

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto del fuego en el establecimiento de *Arctostaphylos pungens* Hbk., en ecosistemas templados semihúmedos de Durango, México

Marco A. Márquez Linares¹
Enrique Jurado²
Celia López González¹

RESUMEN

Se evaluó la frecuencia de establecimiento de *Arctostaphylos pungens* (manzanita) después de la ocurrencia de incendios forestales de diferente intensidad en tres sitios de características ecológicas similares en las laderas orientales de la Sierra Madre Occidental de Durango, México. Se encontró que esta especie se establece abundantemente durante los dos años posteriores a la ocurrencia de un incendio; sin embargo, existe establecimiento también en ausencia de fuego, aunque en proporciones muy bajas. La intensidad del incendio y el grosor del mantillo, el cual ofrece protección a las semillas, juegan un papel importante en la respuesta de germinación de esta especie.

PALABRAS CLAVE:

Arctostaphylos pungens, Durango, establecimiento, fuego, germinación.

ABSTRACT

The frequency of establishment of *Arctostaphylos pungens* (manzanita) in three ecologically similar sites subject to different fire regimes was assessed for localities in the Sierra Madre Occidental in Durango, México. We found that manzanita seedlings got established more often within the first two years following the fire. Plants are also able to establish themselves without the stimulus of fire, though in lower numbers. Fire intensity and litter depth play an important role in the establishment of manzanita seedlings.

KEY WORDS:

Arctostaphylos pungens, Durango, establishment, fire, germination.

¹ CIIDIR-IPN Unidad Durango, Calle Sigma s/n Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. 34220, México. ce:marco_dgo@yahoo.com

² Facultad de Ciencias Forestales, UANL, Km 145 carr. Nal. Linares, N. L. 67700, México

INTRODUCCIÓN

El fuego es uno de los factores de mayor importancia en el desarrollo de la vegetación de los bosques de clima templado (Mirov, 1967; Kozlowsky y Ahlgren 1974, Spurr 1980). Su influencia se puede observar en el paisaje donde genera parches que han sido modificados por este evento, y en las adaptaciones específicas de 1967; Kozlowski y Ahlgren, 1974; Spurr y Barnes, 1980). Su influencia se puede observar en el paisaje, donde genera fragmentos de vegetación de diferentes composiciones y edades, y en las especies tolerantes al fuego (Ahlgren 1974). Algunos ecosistemas están adaptados a los incendios frecuentes como los pastizales, chaparrales, y los bosques de coníferas templados y fríos en donde los incendios permiten la liberación de nutrientes y la renovación de la vegetación (Heinselman 1978).

Los incendios forestales difieren en frecuencia e intensidad; ambos factores, denominados régimen de incendios, dependen del clima, la acumulación de combustible y la topografía (Spurr y Barnes, 1980); a su vez, el régimen tiene efecto sobre la estructura y composición de especies de los rodales forestales (Young y Giese, 1990). El entendimiento de la respuesta de la vegetación al régimen de incendios es importante para el manejo y conservación de los ecosistemas (Christensen *et al.*, 1996; Fulé y Covington, 1999).

En los bosques de encino-pino de clima templado, los incendios forestales han estado presentes en el curso de su evolución (Mirov, 1967), por lo que las especies que los componen generalmente presentan adaptaciones para sobrevivir o regenerarse después de la ocurrencia de un incendio. Por

ejemplo, la mayoría de las especies de *Quercus* rebrotan vegetativamente a partir de las ramas, tocones o raíces que han quedado en el sitio; a su vez, los pinos pueden resistir incendios debido al grosor de su corteza y la rápida pérdida de las ramas inferiores (autopoda) que impide que el fuego quemé la copa (Spurr y Barnes, 1980). Otros géneros, como *Ceanothus* y *Arctostaphylos*, persisten mediante la estimulación de la germinación de sus semillas por factores derivados de los incendios forestales (Keeley, 1991).

Arctostaphylos pungens, denominado comúnmente *manzanita* o *manzanilla*, es una especie arbustiva común en los bosques de encino-pino de las serranías de México y el sur de los Estados Unidos. Generalmente se establece en sitios incendiados y con frecuencia se presenta en forma de chaparrales densos que impiden la regeneración de otras especies arbóreas debido a la competencia por luz agua y nutrientes (Conard *et al.*, 1998). Rzedowski (1978) sugiere que los chaparrales de *A. pungens* representan una etapa sucesional hacia la recuperación de los bosques originales; sin embargo, en otros sitios pueden presentarse como comunidades estables auto-mantenidas por incendios periódicos. En otras especies del género *Arctostaphylos* se ha encontrado que las semillas germinan cuando son expuestas a condiciones similares a las que se producen después de los incendios forestales (Kauffman, 1986; Keeley, 1987; 1991). Fulé *et al.* (2000) encontraron que en "La Michilía", Durango, *A. pungens* se estableció abundantemente un año después de que ocurrió un incendio; por lo cual es probable que esta especie tenga mecanismos similares a sus congéneres.

En Durango, México, los chaparrales de manzanita han desplazado a comunidades de bosques templados sub-húmedos en los flancos orientales de la sierra madre occidental (Márquez-Linares, 2004). La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas del Estado de Durango (SECOPE, 2003) estimó que los chaparrales aumentaron su superficie de 1 234 km² en 1995 a 3 287 km² en el 2003 lo cual representa una tasa de cambio de 2,29 % anual, valor muy superior a la tasa promedio de deforestación para la República Mexicana que oscila entre 0,25 % y -1,02 % (Velázquez, 2002). Estos cambios disminuyen la calidad y cantidad de los servicios ambientales que proveen los terrenos y también la oportunidad de aprovechamiento para uso forestal o pecuario por parte de los propietarios; de aquí la importancia de mejorar nuestro conocimiento de los mecanismos mediante los cuales esta especie se reproduce y propaga.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es evaluar el siguiente punto: si la germinación y establecimiento de *A. pungens* depende necesariamente del fuego o de algún factor derivado de éste (temperatura, humo o cenizas), entonces en rodales donde previamente se encontraba esta especie y que fueron quemados, su regeneración debe

ser abundante y coetánea, mientras que en rodales contiguos no quemados se espera no exista regeneración de esta especie; bajo esta hipótesis, las poblaciones de manzanita deberían ser, además, marcadamente coetáneas.

MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en tres sitios en el estado de Durango: en la Reserva de la biosfera de la Michilía, "La Michilía", en el Ejido Hermenegildo Galeana y en una propiedad privada ubicada cerca del km 38 del camino Durango-La Flor. La tabla y figura 1 muestran la ubicación y el clima de cada sitio. Los sitios se eligieron en áreas que tuvieran condiciones climáticas y topográficas similares, que presentaran dos áreas contiguas, una quemada en la que hubiera una zona quemada recientemente y otra no quemada contiguas y que presentaran como uno de sus componentes principales a *Arctostaphylos pungens*. En la figura 2 se muestran imágenes de cada uno de los sitios estudiados.

La vegetación en los tres sitios corresponde a bosque de encino-pino. Las especies arbóreas encontradas en los muestreos fueron: *Quercus grisea*, *Q. chihuahuensis*, *Q. conzattii*, *Q. eduardii*, *Pinus Chihuahuana*, *P. engelmannii*, *P. cembroides* y *Juniperus deppeana*; las arbustivas son *Arctostaphylos Pungens* HBK, *pungens* y *Quercus depressipes*. Fulé et

Tabla 1. Características de los sitios estudiados

Sitio	Ubicación geográfica		Altitud	Precipitación	Año del incendio
H. Galeana	24° 16' 48" N	104° 50' 10" W	2480	C(W ₀) 650 mm	1998
La Michilía	23° 24' 52" N	104° 09' 51" W	2424	C(W ₁) 650 mm	1996
La Flor	23° 47' 48" N	104° 45' 33" W	2500	C(W ₀) 630 mm	2003

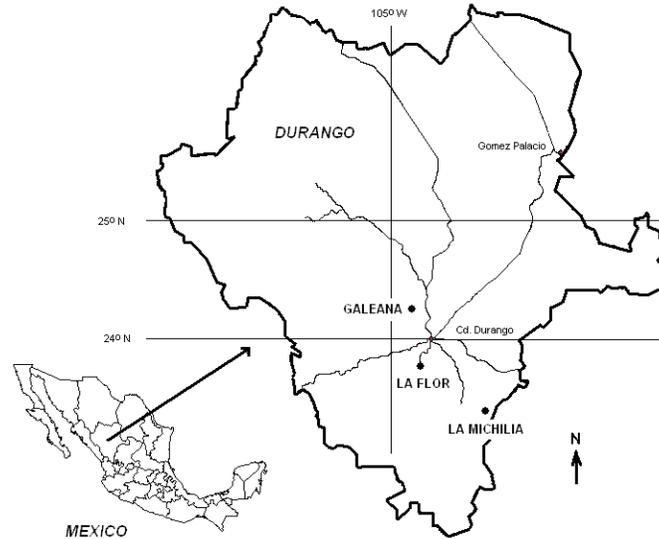


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo

al. (2000) da un listado de las especies herbáceas existentes en un sitio cercana localidad cercana al sitio de la Michilía, González *et al* (2000), de localidades cercanas al sitio Galeana, y Casas *et al.* (1995) de localidades próximas al sitio La Flor.

El sitio Galeana sufrió un incendio en 1998 que afectó aproximadamente 1400 ha y en algunos sitios se extendió por las copas de los árboles (Rangel, 2002); en particular, en el área de estudio se quemó prácticamente toda la vegetación, a excepción de algunos árboles de más de 8 metros de altura. En el sitio de la "La Michilía" el incendio ocurrió en 1996, afectó aproximadamente 10 000 ha y quemó casi toda la vegetación. En el sitio "La Flor" el incendio fue de baja intensidad, ocurrió en abril del 2003 y afectó 3 ha, quemó la vegetación herbácea y la mayoría de los individuos (principalmente manzanita) menores de 1,5 m, principalmente de *A pungens*. En los sitios contiguos no quemados de las tres localidades no se tuvieron evidencias de incendios en el

periodo posterior a su pares quemados, sin embargo es probable que hayan sufrido incendios en años anteriores. Los muestreos se realizaron en Julio del 2002 en las localidades de "Galeana" y "La Michilía", y en enero del 2004 en "La Flor"; por tanto, el tiempo transcurrido desde el último incendio en cada sitio fue de 4, 7 y 1 año, respectivamente.

Para determinar la estructura de la vegetación y la regeneración de *Arctostaphylos pungens* en los sitios quemados (Q) y no quemados (NQ) se realizó un muestreo de cuadrantes centrados en un punto (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Se ubicaron 25 puntos a lo largo de 5 transectos paralelos separados por 20 m; en cada transecto se localizaron 5 puntos de muestreo separados por 20 metros. En cada punto se tomó información de los individuos más próximos al punto central en cuatro cuadrantes; en cada cuadrante se registró la distancia a la especie arbórea o arbustiva más cercana así como su altura, cobertura y

diámetro basal tomado a 10 cm de altura. Además, en cada cuadrante se registró la especie arbórea o arbustiva más cercana al punto central y que fuera menor a 1 m de altura, considerando a éstas como la

regeneración de cada especie; se registró la distancia al punto, su altura y su cobertura. En cada sitio se registró la altitud, pendiente, profundidad del suelo y hojarasca y porcentaje de pedregosidad. Se consideró a

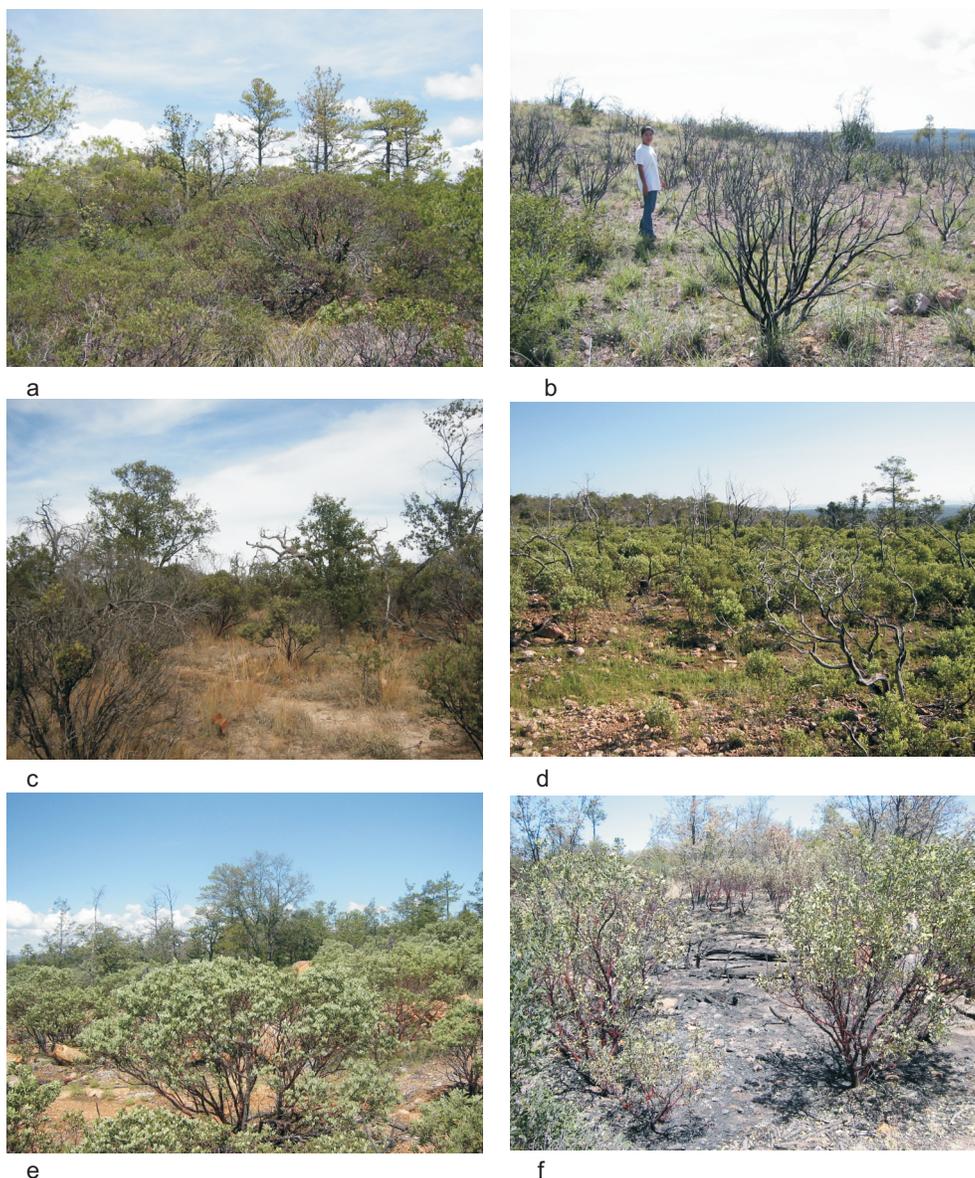


Fig. 2. Imágenes de los sitios estudiados, a) Galeana no quemado, b) Galeana quemado c) Michilía no quemado, d) Michilía quemado, e) La Flor no quemado, f) La Flor quemado.

las especies arbóreas y arbustivas en la misma categoría, ya que el estrato arbóreo de este tipo de comunidades es abierto y de alturas no mayores a 8 m, además algunas especies arbóreas llegan a presentar hábito arbustivo como resultado del fuego.

Los datos se analizaron mediante la metodología propuesta por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) para determinar el valor de importancia en base al número de individuos por hectárea (*NIPH*), la cobertura ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) y el área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) por especie. Además se determinó la altura promedio por especie y por sitio.

Para determinar si existen diferencias significativas en el número de individuos de *A. pungens* que se regeneran en cada sitio, se realizó un análisis de contingencia de dos vías, en donde la frecuencia de aparición de *Arctostaphylos* en cada punto de muestreo (*FREC*) se utilizó como variable aleatoria, dicha variable puede tomar valores de 0 a 4; los factores fueron el lugar (Michilía, sitio (*SIT*: Michilía, Galeana y La Flor) y el tratamiento (*TRAT*: Quemado, no quemado), el modelo general fue:

$$FREC = + SIT + TRAT +$$

Se presume que las variables *SIT* y *TRAT* son independientes. El análisis se realizó en el paquete estadístico SAS (1998). Se aplicó la corrección de Bonferroni (Holms, 1979), para corregir las probabilidades de rechazo de *H₀* en pruebas múltiples; las pruebas se hicieron a $\alpha=0,05$.

Para determinar si la estructura de la población de manzanita en los sitios no quemados son coetáneas coetánea o no, se calculó la edad mediante el conteo del número de verticilos, ya que esta planta

produce un verticilo por año, y solo en el caso de lluvias muy abundantes puede generar dos. Mediante la ecuación de los dedos; sin embargo debe advertirse que es necesario conocer el crecimiento vegetativo de la planta para realizar adecuadamente las estimaciones mediante este método. Posteriormente, los individuos se clasificaron por intervalos de dos años, se graficó su frecuencia y se aplicó una prueba de bondad de ajuste de χ^2 , donde la distribución esperada de las clases de edad, bajo el supuesto de homogeneidad es multinomial (*H₀*: no hay diferencia en la frecuencia observada en las clases de altura).

RESULTADOS

Regeneración de *Arctostaphylos pungens*

Existieron diferencias significativas ($p<0,05$) en la frecuencia de aparición de manzanitas menores a un metro en los sitios estudiados. Los factores "tratamiento" y "sitio" presentaron diferencias altamente significativas (tabla 2), sin embargo, al probar las diferencias en el factor sitio, "Galeana" y "La Flor" no presentaron diferencias significativas, pero si las hubo entre estos dos con la Michilía (tabla 3).

Estructura de las poblaciones de *Arctostaphylos pungens*

La hipótesis de homogeneidad para determinar si la estructura de las poblaciones es coetánea fue rechazada en todos los casos ($p<0,05$) lo cual indica que las poblaciones se distribuyen en determinadas categorías de edad (figura 4). Las clases de edad, estimadas mediante el número de verticilos, fueron como sigue: En Galeana no quemado se encontraron individuos de todas

Tabla 2. Análisis de varianza de máxima verosimilitud para los factores "sitio" y "tratamiento" en la regeneración de manzanita.

FUENTE	GL	²	p
Trat	4	22,41	0,0002
Sit	8	108,90	0,0000
Razón de verosimilitud	12	29,81	0,0030

Tabla 3. Contraste de las estimaciones de máxima verosimilitud dentro del factor sitio de la regeneración de manzanita

CONTRASTE	GL	²	p
Galeana vs. Michilía	4	90,63	0,0000
Galeana vs. La Flor	4	9,40	0,0519
Michilía vs. La Flor	4	95,79	0,0000

Las tablas 4 y 5 muestran los parámetros estructurales de los estratos arbustivo-arbóreo y de regeneración, así como el valor de importancia relativa de *Arctostaphylos pungens*. Se observa que el estrato arbustivo-arbóreo de los sitios quemados presenta un menor: número de especies (Spp), de individuos por ha ($N\ ha^{-1}$), de área basal total, por hectárea ($AB\ ha^{-1}$) y de porcentaje de cobertura y de altura que los no quemados.

Esto se debe al efecto del fuego, (% Cob) que los sitios no quemados; así mismo la importancia relativa de *A. pungens* (% VI Ap) también fue menor en los sitios quemados. En la regeneración el número de individuos de todas las especies por ha ($N\ ha^{-1}$) fue mayor en los sitios quemados; pero el $N\ ha^{-1}$ de la manzanita varió; en Galeana y La Flor fue menor en los sitios quemados, mientras que en la Michilía fue mucho mayor.

Tabla 4. Parámetros estructurales del estrato arbustivo-arbustivo de los sitios estudiados y porcentaje de importancia relativa de *Arctostaphylos pungens* en el sitio.

	Spp	$N\ ha^{-1}$	$AB\ ha^{-1}$	Altura med	% Cob	$N\ ha^{-1}\ Ap$	% VI Ap
GAL-NQ	7	2925,1	5,86	1,8	107,6	1418	34,8
GAL-Q	5	363,2	0,70	6,0	13,4	21	7,2
MICH NQ	7	719,2	9,54	3,7	57,0	252	19,7
MICH Q	6	6,8	0,71	4,4	1,8	0	0,0
FLOR NQ	9	536,1	0,62	3,5	25,5	121	13,3
FLOR Q	7	291,0	0,58	3,6	0,19	102	8,5

Tabla 5. Parámetros estructurales de la regeneración de especies arbustivas y arbóreas y porcentaje de importancia relativo de *Arctostaphylos pungens* en el sitio.

	Spp	NI ha ⁻¹	Altura med	% Cob	NI ha ⁻¹ Ap	% VI Ap
GAL-NQ	4	197,7	0,3	1,5	31	25,3
GAL-Q	3	1,747,2	0,8	1,8	14	14,5
MICH NQ	8	1,483,6	0,6	24,5	1010	45,1
MICH Q	5	3,728,0	0,7	95,1	3426	93,3
LA FLOR NQ	8	139,6	0,6	5,2	46	34,6
LA FLOR Q	6	414,6	0,3	0,1	50	22,9

las clases de edad, excepto en la clase 0-2 años, en este sitio no se observó una dominancia clara de alguna clase en particular; en Galeana quemado se encontraron únicamente individuos que germinaron después del incendio de 1998, en la clase 4-5 años; en La Michilía no quemado las clases de edad 2-3 y 4-5 años dominan, aunque también se presentan individuos entre los 14 y 30 años, sin una dominancia clara de alguna clase en particular; en la Michilía quemado las clases 4-5 y 6-7 dominan y corresponden a los individuos que se establecieron después del incendio; en la Flor no quemado dominan las clases 8-9 y 18-19 años, pero existen individuos de todas las clases de edad; finalmente en La Flor quemado se observan 4 clase dominantes: 0-1, 6-7, 14-15, y 20-22 años, la estructura de edades de la manzanita de este sitio es lo mas parecido a lo que se espera si la manzanita germinara únicamente con el estímulo de incendios.

DISCUSIÓN

La regeneración de *Arctostaphylos pungens* en los sitios estudiados no presentó

un patrón definido, se esperaba que en los sitios no quemados no se presentaran individuos de igual o menor edad a los individuos que se regeneraron después de los incendios en los sitios quemados; no obstante, los sitios no quemados presentaron individuos de estas edades y aún menores (figura 4). Lo anterior podría indicar que los mecanismos de regeneración de *A. pungens* no están necesariamente vinculados al fuego, o que la germinación puede ocurrir varios años después del estímulo dado por el fuego, lo cual no ha sido reportado en la literatura. Desde el punto de vista evolutivo sería ventajoso mantener cierta variación en la respuesta de germinación, dado que en ausencia del factor que dispara la germinación masiva, las poblaciones aun pueden seguir manteniéndose a largo plazo (Jurado y Moles, 2003). En relación a esto Márquez-Linares (2004) encontró en experimentos de germinación que una proporción muy baja de las semillas de *Arctostaphylos* germinó sin ningún tratamiento de escarificación, lo cual respalda esta última posibilidad.

Sin embargo, el establecimiento de la manzanita en el año posterior al incendio fue

clara: en Galeana sólo existen individuos de la clase 4-5, la cual corresponde al tiempo transcurrido desde el incendio de 1998; en la Michilía las clases: 4-5 y 6-7 años dominan y el incendio ocurrió 7 años antes del muestreo, es probable que la distribución que se observa sea producto de la diferencia de crecimiento entre los individuos de la misma edad que conforman la población, finalmente, en La Flor, después de 11 meses de haber ocurrido el incendio, la respuesta *Arctostaphylos* fue escasa, pero es posible que aún no haya transcurrido el tiempo suficiente para promover la germinación y el observar la respuesta completa, o bien que este tipo de incendio no estimule una respuesta masiva.

El reestablecimiento de las comunidades vegetales en sitios incendiados depende de las especies que se encontraban previamente en el sitio, de sus adaptaciones para sobrevivir a su efecto y de la intensidad del incendio, lo cual determina el material viable que queda después de ocurrido (Lyon y Stickney, 1974,1974; Kauffman, 1986,1986; Tyler, 1995). Las variaciones en el calor del suelo afectan el reclutamiento porque las semillas tienen diferentes tolerancias al calor y diferentes requerimientos de germinación (Keeley, 1987; Keeley y Keeley, 1987, Zammit y Zedler, 1988). En el caso de los sitios estudiados la combinación de la intensidad del incendio, la pedregosidad y el ancho del mantillo orgánico pueden haber determinado la respuesta, no solamente de la manzanita, sino de otras especies como *Quercus depressipes* y *Pinus* sp. A este respecto, Johnson (1992) indica que la cantidad de mantillo que se quema durante los incendios determina en gran parte la respuesta de la vegetación.

En los sitios estudiados la intensidad del fuego varió. En Galeana-quemado el incendio de 1998 afectó a la mayoría de los individuos entre 0 y 6 m de altura, quedando pocos individuos de más de 8 m de *Pinus chihuahuana* y *P. engelmannii*. En el sitio contiguo, no quemado, el estrato arbóreo-arbustivo tuvo una cobertura de 107 %, altura promedio 1,8 m y densidad de 2 995 individuos por ha (tabla 4), si se presume que en el sitio quemado la estructura era similar al contiguo no quemado, entonces la altura de la flama puede haber alcanzado entre 2,5 y 3,5 m, con temperaturas al nivel del piso, ya que consumió prácticamente todo el combustible existente en el piso; además, ambos sitios tienen una superficie pedregosa con rocas aflorantes en algunos lugares. Por lo anterior, es posible que el incendio haya calcinado la mayoría de las semillas existentes, bajo estas condiciones la especie que mejor respondió fue *Q. depressipes*, la cual se regenera vegetativamente, y no *A. pungens*, que requiere establecerse mediante su semilla.

En La Michilía no quemado la cobertura del estrato arbóreo-arbustivo cubrió 57 % de la superficie, la altura promedio de la vegetación fue 3,7 m y la densidad de 719 NI ha⁻¹, mientras que en el sitio quemado este estrato prácticamente fue eliminado por el incendio. Si el sitio quemado era similar al no quemado, entonces el incendio pudo haber tenido alturas superiores a los 3 m; sin embargo, en este sitio la profundidad del suelo y de la hojarasca fue mayor que en Galeana, por lo que el banco de semillas pudo quedar protegido de las altas temperaturas por el mantillo, dejando viable un número suficiente de semillas para obtener la abundante germinación de *A. pungens*.

En La Flor no-quemado el estrato arbóreo-arbustivo presentó una cobertura de

25,5 %, altura promedio de 3,5 m y densidad de 535 individuos por ha, sin dominancia por parte de ninguna especie en particular. En el sitio quemado (2003) el incendio fue

superficial y de baja intensidad, quemó únicamente la capa superior de la hojarasca e individuos menores a un metro y algunos de 1,5 m; los árboles y arbustos de mayor

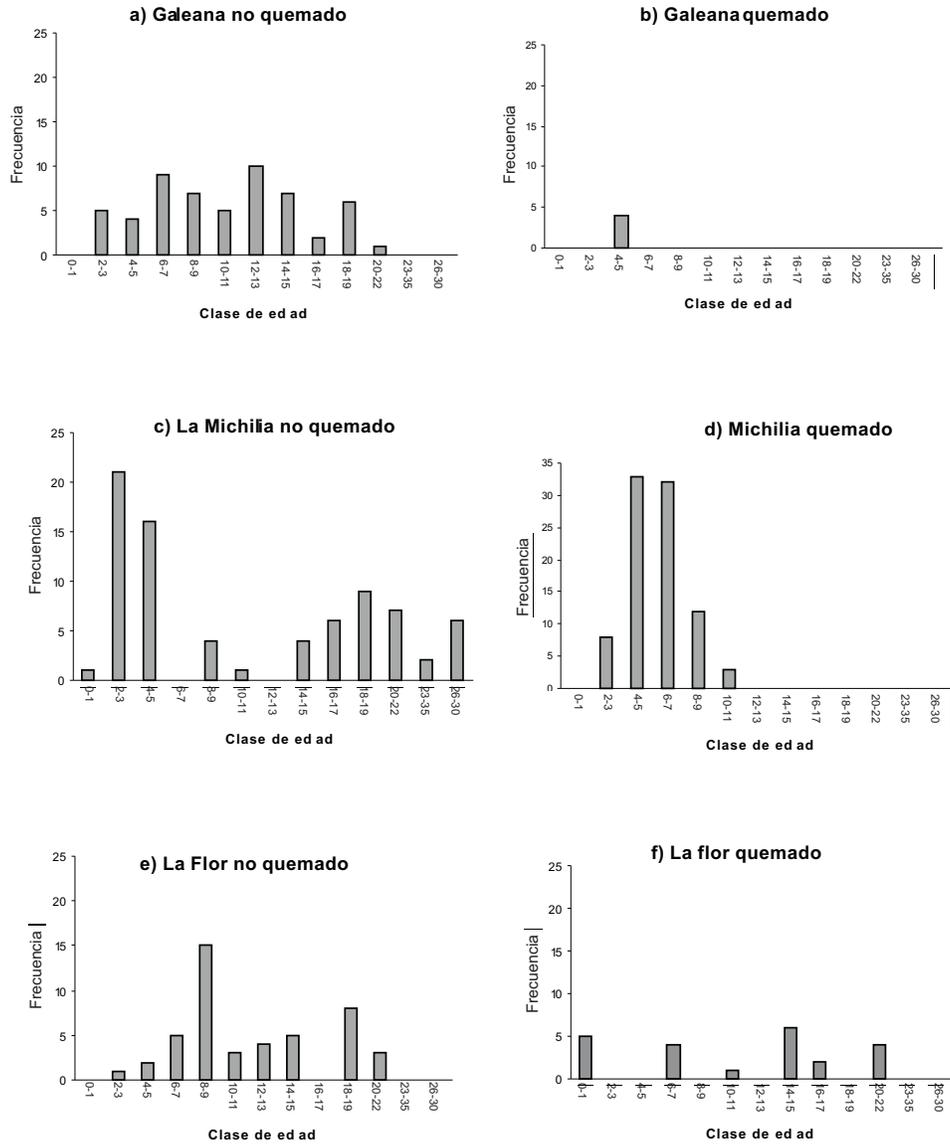


Fig. 4. Estructura de edad de las poblaciones de manzanita en los sitios estudiados

tamaño no fueron afectados. Se deduce entonces que la altura de la flama no fue mayor a 0,5 m. En general se abrió el espacio en el nivel del piso y la regeneración de *Pinus* sp. fue la más importante.

Estos resultados sugieren que la intensidad del incendio (tiempo y temperatura) y la condición previa del sitio son importantes para determinar la respuesta de *A. pungens*. Tanto en Galeana como en La Michilía los incendios fueron intensos, la diferencia notable entre ambos sitios fue la pedregosidad y profundidad del suelo y la hojarasca, mientras en Galeana el suelo es muy escaso y mayormente rocoso, en La Michilía el suelo tuvo mayor profundidad. Posiblemente el incendio de Galeana calcinó el banco de semillas, mientras que en La Michilía la capa orgánica pudo haber dado protección a éstas.

Los rodales estudiados en el presente trabajo son representativos de numerosas localidades de las áreas de transición de la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, caracterizados por ser relativamente densos, de baja altura y dominados por especies arbustivas como *A. pungens*, *Quercus depressipes* o *Q. striatula*. Es probable que la generación de estas estructuras esté asociada con la alteración de los regímenes de incendios. Los incendios frecuentes (intervalos de cinco años o menos) favorecen eventos superficiales de baja intensidad, en este lapso se acumula poco combustible en el suelo, el mantillo es delgado y ofrece poca protección a las semillas de *A. pungens*. El resultado es que la respuesta de germinación y establecimiento es pobre. Con ciclos de incendio más largos (10 a 20 años), se ha acumulado suficiente mantillo para proteger a las semillas, por lo que al ocurrir un incendio la respuesta será

masiva. Con ciclos de incendio muy largos, los incendios necesariamente serían catastróficos, calcinando la mayoría de las semillas, por lo que la respuesta de la manzanita será pobre. Desde luego, la intensidad de los incendios y por lo tanto su efecto sobre el mantillo y las semillas, dependerá no solo del tiempo transcurrido desde el último incendio, sino de otros factores como la humedad, el viento, la topografía, etc. Esta hipótesis concuerda con lo observado por Fulé y Covington (1997) en la reserva de la Biosfera de La Michilía en Durango, quienes encontraron que los rodales donde el fuego se ha excluido por periodos prolongados tienen una estructura relativamente densa, con árboles pequeños y jóvenes, mientras que los rodales donde los incendios han sido frecuentes y de baja intensidad presentaron estructuras abiertas y de árboles grandes.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, la densidad y estructura de alturas de los rodales de manzanita se encuentra relacionada con la intensidad de los incendios y la protección que el mantillo orgánico ofrezca a las semillas de esta especie; estos dos factores están a su vez relacionados con el régimen de fuego. Con incendios frecuentes de baja intensidad se espera que la respuesta de *A. pungens* sea pobre ya que el estímulo térmico no es suficiente para la germinación de las semillas. Los incendios de alta intensidad, los cuales suceden con tiempos de retorno de más de diez años, calcinan prácticamente toda la materia orgánica superficial por lo que se espera que pocos individuos de manzanita se establezcan. La respuesta masiva se espera

en los sitios donde los incendios no son muy intensos pero existe suficiente protección de la semilla por el mantillo. Por otro lado, existe establecimiento de manzanitas en sitios no incendiados aunque esto sucede escasamente. Los resultados son importantes para comprender el posible efecto de quemas para el control de combustibles o de estimulación para la regeneración de gramíneas en sitios donde previamente existen individuos de manzanita.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el trabajo de campo de Dora María Reyes Aguilar, Yolanda Rodríguez Soto y Alfonso Rodríguez Maturino, y del COCYTED en el estado de Durango, organismo que financió parcialmente el proyecto. Así mismo agradecemos a los dos revisores anónimos que contribuyeron a mejorar la calidad del escrito.

REFERENCIAS

- Casas S., R., S. González E. y J. Tena F. 1995. Estructura y tendencias sucesionales en vegetación de clima templado semi-seco en Durango, México. *Madroño* 42: 501-515.
- Christensen, N. L., A. M. Bartuska, J. H. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J. F. Franklin, L. A. MacMahon, R. F. Noss, D. J. Parson, C. H. Peterson, M. G. Turner y R. G. Woodmansee. 1996. Report of the Ecological Society of America Committee on the scientific basis for ecosystem management. *Ecological Applications* 6: 665-691.
- Conard S. G., S. R. Sparks y J. C. Regelbrugge. 1998. Comparative plant water relations and soil water depletion patterns of three seral shrub species on forest sites in southwestern Oregon. *Forest Science* 43: 336-347.
- Fulé, P. Z. y W. W. Covington. 1997. Fire regimes and forest structure in the Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 41: 43-79.
- Fulé P. Z. y W.W. Covington. 1999. Fire regime changes in La Michilia Biosphere Reserve, Durango, Mexico. *Conservation Biology* 13: 640-652.
- González-Elizondo M. S., Y. Herrera-Arrieta, M. A. Márquez-Linares y C. López-González. 2000. Canatlán: Asociaciones vegetales. *Interciencia* 1: 12-16.
- Heinselman, M. L. 1978. Fire intensity and frequency as a factor in the distribution and structure of northern ecosystems. *In*: M.A.B. (Ed.) *Fire regimen and ecosystem properties*. Honolulu, Hawaii. 127p.
- Holm, S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics* 6:65-70.
- Johnson, E. A. 1992. Fire and vegetation dynamics: Studies from North American boreal forest. Cambridge University Press, Nueva York, EUA.
- Jurado. E. y A. Moles. 2003. Germination deferment strategies. pp. 381-388, *In*: G. Nicolas, N. K. J. Bradford, D. Come y H. W. Pritchard (Eds.). *The Biology of*

- Seeds: Recent Research advances. CAB International, Wallingford, 41.
- Kauffman, J. B. 1986. The ecological response of the shrub component to prescribed burning in a mixed conifer ecosystems. Ph.D. Dissertation. University of California, Berkeley. EUA.
- Keeley, J. E. 1987. Role of fire in seed germination of woody taxa in California chaparral. *Ecology* 68: 434-443.
- Keeley, J. E. y S. C. Keeley. 1987. The role of fire in the germination of chaparral herbs and suffrutescents. *Madroño* 34: 240-249.
- Keeley, J. E. 1991. Seed germination and life history syndromes in the California chaparral. *Botanical Review* 57: 81-116.
- Kozlowski, T. T. y I. F. Ahlgren, (Eds.). 1974. *Fire and Ecosystems*. Academic Press, Nueva York, EUA.
- Lyon, L. J. y P. F. Stickney. 1974. Early vegetal succession following large northern Rocky Mountain wild fires. pp. 355-376, *In: Proceedings of Tall Timbers Fire Ecology Conference*, 14.
- Márquez-Linares, M. A. 2004. Distribución, germinación y estructura de poblaciones de *Arctostaphylos pungens* HBK, y su relación con el fuego en Durango, México. Tesis Doctoral. FCF, UANL. México.
- Mirov, N. T. 1967. The genus *Pinus*. Ronald Press, Nueva York, EUA.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons, Nueva York, EUA.
- Rangel P., L. A. 2002. Comunicación personal. SEMARNAT, Delegación Durango.
- Rzedowski, J. 1978. *La Vegetación de México*. Ed. Limusa. México, D. F.
- SAS Institute Inc. 1998. *SAS/STAT Users' Guide*, Release 6.03, Cary, N.C. EUA.
- SECOPE. 2003. Programa de ordenamiento territorial del estado de Durango. Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas del Estado de Durango. Inédito, 35 p.
- Spurr H., S y B. V. Barnes. 1980. *Forest ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York, EUA.
- Tyler, C. M. 1995. Factors contributing to postfire seedling establishment in chaparral: direct and indirect effects of fire. *Journal of Ecology* 83: 1009-1020.
- Velázquez, A., J. F. Mas y J. L. Palacio. 2002. Análisis del cambio de uso del suelo en México. Convenio INE-IG (UNAM). www.semarnat.ine.gob.mx
- Young, R. A. y R. L. Giese 1990. *Introduction to Forest Science*. John Wiley & Sons. Nueva York, EUA.
- Zammit, C.A. y P.H. Zedler. 1988. The influence of dominant shrubs, fire, and time since fire on soil banks in mixed chaparral. *Vegetatio* 75:175-187.

Manuscrito recibido el 20 de mayo de 2005.
Aceptado el 3 de septiembre de 2005.

Este documento se debe citar como: Márquez, L. M. A., E. Jurado y C. López G. 2005. Efecto del fuego en el establecimiento de *Arctostaphylos pungens* Hbk. en ecosistemas templados sub-húmedos de Durango, Méx. Madera y Bosques 11(2):35-48