

# CARACTERIZACIÓN DE COMBUSTIBLES LEÑOSOS EN EL EJIDO PUEBLO NUEVO, DURANGO

**J. Bautista Rentería-Anima<sup>1</sup>; E. J. Treviño-Garza<sup>2</sup>;  
J. de J. Návar-Chaidez<sup>2</sup>; O. A. Aguirre-Calderón<sup>2</sup>, I. Cantú-Silva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-Durango);  
Programa de Doctorado en Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Forestales, UANL-Linares.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales, UANL-Linares. Profesores-Investigadores del Programa de Doctorado en Manejo de Recursos Naturales.

## RESUMEN

Se realizó un inventario de combustibles leñosos en una microcuenca del ejido Pueblo Nuevo, Dgo., para determinar las cargas de combustibles con peligro de propiciar incendios forestales. Se utilizó la técnica de intersecciones planares y en el análisis se consideró la anualidad, tratamientos silvícolas, productividad, pendiente y exposición. Los resultados muestran un incremento en la acumulación de combustible total a partir de la extracción, alcanzando su nivel máximo al tercer año. Las mayores concentraciones de combustibles se presentan en los tratamientos de cortas de regeneración y aclareos, en aquellas áreas con la mayor productividad, en pendiente moderada.

**PALABRAS CLAVE:** combustibles forestales, inventario de combustibles, desperdicios de la cosecha, tratamientos silvícolas, incendios forestales.

## WOODY FUEL ASSESSMENT IN THE EJIDO PUEBLO NUEVO, DURANGO

### SUMMARY

An inventory was carried out for woody fuel derived from the harvest in an area of the ejido Pueblo Nuevo, Dgo., Mexico, to determine the loads of forest fuels with danger of causing forest fires. The planar intersect technique was used and the analysis considered the time since last cut, silvicultural treatments, site index, slope and aspect. The results show an increase in the total fuel accumulation from the harvest, reaching the maximum level by the year three. Greater fuel concentrations appear in the treatments of regeneration and thinning, in those areas with the best site quality and moderate slope.

**KEY WORDS:** forest fuels, fuel inventory, debris, silvicultural treatments, forest fires.

## INTRODUCCIÓN

El alto volumen de desecho acumulado en las áreas de corta debido al aprovechamiento forestal y a la caída de ramas o poda natural, son de gran peligro para el inicio y propagación de incendios forestales en la época seca del año. Los incendios forestales constituyen uno de los factores de disturbio antropogénico más importantes de los ecosistemas forestales en del estado de Durango. Las causas de los incendios tienen que ver en su mayor parte con la presencia humana en el bosque, dentro de las cuales destacan los descuidos de fumadores y la negligencia en las quemas agropecuarias.

En los bosques de clima templado y frío los incendios limitan o destruyen la regeneración natural, afectan al arbolado comercial reduciendo su valor económico, predisponen al arbolado adulto, al ataque de plagas y enfermedades, favorecen el establecimiento de especies no deseables y ocasionan daño al suelo. En el estado de Durango durante el periodo de 1991 a 2000 se registraron más de 3,200 incendios forestales, que afectaron una superficie de 295,000 ha de arbolado adulto, renuevo y pastizales, con un promedio de casi 27,500 ha anuales y 71 ha por incendio. Para la temporada 2003 se reportaron 172 siniestros, con una afectación de 9,380 ha, de los

cuales 68 incendios sobre 2,697 ha correspondieron al municipio de Pueblo Nuevo (CONAFOR, 2003).

Las causas que originan los incendios pueden ser naturales o debidas a las actividades del hombre, ya sea accidentales, por negligencia e intencionales. En la prevención de incendios forestales aplicando ingeniería, se realizan labores para disminuir tanto el peligro como el riesgo de incendio. El *peligro* se refiere a la existencia de condiciones ambientales y de los combustibles, favorables para el inicio y desarrollo de un incendio, mientras que el *riesgo* corresponde a la existencia de factores que pueden iniciar fuego en el monte. La prevención incluye el manejo de combustibles en áreas de peligro y de riesgo, por medio de su limpieza, apilado y/o quema prescrita, así como un sistema apropiado de brechas cortafuego (Rodríguez, 1996).

La necesidad de predecir la posibilidad de que se presenten incendios forestales ha obligado a investigadores a desarrollar diversas herramientas tales como los cuadros o los mapas de frecuencias de incendios, los índices de ocurrencia de éstos y los índices de peligro (Rodríguez, 1996; Zapata, 1991; Martínez *et al.*, 1990; Benavides y Flores, 1993; Santillán, 1993). Esto a efecto de estar preparados para su combate, o prevenirlos de ser posible, así como hacer más eficiente estas labores, reducir los daños por el fuego y aumentar la eficiencia en el uso de los recursos humanos, materiales y financieros.

Los materiales combustibles influyen directamente en el comportamiento del fuego, por lo que constituyen una variable de gran importancia para definir el peligro de incendios forestales; las características de un combustible luego de que la planta ha muerto son las que hacen posible la ocurrencia de un incendio forestal. Con relación a su clasificación y considerando el lugar que éstos ocupan dentro del sitio, los combustibles pueden ser terrestres, superficiales y aéreos. Los combustibles aéreos se constituyen por el material que se encuentra desde la punta de la copa hasta una altura de 1.30 m sobre la superficie del terreno, su importancia radica en las sustancias volátiles contenidas en las hojas que favorecen la propagación del fuego, así como su contenido de humedad (Muñoz, 2001). Los combustibles superficiales se clasifican en ligeros (diámetros menores a 7.5 cm) y pesados (diámetros mayores a 7.5 cm). Los primeros ocasionan altas velocidades de propagación del fuego debido a que pierden humedad rápidamente, mientras que los pesados requieren de largos periodos de baja humedad ambiental para estar disponibles, pero una vez encendidos producen mucho calor y arden por tiempos largos, lo que dificulta su control.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los combustibles forestales leñosos, considerando la hipótesis de que la acumulación peligrosa de combustibles se origina principalmente por los desperdicios generados a través del aprovechamiento maderable, está influenciado por los

tratamientos silvícolas y es mayor en las mejores condiciones de productividad del bosque. Este trabajo forma parte del proyecto “Desarrollo de modelos para el control de combustibles en el manejo de ecosistemas forestales en Durango”, del macroproyecto Bosque Modelo Durango.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del área de estudio

Se seleccionó la microcuenca “Vaquería” (de la cuenca del Río Acajoneta) con una superficie de 3,109 ha para el desarrollo del estudio, estando la mayor parte del área arbolada en producción comercial maderable. Ésta se encuentra ubicada en el ejido Pueblo Nuevo del estado de Durango, cuyas coordenadas extremas son: 23° 06'59" y 23° 38'55" N y 105°12'26" y 105°45'10" W (Figura 1).

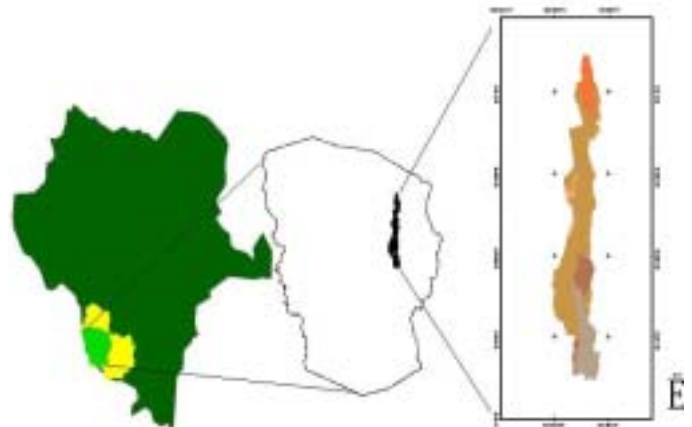


FIGURA 1. Localización de la microcuenca Vaquería en ejido Pueblo Nuevo, municipio de Pueblo Nuevo, Durango.

### Caracterización del área de estudio

De acuerdo con Meraz (1998), el área de estudio se encuentra enclavada en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, en la subprovincia denominada Gran Meseta y Cañones Duranguenses. Cuenta con una topografía accidentada en un sistema de topoforma de mesetas asociada con cañadas y altitud desde 500 a 2,800 m. Los suelos tienen su origen en el intemperismo de rocas ígneas y siendo sus principales usos, el agrícola, el pecuario y el forestal.

Los climas presentes de acuerdo con el sistema de Köppen modificado por García (1973), son los siguientes: C (E) (W<sub>2</sub>): clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, y C (W<sub>2</sub>): clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Se tiene una precipitación promedio de 1,200 mm anuales con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre y una temperatura media anual de 11.1 °C (Región El Salto), de acuerdo con INEGI (2003).

Las condiciones climáticas y edáficas originan una gran variedad de tipos de vegetación, presentándose bosques mezclados de pino y encino, y en menor proporción otras latifoliadas y coníferas. Los géneros y especies forestales presentes en orden de importancia son: *Pinus cooperi* Blanco, *P. durangensis* Martínez, *P. leiophylla* Schl & Deepe., *P. teocote* Schl. & Cham, *P. engelmannii* Carr., *P. ayacahuite* Ehremb., *P. lumholtzii* Rob. & Fern., *Quercus sideroxylla*, *Q. durifolia*, *Quercus* sp., *Juniperus* sp., *Pseudotsuga* sp., *Alnus* sp., *Arbutus* sp. y *Arctostaphylos* sp. La producción maderable se basa en el aprovechamiento de especies de pino, principalmente *P. cooperi* y *P. durangensis*, así como especies de encino, aunque en menor proporción (Meraz, 1998).

El manejo de las áreas forestales se sustenta en el potencial productivo del sitio, que involucra las condiciones ambientales bióticas, edáficas y climáticas, y es expresado indirectamente a través del índice de sitio (IS). A su vez, éste se refleja en los incrementos en volumen periódico del bosque, como el incremento corriente anual (ICA), mismo que indica la cantidad de volumen anual disponible para su cosecha, sin detrimento del recurso a lo largo del tiempo en que el arbolado alcanza su madurez o turno técnico. El plan de manejo del ejido establece un turno técnico de 60 años, con rotación de las áreas en ciclos de corta de 10 años. Se tiene en el área de estudio un IS que varía de 14.4 m en las áreas pobres hasta 21.5 m en las mejores condiciones de productividad y promedio de 18.5 m, con ICA de casi  $6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ .

### Inventario de combustibles forestales

Para combustibles muertos la evaluación más ampliamente utilizada es la técnica de intersecciones planares *in situ* descrita por Brown (1974) y Brown *et al.* (1982) que estima el volumen con procedimientos rápidos y fáciles de usar en cualquier tipo de bosque.

Los combustibles superficiales se dividen en ligeros (diámetros menores o iguales a 7.5 cm) y pesados (diámetros mayores de 7.5 cm), y ambos constituyen los combustibles leñosos totales; los primeros inciden incrementando la velocidad de propagación del fuego debido a que pierden humedad rápidamente, mientras que los pesados requieren de largos periodos de baja humedad ambiental para estar disponibles, pero una vez encendidos producen mucho calor y arden por tiempos largos, lo que dificulta su control. De acuerdo con Rodríguez (1994) y Flores-Garnica y Omi (2003) los combustibles se clasifican como de 1-h, 10-h, 100-h y 1,000-h, según el tiempo de retardo; es decir, el tiempo necesario para que el contenido de humedad de un combustible se equilibre con la humedad que lo rodea. Para los fines del presente trabajo, los combustibles de hasta 7.5 cm (100-h) se agrupan y se clasifican

como ligeros, mientras que los de diámetros mayores, 1,000-h, son pesados.

### Diseño y tamaño de muestreo

La distribución de la muestra se realizó un esquema estratificado al azar. Se seleccionaron áreas forestales con características homogéneas (rodal), que están incluidas en el ciclo de corta de 10 anualidades establecido en el plan de manejo forestal del ejido. Dentro de cada rodal fueron establecidas de manera aleatoria las líneas de muestreo, aplicando la metodología de Brown (1974), Brown *et al.* (1982), y Sánchez y Zerecero (1983), con estratificación de la vegetación a nivel rodal. Se colectó información de 248 líneas de muestreo en 13 rodales.

### VARIABLES MEDIDAS

**Combustibles leñosos.** Para estimar el peso total de los combustibles leñosos se dividió la línea de muestreo en tres secciones, la primera de 1 m (para medir la frecuencia de los combustibles de clase menor de 2.5 cm de diámetro), otra de 4 m (para medir la frecuencia de los combustibles de clase de 2.6-7.5 cm de diámetro) y la última de 20 m, línea completa (para medir los combustibles de diámetro mayor a 7.5 cm), como se indica en las Figuras 2 y 3.

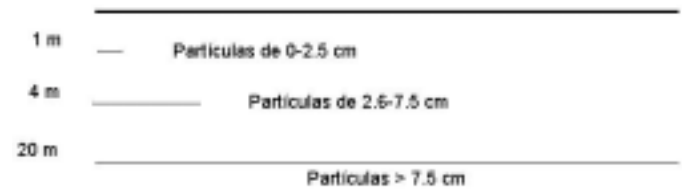


FIGURA 2. Esquema de la línea de muestreo para la estimación de combustibles forestales.



FIGURA 3. Toma de información de combustibles pesados sobre la línea de muestreo en un rodal de pino con pendiente moderada, IS=20 m y tratamiento de selección.



## Análisis de la información

Para el análisis de la información, ésta fue organizada de acuerdo con los siguientes criterios: ciclo de corta, tratamientos silvícolas, pendiente, índice de sitio (IS) y exposición, como se indica a continuación.

Para el ciclo de corta de 10 años, considerando la anualidad transcurrida desde la cosecha, se numeraron asignando año 0 al aprovechamiento del 2002, año en que se inició el estudio y que correspondió a la anualidad seis en el ciclo, año 1 al aprovechamiento de 2001, y así sucesivamente. Los tratamientos silvícolas que aplica el ejido son: el tratamiento de selección considerado en el Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM), así como aclareos y cortas de regeneración, como indica el Método de Desarrollo Silvícola (MDS); el tratamiento de cortas de liberación, que también aplica el ejido tiene poca presencia en el área, por lo que no se consideró en el estudio.

La pendiente se dividió en cinco categorías, la categoría 1 para pendiente  $\leq 10\%$ , categoría 2 para pendiente de 11-20 %, categoría 3 para pendiente de 21-30 %, categoría 4 para pendiente de 31-40 % y categoría 5 para pendiente  $>40\%$ , de las cuales las dos últimas corresponden a la ubicación del tratamiento de selección.

El índice de sitio a su vez se consideró en cinco niveles, siendo el mejor IS (I) = 21 m, IS (II) = 20 m, IS (III) = 18 m, IS (IV) = 16 m y el más pobre IS (V) = 14 m, entendiendo a éste como el conjunto de factores que determinan el potencial de producción maderable (o productividad) de un bosque en particular. La exposición es de gran importancia en materia de incendios por la cantidad de insolación que recibe el material combustible, haciéndolo disponible para el fuego. Se consideraron ocho orientaciones presentes en la zona estudiada: zenital, norte, este, sureste, sur, suroeste, oeste y noroeste.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cargas de combustibles leñosos durante el ciclo de corta

Con relación al análisis de la información de cargas de combustibles promedio durante el ciclo de corta, se determinó que los combustibles ligeros alcanzan su máximo nivel al segundo año con  $23.31 \text{ Mg}^1 \text{ ha}^{-1}$ , decreciendo esta cantidad al mínimo en año seis, y vuelven a incrementar paulatinamente hasta el año 9. En cambio, los combustibles pesados incrementan hasta el tercer año con  $27.39 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; a partir de entonces decrecen. Los combustibles leñosos totales; es decir, la suma de combustibles ligeros y pesados, mantienen esta misma tendencia, con una

acumulación máxima de  $43.12 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  al tercer año de la cosecha, el cual es considerado alta, de acuerdo con el grado de peligro desarrollado por Zapata (1991) para Topia, Dgo. A partir de ahí inicia el declive y vuelve a incrementar desde el año 6 (Figura 4).

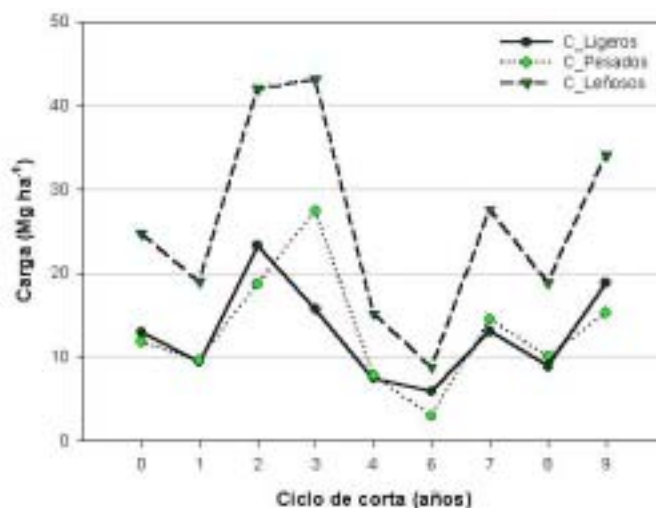


FIGURA 4. Acumulación de combustibles leñosos durante el ciclo de corta en el ejido Pueblo Nuevo, Dgo.

A partir del año de corta aparentemente se inicia una paulatina acumulación debido entre otros factores a mortalidad natural y caída debido al viento, pero combinada con mortalidad por efecto de la extracción, que aunque se cumpla con los cuidados propios de la actividad, siempre habrá daños al renuevo y arbolado cercano. Por otro lado, la recolección de leñas está enfocada sólo a combustibles pesados de encino, sin llegar a representar grandes volúmenes. Después de alcanzar su nivel máximo inicia el proceso de descomposición de la madera, debido al efecto natural de oxidación, con la consecuente pérdida de peso. Se tienen cargas promedio de 12.84, 13.11 y  $25.95 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  para combustibles ligeros, pesados y totales en el área de estudio, siendo ésta última moderada, de acuerdo con el mismo autor (Zapata, 1991).

### Cargas de combustibles leñosos por tratamiento silvícola e IS

Se presentaron las mayores concentraciones de combustibles leñosos totales en las cortas de regeneración con  $36.59 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , sin diferencias significativas con los aclareos con  $31.03 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , pero si con selección con  $21.84 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figura 5). En los primeros tratamientos por lo general se aplican mayores intensidades de corta, llegando en cortas de regeneración hasta 70 % del arbolado adulto, por lo que es natural que generen las mayores cantidades de desperdicios leñosos. Las máximas acumulaciones corresponden a la aplicación de los tratamientos de aclareo y cortas de regeneración, lo cual coincide con el reporte preliminar de Muñoz *et al.* (2003).

<sup>1</sup>Megagramo, equivalente a 1,000 kilogramos = 1 tonelada.

En el área de estudio el IS=18 m (III) de productividad media es el más frecuente y presenta también las mayores cargas de combustibles totales con 38 Mg·ha<sup>-1</sup> (Figura 5), aunque sin diferencias significativas con relación al IS=20 m (II).

**Cargas de combustibles leñosos por pendiente y exposición**

Los resultados del análisis arrojan como resultado que los combustibles leñosos totales en las categorías de pendiente 2 y 3 fueron mayores que en las categorías 4 y 5. Cabe señalar que la categoría 1 no mostró diferencias

estadísticamente significativas con ninguna otra categoría de pendiente (Figura 6). De acuerdo con esta tendencia, las mayores concentraciones se presentan en áreas con poca pendiente, probablemente debido a que las prácticas de cuartazal o limpia se realizan mejor, colocando los materiales combustibles más pegados al terreno y sin posibilidad de rodamientos. Estas áreas poseen generalmente tratamientos de aclareos y cortas de regeneración.

Con excepción de la exposición SE, que no alcanzó 5 Mg·ha<sup>-1</sup>, en general se presentaron cargas superiores a 20 Mg·ha<sup>-1</sup> en las diferentes exposiciones, con un promedio para el área de estudio de 24 Mg·ha<sup>-1</sup>.

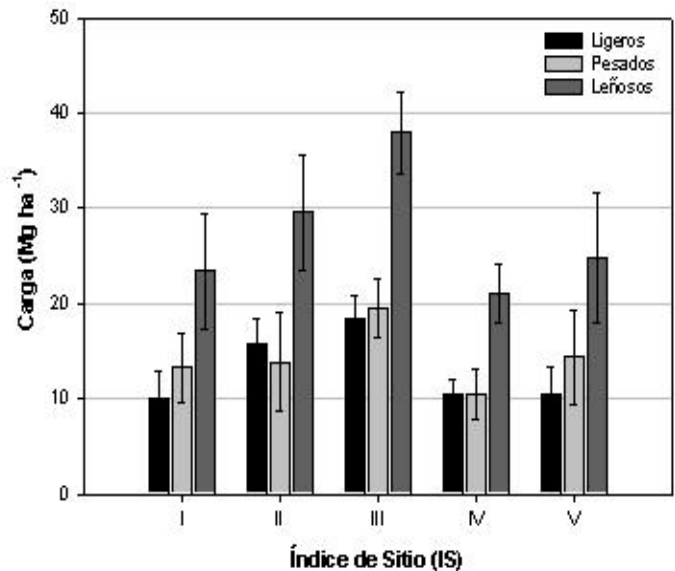
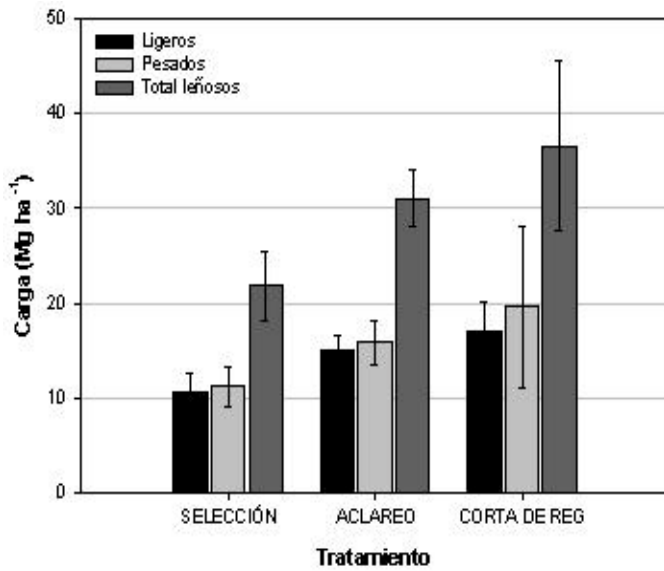


FIGURA 5. Acumulación de combustibles leñosos por tratamiento silvícola y calidad de estación en el ejido Pueblo Nuevo, Dgo. (Las barras indican el error estándar).

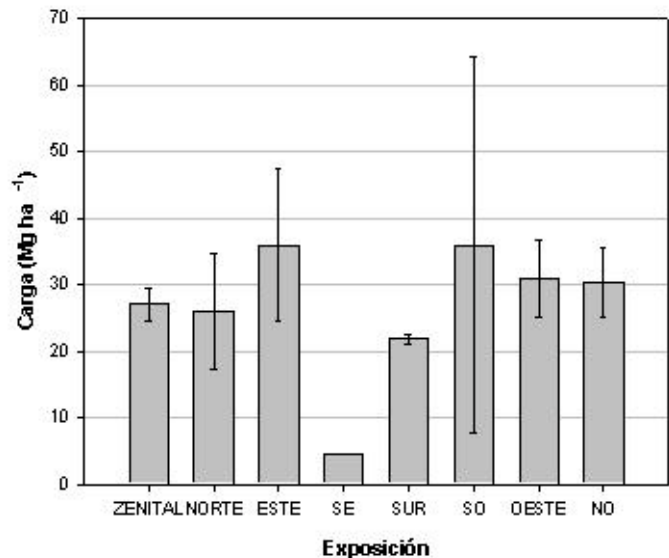
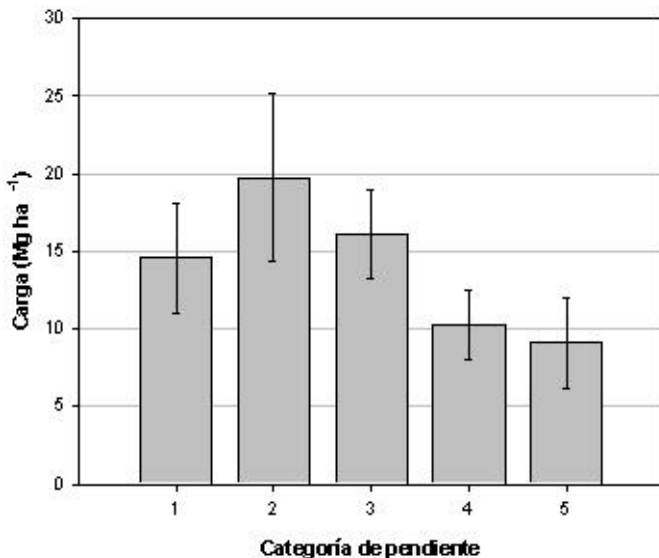


FIGURA 6. Acumulación de combustibles leñosos por categoría de pendiente y exposición en el ejido Pueblo Nuevo, Dgo. (Las barras indican el error estándar).

## CONCLUSIONES

Existe un incremento en la acumulación de combustible total a partir de la cosecha, alcanzando su nivel máximo al año tres, confirmando parcialmente la hipótesis planteada. Dicha tendencia se revierte hasta alcanzar un mínimo a la mitad del ciclo de corta de 10 años, donde se inicia un nuevo incremento.

Las mayores concentraciones de combustibles se presentan en los tratamientos de cortas de regeneración y aclareos; es decir, en aquellas áreas con mejores condiciones de productividad y baja pendiente, confirmando de la misma manera la hipótesis.

Derivado de lo anterior, se recomienda encausar los esfuerzos de prevención cultural y de manejo de combustibles forestales, hacia aquellas áreas con las mayores cargas de combustibles, ya que representan el mayor peligro de incendios.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las personas e instituciones que hicieron posible el presente trabajo, entre ellas: Fundación Produce Durango, A. C. por el financiamiento del proyecto Bosque Modelo Durango, Fideicomiso de Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Durango (DGO-2002-C01-2583). Autoridades y Personal Técnico del ejido Pueblo Nuevo, Dgo., Ingenieros Rufino Meraz, Jesús Fisher, José Luis Coria y Mary Lerma, por las facilidades brindadas, Técnicos Forestales Juan Díaz y Rigoberto Delgado y Auxiliar Técnico Calito Pérez, entre otros, por el apoyo en la toma de información de campo. Así como al C. Felipe Pérez, por el apoyo en campo y gabinete.

## LITERATURA CITADA

- BENAVIDES J., DE D. S.; FLORES G., J. G. 1993. Áreas con diferente riesgo de incendio forestal. En Primer Foro Nacional sobre Manejo Integral Forestal. Memoria. DICIFO, UCh, Chapingo, Méx. 10-11 de octubre, 1991. pp. 376-386.
- BROWN, J. K. 1974. Handbook for inventoring downed woody material. USDA Forest Service. General Technical Report INT-16. Utah, USA. 24p.
- BROWN, J. K.; OBERHEU, R. D.; JOHNSTON, C. M. 1982. Handbook for inventoring surface fuels and biomass in the Interior

- West. USDA Forest Service. General Technical Report INT-129.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. 2003. Delegación Federal en el Estado de Durango. Estadísticas sobre incendios forestales en Durango.
- FLORES-GARNICA, J. G.; OMI P., N. 2003. Mapping forest fuels for spatial fire behavior simulations using geomatic strategies: mapeo de combustibles forestales para simulaciones del comportamiento especial del fuego usando estrategias de geomática. *Agrociencia* 37: 65-72.
- GARCÍA E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. UNAM. México. 252 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 2003. Anuario estadístico del Estado de Durango, Edición 2003. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Gobierno del Estado de Durango. Aguascalientes, Ags. 491 p.
- MARTÍNEZ M., A.; FLORES G., J. G.; BENAVIDES J., DE D. S. 1990. Índices de riesgo de incendios forestales en la Sierra de Tapalpa, estado de Jalisco. *Ciencia Forestal en México* 15(67):3-34.
- MERAZ A, R. 1998. Programa de manejo forestal para el ciclo de corta 1997-2007. Servicios Técnicos Forestales del Ejido Forestal Pueblo Nuevo. 215 p.
- MUÑOZ R., C. A. 2001. Elaboración de un modelo espacial de peligro de incendios forestales. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 94 p.
- MUÑOZ R., C. A.; NUÑEZ L., D.; RENTERÍA A., J. B.; TREVIÑO G., E. J. 2003. Evaluación de combustibles forestales en el ejido Pueblo Nuevo, Dgo. *In VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Resumen Memoria Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.* pp. 215-216.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 1994. La lucha contra el fuego. Guía para la prevención, presupresión y supresión de incendios forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH. 171 p.
- RODRÍGUEZ T., D. A. 1996. Incendios forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Multi-Prensa México. 630 p.
- SÁNCHEZ C., J.; ZERECERO L., G. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca. Nota Divulgativa Núm. 9. CIFONOR. INIF. SFF. SARH. sp.
- SANTILLÁN P., J. 1993. Sistema para determinar indicadores de peligro de incendio forestal. Informe Técnico Núm. 14. Acuerdo de Cooperación en Materia Forestal entre México y Finlandia. México. 24 p.
- ZAPATA P., C. 1991. Determinación de indicadores de peligro potencial de incendios forestales con base en la cuantificación del material combustible. Seminario de Titulación. DICIFO, UCh. Chapingo, Méx.