

En numerosas culturas el fuego tiene un importante papel. Cuenta el mito griego que Prometeo entregó el fuego del conocimiento a los hombres provocando la ira de Zeus quien lo condenó a ser encadenado y sistemáticamente torturado por un águila. Los zoroastras, descendientes de una secta religiosa de la antigua Persia, lo adoraban como símbolo de pureza. Para su profeta, Zaratustra, la llama encarnaba al espíritu puro y sabio, lo cual coincide con la representación del Espíritu Santo de los católicos, aunque en la Biblia el fuego también simboliza el castigo divino, en la mítica destrucción de Sodoma y Gomorra Dios hizo llover azufre ardiendo y fuego. En México, los mexicas adoraban a Huehuetéotl, el dios del fuego, quien era el encargado de cuidar el equilibrio del cosmos y se le representaba como un anciano soportando el peso de un bracero que simboliza un volcán.

Los incendios son tan antiguos como la vegetación terrestre. Frecuentemente, el hombre primitivo se enfrentó al fuego y su domesticación constituyó un gran logro que se registra en todas las culturas conocidas. El ser humano es el único organismo que maneja el fuego, lo cual lo distingue de los demás animales. Es el primer tipo de energía que pudo controlar, para usarlo como fuente de calor, para cocinar sus alimentos e iluminar su entorno. La domesticación del fuego fue la primera gran transición ecológica que produjeron los humanos, pero su utilización es un arma de dos filos, pues si se hace con descuido puede ocasionar graves daños.

Desde el punto de vista ecológico, el fuego constituye un disturbio; esto es, un evento súbito que daña a los organismos de una comunidad, dejando espacios abiertos para que otros seres vivos lo colonicen. La perturbación que provoca el fuego en las comunidades consiste en la reducción de la biomasa de algunas plantas y la muerte de otras, así como de animales y hongos.

Los humanos han afectado el régimen de incendios en el planeta. Directamente, al usar el fuego para preparar el terreno agrícola, favoreciéndolos por descuido; o indirectamente, introduciendo especies exóticas en los ecosistemas. Por ejemplo, la introducción de ganado en



El cuarto elemento y los seres vivos



ecología del fuego

Sonia Juárez Orozco y Zenón Cano Santana



los bosques de *Pinus ponderosa* disminuye la frecuencia natural de incendios, mientras que la de pinos en los matorrales xerófilos de Sudáfrica la incrementa.

Muchas características de algunos ecosistemas y organismos se explican por la acción del fuego. Se sugiere que la baja densidad de árboles que caracteriza los pastizales y sabanas se debe, parcialmente, a la presencia de recurrentes incendios. Los chaparrales típicos de climas mediterráneos, que también experimentan frecuentes incendios, albergan especies vegetales que cuentan con tubérculos y cortezas gruesas que les permiten sobrevivir al fuego. Sin embargo, existe una gran variedad de ecosistemas que no responden de la misma forma ante este tipo de disturbios. En los ambientes desérticos, por ejemplo, sólo sobrevive 35% de los cactus columnares sometidos al fuego.

Para que se produzca un incendio deben combinarse calor, combustible y oxígeno. La combustión libera bióxido de carbono, vapor de agua y energía, por lo que esta reacción es inversa a la de la fotosíntesis. En los ecosistemas terrestres es muy fácil que se inicie un incendio por la existencia de una gran variedad de materiales combustibles, como la materia viva y muerta contenida en ramas, hojarasca, troncos, pastos, dosel de los árboles y heces. Asimismo, se registran muchas fuentes de calor —sol, rayos, lava, chispas y actividades humanas— y nues-

tra atmósfera tiene una alta concentración de oxígeno, calculada en 20 por ciento.

Los incendios pueden clasificarse en superficiales, subterráneos o de copa. Los primeros son los que se propagan horizontalmente sobre un terreno, consumiendo el estrato bajo de la vegetación. Los subterráneos, se propagan bajo el suelo por la acumulación y compactación del combustible, que suele consistir en mantillo y raíces. Los de copa o aéreos alcanzan el dosel de los bosques y por lo general son muy destructivos y difíciles de controlar.

De acuerdo con su origen, los incendios también se clasifican en naturales y artificiales. En los naturales no interviene el ser humano, son provocados por los rayos, las erupciones volcánicas, la producción de chispas durante un choque de rocas y la combustión espontánea de materia vegetal o compuestos volátiles e inflamables despididos por ciertas plantas en las horas de mayor calor. Por su parte, los artificiales están asociados con las actividades humanas, entre las que se encuentran las chispas producidas por los ferrocarriles, las hogueras, los fumadores, la quema no controlada de desechos o la realizada con fines agropecuarios y los incendios intencionales. Relacionados indirectamente con las actividades humanas, están los producidos por la combustión espontánea de materiales de desecho inflamables, domésticos e industriales, los ocasionados por la introducción de especies exóticas pirófilas —las que necesitan o se benefician de los efectos del fuego—, como los pastos, los eucaliptos y los pinos; y los que se originan por la concentración de energía solar producida por los objetos de vidrio depositados en zonas naturales.

Efectos del fuego

Los incendios producen cambios en los rasgos físicos y químicos del ambiente. Por ejemplo, el contenido de muchos nutrimentos aumenta por la liberación de cenizas durante la combustión; sin embargo, con temperaturas tan altas, el nitrógeno y la materia orgánica se volatilizan. Asimismo, un incendio puede cambiar la acidez del suelo en ambos sentidos, haciéndolo más ácido o más alcalino. Por otro lado, al quemarse la cubierta vegetal hay mayor incidencia de radiación solar, lo que provoca un drástico incremento de temperatura al nivel del suelo, aumenta la velocidad viento y disminuye la humedad.

Las plantas sufren dos tipos de daños por efecto del fuego: los directos, asociados con la desnaturalización de pro-

teínas y la alteración en la movilidad de los lípidos, y los indirectos, que se derivan de los efectos del calor sobre el metabolismo. La posibilidad de que una planta muera depende del grado del daño, ya que su crecimiento modular les permite regenerarse cuando algunos de sus módulos no están quemados.

En este sentido, las plantas más grandes son las que tienen mayor posibilidad de sobrevivir. También, la presencia de bulbos, macollos —tallos, flores o espigas que nacen justos—, lignotubérculos o cortezas gruesas, así como follaje resistente al fuego y semillas de testa dura, les permite sobrevivir. Algunos pastos son resistentes al fuego porque poseen rizomas que se encuentran protegidos bajo el suelo. Un ejemplo de adaptación extrema es el de las coníferas de las especies *Pinus banksiana*, *P. contorta*, *P. clausa*, *P. leiophylla*, *Cupressus sargentii* y *Picea americana* que presentan conos serotinos —los cuales permanecen cerrados durante largo tiempo— y que requieren del calor producido por el fuego para liberar sus semillas. Asimismo, existen otras plantas cuya presencia favorecen los incendios en el ecosistema, como el pasto *Aristida stricta*, la maleza del fuego *Epilobium angustifolium*, algunos

pinos, los eucaliptos, el álamo *Populus tremuloides* y las secuoyas.

Después de un incendio, las plantas sobrevivientes regeneran sus órganos y recolonizan el territorio por medio de semillas. El clima y la herbivoría son factores claves que determinan el establecimiento de las plantas. La lluvia favorece el crecimiento vegetal, en tanto que los herbívoros pueden desaparecer por el fuego, o bien, el surgimiento de nuevos rebrotes los atrae, lo cual aumenta o reduce las posibilidades de supervivencia de las plantas, respectivamente. La primera opción hace que la quema de áreas para la ganadería sea tan popular, se eliminan insectos nocivos y hay hierba fresca y nutritiva después de la quema, además de que la zona se libera de garrapatas, moscas parásitas y competidores.

También se reportan respuestas positivas de las plantas después de un incendio, asociadas al incremento de la productividad primaria —esto es, la tasa de fijación de materia o energía por parte de las plantas—, de la floración, la dispersión de semillas, la germinación y del establecimiento de las plántulas. La productividad primaria aumenta por la alta disponibilidad de nutrientes y el rápido



calentamiento del suelo debido al color negro que le confiere las cenizas, las cuales estimulan el crecimiento vegetal.

Los animales, a diferencia de las plantas, no resisten las elevadas temperaturas que se experimentan durante un incendio, pues además del daño que sufren sus órganos, la inhalación de humo dificulta su respiración y pueden morir por asfixia. Sus principales mecanismos para no sucumbir en un incendio son escapar o esconderse en madrigueras, islas de vegetación no afectadas por el fuego o al interior de cuerpos de agua. Por lo general, los animales grandes huyen, mientras que los pequeños buscan refugio.

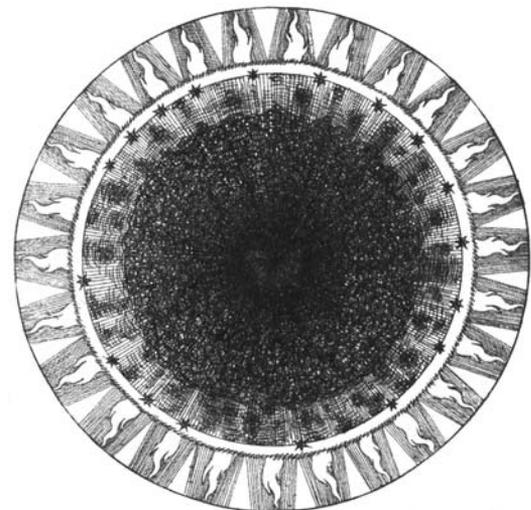
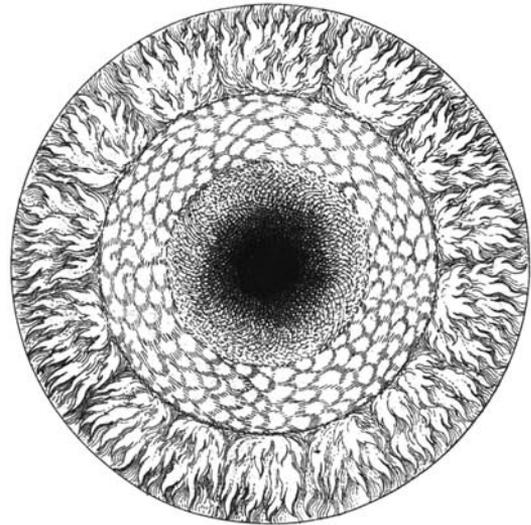
Después de un incendio, los animales encuentran su ambiente sumamente alterado. La vegetación que provee de espacio, alimento y protección se reduce o desaparece. La mayor parte de los cambios no los favorecen; pero, a pesar de esto, se mejora la calidad y cantidad de alimento disponible y disminuye la incidencia de parásitos. Se ha registrado que las comunidades de saltamontes, grillos, cucarachas y arañas se recuperan rápidamente.

La situación actual en México

En México, que ocupa el octavo lugar entre los países que pierden sus bosques por causa de los incendios, 90% de ellos son superficiales y muchos ocurren en épocas de mayor estiaje. En la década de los noventa se registraron 7 839 incendios por año, los cuales consumieron 267 mil hectáreas anualmente. Las causas cambian según la región: en el centro del país es la quema de pastos y las fogatas, en el sureste, la práctica de la roza, tumba y quema para preparar zonas de vegetación natural para el cultivo.

Los incendios forestales provocan diversos daños en los ecosistemas mexicanos, como la destrucción de madera, el aumento de zonas erosionadas que limitan la infiltración de agua al subsuelo, la destrucción del hábitat de la fauna silvestre, la generación de contaminantes atmosféricos que contribuyen al calentamiento global y la reducción de la belleza del paisaje. Asimismo, conllevan negativos efectos económicos y sociales. Si bien es cierto que los incendios naturales son parte importante de la dinámica de algunos ecosistemas, no ocurre lo mismo con los frecuentes incendios de origen antrópico.

Un año catastrófico fue 1998, cuando 14 445 incendios fueron registrados, los cuales afectaron 850 mil hectáreas. Su envergadura fue tal, que alcanzaron veinte entidades federativas de México y algunos países de Centroamérica; entre el 14 y el 20 de mayo de ese año se detectó una bruma



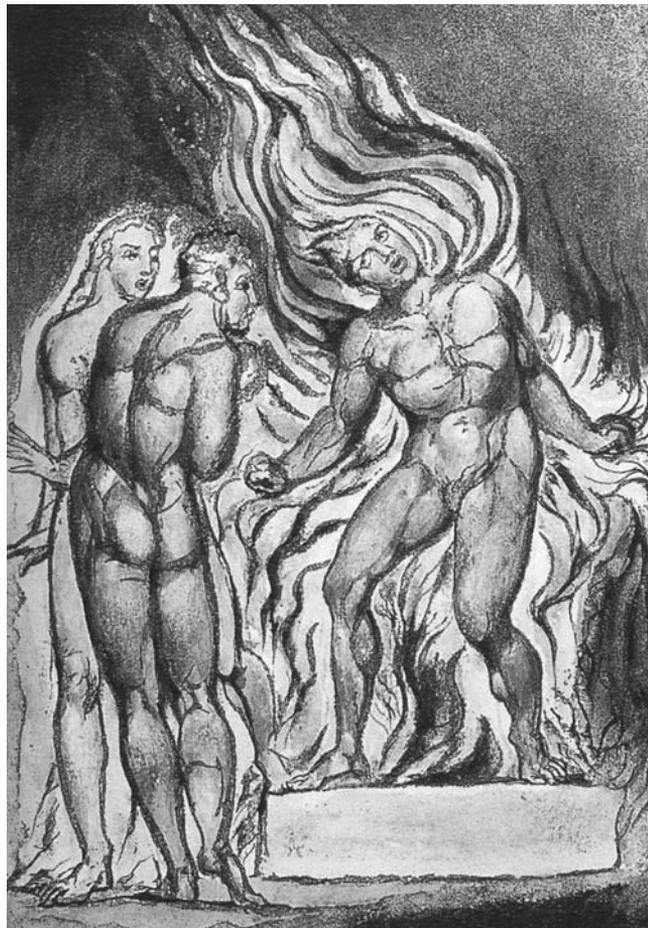
espesa producto de las partículas liberadas por esos incendios, que se extendió hasta Texas y Florida, donde se decretaron medidas sanitarias y de contingencia ambiental.

Para combatir este tipo de incendios es necesaria la capacitación en técnicas de control de incendios para proteger los bienes y las vidas de quienes los combaten. Durante 1998, por ejemplo, se registró la muerte de setenta personas durante acciones de control de incendios forestales en el país. Por otra parte, es importante conocer la relación entre la acumulación de combustibles y la probabilidad de que ocurra un incendio. Los de baja intensidad deben ser permitidos y aun prescritos artificialmente, porque impiden que se acumulen grandes cantidades de combustible, lo que ha causado los mayores desastres producidos por incendios. Ese fue el caso del incendio ocurrido en el Parque Nacional Yellowstone en julio de 1988, en el cual se quemaron 450 000 hectáreas de bosque, porque desde 1872 se implantó un estricto control que permitió la acumulación de gran cantidad de materia combustible. Actualmente, se sabe que los incendios que asolan la península de Yucatán están relacionados con el paso previo de un huracán sobre las selvas, el cual ocasiona la caída de hojas y ramas leñosas.

La prescripción de quemas ligeras y periódicas tienen numerosas ventajas, como la disminución de riesgos para el ser humano, las plantas y los animales, la reducción de la pérdida de suelos, el control de plagas y enfermedades, la eliminación de combustibles, el control de la vegetación dominante y competitiva, la protección del banco de semillas, el mantenimiento de la diversidad, la estimulación de plantas de interés económico —como los pinos y los zacates— y el mejoramiento de la calidad del forraje. La prescripción de quemas ligeras puede ir acompañada con el retiro de los restos leñosos y de la vegetación exótica, como los eucaliptos y los pastos que incrementan el riesgo de incendios. También es necesario estudiar con detenimiento la posibilidad de usar brechas corta-fuego en ecosistemas donde ocurran incendios frecuentes y donde no existan posibilidades de invasiones por parte de comunidades humanas. No obstante, todas las acciones de control y manejo del fuego deben estudiarse profundamente y aplicarse con suma cautela.

El Pedregal de San Ángel

En la ciudad de México, la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, que cuenta con una



vegetación tipo matorral xerófilo única en el país por su estructura y composición biótica, se asienta sobre un sustrato rocoso basáltico originado hace 2 000 años por los derrames del volcán Xitle y de conos adyacentes. La actividad volcánica ocasionó una alta heterogeneidad geomorfológica, aunque en algunas zonas se pueden apreciar sitios planos. La extensión original del derrame fue de 80 kilómetros cuadrados, de los cuales 2.37 fueron decretados como Reserva Ecológica en 1983. En este sitio domina un estrato herbáceo y uno arbustivo, aunque también se encuentran elementos arbóreos de menos de siete metros de altura. La flora de este particular ecosistema cuenta con más de 300 especies de plantas vasculares, entre las que se encuentra la especie endémica *Mammillaria haageana* var. *san-angelensis*, conocida como biznaga de chilito, mientras que la fauna la componen artrópodos, moluscos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Por ejemplo, salamandras, víboras de cascabel, colibríes, zorrillos, tlacuaches, liebres, cacomixtles y zorras grises sobreviven dentro de la gran megalópolis.

En la Reserva, los incendios ocurren principalmente en la época de secas —entre febrero y abril— y, a pesar de ser un área natural protegida, la mayoría son de origen artificial. Entre 1992 y 1997, se reportaron 455 incendios en la zona de la reserva ecológica y las aledañas de vegetación natural. Es muy probable que la frecuencia de incendios en este ecosistema se haya incrementado como consecuencia de la fragmentación y la reducción del área, lo que origina un mayor impacto de las actividades humanas que favorecen la producción de incendios, como el pisoteo, la introducción de especies exóticas pirófilas —como los eucaliptos y el pasto kikuyo—, las fogatas, las colillas de cigarros y la acumulación de basura doméstica inflamable —papel, cartón, plásticos y madera.

El Pedregal de San Ángel es un ecosistema donde se acumula una gran cantidad de combustible en forma de materia vegetal muerta, la cual se deposita en el suelo o permanece en pie. Pero a pesar del gran número de incendios que ocurren dentro de la zona, existen pocos estudios acerca del origen y efecto del fuego sobre la comunidad biótica. De hecho, hasta la fecha sólo existen cinco investigaciones que analizan los incendios en este ecosistema.

Los incendios se producen en la temporada más seca del año, cuando muchas especies de plantas se encuentran en estado latente como bulbos, tubérculos, meristemos —que son tejidos cuyas células pueden dividirse y

originar los otros tejidos de la planta— enterrados y semillas, y mucha materia orgánica seca se encuentra almacenada en el mantillo, que en esas fechas alberga en promedio un kilogramo y medio de materia muerta por metro cuadrado.

En 2001, Martínez Mateos registró que después de un incendio ocurrido en febrero de 1998, la cobertura vegetal disminuyó hasta en 12% y que la temperatura máxima del aire al nivel del suelo alcanzó 26.1 °C, mientras que en las zonas no quemadas era de sólo 16.4 °C. Después del incendio, únicamente detectó 15 especies de plantas con tejidos aéreos. Entre las especies que crecen en la reserva medio año después del incendio, 73% son perennes y rebrotan a partir de bulbos, tubérculos, meristemos subterráneos y tallos semienterrados; en tanto que el restante 27% son hierbas anuales que se reclutan a partir de semillas. Por su parte, en 1998, Cano Santana y León Rico observaron que la cobertura vegetal se incrementa rápidamente entre abril —que es cuando ocurrió el incendio estudiado— y octubre, y que el fuego reduce la cobertura de los árboles y los arbustos provocando que la comunidad vegetal retroceda en el proceso sucesional. Tres años más tarde, Martínez Orea encontró que el número de semillas viables y la riqueza específica en semillas se reducen después de un incendio, pues en los sitios quemados registró 33 o 34 especies y 22 o 23 plántulas en 300 gramos



de suelo, mientras que en los no quemados, entre 36 y 43 especies y de 55 a 108 plántulas en la misma cantidad de suelo.

Recientemente Juárez-Orozco encontró que después de siete meses de ocurrido un incendio, en el sitio quemado se registra una biomasa aérea en el estrato herbáceo tres veces más alta que en un sitio adyacente no quemado. En el primero, la diversidad vegetal, siete meses después del incendio, es baja por la gran dominancia, en términos de biomasa, del zacatón *Muhlenbergia robusta* y del bejuco *Cissus sycoides*. En ese momento, en el sitio que se quemó se encontró un tercio de la densidad de artrópodos epífitos registrada en el sitio no quemado.

Finalmente, en 2006 Vivar Evans y sus colaboradores encontraron que las semillas de *Dahlia coccinea* pueden tolerar o incluso ser favorecidas por incendios de baja intensidad. Ellos sugieren que la alta heterogeneidad del sustrato del Pedregal de San Ángel permite la presencia de microhábitats donde las semillas pueden mantener su viabilidad.

Las evidencias observadas sugieren que el ecosistema que alberga esta reserva ecológica es resiliente al fuego, es decir, muestra una alta velocidad de recuperación después del siniestro. Sin embargo, es necesario considerar que el fuego reduce la diversidad de un hábitat, ya que algunos elementos de la flora, como *Senecio praecox* y los helechos, así como los artrópodos, son afectados negativamente. De igual forma, hay que reconocer que se ha estudiado poco la forma como los incendios dañan a los vertebrados, durante un incendio se han escuchado los chillidos de los mamíferos que se esconden en las grietas subterráneas.

Nuestras observaciones de campo nos permiten sugerir que en los sitios de topografía plana, donde domina el zacatón *Muhlenbergia robusta*, los incendios pueden ser más frecuentes por la naturaleza pirófila de esta especie y la baja densidad de árboles, por lo que las temperaturas son más altas y los niveles de humedad muy bajos. Lo contrario ocurre en los sitios de topografía accidentada, donde se establece un estrato arbóreo bien definido.

Para acrecentar nuestros conocimientos acerca de los incendios en este ecosistema, sería de gran utilidad contar con el registro de las zonas específicas que se queman año con año, de la duración e intensidad de los incendios, en términos del calor producido o de las temperaturas registradas, así como del factor de inicio y las temperaturas de ignición de los distintos materiales.

Conclusiones

El papel del fuego es complicado, pues tiene efectos positivos y negativos, dependiendo de las características del incendio y de las adaptaciones de las especies. Existen ecosistemas en los que los incendios son raros y otros en los que son parte integral de su funcionamiento. En México, hay pocos estudios acerca del papel del fuego en sus ecosistemas, de allí la importancia de hacer investigaciones en ecología del fuego para mejorar la protección de nuestros recursos naturales y enfrentar el problema de su control. Además, debemos conocer cuáles ecosistemas tienen relación con el fuego y en cuáles aplicar quemadas controladas.

El fuego puede tener consecuencias ambientales, económicas y sociales indeseables si se sale de control. El adecuado manejo de los incendios en el país resulta fundamental para proteger los ecosistemas terrestres y los servicios ambientales que nos prestan, así como para salvaguardar los bienes de la población y evitar pérdidas humanas.

El control de incendios en los ecosistemas naturales debe iniciar con medidas preventivas. En el caso de la Reserva Ecológica de Ciudad Universitaria, es recomendable el control de los accesos de visitantes, establecer una estricta vigilancia sobre las personas que tiran escombros, desechos de jardinería y basura doméstica, implementar jornadas de limpieza y acciones de control de plantas exóticas —en este caso, eucaliptos y el pasto kikuyo—, impulsar jornadas permanentes de educación para la comunidad universitaria y sus visitantes, y fortalecer las acciones de control de los incendios artificiales. Estas actividades pre-



ventivas podrían aplicarse en otras zonas de vegetación natural susceptibles de quemarse.

Epílogo

Los filósofos presocráticos pensaban que toda la materia estaba constituida por cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Heráclito afirmó que el principio de todas las cosas era el fuego, el cual representaba el movimiento y el

cambio que describe nuestra realidad. El fuego es destrucción, pero también renovación. Sin aire, tierra y agua no hay vida.

El fuego, el temible cuarto elemento, seguirá persistiendo en los ecosistemas terrestres y por ello es fundamental conocer los beneficios y los daños que ocasionan, y qué tan rápido es capaz un ecosistema de recuperarse, todo ello para predecir mejor los cambios que sufrirían los otros tres elementos vitales. ☪



Sonia Juárez Orozco y Zenón Cano Santana
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Marco Romero su asistencia técnica. A la Dirección General de Servicios Generales de la UNAM la información sobre los incendios en Ciudad Universitaria y a Leticia Valencia su revisión bibliográfica. A Vania Chagoya Lizama y a Víctor López Gómez les agradecemos la revisión del texto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Böhme, G. y H. Böhme. 1996. *Fuego, agua, tierra y aire: Una historia cultural de los elementos*. Herder, Barcelona.

Cano Santana, Z. y R. León Rico. 1998. "Regeneración de la vegetación después de un incendio en

una comunidad sucesional temprana de la Ciudad de México", en *Libro de resúmenes*. P. Magaña (ed.), VII Congreso Latinoamericano de Botánica y XIV Congreso Latinoamericano de Botánica, Sociedad Botánica de México, México, D.F., p. 125.

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. 2005. www.conafor.gob.mx.

Juárez Orozco, S. M. 2005. Efectos del fuego y la herbivoría sobre la biomasa aérea del estrato herbáceo de la Reserva del Pedregal de San Ángel. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.

Martínez Mateos, A. E. 2001. Regeneración natural después de un disturbio por fuego en dos microambientes contrastantes de la reserva ecológica El Pedregal de San Ángel. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.

Martínez Orea, Y. 2001. *Efecto del fuego sobre el banco de semillas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM.

Vivar-Evans, S., V. L. Barradas, M. E. Sánchez Coronado, A. Gamboa de Buen y A. Orozco Segovia. 2006. "Ecophysiology of seed germination of wild *Dahlia coccinea* (Asteraceae) in a spatially heterogeneous fire-prone habitat", en *Acta Oecologica*, núm. 29, pp. 187-195.

Whelan, R. J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press, Cambridge.

IMÁGENES

Pp. 4 y 5: Roberto S. Echaurren Matta. *Sin título*, 1950. P. 6: W. Blake. *El Libro de Urizen*, 1794. P. 7: John Martin. *The Great Day of His Wrath*, 1854. P. 8: Robert Fludd. *Utriusque Cosmi*, tomo I, 1617; Leopoldo Flores. *El Cosmovitral*. P. 9: W. Blake. *Milton*, 1804-1820. P. 10: Richard Misrach. *Desert Fire*, #249, 1985. P. 11: Félix González-Torres. *Untitled* (Lovers-Paris), 1993. P. 12: Goossen Van Vreeswijk. *De Roode Leeuw*, 1672.

Palabras clave: combustibles, ecología del fuego, Pedregal de San Ángel.

Key words: fuel, fire ecology, Pedregal de San Ángel.

Resumen: El fuego guarda una estrecha relación con los fenómenos naturales, los elementos abióticos y bióticos del ecosistema y el hombre. Se enfatizan los estudios sobre incendios en México, así como en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria.

Abstract: Fire natural phenomena, biotic and abiotic factors, and man are in a close relationship. We emphasize fire studies in Mexico, as well as in the Pedregal de San Ángel of Ciudad Universitaria ecological preserve.

Sonia Juárez Orozco es bióloga por la Facultad de Ciencias, UNAM. Estudia ecología del fuego y los factores de riesgo de incendios en la República Mexicana. Cursa la Maestría en Geografía en el Instituto de Geografía, UNAM campus Morelia.

Zenón Cano Santana es biólogo y doctor en ecología por la UNAM. Actualmente es coordinador de la Unidad de Enseñanza de la Biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Sus líneas de especialización son ecología de artrópodos terrestres, ecología de ecosistemas, ecología de la interacción planta-insecto y restauración ecológica de pedregales.

Recibido: 8 de mayo de 2006, aceptado 21 de agosto de 2006.