

Reconocimiento preliminar de la vegetación y de los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México

Richard Minnich University of California Riverside, *Joaquín Sosa Ramírez* Gobierno del Estado de Aguascalientes, *Ernesto Franco Vizcaíno* Michigan State University, *W. James Barry* State of California, Department of Parks and Recreation, *Ma. Elena Siqueiros Delgado* Universidad Autónoma de Aguascalientes / Programa de Investigaciones Biológicas

23

La vegetación de la Sierra Fría está dominada principalmente por bosques de pino-encino, los cuales cubren gran parte de la Sierra Madre Occidental. También se encuentran formaciones de chaparral en las cimas más altas y en las pendientes fuertes. Estos ecosistemas aún cubren extensas superficies en la Sierra Fría, a pesar de la larga historia de uso del suelo practicada desde la llegada de los españoles, principalmente el pastoreo de ganado y la tala de pinos y encinos para el carbón y madera que se ha llevado a cabo posiblemente desde mediados del siglo XVII.

Existen evidencias de que los bosques han experimentado cambios considerables desde el contacto con Europa. Se cree que anteriormente, los bosques de pinos cubrían grandes extensiones de la montaña; pero las evidencias históricas de la vegetación, así como el uso del suelo en el pasado, son fragmentarias. Fotografías aéreas, tomadas entre 1942 y 1993 muestran evidencias de los impactos humanos más recientes, tanto activos como pasivos, sobre la vegetación. Las fotografías aéreas tomadas en 1942 registran bosques de encinos abiertos y alterados, mientras que las fotografías recientes muestran una invasión de táscale (*Juniperus deppeana*) en grandes extensiones. En general también se ha hecho más denso el bosque de encinos. Las fotografías aéreas también muestran las cicatrices de intensos incendios, en particular cerca de Monte Grande.

Un principio fundamental de la ecología es que los ecosistemas se desarrollan buscando el equilibrio con el clima y otras variables del medio ambiente, así como con los disturbios naturales como el fuego (Shugart, 1984; Pickett y White, 1985). La tala puede simular los impactos del fuego como un patrón natural de destrucción de la vegetación.

Asimismo, la recolonización reciente de algunas especies y la tendencia hacia bosques más densos, pueden ser evidencias de la sucesión natural. Paralelamente, estos procesos que ocurren en la vegetación pueden representar cambios regionales a largo plazo debido a los cambios que ocurren en los hábitats bajo la influencia del hombre.

Las investigaciones sobre la dinámica de la vegetación en la Sierra Fría requieren estudios que deben incluir el examen de fotografías aéreas en series de tiempo así como el establecimiento de experimentos de monitoreo ecológico de largo plazo. Creemos que las investigaciones sobre la vegetación llevadas a cabo en California (Barbour y Major, 1988) pueden ser un ejemplo para el estudio de la ecología y dinámica de la vegetación de la Sierra Fría. La vegetación de las montañas de California es florísticamente similar a la de la Sierra Fría, pues es dominada por pino, encino y chaparral. La temperatura de las montañas de California también es templada; en cambio la precipitación allá está restringida a la estación de invierno (con sequía de verano), lo cual es característico del clima mediterráneo.

Este reporte preliminar se basa en 4 días de observaciones de campo y también en el examen estereoscópico de fotografías aéreas de 4 fechas diferentes (1942, 1956, 1970, 1993) tanto en el campo como en el laboratorio de percepción remota de la Universidad de California, Riverside. Las observaciones que se presentan en este reporte son tentativas y solamente forman una base para el desarrollo de hipótesis a investigar.

EL AREA DE ESTUDIO

La Sierra Fría se encuentra localizada en el

margen occidental del Estado de Aguascalientes, es una cordillera situada al sur de la Sierra Madre Occidental (lat. 22° 0' - 22° 15' N, long. 102° 30' - 102° 40' W), con orientación del nor-noreste hacia el sur-suroeste, y bordeada por fallas geológicas. La cordillera forma una abrupta serranía que cae hacia la corriente del Río Agua Blanca en el sur de Zacatecas (relieve local de 300-800 m) y una planicie de baja pendiente que se inclina hacia el este-sureste. La planicie está compuesta de extensas mesetas cubiertas por rocas volcánicas de riolita y quebradas por grandes barrancas que descienden hacia el este hasta la planicie de la Presa Presidente Calles.

La planicie está delimitada al este por una escarpa asociada con una falla que corre del noreste al suroeste (relieve 2000-3000 m) que se extiende desde la Presa Potrerillo hasta Rinconada de las Minas, y luego sigue el Arroyo Rincón Verde a lo largo del borde oeste de la Sierra de Santa Rosa. La Barranca El Abuelo tiene su origen al centro de la Sierra Fría, y desagua hacia el sur en Arroyo Rincón Verde. La altitud tiene un rango que va de 2,000 m en La Presa Presidente Calles, a 3,050 m en Monte Grande de Sierra Fría. La cordillera incluye una serie de montañas más pequeñas, entre las cuales están la Sierra de San Blas de Pabellón, la Sierra Guajolotes, la Sierra del Pinal, y la Sierra de Zacatecas (De la Cerda, 1989; Siqueiros, 1989). Sin embargo, debido a que el enfoque de nuestro trabajo se encuentra en la Sierra Fría hacia el oeste de la Presa Presidente Calles, en adelante nos referimos a esa región como Sierra Fría. El clima es templado-semiseco, con veranos lluviosos debido al monzón de Norte América. Los inviernos son frescos y secos. El promedio anual de precipitación es de aproximadamente 600 mm (Siqueiros, 1989).

VEGETACION

La vegetación de la Sierra Fría presenta una amplia zonación asociada con la altitud. El matorral subtropical y semiárido de las altitudes bajas cambia a comunidades complejas de encinos y pastizales, y bosques de encino con comunidades aisladas de pinos en las partes altas. El chaparral cubre las pendientes fuertes a lo largo de la montaña.

La mesa de la Presa Presidente Calles está cubierta de estepa de zacate con una mezcla de pequeños árboles subtropicales y especies suculentas que incluyen *Prosopis laebigata*, *Acacia schaffneri*, *A. farnesiana*, *Streptacantha robusta*, *Ipomea arborescens*, y *Yucca filifera*. Las pendientes más bajas de la escarpa oriental contienen un matorral de arbustos sublígneos dominado por *Dodonaea viscosa*, *Ptellea trifoliata*, y

Mantonoa spp. En las laderas más cálidas del oeste y sur de la Sierra Fría en la vecindad de Calvillo, esta comunidad de subarbustos incrementa su diversidad de especies al integrarse varias suculentas tropicales, arbustos, y árboles que incluyen *Leucaena esculenta*, *Lysiloma acapulcense*, *Lisiloma microphyllum* y *Myrtilocactus geometrizans*. *Ficus petiolaris* ocurre infrecuentemente en los arroyos y en lugares rocosos. *Ceiba aesculifolia* crece en lugares húmedos y pendientes con exposición norte. Los bosques de encino, que dominan en la Sierra por encima de los 2,200m., tienden a ser contiguos en las pendientes fuertes de las barrancas pero forman estepas abiertas con un estrato de herbáceas bajo el dosel de los árboles, en las mesetas. En los bosques de encinos, la composición de especies cambia con la altitud. Se encuentran agrupaciones locales de *Quercus resinosa* en la base de la escarpa oriental, y también ocurren con *Q. gentryi* y *Q. laurina* en las faldas del sudoeste de la montaña hacia Calvillo (alt. 2,100-2,300 msnm). La mayoría de los bosques que se encuentran por encima de los 2,300 m están dominados por un complejo de híbridos de *Q. potosina* y *Q. laeta* que crece en asociación con *Q. eduardii*, particularmente sobre la superficie de la planicie y las laderas con exposición hacia el sur. Otro complejo de híbridos de *Q. grisea* y *Q. chihuahuensis* crece en los suelos pesados en las partes bajas como en el poblado de La Congoja y en las partes bajas (lechos de arroyos) de la Sierra de Santa Rosa. Dentro del cinturón de bosques de *Q. potosina/Q. laeta* se encuentran poblaciones dispersas de *Q. coccolobifolia* que crecen en asociación con *Pinus lumholtzii*, usualmente más allá de los 2,600 m. Poblaciones extensivas de *Q. sideroxyla* y *Q. rugosa* forman densos bosques en vertientes empinadas en las alturas mayores a 2,600 msnm. Más abajo, estos árboles crecen al margen de las praderas y cerca de los arroyos a lo largo de la base de la sierra.

Las fotografías aéreas muestran que todas las especies de encinos tiran las hojas durante el invierno en respuesta a la sequía. Sin embargo, *Q. sideroxyla* y *Q. rugosa* pueden ser siempre verdes, o sólo brevemente caducifolios aún durante el tiempo de máximo estrés de sequía ya tarde en la primavera. Solamente una especie de encino es verdaderamente siempre verde, *Q. microphylla*, una especie postrada que ocurre debajo del dosel de los bosques de encino caducifolio a lo largo de la sierra en las altitudes mayores de 2,500 m.

Los bosques de coníferas son poco frecuentes en la Sierra Fría más arriba de los 2,500 m. *Pinus teocote*, el pino más común, ocurre en las mesetas altas y ocasionalmente en las vertientes orientadas hacia el norte, usualmente hacia el norte de Barranca El

Abuelo. *P. leiophylla* se establece a los largo de los lechos de las barrancas y las vertientes adyacentes con exposición hacia el norte. Hay algunas poblaciones ocasionales en las mesetas. Un pino muy relacionado. *P. lumholtzii*, el cual es único por su follaje pendiente, forma colonias aisladas sobre lo que parece ser un substrato geológico peculiar, el cual desfavorece la instalación de la mayoría de los encinos con la excepción de *Q. coccolobifolia*. En la Sierra Fría también ocurren dos pinos de la sección ponderosae, *Pinus durangensis* subsp. *quinquefoliata* y *P. michoacana*. Usualmente, ambas especies se presentan como árboles individuales, y raramente en pequeñas poblaciones. La mayoría de las poblaciones crecen en el flanco sur de Monte Grande, y en la vecindad de la cima de la torre de las microondas (22° 9' N, 102° 39' W). Casi no existen bosques de pinos en la escarpadura occidental, así como en las mesetas orientales cerca de La Congoja. Observamos pocos bosques de pino en las mesetas altas, en la parte sur de la montaña, con la excepción de Cerro El Pinal.

De las coníferas, el árbol más común es *Juniperus deppeana*. Este árbol cubre grandes extensiones a lo largo de las mesetas y en los lechos de las barrancas. *J. martinezii* se presenta esporádicamente en los bosques de encino en todas partes de Sierra Fría, pero solamente es común en las barrancas de la Sierra de Santa Rosa. Arboledas aisladas de *Cupressus lindleyii* crecen en un arroyo al sur del Cerro El Pinal en la parte sur de Sierra Fría y en Barranca Los Planes en la Sierra de Santa Rosa.

El chaparral, dominado por *Arctostaphylos pungens*, es abundante en pendientes desde moderadas a fuertes a lo largo de montaña. Entre los arbustos que comúnmente ocurren con *A. pungens* se incluyen *Arbutus glandulosa*, *A. xalapensis*, *Garrya spp.*, y *Comerostaphylos polifolia*. Arboledas extensivas ocurren en las paredes de las barrancas, en muchos cañones a lo largo del escarpe occidental, y en las fuertes pendientes de los cerros que suben más arriba de la planicie de la Sierra Fría, inclusive Monte Grande y la cima de la torre de microondas. El chaparral de *A. pungens* también forma un estrato bajo los bosques de encino en la meseta. Asimismo, se encuentra *Prunus serotina*, el cual crece en los arroyos.

LA EXPLOTACION DEL BOSQUE Y LA DINAMICA DE LA VEGETACION

La información disponible sobre los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría es incompleta. Sin embargo, se puede obtener información sobre los cambios recientes en la vegetación a través de las fotografías aéreas tomadas

a partir de la Segunda Guerra Mundial. Dado que es difícil establecer una relación entre los cambios ocurridos recientemente en la vegetación y las acciones pasadas del hombre como la tala o los disturbios naturales anteriores a este siglo, como los incendios, entonces desarrollaremos y evaluaremos hipótesis sobre la naturaleza de la dinámica de equilibrio a largo plazo de los bosques de la Sierra Fría. A continuación daremos una estimación de los impactos pasados del hombre sobre los bosques y después discutiremos la historia más reciente de la vegetación.

EL APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE EN EL PASADO

Es de dudarse que la tala y la extracción de leña entre 1650 y principios de este siglo hayan tenido un impacto significativo sobre los bosques de la Sierra Fría. Debemos recordar que cualquier aprovechamiento del bosque que haya tenido lugar, por ejemplo a través de la extracción de leña o madera, se debe equilibrar con la simultánea productividad y crecimiento del bosque en la región. La Sierra Fría era lejana e inaccesible y el mercado para madera y carbón en Aguascalientes fue probablemente muy limitado hasta que la ciudad creció a un tamaño sustancial, aproximadamente hasta principios de este siglo. Además, existían fuentes disponibles de leña y madera más cercanas para los residentes de la ciudad.

Adicionalmente, las tecnologías para el aprovechamiento de los bosques eran muy primitivas. La producción de carbón estaba basada en el uso de hornos rudimentarios y solamente se utilizaban los bosques cercanos. Gracias a las encuestas realizadas, pudimos saber que la tala de coníferas se llevó a cabo con sierra de mano hasta el siglo XX. La cantidad de madera que puede ser removida de esta forma es limitada. La tecnología del aserradero de vapor, que se usó ampliamente en los bosques de coníferas en el oeste de los E.U. a fines del siglo XIX, aparentemente no fue introducida en esta parte de México. La madera y el carbón se acarreaman a la ciudad en carretas.

Aparentemente no hubo grandes explotaciones mineras, ni se desarrollaron centros locales de población en la Sierra Fría que hubieran resultado en una explotación intensa de los bosques. En nuestra opinión, el establecimiento y desarrollo en forma natural de los bosques de pino-encino de esta región en la era prehistórica, probablemente igualaban la tasa de aprovechamiento.

En la Sierra Fría también se ha dado el pastoreo extensivo de ganado desde la conquista. El forraje

principal es la cobertura de herbáceas que crecen, bajo el dosel del bosque de pino-encino, durante la temporada de lluvias en el verano. Aunque todavía se practica el pastoreo, el ramoneo por el ganado no ha detenido el rápido reclutamiento de encinos y táscales que se ven ahora en la montaña. Por lo tanto, el ganado, posiblemente más numeroso en el pasado, parece no haber impactado substancialmente el reclutamiento de los árboles del bosque.

Sin embargo, existe poca información sobre la composición y la distribución de especies en los bosques de la Sierra Fría antes de 1900. En base a informes anecdóticos, los propietarios locales así como los guardias de la SEDESOL, creen que los bosques de pinos eran anteriormente más extensos que lo que se ve actualmente. Aunque parece que no existe información histórica de este tipo en los archivos de Aguascalientes (Carlos Ortega, comunicación personal), se debe hacer un esfuerzo para encontrar registros escritos así como fotografías antiguas de la región para documentar la naturaleza de los bosques antiguos de la Sierra Fría. La fotografía se hizo común a partir de 1880 y es posible que existan fotografías históricas de la Sierra Fría antes del periodo de explotación fuerte que se dio entre 1920-50. Una fuente de información pueden ser los archivos de la SARH en la Ciudad de México.

APROVECHAMIENTO DEL BOSQUE DE PINO-ENCINO EN EL SIGLO XX.

En base a las entrevistas realizadas, pudimos saber que entre 1920 y 1950 con la introducción del motor de gasolina, se incrementó la tala de árboles en los bosques de la Sierra Fría con el fin de producir carbón y madera. También se construyeron brechas para facilitar el transporte de productos del bosque hacia la ciudad de Aguascalientes. Este periodo de uso intenso del bosque terminó hacia fines de los 50's con el incremento en la utilización de hidrocarburos, principalmente del gas licuado y el petróleo diáfano, esto redujo drásticamente la necesidad de usar carbón.

Por otro lado, a principios de los 80's comenzó a darse un cambio paulatino en el uso del suelo (Carlos Ortega de León, comunicación personal). Por diversas razones -la gran sequía de 1981 y 1982, la devaluación del peso y la apertura de la frontera a la importación de ganado- la actividad ganadera en la Sierra Fría disminuyó y dio paso a una mayor utilización del suelo con fines de conservación y recreación.

Las fotografías aéreas tomadas en 1942 muestran claramente los impactos del corte de leña; indican que las formaciones de encino formaban

bosques muy abiertos, especialmente en las mesetas. Las fotos también enseñan caminos primitivos construidos dentro de las arboledas más podadas. Sin embargo, la explotación de los bosques no fue general. Permanecían bosques altos, aparentemente no talados, muchos dominados por *Quercus sideroxyla* y *Q. rugosa* en las pendientes fuertes de las barrancas, en la escarpada vertiente occidental, y también en las partes remotas de la montaña como lo fue Monte Grande de Sierra Fría.

Las fotografías de 1942 también revelan que los encinos eran desde escasos hasta comunes en los bosques explotados. Aparentemente, la mayoría de las especies de encino retoñan de la raíz después de cortarse. Esto es característico de las angiospermas de la zona templada. Sin embargo, las coníferas eran muy escasas sobre la mayor parte de la montaña. Posiblemente la cosecha de coníferas eliminó muchos bosquecillos, porque estos árboles no retoñan.

Las fotografías aéreas, así como las observaciones de campo demuestran una densificación de los bosques de pino-encino desde 1942. Algunas tendencias se notaron:

Un rápido aumento de *Juniperus deppeana*. Una alta tasa de reclutamiento de este árbol ocurrió principalmente en las mesetas y en los márgenes del fondo de las cuencas. En nuestro reconocimiento de campo, notamos que la mayoría de los táscales tenían diámetros de menos de 10 cm a la altura del pecho. Las arboledas viejas de *Juniperus deppeana* se encuentran usualmente restringidas a los arroyos, a los márgenes de las cuencas, y el fondo de las barrancas principales. Este fue aparentemente su hábitat natural antes del periodo de fuerte explotación del bosque, es decir, antes de 1940.

Lento reclutamiento y densificación de las poblaciones de varias especies de *Quercus*, particularmente sobre las mesetas. La mayoría del reclutamiento parece haberse dado en *Quercus potosina*, *Q. laeta* y en *Q. eduardi*. En el campo, observamos que muchos encinos tienen buen diámetro, entre 10-40 cm. Muchos árboles parecen haber sido cortados, después hubo un restablecimiento rápido del dosel al retoñar las raíces preexistentes. Pudimos observar individuos jóvenes, de pequeños diámetros, por todas partes del bosque.

Reclutamiento limitado en bosque de pino. Las varias especies de pino en la sierra exhibieron pocos cambios en su distribución y también hubo pocas evidencias de un reclutamiento significativo. Fotos aéreas de 1970 y 1993 muestran alguna

disminución en *Pinus leiophylla* y *P. teocote* probablemente por la fuerte mortandad causada por una plaga de insectos que se dio durante la sequía de 1984 relacionada con el evento de El Niño en Aguascalientes (Siqueiros, 1989). Sin embargo, observamos arbolitos en muchos bosquecillos, pero raramente observamos evidencia de establecimiento de nuevos bosques de pino fuera del rango que se ve en las fotos de 1942. El reclutamiento limitado puede estar relacionado con problemas de dispersión de semilla a largas distancias en los espacios entre los bosques. También observamos abundantes arbolitos a lo largo de la carretera principal. Esto indica que el reclutamiento de pinos es favorecido por el disturbio del suelo; esta es una característica de los pinos amarillos. El reclutamiento a lo largo de caminos puede ser evidencia de que el ganado interfiere en la instalación de los pinos, porque el ganado se excluye de los caminos. Por otro lado, si hay reclutamiento de pinos en los bosques existentes, esto indica que esos árboles pueden establecerse aún con el pastoreo.

Pocos cambios en la distribución y cobertura de chaparral de *Arctostaphylos pungens*. Densas poblaciones en Monte Grande, la escarpadura occidental, y otros sitios accidentados tuvieron distribuciones casi idénticas en 1942 y 1993. Algunas poblaciones cerca de Monte Grande tienen talla baja y cobertura abierta debido a incendios que ocurrieron entre las décadas de los 20's y la de los 50's. Debido a estos incendios, así como a otros ocurridos en la Sierra Fría, el chaparral se ha densificado desde entonces a través de procesos sucesionales. Los propietarios de la Sierra indican que el bosque de pino pudo haber cubierto alguna vez la región de Monte Grande, pero fueron eliminados por la tala y el fuego. Sin embargo, las fotos aéreas de 1942 no muestran evidencias de la existencia de bosques de pino en este lugar, más bien muestran que estas pendientes estaban cubiertas de chaparral antes de los incendios. Ocasionalmente se da el reclutamiento de *Arctostaphylos pungens* en el bosque de pino-encino, pero el aumento en la densidad de *Arctostaphylos pungens* es mucho menor que el aumento en la densidad de *Juniperus deppeana* o *Quercus spp.*

MODELO PRELIMINAR DE LA DINAMICA DE BOSQUES EN LA SIERRA FRÍA

El manejo sustentable de los ecosistemas forestales requiere conocer los procesos físicos y biológicos que influyen sobre su distribución, fisonomía y composición de especies. Si suponemos que el clima regional permanece estable, entonces los procesos biológicos se desarrollarían de tal manera que la vegetación debería experimentar una relativa

estabilidad. Nuestras observaciones preliminares, así como el examen de las fotografías aéreas, indican que no existe tal equilibrio en los bosques de pino-encino de la Sierra Fría. Aunque el desequilibrio actual indudablemente refleja el aprovechamiento reciente de los bosques, también pensamos que los cambios recientes reflejan la falta de incendios como un disturbio natural en la Sierra.

En ecosistemas propensos al fuego, los bosques tienden a desarrollar una dinámica de equilibrio en el movimiento de sus poblaciones, relacionada con los disturbios naturales ocurridos a lo largo de escalas de tiempo ecológicas. En regiones donde existe una estación de sequía, como es el caso de Aguascalientes, los incendios forman parte de un proceso natural del medio ambiente. Esto se debe a que la vegetación se seca durante la temporada de sequía y se convierte en material combustible propenso a ser consumido por el fuego. Además, porque la productividad vegetal no es igual a la descomposición, se da una neta acumulación de combustible en el largo plazo.

Es ampliamente reconocido que los regímenes de incendio (éstos se describen por la frecuencia y tamaño de los incendios, así como por los intervalos de retorno de los mismos y los daños a la vegetación) varían a lo largo de los gradientes ambientales en respuesta a factores tales como el clima, la forma del terreno y la estructura de la vegetación. Entonces, los gradientes ambientales pueden ser factores selectivos en la distribución de las especies del bosque. Esto dependerá de las modalidades de adaptación de cada especie (Mooney et al, 1981; Pickett y White, 1985; Shugar, 1984). El papel de los incendios en la distribución de los bosques puede ser visto como un balance, que cambia espacialmente, entre las fuerzas de combustión que remueven la biomasa, y los procesos biológicos de establecimiento y crecimiento. En cualquier sitio específico, las especies de arbustos y árboles estarán adaptadas al fuego siempre y cuando se puedan instalar hasta la madurez reproductora y establecer descendencia dentro de la frecuencia de los eventos que afectan las poblaciones.

Podríamos suponer que en la Sierra Fría, la productividad durante el periodo de lluvias de verano es balanceado por las altas tasas de descomposición debido a las temperaturas cálidas y la alta humedad que proveen un ambiente óptimo para los organismos descomponedores. Sin embargo, durante el invierno la descomposición de la biomasa se ve limitada por el clima frío y seco. El potencial de incendios alcanza su máxima expresión a fines de primavera (antes de la llegada del monzón) porque la vegetación seca tiene el estrés adicional del incremento de la temperatura.

En base a las propiedades que caracterizan a la vegetación en cuanto a combustible, hábitat, y atributos de su historia de vida, (Noble y Slatyer, 1980) de las especies dominantes o de especies muy relacionadas reportadas en otras partes, hipotetizamos dos modelos de regímenes de incendio; uno para el bosque de pino-encino, y otro para el chaparral de *Arctostaphylos pungens*. El primer modelo trata de explicar la actual tendencia de desequilibrio en la vegetación del bosque de pino-encino.

MODELO DE INCENDIOS PARA EL BOSQUE DE PINO-ENCINO

Antes de la conquista, la presión del pastoreo era baja y los bosques de pino-encino sostenían una fuerte cobertura de herbáceas durante la estación húmeda de verano. La desecación de la cobertura herbácea proveía combustible inflamable que podía alimentar incendios periódicos bajo la copa de los árboles. Los intervalos entre incendios dependían de la tasa local de igniciones, éstos eran posiblemente de entre 10 y 60 años. Los incendios de baja intensidad se veían favorecidos por el limitado relieve que presentan las mesetas (los fuegos intensos de tipo orográfico son poco probables en terrenos planos). Las diferentes especies de *Quercus* tienen copas arbóreas y corteza gruesa, características necesarias para sobrevivir a los incendios superficiales. Estos árboles también retoñan de la corona de la raíz. Igualmente, todas las especies de *Pinus*, que no sobreviven cuando los incendios alcanzan la copa, tienen la corteza suficientemente gruesa para sobrevivir los incendios superficiales sin daños al cambium. Si los bosques de pinos eran anteriormente extensos, entonces la camilla de agujas de pinos alimentaba los incendios superficiales. Los incendios superficiales pudieron haber eliminado selectivamente a los pinos jóvenes y favorecido los bosques abiertos de pinos adultos; esta situación fue una característica distintiva en los bosques de pinos amarillos del oeste de los E.U. (Wright y Bailey, 1982). Sin embargo, los incendios superficiales matarían una gran parte de las poblaciones de *Juniperus deppeana* y *Arctostaphylos pungens*, las cuales tienen una estatura baja que asegura la quema del dosel y además no retoñan. *Juniperus deppeana* puede haber sobrevivido en las barrancas protegidas del incendio, donde actualmente se ven arboledas viejas de esa especie. Suponiendo que los bosques de pino eran más extensos anteriormente, la antigua presión del pastoreo (antes de 1920) probablemente no fue suficiente para impedir los incendios, dado que éstos podían correr sobre la camilla de pinos, ya que éste no es consumido por los animales.

Una vez pasado el incendio, la sucesión puede haber progresado en una forma parecida a la que se ve hoy en día. Después del incendio, hay una instalación gradual de *Arctostaphylos pungens*, *Juniperus deppeana*, *Arbutus spp.*, *Quercus spp.* y *Pinus spp.* a través de semilla dispersada por el viento o almacenada por las aves o fauna menor. Los incendios de baja intensidad en los zacatales desfavorecen el reclutamiento inmediato de *Arctostaphylos pungens*, el cual requiere de un fuego intenso con altas temperaturas para iniciar la germinación, una vez que la semilla ha sido escarificada. Las poblaciones gradualmente se densifican en las siguientes décadas, y los bosques cerrados, tal y como se ven actualmente en las vertientes orientadas al norte de muchas de las barrancas, pueden incluso suprimir el desarrollo de la cobertura herbácea. La comparación de las fotos aéreas de 1970 con las de 1993 muestra una alta mortandad en el bosque de pino, especialmente *Pinus leiophylla*, debido a la sequía de 1984. Creemos que este acontecimiento es una perturbación natural porque la fuerte sequía periódica inevitablemente resulta en una alta susceptibilidad de los pinos al ataque del barrenador.

Los disturbios ocasionados por la fuerte explotación del bosque de pino-encino ocurrida durante el periodo que comprende los años 1920-1950, en combinación con el alargamiento de los intervalos entre incendios y con la remoción del combustible que representan las plantas herbáceas debido al pastoreo, pudieron haber favorecido la inusual y rápida invasión de *Juniperus deppeana*. Para saber si el reclutamiento de otras especies se ve limitado por el pastoreo, se requieren experimentos que utilicen exclusiones por periodos largos. El reclutamiento de pinos es pobre, debido posiblemente a la falta de disturbios ocasionados por incendios, los cuales son necesarios para producir las condiciones apropiadas en el suelo para el establecimiento de los árboles.

Las tendencias actuales de densificación de los bosques de pino-encino son un presagio en la conformación, en un futuro no muy lejano, de un patrón de incendios de copa. En este tipo de incendios, se quema la mayor parte de la biomasa aérea, a diferencia de los incendios superficiales donde sólo es consumido el combustible que existe sobre la superficie del suelo. Estos incendios pueden provocar secuencias sucesionales atípicas. Por ejemplo, las altas intensidades que alcanza el fuego pudieran causar una alta mortandad en pinos y encinos, que resultaría en un reclutamiento más alto de lo normal en especies como *Arctostaphylos pungens*, debido a la escarificación que de esta semilla provoca el fuego. Los incendios de

copa pueden resultar en la destrucción del bosque de pino-encino y promover la instalación del chaparral de *Arctostaphylos pungens*.

MODELO DE INCENDIOS EN EL CHAPARRAL

Partimos del supuesto de que el chaparral dominado por *Arctostaphylos pungens* debe tener un régimen de incendios auto regulado, en el cual la ocurrencia de incendios está regulada por la acumulación de biomasa-combustible. Debido a que una proporción significativa de la producción se incorpora en biomasa no inflamable, existe un retraso entre la acumulación de combustible y el incendio. Esto da como resultado que el incendio está biológicamente controlado, se limita a sí mismo y por lo tanto depende del tiempo (Minnich y Chou, en revisión). Debido a que la probabilidad de un incendio aumenta con la edad de la población, la mayoría de las poblaciones que se queman son viejas. La acumulación de biomasa-combustible es lenta, y por lo tanto los intervalos entre incendios son largos, posiblemente entre 60 y 100 años.

Las poblaciones densas y contiguas de chaparral dan lugar a incendios de copa (esto se confirma en las fotografías aéreas de 1942 y 1956), en los cuales se quema la mayor parte de la biomasa aérea. Las altas intensidades que alcanza el fuego son favorecidas por las fuertes pendientes del terreno donde típicamente crece el chaparral.

La sucesión que se da posterior al incendio es dominada por una fuerte instalación de plantulas de *Arctostaphylos pungens* y de rebrotes de *Quercus spp*, *Arbutus spp*, y *Comaerostaphylos polifolia*. Las especies de pinos no son exitosas en este ecosistema debido a que las altas intensidades que alcanza el fuego queman los árboles, y el reclutamiento de los pinos se inhibe debido al rápido establecimiento de los arbustos

después del incendio. En los cañones y vertientes orientadas al norte se pueden encontrar bosques aislados de pinos que no tienen fuerte cobertura de chaparral. Los incendios en el chaparral no son actualmente muy grandes (generalmente menores a 2000 ha), sin embargo, la política de supresión de incendios recientemente implementada podría eventualmente causar incendios más grandes y más intensos debido a la reducción de la frecuencia de los incendios y al aumento en la homogeneidad de las poblaciones, particularmente en dos aspectos, son poblaciones viejas e inflamables (Minnich, 1983; Minnich, en revisión).

CONCLUSION

El análisis de 4 series de fotografías aéreas, tomadas en los años 1942, 1956, 1970 y 1993, sobre la Sierra Fría, nos ha permitido observar, de manera preliminar, las siguientes tendencias en la vegetación en general la cubierta vegetal presenta una clara tendencia hacia una mayor cobertura del suelo, hacia una mayor densidad. En particular el táscate, *Juniperus deppeana*, presenta una alta tasa de reclutamiento. El encino también se ha extendido aunque en forma más lenta. En cambio, el pino ha tenido un reclutamiento limitado y el chaparral también parece ser estable.

El manejo sustentable de estos ecosistemas requiere de investigación científica orientada al estudio de su estructura y dinámica. En lo inmediato, se requieren mapas detallados de la vegetación y en consecuencia es necesario un vuelo para tomar fotografías a colores. Por medio de las fotografías aéreas y los sistemas de información geográfica, es posible reconstruir cuantitativamente los cambios en la distribución de especies y la dinámica de poblaciones, así como la historia de los incendios en la región.

REFERENCIAS

- Barbour, M. G. and Major, J. (eds) 1988. Terrestrial Vegetation of California. California Botanical Society.
- De la Cerda Lemus, M. 1989. Encinos de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Minnich, R. A. 1983. Fire mosaics in southern California and northern Baja California. Science 219: 1287-1294.
- Minnich, R. A. and Chou, Y. H. (in review). Autogenic woodland fire patch dynamics in the Californian chaparral of southern California and northern Baja California. International journal of Geographic Research.
- Mooney, H. A. et al., techh, coords, 1981. Fire Regimes and Ecosystem Properties. Proc. of the Conf., pp 7-57. U.S.D.A. For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-26.
- Noble, I. R. 1980 and Statyer, R. O.. The use of vital attributes to predict sucesional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. Vegetation 43:1-12.
- Pickett, S.T.A. and White, P. S. 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics Academic press, New York.
- Shugart, H. H. 1984. A Theory of Forest Dynamics: The ecological implications of forest succession models. Springer-Verlag, New York.
- Siqueiros Delgado, M. 1989. Coníferas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Wright, H. E. and Bailey, A. W. 1982. Fire Ecology, United States and Canada. Wiley, New York.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al gobierno del Estado de Aguascalientes y al Consejo Nacional de la Fauna de Aguascalientes todo el apoyo y facilidades que nos brindaron, sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo.