).

Sierra los Ajos.- Su historial de uso del suelo es poco conocido. En la época precolombina, la región fue habitada por tribus Opatas (Hastings y Turner, 1965, West, 1993). La colonización española se llevó a cabo un siglo después de que la zona fuese explorada con fines mineros. Entre 1614 y 1617, los Jesuitas fundaron sus primeras misiones en Sonora; su economía se sustentó en la ganadería extensiva y el mayor impacto en la vegetación herbácea se produjo con la apertura de ranchos ganaderos a principios de 1700. Así, en 1713 un productor poseía 7,000 unidades animal en el Valle Moctezuma; al mismo tiempo, seis españoles pastoreaban alrededor de 12,000 unidades animal en las montañas entre Sonora y el Valle de Moctezuma (Harnnes y Barber, 1964).

En la actualidad, las actividades pecuarias en la SLA no están bien documentadas. Se expidieron varios permisos en el periodo 1968-1984, aunque la intensidad de pastoreo, las unidades animal y la temporada de aprovechamiento son desconocidos, o existe escasa información al respecto.

Las actividades de supresión de incendios han tenido poco impacto en la reducción de su incidencia; de tal manera que las conflagraciones de baja intensidad tienen una frecuencia de cuatro a cinco años (Dieterich, 1983; Baisan y Swetnam, 1995).

Parcelas de muestreo.- En cada una de las cadenas montañosas (AM y SLA) se estudió la estructura de las siguientes comunidades vegetales: 1) *Pseudotsuga menziesii* / *Quercus gambellii* (DF), localizada en exposición norte, en una altitud superior a los 2200 msnm; 2) *Pinus strobiformis* / *Pinus leiophylla* / *Pinus ponderosa* (PM) ubicada a menos de 2200 msnm y 3) *Pinus discolor* / *Juniperus deppeana* / *Quercus* sp (PE) presente a bajas elevaciones, en la frontera con los pastizales. Con base en fotografías aéreas y recorridos de campo, se eligieron cuatro sitios representativos de cada comunidad.



En las áreas de estudio, se eligieron 12 parajes para muestreo intensivo de vegetación, la selección de cada sitio se realizó en coordinación con un estudio sobre historial de incendios conducido por el Laboratorio de Dendrocronología de la Universidad de Arizona (Baisan y Swetnam, 1995; Swetnam y Baisan, 1996).

Se estableció una parcela permanente de 20 x 50 m (0.1 ha) por paraje, la cual se dividió en 10 subparcelas de 10 x 10 m, en ellas se obtuvo el diámetro de cada árbol presente a 1.35 m de altura (DN) y se llevó a cabo la colecta de ejemplares de herbario a partir de dos individuos seleccionados al azar. Con un taladro de Pressler se tomaron las virutas de 20 árboles por parcela para medir incrementos, y determinar la edad del arbolado.

Además, en cada parcela se hicieron cortes o secciones transversales del fuste de 5 a 6 renuevos de las especies dominantes, localizadas en sitios relativamente abiertos, con el fin de estimar el número de años transcurridos para que un árbol alcance 1.35 m de altura. Lo anterior, se calculó mediante una regresión lineal simple entre la altura del renuevo y la edad (Hett y Loucks, 1976; Screuder *et al.*, 1993). Los años que una planta tarda en alcanzar su DN se suman a los años obtenidos de la muestra tomada a la misma altura (1.35 m). La técnica anterior permite una aproximación más confiable de la edad real del árbol.

Los cortes fueron montados y pulidos para resaltar los anillos de crecimiento, a continuación con la ayuda de las técnicas dendrocronológicas tradicionales se determinó la edad (Stokes y Smiley, 1968; Fritts, 1976; Swetnam *et al.*, 1985). Si una muestra en particular, estaba cerca pero no contenía el anillo central, entonces se calculaban los anillos faltantes y el número de años obtenido de esta manera, se añadía al número de anillos presentes en la sección radial (Applequist, 1958).

Los anillos de crecimiento de las series fechadas, se midieron con una aproximación de 0.01 mm (Robinson y Evans, 1980). Para estimar la exactitud de los resultados, las series de crecimiento anual se analizaron con el programa COFECHA (Holmes, 1994) y el dato obtenido se corroboró mediante la revisión, por un especialista en dendrocronología, de varias muestras seleccionadas aleatoriamente.

Todas las parcelas se analizaron con relación a la composición de especies arbóreas y se construyeron tablas de frecuencia de distribución, tanto diamétricas (clases de 5 cm), como de edades (clases de 5 años), esta información permitió inferir los factores que influenciaron la supervivencia de las especies presentes.

La relación entre edad del arbolado y DN en cada una de las especies fechadas, se determinó por medio de un análisis de regresión lineal. Las ecuaciones resultantes se emplearon para definir la edad por taxon en la parcela, se consideró como variable independiente el DN. Para propósitos de comparación, la densidad de árboles se extrapoló a una hectárea.

Con el objeto de estimar la influencia de las diferencias en el uso del suelo en las montañas estudiadas, se confrontaron las distribuciones diamétricas y de edades de los sitios similares en edad, altitud, exposición y pendiente presentes en una misma comunidad.

Se usó una prueba de "t" para verificar las diferencias estadísticas en densidad total (número de fustes  $\text{ha}^{-1}$ ) y área basal total ( $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ) para comunidades similares entre cadenas montañosas. Así mismo, se determinó el porcentaje de contribución y el valor de importancia (promedio del porcentaje de densidad y área basal) de las especies dominantes en cada comunidad (*Pseudotsuga menziesii* en DF, *Pinus ponderosa* y *P. strobiformis* en PM y *P. discolor* en PE).

El impacto de los incendios y de la precipitación en la estructura de las comunidades de DF y PM en Animas Mountains, se evaluó por comparación del historial de incendios y precipitación y la distribución de edades de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus strobiformis*. En SLA se utilizaron los incendios que afectaron comunidades de *P. ponderosa*, en particular, los registrados en las partes altas (Baisan y Swetnam, 1995; Swetnam y Baisan 1996). Los eventos de precipitación considerados fueron aquellos superiores a 1.1 desviaciones estándar, con relación a la media (Dean, 1988; Grissino-Mayer, 1995).

## RESULTADOS

Las correlaciones entre el diámetro normal (DN) y la edad fueron significativas ( $p \leq 0.05$ ) para las especies muestreadas en ambos sistemas montañosos. Con base en las mediciones del DN, en AM el porcentaje de variación en edad ( $r^2$ , el coeficiente de determinación), varió desde 24% ( $r^2 = 0.24$ ) en parcelas de *Pinus discolor* hasta 88% ( $r^2 = 0.88$ ) en los sitios de *Pseudotsuga menziesii*. En la SLA el valor más bajo fue de 22% ( $r^2 = 0.22$ ) para las parcelas de *P. ponderosa*, y el más alto de 83% ( $r^2 = 0.83$ ) en las de *P. discolor*.

En AM, al combinar los datos de los árboles fechados de una sola especie presentes en todas las comunidades, se obtuvo un coeficiente de determinación de  $r^2 = 0.34$  para *P. menziesii*,  $r^2 = 0.61$  en *Pinus strobiformis* y  $r^2 = 0.55$  en *P. discolor*. En el caso de SLA el coeficiente de determinación fue de 0.62, 0.22 y 0.72 para *Pseudotsuga menziesii*, *P. ponderosa* y *P. discolor*, respectivamente.

La densidad de árboles y el área basal no tuvieron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ) entre comunidades similares para las dos cadenas montañosas estudiadas. La densidad total y el área basal en las comunidades DF fueron  $1,203 \pm 387$  individuos  $\text{ha}^{-1}$  (media  $\pm$  desviación estándar) y  $45 \pm 8.2$   $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; en las PM los valores correspondieron a  $866 \pm 358$  individuos  $\text{ha}^{-1}$ , con un área basal de  $39 \pm 12.2$   $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ ; por último en las PE se registraron  $958 \pm 281$  individuos  $\text{ha}^{-1}$  y  $23.7 \pm 7.6$   $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ .



Referente a la contribución de las especies dominantes a la abundancia total de árboles por comunidad fue diferente ( $p \leq 0.05$ ) entre cadenas montañosas.

En promedio, *Pseudotsuga menziesii* constituyó 62% del arbolado y 80% del área basal en los sitios DF de Animas Mountains; en cambio para su equivalente en Sierra Los Ajos, los valores fueron de 8% de la densidad y 16% del área basal. El valor de importancia calculado para la comunidad DF fue de 71% en la primera localidad; mientras que en SLA se calculó un 12%. En los sitios de pinos mixtos de AM, *P. strobiformis* estuvo bien representado a diferencia de SLA. Los valores obtenidos para *P. discolor* en el mismo tipo de comunidades fueron de 76% del total de los árboles presentes en AM y 70% del área basal, y sólo 24% de los árboles y 20% del área basal en SLA (cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Composición, densidad, área basal y valores de importancia de las especies arbóreas en los rodales muestreados en la montaña Animas Mountains, Nuevo México, EUA.

Rodal	<sup>1</sup> Comunidad	<sup>2</sup> Especies	Densidad		<sup>3</sup> AB		<sup>4</sup> VI
			(No. individuos ha <sup>-1</sup> )	%	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	
Animas Saddle	DF	P. m	600	41	32.9	70	55
		Q. g	480	32	6.4	14	23
		J. d	250	17	6.2	13	15
		P. d	40	3	0.1	0	2
		Q. a	110	7	1.2	3	5
Animas Saddle West	DF	P. m	1400	90	45.2	94	92
		P. s	60	4	1.2	3	4
		Q. g	100	6	1.5	3	4
Animas South	DF	P. m	780	54	36.5	76	65
		Q. g	630	43	10.7	22	33
		P. s	40	3	0.9	2	2
Animas 8565TN		P. m	860	64	43.4	80	72
		Q. g	360	26	6.1	11	19
		P. s	130	10	5.0	9	9
Animas Peak1	PM	P. s	790	61	42.8	81	71
		Q. g	500	39	9.9	19	29
Animas Peak2	PM	P. s	810	94	26.2	88	91
		P. p	20	3	1.9	6	5
		Q. g	30	3	1.8	6	4

continúa...

Cuadro 1, continuación.

Animas Peak3	PM	P. s	370	76	23.7	88	82
		P. p	70	14	3.0	11	13
		Q. g	50	10	0.4	1	5
Animas South Canyon	PM	P. p	260	57	26.9	79	68
		P. s	20	4	1.2	4	4
		Q. h	90	20	1.4	4	12
		J. d	80	17	4.2	12	15
Animas South Pinyon	PE	Q. a	10	2	0.2	1	1
		P. d	760	97	30.2	97	97
Pinyon 7420T	PE	J. d	20	3	0.8	3	3
		P. d	590	77	13.8	66	72
		P. p	10	1	0.5	2	2
Pinyon 4WD	PE	J. d	50	7	4.2	20	13
		Q. a	120	15	2.5	12	13
		P. d	660	73	10.7	67	70
		Q. a	130	14	2.4	15	15
Black Hill Spring SE	PE	Q. h	90	10	1.6	10	10
		J. d	30	3	1.4	8	5
		P. d	600	58	19.0	51	55
		Q. a	70	7	2.9	8	7
		J. d	360	34	15.1	40	37
		Q. h	10	1	0.2	1	1

<sup>1</sup>DF = *Pseudotsuga menziesii* / *Quercus gambelii*, PM = Pinos Mixtos, PE = Piñonero / Encino.

<sup>2</sup>P.s = *Pseudotsuga menziesii*, Q.g = *Quercus gambelii*, J.d = *Juniperus deppeana*, P.d = *Pinus discolor*, Q.a = *Quercus arizonica*, P.s = *Pinus strobiformis*, P.p = *Pinus ponderosa*, Q.h = *Quercus hypoleucoides*. <sup>3</sup>AB = Área Basal. <sup>4</sup>VI = Valor de importancia: (%Densidad + %AB) / 2.

La mayor parte de los árboles de *P. menziesii* en AM se establecieron en tres sitios después de un incendio ocurrido en 1879, en general los individuos cuyo desarrollo era previo a dicho año, no superaron el evento antes mencionado. La misma especie se regeneró en un solo sitio, posteriormente a una conflagración de 1900. El promedio de repoblación de *P. menziesii* sobreviviente a un incendio, pasado un periodo de dos a tres años fue de 20 árboles ha<sup>-1</sup>, en particular, para los fuegos ocurridos en los años de 1707, 1768, 1801, 1805, 1825, 1857 y 1900. Los sitios de Animas Saddle, Animas Saddle West y Animas South tuvieron poblaciones jóvenes de *P. menziesii* establecidas después del incendio de 1900 (figuras 2a y 2b).

La comunidad de pinos mixtos en AM, estuvo relacionada con la presencia de incendios (figuras 2a y 2b) y en general, el establecimiento de árboles se incrementó después de 1900, lo cual coincide con el inicio de la exclusión

Cuadro 2. Composición, densidad, área basal y valores de importancia de las especies arbóreas en los rodales muestreados de la montaña Sierra los Ajos, Sonora, México.

Rodal	<sup>1</sup> Comunidad	<sup>2</sup> Especies	Densidad		<sup>3</sup> AB		<sup>4</sup> VI
			(No. individuos ha <sup>-1</sup> )	%	(m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	%	
Puerto Tanano	DF	P. m	20	2	1.0	2	2
		P. p	40	5	4.5	9	7
		P. s	80	11	1.4	3	7
		P. e	360	43	33.3	67	55
		Q. a	110	13	3.7	8	11
		J. d	110	13	3.1	6	9
		A. a	110	13	2.3	5	9
Los Frijolitos	DF	P. m	20	2	1.0	2	2
		P. e	280	21	27.8	56	39
		P. s	10	1	0.2	1	1
		Q. a	1010	75	20.3	40	57
		A. a	10	1	0.5	1	1
Los Ajos Nuevos	DF	P. m	20	2	0.3	1	2
		P. p	560	51	19.8	58	55
		Q. a	130	12	2.4	7	9
		Q. h	340	31	11.3	33	32
		A. a	40	4	0.5	1	2
Cerro las Flores		P. m	120	27	17.9	59	43
		Q. a	100	22	3.7	12	17
		P. e	60	13	3.8	13	13
		Q. g	30	7	0.4	1	4
		J. d	130	29	3.3	11	20
		A. a	10	2	1.3	4	3
Cerro la Nevada	PM	P. p	1370	91	51.6	92	92
		Q. a	140	9	4.7	8	8
Animas Peak2	PM	P. s	810	94	26.2	88	91
		P. p	20	3	1.9	6	5
		Q. g	30	3	1.8	6	4
Animas Peak3	PM	P. s	370	76	23.7	88	82
		P. p	70	14	3.0	11	13
		Q. g	50	10	0.4	1	5

continúa...

Cuadro 2, continuación...

Cerro Nevada Gate	PM	P. p	720	82	26.9	79	81
		P. e	30	3	1.4	4	4
		Q. a	110	13	1.2	4	8
		A. a	20	2	4.2	13	7
Los Jacalitos	PM	P. p	150	32	24.3	52	42
		P. e	90	19	14.5	31	25
		Q. a	230	49	8.3	18	33
Las Borregas	PM	P. p	690	68	26.3	77	73
		Q. a	40	4	4.2	12	8
		J. d	270	27	3.3	10	18
		Q. e	10	1	0.4	1	1
Las Cabañas	PE	P. d	30	2	0.2	1	2
		P. l	250	16	12.3	54	35
		Q. a	90	6	1.2	5	6
		Q. e	1210	76	9.3	40	27
La Puerta	PE	P. d	110	11	3.0	14	13
		Q. a	500	49	12.9	64	57
		Q. e	300	29	2.1	10	19
		J. d	110	11	2.1	10	11
El Arroyo	PE	P. d	150	22	4.0	29	26
		Q. a	230	34	4.6	33	34
		J. d	240	35	3.9	28	32
		Q. e	60	9	1.3	10	8
La Sal	PE	P. d	510	59	8.4	34	47
		Q. a	230	26	9.1	37	31
		J. d	130	15	6.9	29	22

<sup>1</sup>DF = *Pseudotsuga menziesii* / *Quercus gambelii*, PM = Pinos Mixtos, PE = Piñonero / Encino, <sup>2</sup>P. s = *Pseudotsuga menziesii*, Q. g = *Quercus gambelii*, J. d = *Juniperus deppeana*, P. d = *Pinus discolor*, Q. a = *Quercus arizonica*, P. s = *Pinus strobiformis*, P. p = *Pinus ponderosa*, P. e = *Pinus engelmannii*, P. l = *Pinus leiophylla*, Q. h = *Quercus hypoleucoides*, Q. e = *Quercus emoryi*, <sup>3</sup>AB = Área Basal; <sup>4</sup>VI = Valor de importancia; (%Densidad + %AB) / 2.

de incendios en el suroeste de los Estados Unidos de América, seguido y favorecido por un periodo con precipitación superior a la normal. El promedio de árboles establecidos en forma ulterior a los incendios de 1768, 1801, 1863 y 1900 se fue de 15 árboles ha<sup>-1</sup>; para algunos sitios el mayor valor se presentó después de 1900.

En contraste, con los sitios donde predomina *P. strobiformis* en AM, la comunidad de pinos mixtos en SLA estuvo dominada por unos cuantos individuos

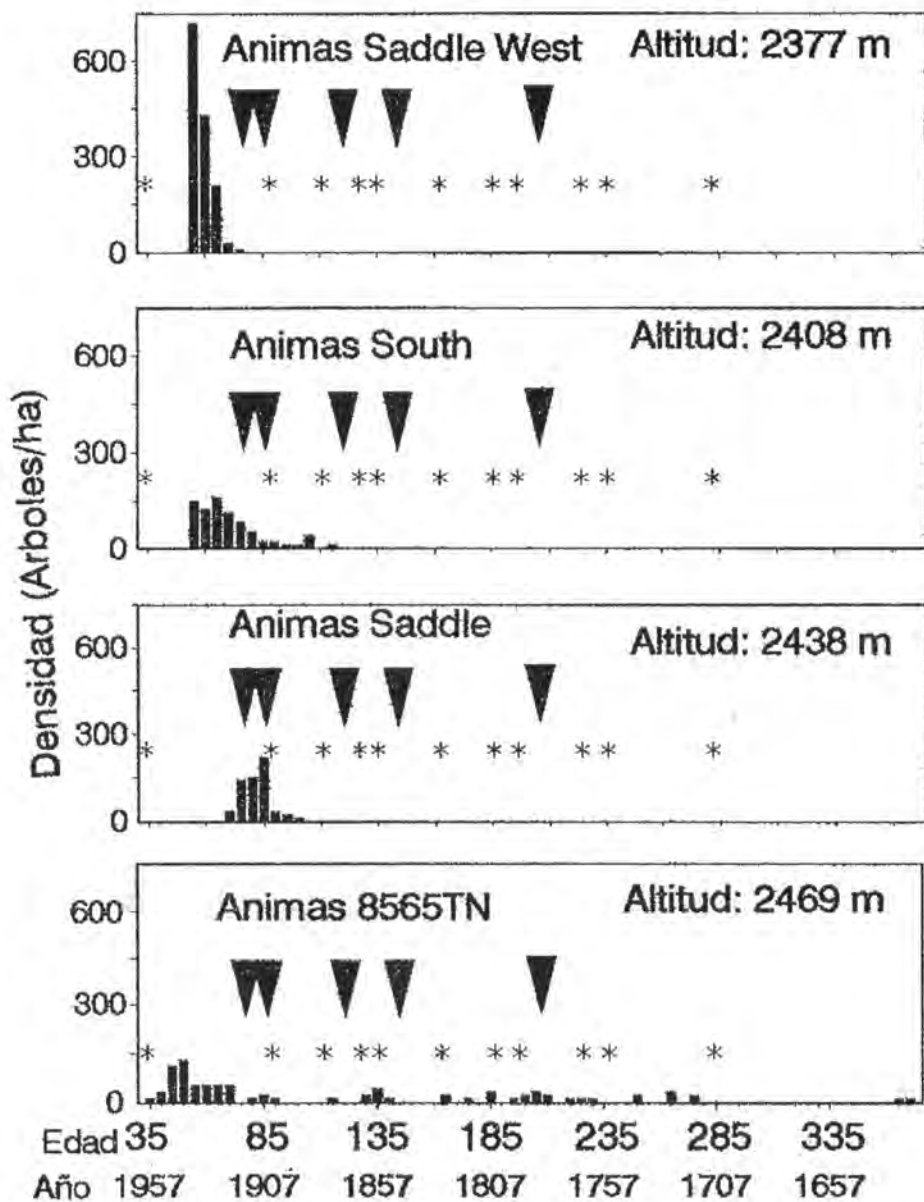


Figura 2a. Relación entre fecha de incendios, inicio de periodos con precipitación superior a la normal y establecimiento de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus strobiformis* en Animas Mountains, Nuevo México.

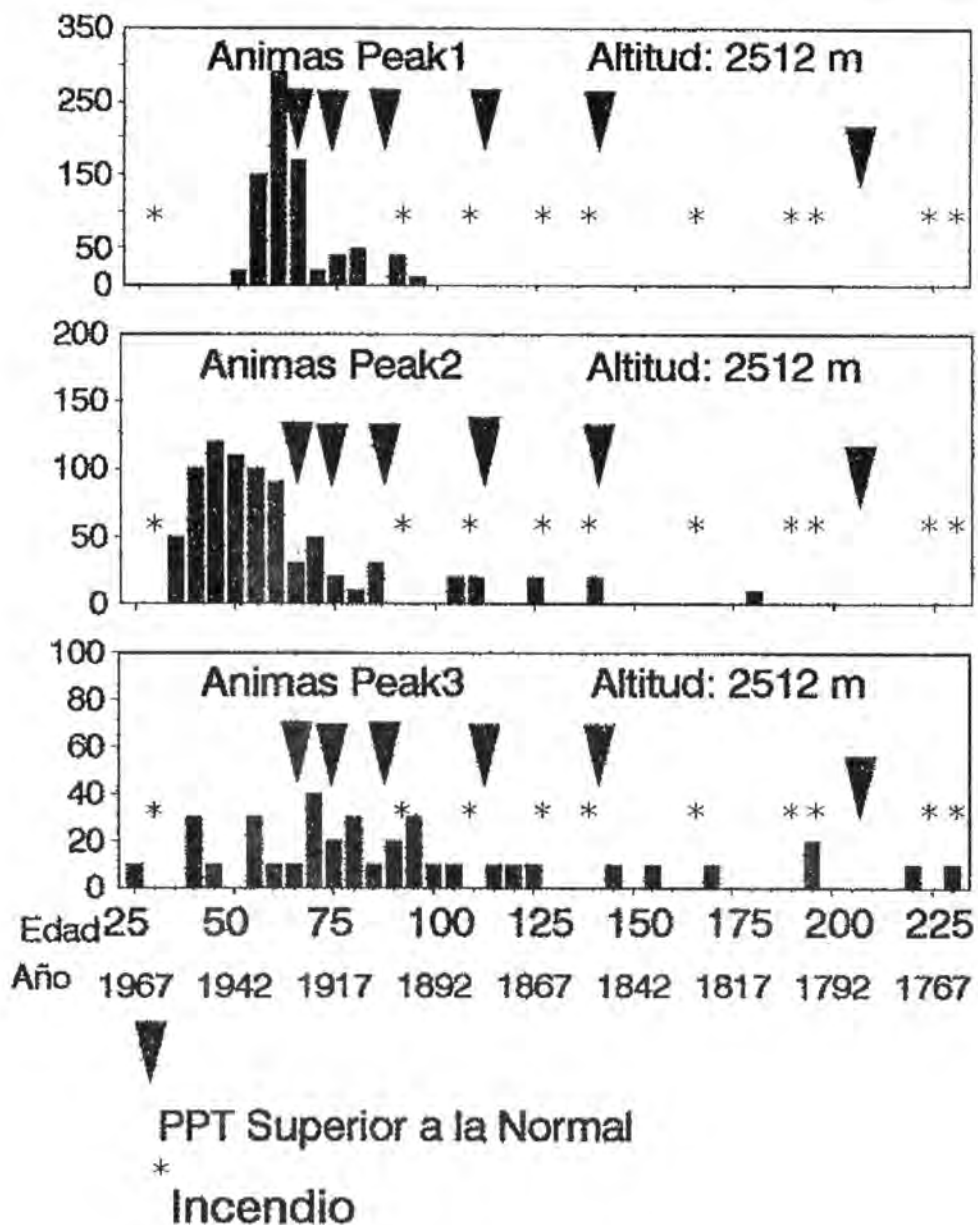


Figura 2b. Relación entre fecha de incendios, inicio de periodos con precipitación superior a la normal y establecimiento de *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus strobiformis* en Animas Mountains, Nuevo México.



relativamente viejos de *P. ponderosa* y la mayoría del arbolado tenía menos de 90 años de edad. No se evidenció una relación estrecha entre el establecimiento de árboles y la cronología de los incendios para algunos parajes de la SLA (Los Jacalitos y Cerro Nevada Gate), sobre todo antes de 1900 (Figura 3).

Aunque el sitio Las Borregas, mostró un promedio de establecimiento de 40 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , en un periodo de uno a tres años posterior a 10 conflagraciones (1867, 1876, 1897, 1916, 1925, 1928, 1936, 1954, 1964 y 1972). Se observaron variaciones en el número de árboles por sitio, en particular, después del fuego de 1916. En la SLA muchos individuos sobrevivieron varios eventos de este tipo, lo que parece ser consecuencia de la alta frecuencia y baja intensidad de los mismos (Figura 3).

Las distribuciones diamétricas para comunidades de DF en sitios con características fisiográficas similares (altitud, exposición y pendiente) difirió entre cadenas montañosas. En el sitio Animas 8565TN de AM (altitud 2,469 m; exposición norte y pendiente 40°) predominaron individuos de la especie *P. menziesii* con DN entre 5 a 50 cm; la densidad fue superior a 200 árboles  $\text{ha}^{-1}$  en las clases diamétricas de 5 a 10 cm (Figura 4a); los taxa codominantes fueron: *P. strobiformis*, *Quercus gambelii* y *Q. arizonica*. A diferencia del sitio Cerro las Flores en SLA (altitud 2,460 m, exposición norte y pendiente 39°), donde *P. menziesii* fue dominante, pero con una densidad menor en cualquiera clase diamétrica; también con densidades bajas se identificaron *Pinus engelmannii*, *Juniperus deppeana*, *Q. arizonica* y *Arbutus arizonica*.

Así mismo, en las comunidades de pinos mixtos con fisiografía similar presentaron diferencias entre los sistemas montañosos. En Animas South Canyon de AM (altitud 2,286 m, exposición noreste y pendiente 12°) se identificaron cinco especies arbóreas, de ellas *P. ponderosa* fue la dominante en las clases diamétricas de 30 a 55 cm; en tanto que, *Quercus hypoleucoides*, *J. deppeana* y *P. strobiformis* prevalecieron en las clases diamétricas inferiores. *P. ponderosa* fue el taxon más abundante en todas las clases diamétricas (5 a 55 cm) presentes en el Cerro Nevada Gate (altitud 2,200 m, exposición suroeste y pendiente 12°); y en cantidades menores se registraron diversas especies de encinos (*Quercus* spp.), *P. engelmannii* y *A. arizonica* (Figura 4b).

Sitios fisiográficamente semejantes en ambas cadenas montañosas con comunidades de *P. discolor* mostraron distribuciones diamétricas muy parecidas. En Pinyon 7420TN ubicado en AM (altitud 2,195 m, exposición sureste y pendiente 15°), se obtuvo una alta densidad de árboles de 80 y 400 árboles  $\text{ha}^{-1}$  para las clases diamétricas 5 y 10 cm, respectivamente. De forma similar, el sitio La Sal en SLA (altitud 2,200 m, exposición suroeste y pendiente 18°), se caracterizó por altas densidades en las clases diamétricas de 5 a 15 cm, las especies asociadas en ambos sitios incluyeron *Q. arizonica* y *J. deppeana* (figuras 4a y 4b).



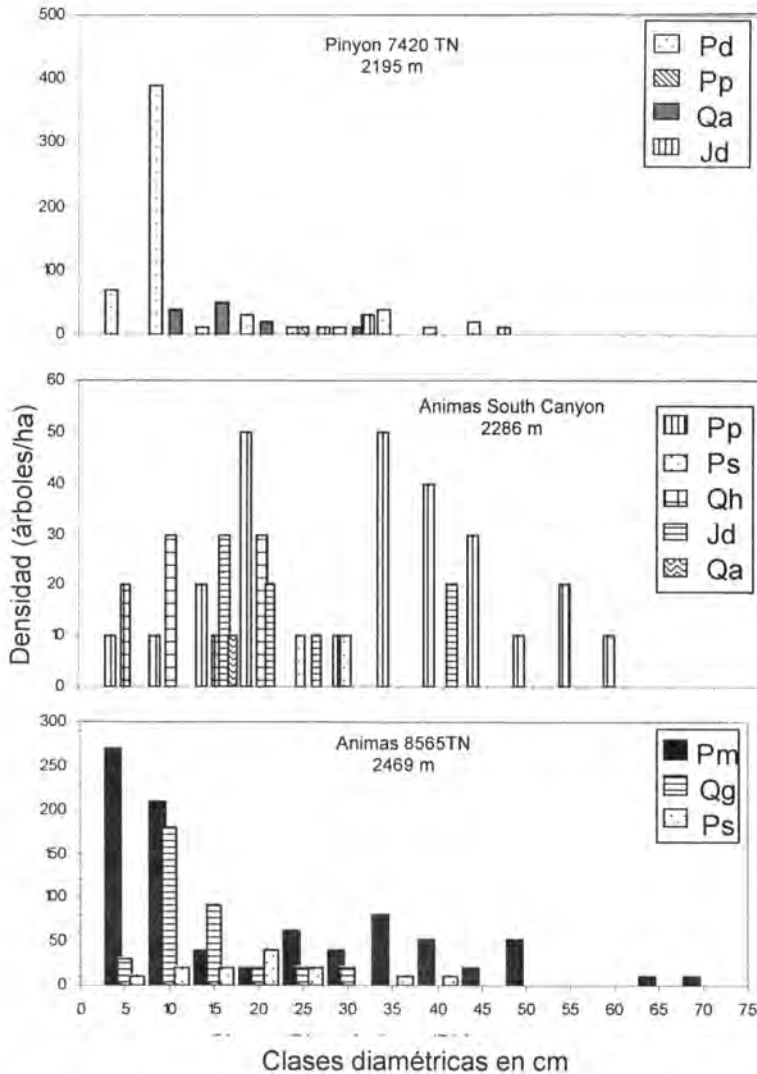


Figura 4a. Distribución de clases diamétricas de comunidades fisiográficamente similares en Animas Mountains, Nuevo México. *Pinus discolor* (Pd), *Pinus ponderosa* (Pp), *Quercus arizonica* (Qa), *Juniperus deppeana* (Jd), *Pinus strobiformis* (Ps), *Quercus hypoleucoides* (Qh), *Pseudotsuga menziesii* (Pm), *Quercus gambelii* (Qg), *Pinus engelmannii* (Pe), *Arbutus arizonica* (Aa).

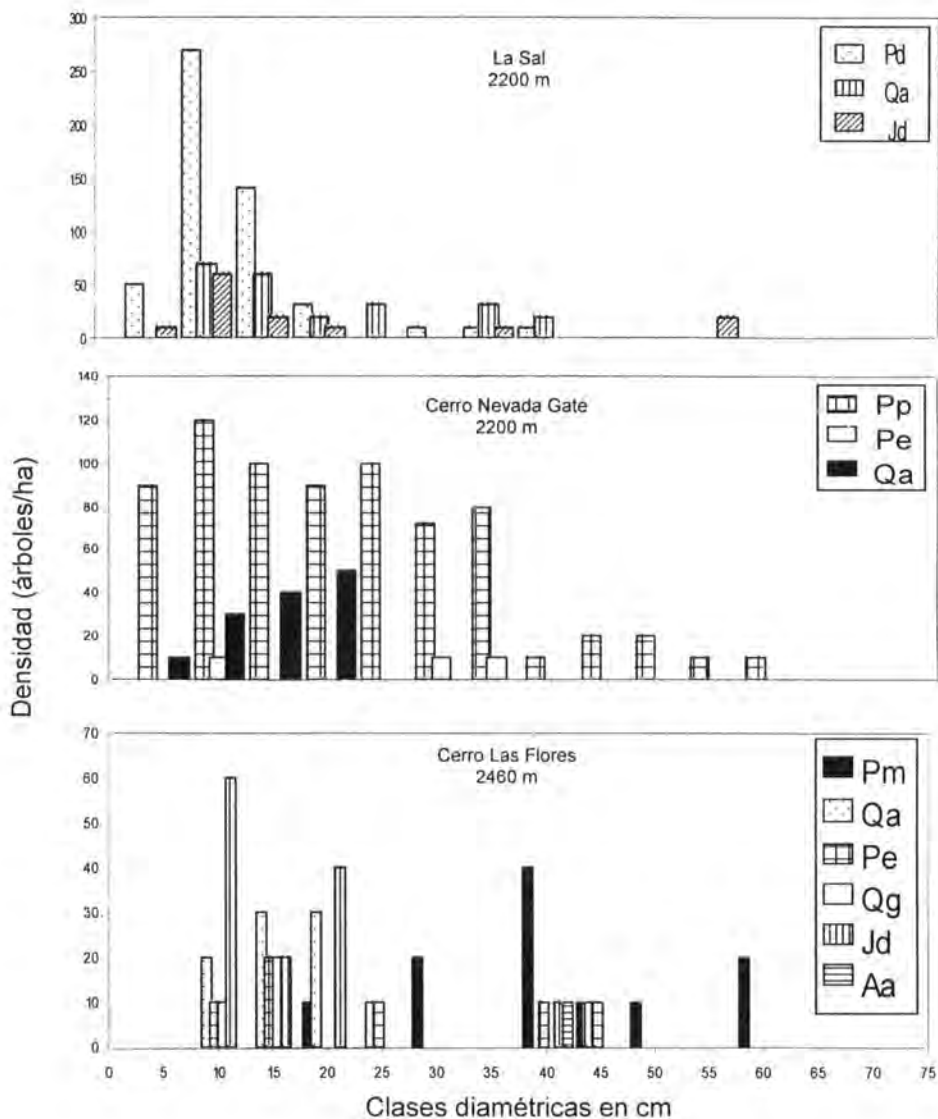


Figura 4b. Distribución de clases diamétricas de comunidades fisiográficamente similares en Sierra los Ajos, Sonora. *Pinus discolor* (Pd), *Pinus ponderosa* (Pp), *Quercus arizonica* (Qa), *Juniperus deppeana* (Jd), *Pinus strobiformis* (Ps), *Quercus hypoleucoides* (Qh), *Pseudotsuga menziesii* (Pm), *Quercus gambelii* (Qg), *Pinus engelmannii* (Pe), *Arbutus arizonica* (Aa).

La estructura de edades de la comunidad DF difirió de manera considerable entre los sistemas montañosos. Por ejemplo, *P. menziesii* presentó una gama de edades en el sitio Animas 8565TN, donde las especies de *P. menziesii*, *Q. gambelii* y *P. strobiformis*, mostraron alto establecimiento en las clases de edad de 35 y 90 años. En contraste, los árboles de *P. engelmannii* en el sitio Cerro las Flores de SLA, tuvieron sus clases dominantes de los 85 a 165 años (figuras 5a y 5b); varios ejemplares de *P. engelmannii* se desarrollaron en el sitio durante los últimos 50 años.

Los sitios con *P. ponderosa*, presentan la misma tendencia en su estructura de edades que la observada para la distribución diamétrica. En el paraje Animas South Canyon la regeneración de *P. ponderosa* fue relativamente continua para el rango de clases entre 85 a 235 años y declinó de manera notoria en los últimos 85 años. *P. strobiformis* estuvo representado en las clases de 100 a 120 años. En el sitio Cerro Nevada Gate, se identificó una población joven de *P. ponderosa* (40 a 70 años) con algunos ejemplares de *P. engelmannii* (40 a 45 años) (figuras 5a y 5b).

En el sitio Pinyon 7420TN la repoblación de *P. discolor*, tuvo lugar de los 35 a 85 años. Sin embargo, su mayor aporte se registró en los últimos 150 años, con el máximo número de individuos concentrado en las clases de 35 a 90 años. El sitio La Sal de SLA en las clases 20 a 60 años se observó la dominancia de *P. discolor*. La estructura de edades de este sitio fue cualitativamente similar a la observada en Pinyon 7420TN, con unos cuantos individuos muy viejos y mucho arbolado joven. Aunque la principal regeneración de *P. discolor* ocurrió en una época más temprana en el sitio La Sal, que en Pinyon 7420TN (figuras 5a y 5b).

## DISCUSIÓN

No obstante que en un mismo sistema montañoso las distribuciones diamétricas y de edades para cada especie fueron muy variables, se observó que, *Pseudotsuga menziesii* mantiene o incrementa su predominio en algunos sitios de Animas Mountains. Las diferencias en la frecuencia de incendios entre sitios, quizás hayan afectado de manera distinta el establecimiento de los árboles. Por ejemplo, en el sitio Animas 8565TN, *P. menziesii* permaneció en baja proporción, en especial antes de 1900, como respuesta a los incendios frecuentes (Baisan y Swetnam, 1995; Swetnam y Baisan, 1996). Sin embargo, en la mayoría de las comunidades de DF, el número de individuos de *P. menziesii* se incrementó después de 1900, lo que provocó un aumento en la densidad de árboles jóvenes.

En contraste, las comunidades de DF en la SLA, afectadas por el mismo tipo de eventos, pero más frecuentes y por el aprovechamiento forestal, tiene en la actualidad como especie dominante en el estrato arbóreo a *P. menziesii*; en tanto que, en el sotobosque sobresale *Pinus engelmannii*, por lo que esta última

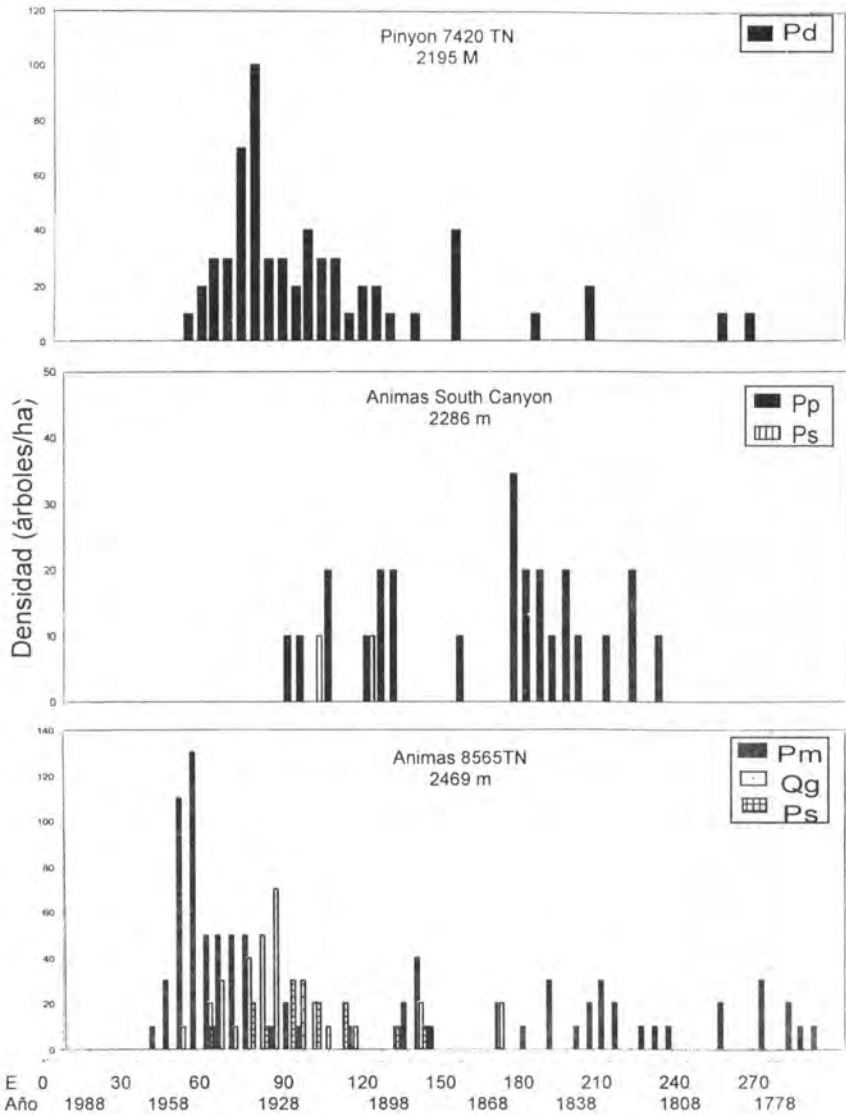


Figura 5a. Distribución de frecuencia de edades de comunidades fisiográficamente similares en Animas Mountains, Nuevo México. *Pinus discolor* (Pd), *Pinus ponderosa* (Pp), *Pinus strobiformis* (Ps), *Quercus gambelii* (Qg), *Pinus engelmannii* (Pe).



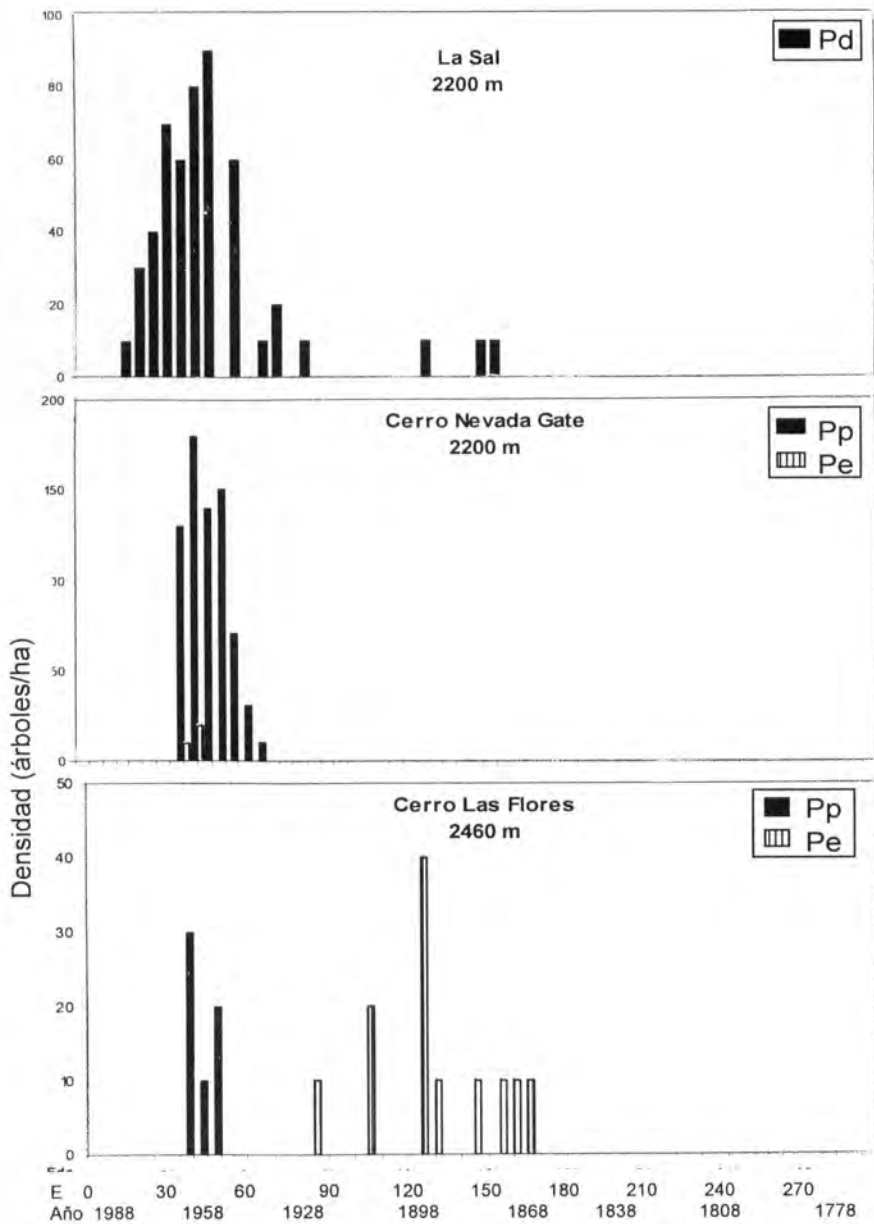


Figura 5b. Distribución de frecuencia de edades de comunidades fisiográficamente similares en Sierra los Ajos, Sonora. *Pinus discolor* (Pd), *Pinus ponderosa* (Pp), *Pinus strobiformis* (Ps), *Quercus gambelii* (Qg), *Pinus engelmannii* (Pe).

podría ser, en el futuro, el taxon predominante en estos parajes. *P. engelmannii* es una especie muy relacionada a *P. ponderosa*, con adaptaciones al fuego, lo cual le permite sobrevivir incendios de baja intensidad (Elmore y Janish, 1976; Peloquin, 1984; Barton 1991, 1993). Así, la alta frecuencia de incendios en SLA y la extracción de madera en ciertos sitios, probablemente, han mantenido la densidad de *P. menziesii* a nivel bajo y favorecido el establecimiento de *P. engelmannii*, especie intolerante a la sombra.

La comunidad de pinos mixtos en AM poco a poco ha sido dominada por *P. strobiformis* y *P. menziesii*; en cambio, en SLA continúa siendo *P. ponderosa* la especie más importante. Este patrón es consistente con la interpretación de la dinámica de comunidades bióticas en las Montañas Rocallosas de los Estados Unidos. El incremento en el pastoreo y la reducción en la incidencia de incendios después de 1880, al parecer provocó un cambio en la composición florística, que se tradujo en una reducción en la importancia de *P. ponderosa* y en el incremento de taxa con afinidades umbrófilas, pero menos resistentes al fuego como son: *P. strobiformis* y *P. menziesii* (Cooper, 1960; Dickman, 1978; Peet, 1981; Savage, 1991; Arno *et al.*, 1995; Fulé *et al.*, 1995).

La composición botánica antes y después de 1880 pudo haber sido semejante, con tasas de mortalidad producidas por el fuego muy parecidas, aunque esto último es poco probable, si se considera la gran variación en supervivencia de las especies después de un incendio (Wright y Bailey, 1982); no obstante, los análisis estructurales estáticos de comunidades, difícilmente pueden diferenciar entre explicaciones competitivas de cambios en el tiempo (Whipple y Dix, 1979; Lorimer, 1980, 1985; Aplet *et al.*, 1988; Veblen, 1992; Johnson *et al.*, 1994). Así mismo, en el suroeste de los Estados Unidos de América y en el noroeste de México, donde los ecosistemas forestales están sujetos a incendios frecuentes, la tasa de mortalidad de los árboles a través del tiempo es casi imposible de estimar, debido a la remoción de árboles muertos.

Un programa con pocos recursos para la supresión de incendios en México pudo haber contribuido a la continua dominancia de *P. ponderosa* en la SLA, situación que sin duda ha sido favorecida por los aprovechamientos forestales. Diferentes usos del suelo, también han influenciado la distribución de edades con rodales de pinos dominados por arbolado joven en las montañas de México y una variedad de clases de edad en las montañas de Estados Unidos. Este comportamiento no se puede generalizar a toda la SLA, ya que por ejemplo, es común observar en esta cadena montañosa, que rodales de pinos mixtos, con la presencia de *P. engelmannii*, *P. chihuahuana* var. *leiophylla*, *Quercus hypoleucoides*, *Q. arizonica* y *A. arizonica*, son destruidos por incendios de alta intensidad para luego son sustituidos con etapas sucesionales de encino procedente de rebrote.

La comunidad de piñonero-encino en AM estuvo dominada principalmente por *P. discolor*; en comparación, la misma comunidad en SLA se caracterizó por bajas densidades de dicha especie. Además, *P. discolor* es muy susceptible al fuego, sobre todo en su etapa juvenil (Arnold *et al.*, 1964; Wright y Bailey, 1982; Barton, 1993 *op cit.*). La supresión de incendios, el sobrepastoreo y las adecuadas condiciones de precipitación, quizás favorecieron el incremento en las densidades encontradas en AM.

Por otra parte, se observó que una precipitación superior a la normal en AM, ocurrió en los periodos 1905-1908, 1916-1922 y 1926-1932; los que a su vez corresponden con un aumento significativo en el establecimiento de *P. discolor*. Al contrario, la presencia continua de incendios en la SLA y una aparente menor intensidad de pastoreo, pudo haber mantenido una baja regeneración de *P. discolor* hasta el año de 1940; su incremento después de 1950, quizás obedece a un pastoreo más intenso, menor incidencia de incendios y mayor precipitación.

Aunque la extracción de madera en la SLA se concentró en *P. ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*, los piñoneros pudieron ser aprovechados en apoyo a las actividades mineras de la región. La comunidad PE se ubica más cerca y accesible a las localidades mineras de Cananea y Nacozari, lo que explicaría la ausencia de árboles adultos. Algunas investigaciones recientes han atribuido las variaciones en el tiempo de la composición de especies a procesos no estáticos (Sprugel, 1991; Campbell y Andrews, 1993), lo que implica que la respuesta de una comunidad a un régimen de disturbio no sea predecible.

## CONCLUSIONES

La mínima variabilidad detectada en la estructura de las comunidades de una cadena montañosa, donde la diversidad de especies fue similar entre sitios, parece indicar que el control que ejerce el clima es mediado por diferencias en el uso del suelo. De esta manera, la estructura de un sitio en esas montañas, puede explicarse o predecirse con razonable confiabilidad mediante el conocimiento de las especies, su comportamiento fenológico, el clima prevaleciente y los patrones de uso del suelo.

El historial de incendios y de uso del suelo en AM no es el típico de la región fronteriza de los Estados Unidos, debido a que no hubo importantes aprovechamientos forestales en dicha localidad y en consecuencia la eliminación de incendios no ha sido muy efectiva o consistente. Algo similar ocurre con la SLA, ya que por su extensión y variabilidad en vegetación, suelo, clima y de uso del suelo, el comportamiento de las comunidades ahí presentes, no puede generalizarse a todo el macizo montañoso.

El constante cambio de uso del suelo limita las investigaciones como la aquí

presentada, las cuales son fundamentales para entender el comportamiento a largo plazo de las comunidades forestales del norte de México. Por lo tanto, se recomienda la realización de estudios comparativos adicionales, que involucren otras montañas para obtener una comparación más completa de la influencia del fuego y el uso del suelo en la dinámica de las comunidades forestales de la región.

## REFERENCIAS

- Aponte M., B. 1974. Estratigrafía del Paleozoico (Cámbrico-Pensilvánico) del centro de Sonora. Tesis profesional. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. Sonora, México. 125 p.
- Aplet G., H., R. D. Laven and F. W. Smith. 1988. Patterns of community dynamics in Colorado Engelmann spruce-subalpine fir forests. *Ecology* 69:312-319.
- Applequist M., B. 1958. A simple pith locator for use with off-center increment cores. *Journal of Forestry* 56:141.
- Archer, E. and F. E. Smeins. 1991. Ecosystem-level processes. *In*: Heitschmidt, R. K. and J.W. Stuth (editors). *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press. Portland, Oregon. pp. 109-139.
- Arno S., F., J. H. Scott and M. G. Hartwell. 1995. Age-class structure of old growth ponderosa pine/Douglas-fir stands and its relationship to fire history. USDA, Forest Service, Research Paper INT-RP-481. Ogden, Utah. 25 p.
- Arnold J., F., D. A. Jameson and E. H. Reid. 1964. The pinyon-juniper type of Arizona: effects of grazing, fire, and tree control. Production Research Report No. 84. Washington, D. C. 28 p.
- Arras M., M. 1979. Geohydrological investigation in the Animas Valley, Hidalgo County, New Mexico. M.S. Thesis, New Mexico State University, Las Cruces. 57 p.
- Baisan C., B. and T. W. Swetnam. 1995. Historical fire occurrence in remote mountains of southwestern New Mexico and northern Mexico. *In*: Brown J., K., R. W. Mutch, C. W. Spoon, and R. H. Wakimoto (technical coordinators). *Proceedings of the symposium on fire in wilderness and park management*. USDA Forest Service. General Technical Report INT-GTR-320. Ogden, Utah. pp. 153-156.
- Barton A., M. 1991. Factors controlling the elevational positions of pines in the Chiricahua Mountains, Arizona: drought, competition, and fire. Ph. D. Dissertation. University of Michigan, In Arbor. 162 p.
- Barton A., M. 1993. Factors controlling plant distributions: drought, competition, and fire in montane pines in Arizona. *Ecological Monographs* 63:367-397.
- Brown D., E. 1982. Madrean evergreen woodland. *Desert Plants* 4:59-65.
- Campbell I., D. and J. H. Andrews. 1993. Forest equilibrium caused by rapid little ice age cooling. *Nature* 366:336-338.

- Collins S., L., S. M. Glenn and D. W. Roberts. 1993. The hierarchical continuum concept. *Journal of Vegetation Science* 4:149-156.
- Cooper C., F. 1960. Changes in vegetation, structure and growth of ponderosa pine forests since white settlement. *Ecological Monographs* 30:129-164.
- Dean J., S. 1988. Dendrochronology and paleoenvironmental reconstruction of the Colorado Plateaus. *In*: Gummerman, G.J. (editor). *The Anasazi in a changing environment*. Cambridge University Press. New York, NY. pp. 119-167.
- Dickman, A. 1978. Reduced fire frequency changes species composition of a ponderosa pine stand. *Journal of Forestry* 76:24-25.
- Dieterich J., H. 1983. Historia de los incendios forestales en la Sierra de los Ajos, Sonora. Nota Técnica No. 6. Centro de Investigaciones Forestales del Norte, INIF. PR-04. Chihuahua, Chih. 9 p.
- Elmore H., F. and J. R. Janish. 1976. Shrubs and trees of the southwest uplands. Southwest Parks and Monuments Associations. Tucson, Arizona. 214 p.
- Fishbein M., R. Felger and F. Garza-Salazar. 1995. Another jewel in the crown: a report on the flora of the Sierra de los Ajos, Sonora, México. *In*: DeBano L., F., P. F. Folliott, A. Ortega-Rubio, G. J. Gottfried, H. R. Hamre and C. B. Edminster (technical coordinators). *Proceedings of the symposium on biodiversity and management of the Madrean Archipelago: the sky islands of the southwestern United States and northern Mexico*. USDA Forest Service. General Technical Report RM-GTR-264, Fort Collins, Colorado. pp. 126-134.
- Fritts H., C. 1976. *Tree rings and climate*. Academic Press, New York, NY. 567 p.
- Fulé P., Z., M. M. Moore and W. W. Covington. 1995. Changes in ponderosa pine-Gambel oak forest structure following fire regime disruption in northern Arizona: Camp Navajo old-growth forest study. Final Report, Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona. 49 p.
- Garza-Salazar, F. 1993. Sistema de áreas naturales protegidas del estado de Sonora (SANPES). Gobierno del estado de Sonora, Secretaría de Infraestructura Urbana y Ecología, Centro Ecológico de Sonora. Sonora, México. 97 p.
- Grissino-Mayer, H. D. 1995. Tree-ring reconstructions of climate and fire history at El Malpais National Monument, New Mexico. Ph.D. Dissertation. The University of Arizona, Tucson. 407 p.
- Harnnes V., L. and C. H. Barber. 1964. Cotton in Mexico. United States Department of Agriculture, Foreign Agriculture Service, FAS-M 163. Washington, D. C. 54 p.
- Hastings J., R. and R. M. Turner. 1965. *The changing mile*. University of Arizona Press, Tucson. 317 p.
- Hett J., M. and O. L. Loucks. 1976. Age structure models of balsam fir and eastern hemlock. *Journal of Ecology* 64:1029-1044.

- Holmes R., L. 1994. Dendrochronology Program Library, Tucson, AZ. University of Arizona, Laboratory of Tree-Ring Research. 51 p.
- Hubbard J., P. 1977. A biological inventory of the Animas Mountains, Hidalgo County, New Mexico. New Mexico Department of Game and Fish Endangered Species Program. 56 p.
- Johnson E., A., K. Miyaniishi and H. Kleb. 1994. The hazards of interpretation of static age structure as shown by stand reconstructions in a *Pinus contorta-Picea engelmannii* forest. *Journal of Ecology* 82:923-931.
- Lorimer C., G. 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecology* 61:1169-1184.
- Lorimer C., G. 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. *Canadian Journal of Forest Research* 15:200-213.
- Martin P., S. 1963. The last 10,000 years. University of Arizona Press. Tucson. 87 p.
- Niering, W. A. and C. H. Lowe. 1984. Vegetation of the Santa Catalina Mountains: community types and dynamics. *Vegetatio* 58:3-28.
- Pace C., P and D. E. Brown. 1982. Rocky Mountain (Petrean) and Madrean montane conifer forests. *Desert Plants* 4:43-51.
- Peet R., K. 1981. Forest vegetation of the Colorado Front Range: composition and dynamics. *Vegetation* 45:3-75.
- Peet R., K. 1988. Forests of the Rocky Mountains. In: Barbour, M. G. and W. D. Willings (editors). *North American terrestrial vegetation*. Cambridge University Press, New York, NY. pp. 63-101.
- Peloquin R., L. 1984. The identification of three species hybrids in the ponderosa pine complex. *Southwestern Naturalist* 29:115-122.
- Robinson W., J. and R. Evans. 1980. A microcomputer-based tree-ring measurements system. *Tree-Ring Bulletin* 40: 59-64.
- Savage, M. 1991. Structural dynamics of a southwestern pine forest under chronic human influence. *Annals of the Association of American Geographers* 81:271-289.
- Screuder H., T., T. G. Gregoire and G. B. Wood. 1993. Sampling methods for multiresource forest inventory. John Wiley & Sons, New York. 453 p.
- Soil Conservation Service. 1973. Soil survey of Hidalgo County, New Mexico. United States Government Printing Office, Washington, D. C. 90 p.
- Sprugel D., G. 1991. Disturbance, equilibrium, and environmental variability: what is "natural" vegetation in a changing environment?. *Biological Conservation* 58:1-18.
- Stokes M., A. and T. L. Smiley. 1968. An introduction to tree-ring dating. The University of Chicago Press, Chicago. 73 p.
- Swetnam T., W., M. A. Thompson and E. K. Sutherland. 1985. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. USDA Forest Service, Agricultural Handbook 639. 39 p.



- Swetnam T., W. and C. H. Baisan. 1996. Fire histories of montane forests in the Madrean Borderlands. *In*: Folliott P., F., L. F. DeBano, M. B. Baker, Jr., G. J. Gottfried, G. Solís-Garza, C. B. Edminster, D. G. Neary, L. S. Allen, and R. H. Hamre (technical coordinators). Proceedings of the effects of fire on Madrean Province ecosystems symposium, Tucson, Arizona. USDA Forest Service, General Technical Report RM-GTR-289. Fort Collins, Colorado, US. pp. 15-36.
- Tonne, P., A. Cato and G. Babb. 1992. The natural and historic role of fire on the Gray Ranch, Hidalgo County, New Mexico. Unpublished report on file with the Nature Conservancy. 44 p.
- Veblen T., T. 1992. Regeneration dynamics. *In*: Glenn-Lewin, D. C., R. K. Peet and T. T. Veblen (editors). Plant succession: theory and prediction. Chapman & Hall, London. pp. 153-187.
- Wagner W., L. 1977. Floristic affinities of Animas Mountains, southwestern New Mexico. M.S. Thesis. University of New Mexico, Albuquerque. 180 p.
- West R., C. 1993. Sonora: its geographical personality. University of Texas Press. Austin. 191 p.
- Westoby M., B. Walker and I. Noy-Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42:266-274.
- Whipple S., A. and R. L. Dix. 1979. Age structure of successional dynamics of a Colorado subalpine forest. *Midland Naturalist* 101:142-157.
- Wilson J., B. and J. Watkins. 1994. Guild and assembly rules in lawn communities. *Journal of Vegetation Science* 5:591-600.
- Wright H., A. and A. W. Bailey. 1982. Fire ecology. John Wiley & Sons, New York, NY. 501 p.