

ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE COMBUSTIBLES FORESTALES EN UN BOSQUE COETÁNEO DE LA REGIÓN DE EL SALTO, DURANGO

Estimation of the load of forest fuels in a even-aged forest of El Salto, Durango

J. A. Nájera Luna¹ y E. H. Hernández²

¹ Profesor-Investigador. Área forestal. Instituto Tecnológico de El Salto (ITES). Mesa del Tecnológico s/n El Salto P.N., Dgo., C.P 34950, México. Correo electrónico: jalnajera@yahoo.com.mx. ² Tesista de Ingeniería Forestal en Manejo Sustentable de Recursos Naturales. ITES.

RESUMEN: Para estimar la carga de combustibles forestales en un bosque coetáneo de *Pinus spp* de la región de El Salto Durango, se probaron diferentes esquemas de muestreo utilizando la técnica de intersecciones planares. Los resultados mostraron que el mejor esquema de muestreo resultó ser el de 25 líneas por hectárea con las cuales se estimaron 13.07 Mg ha⁻¹ de combustibles forestales. El 98.73 de los combustibles correspondieron a la hojarasca, el 0.90% a los conos, el 0.29% a las ramillas de 0.7 a 2.5 cm de diámetro y el 0.08% a ramillas entre 0.1 a 0.6 cm de diámetro.

PALABRAS CLAVE: Combustibles forestales, Bosque, muestreo, recursos naturales, El Salto Durango.

ABSTRACT: To evaluate the load of forest fuels in an even-aged forest of *Pinus spp* of the El Salto, Durango, different strategies of sampling were tested utilizing the technique of planars intersections. The results showed that the best strategies of sampling resulted when 25 lines per hectare were taken that can be calculated to 13.07 Mg ha⁻¹ of forest fuels. The 98.73 of the fuels corresponded to the litter fall, the 0.90% to the cones, the 0.29% to the little branches from 0.7 to 2.5 cm of diameter and the 0.08% to the little branches among 0.1 to 0.6 cm of diameter.

KEY WORDS: Forest fuels, forest, resources, sampling, natural resources, El Salto Durango.

1. INTRODUCCIÓN

Combustible forestal es toda biomasa que potencialmente puede arder al ser expuesta a una fuente de calor, cuanto mayor sea la acumulación de combustibles en una zona, mayor cantidad de calor podrá desprenderse y el incendio podrá ser más intenso. Los combustibles pueden ser caracterizados por su carga; es decir, el peso de la biomasa por unidad de superficie. Villers (2006), menciona que los distintos tipos de vegetación presentan distintas cargas y tipos de combustibles, la vegetación en zonas lluviosas, tiene más biomasa y por lo tanto, mayor carga. Los combustibles acumulados en las áreas forestales son el elemento fundamental para la propagación de un incendio y el único elemento del triángulo del fuego que puede ser controlado por el hombre. Para entender el comportamiento de los incendios forestales, es necesario conocer las partículas de los combustibles presentes que determinan la ignición (Mota, 2005). Los incendios forestales constituyen una de las principales preocupaciones medioambientales de las zonas arboladas del mundo y se están convirtiendo en una de las áreas de interés para diversas ciencias medioambientales sobre todo en la prevención a través de la evaluación de los materiales combustibles que se generan y depositan en el piso forestal, el conocimiento de la distribución de los combustibles forestales permite planear estrategias para que los recursos destinados para las labores de control y combate puedan ser dirigidos a las áreas

donde se espera un mayor grado de peligro (Nájera y Graciano, 2006).

Los estudios para estimar la cantidad de combustibles forestales pueden hacerse tanto para combustibles vivos y muertos. Para los combustibles vivos existe un método más práctico y fácil para evaluar los combustibles por medio de modelos de estimación de biomasa donde se relacionan el peso y las dimensiones del individuo. Para los combustibles muertos, éstos se evalúan directamente *in situ* mediante muestreos, la técnica más difundida para cuantificar los combustibles leñosos es la técnica de intersecciones planares descrita por Brown (1974), quien menciona que éste método puede ser aplicado en cualquier tipo de bosque.

El presente trabajo tiene por objetivo estimar la carga de combustibles forestales en un bosque coetáneo de *Pinus spp* de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, mediante el uso de diferentes esquemas de muestreo que determinen el número adecuado de líneas que estimen con mayor certeza la carga de combustibles como herramienta operativa en la identificación de áreas susceptibles de incendios forestales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizó en un bosque coetáneo de *Pinus spp* perteneciente al Ejido La Victoria el cual se ubica al sudoeste del estado de Durango en el Municipio de Pueblo Nuevo, Durango, entre el

kilómetro 100 y 116 de la carretera Durango a Mazatlán. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 23°47'18.8" de latitud norte y los 105°22'03.2" de longitud oeste, limita al norte con el Ejido San Esteban y Anexos; al este con el fundo legal del poblado El Salto y el Ejido El Brillante; al sur con el Ejido El Brillante y al oeste con el Ejido Chavarría Viejo sobre la provincia fisiográfica llamada Sierra Madre Occidental en la subprovincia denominada Gran Meseta. El tipo de roca predominante es roca ígnea extrusivas ácidas (FAO, 1970). La topografía del terreno es en su mayoría plana y ondulada, presentando elevaciones que varían desde 2400 hasta 2800 msnm. El clima es semi-húmedo templado o semi-frío, que se vuelve templado o semi-seco en el lado oriental de la sierra. Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación que va desde masas puras de encino y pino y en su mayor parte bosques mezclados de pino-encino (TIA, 1998).

2.2. Muestreo y selección

Para la realización del presente trabajo, se delimitó una superficie de 1 ha⁻¹ la cual fue orientada al norte geográfico para facilitar las actividades de medición y ubicación de los transectos dentro de la parcela experimental. Los criterios para delimitar el área de estudio consistieron en que mantuviera todos los atributos de densidad, mezcla de especies, altura y diámetro dominantes que el resto del rodal.

Se utilizó un muestreo sistemático ubicando un total de 8 transectos de 5 líneas de 20 m por cada transecto con una separación entre líneas de 10 m siguiendo un rumbo franco al norte. En total se obtuvieron 40 líneas que cubrieron perfectamente el área de estudio la cual fue de 10,000 m².

2.3. Métodos

Para estimar la carga de combustible se utilizó la técnica de intersecciones planares, descrita por Brown (1974) y adaptada por Sánchez y Zerecero (1983). Cada sitio de muestreo consistió en una línea de 20 m con dirección al norte. Las partículas leñosas que fueron intersectadas en la línea cuya clase diamétrica fueron de 0.1 a 2.5 cm de diámetro se registraron en el primer metro de la línea, las partículas con clase diamétrica de 2.5 a 7.5 cm se midieron en los cuatro metros de la línea y finalmente el total de la línea fue para las partículas con diámetros mayores a 7.5 cm. Para el caso de la cama de combustibles forestales se obtuvieron cuatro cuadrantes de 0.25 m² distribuidos a lo largo de la línea a los 5, 10, 15 y 20 m donde se colectó la

biomasa contenida en 1 m² compuesta por hojas, ramillas y conos. Para poder efectuar los cálculos de cada categoría diamétrica o tamaño de clase, se utilizaron las fórmulas descritas por Sánchez y Zerecero (1983) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones para estimar la carga de combustibles forestales.

Diámetro de las partículas (cm)	Ecuación
0 - 0.6	$P = \frac{0.484 \times F \times C}{N L}$
0.6 - 2.5	$P = \frac{3.369 \times F \times C}{N L}$
2.6 - 7.5	$P = \frac{36.808 \times F \times C}{N L}$
>7.5 (sin pudrición)	$P = \frac{1.46 \times d^2 \times C}{N L}$
>7.5 (con pudrición)	$P = \frac{1.21 \times d^2 \times C}{N L}$

Dónde:

P = Peso de los combustibles, expresado en toneladas métricas por hectárea.

F = Frecuencia o número de intersecciones

C = Factor de corrección por pendiente

d² = Suma de los cuadrados de los diámetros de las ramas y trozas > a 7.5 cm

NL = Longitud total de la línea de muestreo o suma de las longitudes de las líneas en pies lineales.

2.4. Procedimiento estadístico

Los datos obtenidos al utilizar los esquemas de muestreo de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 líneas de muestreo por hectárea fueron procesados para calcular la media y desviación estándar por cada esquema, adicionalmente se estimó el error de muestreo considerando una confiabilidad del 95%. La selección de los mejores esquemas de muestreo se basó en los que menores desviaciones estándar y error de muestreo exhibieron.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Combustibles forestales totales.

Se estimaron de 7.57 a 16.40 Mg ha⁻¹ de combustibles forestales totales utilizando de 5 a 40 líneas de muestreo por hectárea, sin embargo se observó que el menor error de muestreo y desviación estándar se obtuvo al utilizar el muestreo con 25 líneas por hectárea con los que se estimaron 13.07

Mg ha⁻¹ de combustibles forestales con una desviación estándar de 5.37 Mg ha⁻¹ y un error de muestreo del 16.96 % (Cuadro 2).

Cuadro 2. Esquemas de muestreo para estimar la carga total de combustibles forestales.

Combustibles forestales totales			
Líneas por ha ⁻¹ (n)	Carga media (Mg ha ⁻¹)	Desv. Std. (Mg ha ⁻¹)	Error de muestreo (%)
5	7.57	2.39	39.16
10	9.04	3.20	25.29
15	12.04	5.92	27.23
20	12.96	5.64	20.38
25	13.07	5.37	16.96
30	15.23	7.88	19.32
35	16.01	8.15	17.48
40	16.40	7.90	15.40

En la parcela bajo estudio se encontraron 239 árboles de los cuales 190 correspondieron a *P. cooperi* y 49 a *P. leiophylla* con un diámetro promedio de 31 cm, 17 m de altura y una área basal de 17.3 m² correspondiendo un aporte promedio de combustibles forestales por árbol de 0.055 Mg.

3.2. Combustibles forestales de hojarasca.

La estimación de los combustibles compuestos principalmente por acículas de *Pinus spp* mostraron valores de 7.15 a 16.23 Mg ha⁻¹ utilizando desde 5 a 40 líneas de muestreo por hectárea, sin embargo se observó que al utilizar el esquema de muestreo con 25 líneas por hectárea se obtuvo un promedio de combustibles de hojarasca de 12.91 Mg ha⁻¹ con una desviación estándar de 5.37 Mg ha⁻¹ y un error de muestreo del 17% los cuales resultaron ser los más bajos respecto a los demás esquemas de muestreo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esquemas de muestreo para estimar la carga de combustibles de hojarasca.

Combustibles de hojarasca			
Líneas por ha ⁻¹ (n)	Carga media (Mg ha ⁻¹)	Desv. Std. (Mg ha ⁻¹)	Error de muestreo (%)
5	7.15	2.54	44.13
10	8.80	3.21	26.08
15	11.87	5.96	27.80
20	12.77	5.64	20.68
25	12.91	5.37	17.17
30	15.06	7.84	19.44
35	15.85	8.09	17.54
40	16.23	7.85	15.47

3.3. combustibles forestales de conos.

Los diferentes esquemas de muestreo utilizados para estimar la carga de combustibles compuestos por conos mostraron valores de 0.178 a 0.137 Mg ha⁻¹ utilizando de 5 a 40 líneas de muestreo por hectárea, sin embargo el menor error de muestreo se observó al utilizar el esquema de 35 líneas por hectárea con las cuales se estimaron 0.118 Mg ha⁻¹ de combustibles de conos. Debido a la escasez de este tipo de material en el área de estudio, se observó una alta variación en todos los esquemas de muestreo probados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Esquemas de muestreo para estimar la carga de combustibles de conos.

Combustibles de conos			
Líneas por ha ⁻¹ (n)	Carga media (Mg ha ⁻¹)	Desv. Std. (Mg ha ⁻¹)	Error de muestreo (%)
5	0.178	0.077	53.62
10	0.138	0.112	57.85
15	0.092	0.112	67.40
20	0.113	0.131	54.53
25	0.102	0.120	48.50
30	0.116	0.120	38.88
35	0.118	0.128	37.14
40	0.137	0.181	42.10

3.4. Combustibles forestales de 0.1 a 0.6 cm.

La estimación de los combustibles ligeros de la categoría diamétrica de 0.1 a 0.6 cm observó valores de 0.035 a 0.009 Mg ha⁻¹ utilizando esquemas de muestreo de 5 a 40 líneas por hectárea, sin embargo, al utilizar 20 líneas por hectárea se obtuvo el menor error de muestreo respecto a los demás esquemas probados, con lo anterior, se pudieron estimar 0.010 Mg ha⁻¹ de combustibles de ramillas de 0.1 a 0.6 cm de diámetro. La alta variación obtenida en todos los esquemas de muestreo que se probaron obedece a la falta de material combustible de 0.1 a 0.6 cm de diámetro en el área de estudio (Cuadro 5).

3.5. Combustibles forestales de 0.7 a 2.5 cm.

La estimación de los combustibles leñosos de la categoría diamétrica de 0.7 a 2.5 cm mostraron valores de 0.205 a 0.028 Mg ha⁻¹ al utilizar esquemas desde 5 a 40 líneas por hectárea, sin embargo, al utilizar el esquema de 30 líneas por hectárea se observó el menor error de muestreo con 27.26% respecto a los demás esquemas de muestreo probados pudiendo estimar 0.038 Mg ha⁻¹. La alta variación observada se atribuye a la ausencia de material combustible de 0.7 a 2.5 cm de diámetro en el área de estudio (Cuadro 6).

Cuadro 5. Esquemas de muestreo para estimar la carga de combustibles de 0.1 a 0.6 cm.

Combustibles leñosos ligeros de 0.1 a 0.6 cm			
Líneas por ha ⁻¹ (n)	Carga media (Mg ha ⁻¹)	Desv. Std. (Mg ha ⁻¹)	Error de muestreo (%)
5	0.035	0.025	86.57
10	0.016	0.015	64.67
15	0.012	0.010	46.80
20	0.010	0.008	37.12
25	0.008	0.007	38.07
30	0.008	0.009	41.36
35	0.009	0.013	49.02
40	0.009	0.012	42.54

Cuadro 6. Esquemas de muestreo para estimar la carga de combustibles de 0.7 a 2.5 cm.

Combustibles leñosos ligeros de 0.7 a 2.5 cm			
Líneas por ha ⁻¹ (n)	Carga media (Mg ha ⁻¹)	Desv. Std. (Mg ha ⁻¹)	Error de muestreo (%)
5	0.205	0.252	152.07
10	0.082	0.094	82.17
15	0.064	0.055	47.39
20	0.056	0.040	33.53
25	0.046	0.032	28.78
30	0.038	0.027	27.26
35	0.034	0.027	27.42
40	0.028	0.025	27.77

Los resultados obtenidos en el presente estudio reflejan que el área de estudio no ha sido sometida a algún tipo de aprovechamiento en años recientes puesto que los combustibles leñosos fueron insignificantes en cantidad respecto a la hojarasca que ocupó cerca del 99% de la carga de combustibles.

4. CONCLUSIONES

El mejor esquema de muestreo para estimar los combustibles forestales totales en un bosque coetáneo de *Pinus spp* de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, fue el de 25 líneas por hectárea con un promedio de 13.07 Mg ha⁻¹. Se determinó una aportación de biomasa promedio por árbol en el área de estudio de 0.055 Mg.

Los combustibles a base de hojarasca resultaron ser estimados con mayor precisión al utilizar 25 líneas de muestro por hectárea y una estimación promedio de 12.91 Mg ha⁻¹. La mejor estimación de los combustibles de conos resultó al utilizar un esquema de muestreo con 35 líneas por hectárea con una estimación promedio de 0.118 Mg ha⁻¹. El mejor esquema de muestreo para estimar los combustibles ligeros de la categoría diamétrica de 0.1 a 0.6 cm

resulto al utilizar 20 líneas por hectárea las cuales permiten estimar en promedio 0.010 Mg ha⁻¹. La estimación de los combustibles leñosos de la categoría diamétrica de 0.7 a 2.5 cm resultaron ser estimados con mayor precisión al utilizar un esquema de muestreo con 30 líneas por hectárea las cuales permiten estimar 0.038 Mg ha⁻¹. La suma de estas estimaciones fue de 13.07 Mg ha⁻¹ lo cual concuerda con la estimación de los combustibles forestales totales.

El 98.73% de los combustibles forestales totales correspondieron a la hojarasca, el 0.90% a los conos, el 0.29% a las ramillas de 0.7 a 2.5 cm de diámetro y el 0.08% a ramillas entre 0.1 a 0.6 cm de diámetro.

La alta variación observada en las cargas de conos, combustibles ligeros y leñosos obedeció a la ausencia de estos materiales en el área de estudio lo cual reflejan que el área de estudio no ha sido sometida a algún tipo de aprovechamiento en años recientes puesto que los combustibles ligeros y leñosos fueron insignificantes en cantidad respecto a la hojarasca que ocupó cerca del 99% de la carga de combustibles.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Brown, J. K. 1974. "Handbook for inventorying downed woody material". USDA Forest Service. General Technical Report INT - 16. Utah, USA. 24 p.
- [2] FAO/UNESCO. 1970. "Clave de unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo". Secretaria de Recursos Hidrológicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agroecología. México, D.F.
- [3] Mota, N.M. 2005. "Modelagem de combustíveis florestais no Parque Nacional do Iguacu, Paraná, Brasil". Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Tesis de Maestría. Departamento de Ciências Florestais, Setor Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 95 p.
- [4] Nájera, L.J. A. y Graciano, L. J. J. 2006. "Estimación de la carga de combustibles en el Ejido La Campana, Municipio de Pueblo Nuevo, Durango". IV Congreso Internacional y XV Congreso Nacional de Ingeniería de Bioquímica. 1592 p.
- [5] Técnica Informática Aplicada. 1998. "Programa de Manejo Forestal 1997-2007. Ejido Forestal La Victoria Municipio de Pueblo Nuevo, Durango". 8-18 pp.
- [6] Sánchez, C. J. y Zerecero, L. G. 1983. "Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca". Nota Divulgativa No 9 CIFONOR - INIF., SFF. SARH. México. 11 p.
- [7] Villers, R. M. 2006. "Incendios forestales". Ciencias. (81): 60-66.