

Influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares.

Influence of moisture variables, layer and shape of fuel flammability of some plant species associated with pine ecosystems

Autor: Yamisleidy Caso Hernández*

* Estudiante de la carrera ingeniería forestal, Universidad de Pinar del Río.

Calle Martí Final #270, Pinar del Río. Cuba. Email:

caso@estudiantes.upr.edu.cu

RESUMEN

Los incendios forestales son un fenómeno ampliamente extendido en los ecosistemas terrestres del mundo. Nuestro país carece en la actualidad de estudios sobre inflamabilidad de especies vegetales, solamente realizado un estudio por (Jaime, M.F., 2013), los cuales podrían favorecer al perfeccionamiento de las actividades básicas de manejo del fuego, brindando la posibilidad de definir diferentes zonas de riesgo. En correspondencia con lo antes expuesto el objetivo general de este trabajo fue: evaluar la influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares. Durante el mes de enero del 2014 entre las 8:10am y las 9:30am, fueron colectadas las muestras. Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, se utilizó una variación de la metodología utilizada por Elvira y Hernando (1989), Hernando (2000 y 2009) y Jaime (2013). Entre otros resultados puede mencionarse que las especies de menores valores promedio de tiempo de inflamación fueron la *Henriettea patrisiana* DC. Prodr y la *Miconia prasina* (Sw.) DC, siendo la *Clusia rosea* Jacq. la de mayor valor promedio. Obteniéndose que la duración de las llamas manifestó que el menor valor

promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana* así mismo la especie que mostró mayor valor de duración de la combustión fue la *C. rosea* y la de valores más bajos fue *Lycopodiella cernua* (L.) Pic. Serm. Se clasificaron según su inflamabilidad la *H. patrisiana* y *M. prasina*, extremadamente inflamables, *Cyathea arborea* (L.) SM, muy inflamable, *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

Palabras claves: inflamabilidad, incendios forestales, forma del combustible, estratos, humedad.

ABSTRACT

Wildfires are a widespread in terrestrial ecosystems worldwide phenomenon. Our country currently lacks studies on flammability of plant species, but I made a study by (Jaime, MF, 2013), which could favor the development of the core activities of fire management, providing the ability to define different areas risk. Corresponding to the above general objective of this study was: to evaluate the influence of humidity variables, layer and shape of fuel flammability of some plant species associated with pine ecosystems. During the month of January 2014 between 8:10am and 9:30am, the samples were collected. For determining the flammability of fuels, a variation of the methodology used by Elvira and Hernando (1989), Hernando (2000 and 2009) and James (2013) was used. Among other results it may be mentioned that the species of lower average time values were swelling *H. patrisiana* and *M. prasina*, *C. rosea* being the highest average value. Obtaining the length of said flame lower average value was obtained for *C. rosea* and increased to *H. patrisiana* likewise species that showed the highest value of combustion duration was *C. rosea* and lower values of *L. cernua* was. Were classified according to their flammability *H. patrisiana* and *M. prasina*, extremely flammable, *C. arborea*, highly flammable, flammable and moderately *L. cernua* finally *C. rosea* flammable.

Key words: flash, forest fires, fuel form, strata, moisture.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales forman parte del Sistema Tierra desde hace más de 420 millones de años (Bowman et al., 2009; Pausas y Keeley, 2009); cualquier lugar del planeta con vegetación, puede incendiarse cuando existen condiciones de estado del tiempo suficientemente secas. Además de su papel ecológico, el fuego ha sido una de las herramientas más utilizadas en la manipulación de la vegetación para distintos propósitos como la cacería, el manejo del hábitat de la fauna silvestre, la agricultura y la silvicultura desde la antigüedad (Pyne et al., 1996).

El comportamiento del fuego en los incendios forestales es resultado de la interacción entre el material combustible presente en el bosque (biomasa de plantas vivas, árboles muertos en pie, material leñoso caído y hojarasca), las condiciones del tiempo atmosférico, la topografía y la acción directa o negligente del hombre. Otro elemento considerado como uno de los factores más significativo lo constituye la humedad de los combustibles, ya que es la variable que determina su inflamabilidad, el comportamiento del fuego y la emisión de humo. Cuanto mayor es la humedad del combustible el foco de calor ha de estar actuando durante más tiempo sobre el mismo hasta lograr la inflamación. Además, no solo se retarda el tiempo de ignición sino que también la probabilidad de ignición disminuye porque puede ser que el foco externo de calor se apague antes de inflamarse el combustible.

En nuestro país existen al corriente pocos estudios sobre inflamabilidad de especies vegetales en el cual podemos mencionar el estudio de (Jaime, M.F., 2013) sobre, inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares, lo que lograrían contribuir al beneficio de las actividades básicas de manejo del fuego, ya que las formaciones de pinares son las más afectadas por los incendio anualmente, permitiendo esto la posibilidad de definir zonas con diferentes niveles de riesgo, que varían, para algunas especies, según las variables que determinan su inflamabilidad.

Esto se ve muy relacionado con el problema científico que plantea esta investigación ¿Influyen las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares?, siendo la hipótesis la siguiente: Evaluando la influencia de las variables humedad, estratos y forma de los combustibles en la inflamabilidad de las especies vegetales asociadas al ecosistema de pinar será posible definir el comportamiento de la misma en las especies estudiadas.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general es: Evaluar la influencia de las variables humedad, estrato y forma del combustible en la inflamabilidad de algunas especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares.

Mientras que los objetivos específicos fueron:

- Realizar ensayos de inflamabilidad a las especies del ecosistema de pinar seleccionadas.
- Analizar el comportamiento de la inflamabilidad de las especies vegetales objeto de estudio.
- Establecer posibles relaciones entre la humedad, los estratos y la forma de los combustibles en la inflamabilidad de las especies objeto de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar los ensayos de inflamabilidad y la determinación de la humedad, se tomaron muestras en un área del kilómetro 18 de la carretera a Viñales. Esta área pertenece a la Unidad Silvícola Viñales, Empresa Forestal Integral La Palma (EFI). La vegetación es de pinares naturales de Alturas de Pizarras la cual corresponde, según Samek y Del Risco (1989), a la asociación *Querco-Pinetum caribaeae*, subasociación *pinetosum tropicalis*. El suelo corresponde según MINAGRI (1984) al tipo ferralítico cuarcítico amarillento sobre esquistos o pizarras normales, clasificado por Hernández et al. (1999) como suelos alíticos. El clima según Köppen (1936) citado por Wadsworth

(2000), es Aw (clima tropical con mes más frío con temperatura mayor de 18°C y una estación seca con, al menos, un mes con menos de 600mm).

La toma de las muestras para los ensayos de inflamabilidad, fue siguiendo la metodología utilizada por Elvira y Hernando (1989), ya que en la misma se toman muestras de las especies a analizar mensualmente, apoyándonos en resultados previos obtenidos por (Jaime, M.F., 2013) donde se determinó la inflamabilidad de especies vegetales asociadas a ecosistema de pinares en todos los meses del año, resultando el periodo de meses de mayores valores de inflamabilidad entre noviembre y febrero para las especies estudiadas además de coincidir con los meses en los que ocurren la mayor cantidad de incendios forestales de acuerdo a las condiciones meteorológicas, por este motivo se tomó enero como uno de los meses más idóneos para llevar a cabo la investigación. La misma consistió en cortar los extremos de las ramillas laterales y terminales en varios individuos que presentaban el mismo estado fenológico. De cada especie se llevaron al laboratorio unos 80g de los cuales fueron utilizados 50g para los ensayos. Se trabajó con cinco especies las cuales fueron elegidas considerando su representación en el ecosistema y su contribución en el comportamiento del fuego, esta última característica se basó en el criterio de especialistas en manejo del fuego.

Las muestras para establecer la humedad consistieron en la colocación de 120g en bolsas plásticas de cierre hermético para reducir las pérdidas de agua producidas durante el transporte al laboratorio y su posterior manipulación. A las mismas se les comprobó su peso en cuatro momentos diferentes para discriminar cualquier error de ganancia o pérdida de humedad, los cuales son: toma de la muestra inicial en el campo, en el laboratorio, antes de ubicar en Refrigerador/congelador Vertical, Dometic ML 380 CS a una temperatura óptima para la conservación de material vegetal de 6,9°C y por último cuando se sacan del refrigerador en el momento de realizar los ensayos. Las muestras se tomaron de las mismas plantas que se adquirieron las que serían utilizadas para los ensayos de inflamabilidad siguiendo el mismo procedimiento descrito para ese fin.

Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, de acuerdo a la definición de Delabraze y Valette (1977) citado por Hernando (2000), se utilizó el método descrito por Elvira y Hernando (1989) y Hernando (2000 y 2009). De acuerdo con Arnaldos et al. (2004), este ensayo consiste en someter sucesivamente 50 muestras de $1 \pm 0,1g$ a la acción de un foco calorífico de 500 W de potencia ($7 W.cm^{-2}$), colocándolas directamente sobre la superficie radiante. A medida que avanza la descomposición térmica de la muestra se irán desprendiendo, juntamente con el agua, gases combustibles. Cuando la mezcla de gases con el aire llega al límite inferior de inflamabilidad, se produce la inflamación de la muestra por contacto con la llama del bunsen o mechero de gas. Se utilizó el epirradiator, como fuente de calor normalizada (Norma UNE-23-721).

De acuerdo con los valores de **Ti** y **Ni** se definieron las especies según la clasificación de inflamabilidad definida por Valette (1986) citado por Elvira y Hernando (1989) y por Hernando (2000), según se muestra en la **Tabla I**. Los tiempos de inflamación, duración de las llamas y de la combustión se midieron con un cronómetro.

Tabla I. Clasificación de la inflamabilidad.

TIEMPO DE INFLAMACIÓN (s)	PORCENTAJE DE ENSAYOS POSITIVOS (%)					
	100-95	94-90	89-85	84-80	79-50	Menor de 50
< 12,5	5	4	3	3	2	1
12,5 - 17,5	4	3	3	2	1	1
17,5 - 22,5	3	3	2	2	1	0
22,5 - 27,5	3	2	2	1	0	0
27,5 - 32,5	2	2	1	1	0	0
> 32,5	2	1	1	0	0	0

Fuente: Delabraze y Valette (1977)

La escala utilizada tiene la siguiente significación:

- 0 = Muy poco inflamable
- 1 = Poco inflamable
- 2 = Inflamable

- 3 = Moderadamente inflamable
- 4 = Muy inflamable
- 5 = Extremadamente inflamable

En algunas especies se provocaban varias inflamaciones sucesivas. En estos casos, cuando el tiempo de duración de la llama de la primera era igual o superior a 10 (s), se tomó como tiempo de inflamación el de esa primera inflamación. Cuando el tiempo de duración de la llama producida en la primera inflamación era menor a 10 (s), se tomó como tiempo de inflamación, el medido al producirse la segunda inflamación, es decir, se despreciaba la primera inflamación.

La humedad de los vegetales, en el momento del ensayo de inflamabilidad, es un dato de fenomenal importancia para la interpretación de resultados, y se determina como la media aritmética de la obtenida por medio del secado en estufa. Con este fin fueron utilizadas dos muestras de 50g de cada especie. Las muestras permanecían 24 horas en la estufa a 80°C. A partir de este tiempo se pesaban y se volvían a colocar en la estufa 2 horas al término de las cuales se volvía a pesar.

Esto se repetía hasta obtener peso constante. Una vez obtenido el peso seco de ambas muestras, se calcula el contenido de humedad en porcentaje, utilizando la siguiente ecuación 1:

Ecuación 1. Contenido de humedad de muestra.

$$Hm = \left\{ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right\} \times 100$$

Dónde:

Hm: Humedad del material combustible (%)

Ph: Peso húmedo de la muestra (g)

Ps: Peso seco de la muestra (g)

100: Constante para transformar en porcentaje

A través de un análisis de varianza factorial se estudió el efecto que sobre el tiempo medio de inflamación tienen los factores o fuentes de variación siguientes:

- Especie: se refiere a las cinco especies utilizadas en los ensayos
- Forma de la muestra: según el tipo de hoja o del conjunto de ellas, incluyendo además fracciones de tallos, se consideraron las formas siguientes:
 - Forma 1: obovadas (*C. rosea*)
 - Forma 2: ovadas (*C. arborea*)
 - Forma 3: busilares, lineales (*L. cernua*)
 - Forma 4: oblongas - lanceoladas (*H. patrisiana*)
 - Forma 5: elípticas - lanceoladas (*M. prasina*)
- Estrato: según el estrato donde se encuentra la especie, se utilizaron los siguientes:
 - Estrato 1: herbácea (*L. cernua*)
 - Estrato 2: arbustivas (*H. patrisiana*, *M. prasina*)
 - Estrato 3: arbóreas (*C. rosea*, *C. arborea*)

La normalidad de las variables se comprobó con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Según fue el resultado un análisis de varianza o la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis fueron aplicados.

El coeficiente de correlación entre las tres variables anteriores y entre ellas y el contenido de humedad de las muestras en el momento de los ensayos, fue determinado.

En todos los casos se utilizaron los valores medios obtenidos para cada una de las cinco especies estudiadas. Como no todas las variables siguieron una distribución normal, se determinó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5 %. Para realizar los diferentes análisis se utilizó el Microsoft Excel 2010 y el sistema estadístico IBM SPSS Statistics ver.21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos positivos

La distribución del porcentaje de ensayos de inflamabilidad positivos se muestra en la **Tabla II**. Se observa que en todas las especies estudiadas los ensayos fueron positivos.

Tabla II. Porciento de ensayos positivos.

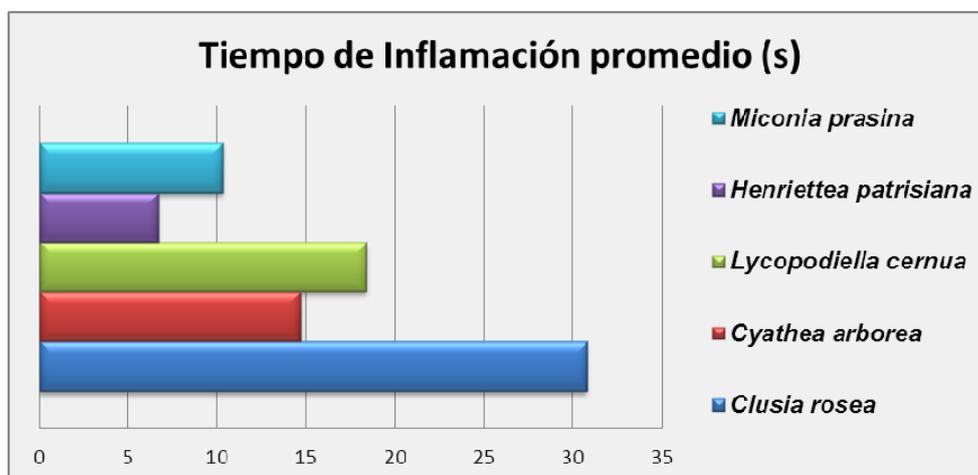
ESPECIES	PORCENTAJE DE ENSAYOS POSITIVOS (%)
<i>C. rosea</i>	100
<i>C. arbórea</i>	100
<i>L. cernua</i>	100
<i>H. patrisiana</i>	100
<i>M. prasina</i>	100

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo de inflamación.

La variable tiempo de inflamación según propone la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov se ajustó a una distribución normal ($p=0,096$) para las 5 especies analizadas, siendo la *H. patrisiana* y la *M. prasina* las de menores valores promedio, resultando como la de mayor valor promedio la *C. rosea*. Lo cual se puede observar a continuación en la figura 1.

Figura 1. Tiempo de inflamación promedio de las especies.



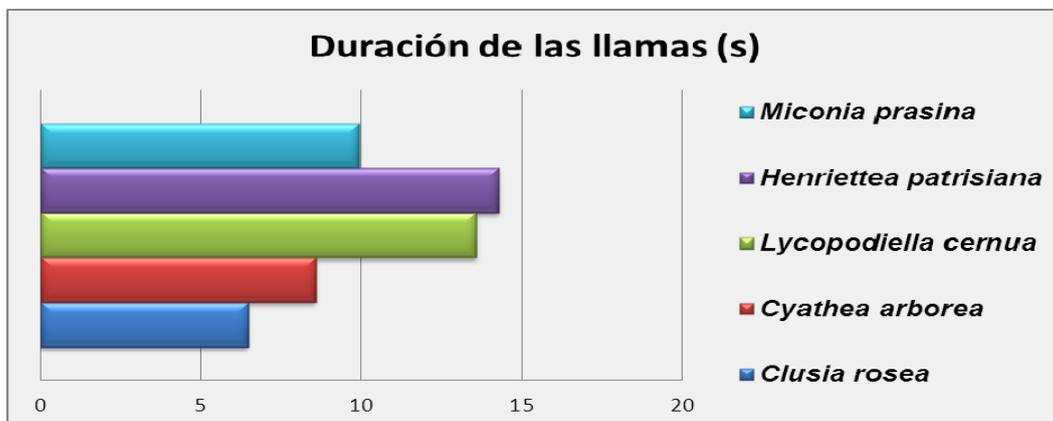
Fuente: Elaboración Propia

Teniendo la variable tiempo de inflamación una distribución normal ($p=0,096$). Entonces se procedió a realizar un análisis de varianza factorial que permitió establecer que los factores: forma de la muestra ($p=0,076$) estratos ($p=0,326$), no ejercieron influencia sobre el tiempo de inflamación, no ocurriendo lo mismo en el caso de las especies ($p=0,000$).

Duración de las llamas

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la duración de las llamas durante los ensayos. Se observa que el menor valor promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana*.

Figura 2. Duración de las llamas de las especies.



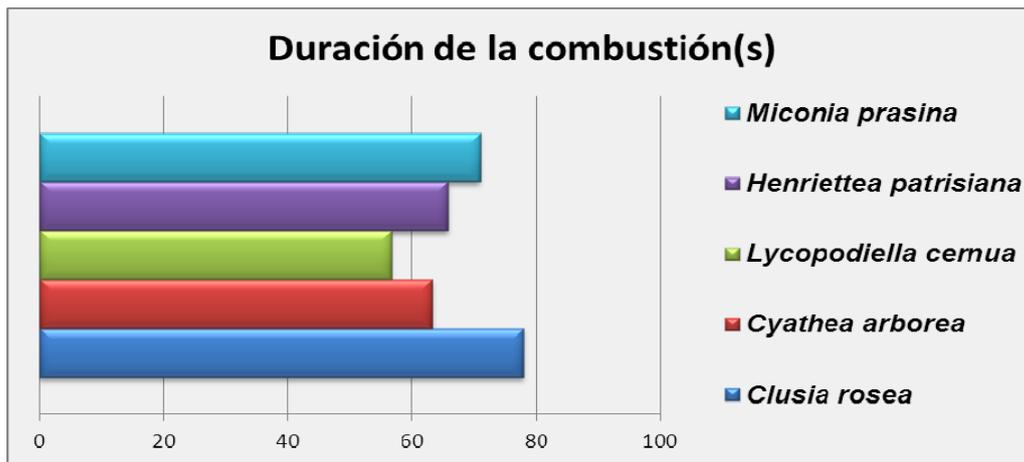
Fuente: Elaboración Propia

La variable duración de las llamas, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal ($p=0,324$). Realizando de esta forma un análisis de varianza factorial que permitió establecer que los factores forma de la muestra ($p=0,000$) y especies ($p=0,000$) ejercieron influencia sobre la duración de las llamas. No ejercieron influencia sobre esta variable los estratos ($p=0,198$).

Duración de la combustión

De acuerdo con la **figura 3**, en la que se muestra la duración de la combustión, se observa que la especie que mostró el valor promedio más bajo fue la *L. cernua*, mientras que el mayor valor fue obtenido para *C. rosea*.

Figura 3. Duración de la combustión.



Fuente: Elaboración Propia

La variable duración de la combustión, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, no se ajustó a la distribución normal ($p=0,048$). Por lo cual se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que permitió establecer que los factores forma de la muestra ($p=0,000$) y especies ($p=0,000$) ejercieron influencia sobre la duración de la combustión. No ejercieron influencia sobre esta variable los estratos ($p=0,756$).

Tiempo de inflamación, duración de las llamas, duración de la combustión y humedad de las muestras.

Las variables T_i , D_{II} y contenido de humedad de las muestras se ajustaron a la distribución normal con ($p=0,233$); ($p=0,532$) y ($p=0,913$) respectivamente. La variable D_c no se ajustó a esa distribución ($p=0,042$).

Se realizó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5%, entre las variables T_i , D_{II} y D_c y entre ellas y el contenido de humedad de las muestras en el momento de los ensayos, el cual se muestra en la **Tabla III**.

Se observa que no existe correlación entre las variables T_i y D_c . No obstante, en el resto de los casos las correlaciones entre las variables son muy bajas.

Tabla III. Correlación entre las variables T_i , D_{II} y D_c y la humedad de las muestras.

VARIABLES	<i>r</i>	<i>p</i>
Tiempo de inflamación – Duración de las llamas	-0,424	0,000
Tiempo de inflamación – Duración de la combustión	0,295	0,000
Tiempo de inflamación – Humedad de las muestras	0,724	0,000
Duración de las llamas – Duración de la combustión	-0,171	0,007
Duración de las llamas – Humedad de las muestras	-0,223	0,000
Duración de la combustión – Humedad de las muestras	0,067	0,293

Fuente: Elaboración Propia

Inflamabilidad de las especies

La inflamabilidad de las cinco especies estudiadas se muestra en la **tabla IV**.

Tabla IV. Inflamabilidad por especies.

<i>C. rosea</i>	<i>C. arborea</i>	<i>L. cernua</i>	<i>H. patrisiana</i>	<i>M. prasina</i>
2	4	3	5	5

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar las especies *H. patrisiana* y *M. prasina* son extremadamente inflamables, mientras que *C. arborea* es muy inflamable, siendo *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

Elvira y Hernando (1989) realizaron un estudio similar con especies vegetales del mediterráneo encontrando que la inflamabilidad de las especies puede variar durante el año dependiendo de la estación climática, además destacan que todas las especies que conservan los elementos secos en ramillas, ramas, tallos, entre otras, presentan gran riesgo en cuanto a su inflamabilidad fundamentalmente las que se encuentran en los estratos herbáceos-arbustivos.

Resultados semejantes son los obtenidos por Jaime (2013) quién determinó la inflamabilidad de especies vegetales asociadas a ecosistemas de pinares, siendo una de las especies con menor valor promedio de tiempo de inflamación y extremadamente inflamable durante el todo año la *Clidemia hirta* (L.) D. Don (Cordobán) de la Familia: Melastomatácea al igual que *H. patrisiana* y *M. prasina*.

CONCLUSIONES

- Las especies de menores valores promedio de tiempo de inflamación fueron la *H. patrisiana* y la *M. prasina* y la *C. rosea* la de mayor valor promedio.
- El comportamiento de la duración de las llamas durante los ensayos manifestó que el menor valor promedio se obtuvo para *C. rosea* y el mayor para *H. patrisiana*. Para el caso de la duración de la combustión, en las especie estudiadas se mostró que el valor promedio más bajo fue la *L. cernua* y el mayor valor fue para *C. rosea*.
- Se clasifican las especies según su inflamabilidad considerando las condiciones de humedad resultante, como: la *H. patrisiana* y *M. prasina*, extremadamente inflamables, *C. arbórea*, muy inflamable, *L. cernua* moderadamente inflamable y por último *C. rosea* inflamable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEE, J.K., SKINNER, C.N. Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecol. Manage*, 2005, 211, 83-96.
- ARNALDOS VIGER, J. et. al. *Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales*. Madrid: Mundi Prensa, 2004.
- BATISTA, A.C. Y SOARES, R.V. *Manual de prevenção e combate a incêndios florestais*. Curitiba. Paraná. Brasil, 1997.
- BEVERLY JL. AND WOTTON BM. Modelling the probability of sustained flaming: predictive value of fire weather index components compared with observations of site weather and fuel moisture conditions. *International Journal of Wildland Fire*, 2007, (16), 161–173. doi: 10.1071/WF06072.
- BLACKMARR, WH. *Moisture content influences ignitability of slash pine litter*. USDA Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Research Note SE-173. (Macon, GA). 1992.
- BOWMAN, D.M.et. al. Fire in the Earth System. *Science*, 2009, (324), 481 - 484.

- BRUCE, J. G. *Systematics and Morphology of Subgenus Lepidotus of the Genus Lycopodium (Lycopodiaceae)*. 1975.
- CHANDLER, C. et. al. *Fire in forestry*. Vol. I. Forest fire behavior and effects. Florida: Krieger Publishing Company, 1991.
- CHANDLER, C. et. al. *Fire in Forestry*. Vol. I. John Wiley. Nueva York, Estados Unidos, 1983.
- CONABIO. *Catálogo taxonómico de especies de México*. Cap. nat. México. 2009.
- CURT T. et. al. Vegetation flammability and ignition potential at road-forest interfaces (southern France). In '*Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference*'. May 2007, Sevilla, Spain. (CD-ROM) Madrid, Spain: Ministerio de Medio Ambiente, 2007.
- DELABRAZE, P. Y VALETTE, J.CH. *Etude de inflamabilité et de la combustibilité. Consultation technique FAO sur les incendies de forests en pays méditerranéens*. 1997.
- DIMITRAKOPOULOS, A.P. A statistical classification of Mediterranean species base dons their flammability components. *International Journal of Wildland Fire*, 2001, (10), 113-118.
- DIMITRAKOPOULOS, A.P. Y MATEEVA, V. 1998. Effect of moisture content on the ignitability of Mediterranean species. *En Proceedings of the III International Conference on Forest Fire Research*, ADAI. Coimbra, 1998, 1, p. 455-456.
- ELLIS, P.F. *The aerodynamic and combustion characteristics of eucalypt bark: a firebrand study*. PhD thesis. Canberra: Australian National University, 2000.
- ELVIRA, L.M. Y HERNANDO, C. *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1989.
- FERREIRA, A.D. Ignição de combustíveis finos por fósforos. In '*Jornadas Científicas sobre Incendios Florestais*', November 1988, Coimbra, Portugal. Ed. DX Viegas. Portugal: University of Coimbra, 1998, p. 281-289.
- FORZZA, R. C. et al. *Lista de espécies Flora do Brasil*. 2010.

- FRANDSEN, W.H. (1987) the influence of moisture and mineral soil on the combustion limits of smouldering forest duff. *Canadian Journal of Forest Research*, 1987, (17), 1540–1544. doi: 10.1139/X87-236.
- FRANDSEN, W.H. Ignition probability of organic soils. *Canadian Journal of Forest Research*, 1997, (27), 1471–1477. doi: 10.1139/CJFR-27-9-1471.
- GUIJARRO, M. *Comportamiento del fuego y régimen térmico en diferentes complejos de combustible forestal*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Tesis doctoral inédita. INIA. Madrid, 2003.
- GUIJARRO, M. et. al. *Inflamabilidad de la hojarasca de diferentes especies forestales: influencia de la humedad y de la densidad aparente del combustible*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 2002.
- HARRINGTON, S. *Measuring Forest Fuels. An Overview of Methodologies, Implications for Fuels Management*. Forest Guild Research Center. Working Paper 19, 2005.
- HARTFORD, R.A. Smouldering combustion limits in peat as influenced by moisture, mineral content and organic bulk density. In *'Proceedings of the 10th Conference on Fire and Forest Meteorology'*, Ottawa, Canada. Eds DC MacIver, H Auld, R Whitewood. Ottawa, ON: Forestry Canada & Environment Canada, 1989, pp. 282–286.
- HATTON, T.J. et. al. The influence of soil moisture on Eucalyptus leaf litter moisture. *Forest Sci.* 1998, **34**(2), 292-301.
- HERNÁNDEZ, A. et. al. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. Ciudad de la Habana: MINAGRI, 1999. ISBN: 959-246-022-1.
- HERNANDO, C. *Combustibles forestales: inflamabilidad*. En *la Defensa Contra Incendios Forestales: Fundamentos y Experiencias*. Capítulo 6. Madrid: McGraw Hill, 2000.
- HERNANDO, C. Combustibles forestales: Inflamabilidad. En: *La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias*. 2ª ed. Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U. 2009, p. 123 – 130.
- ICONA. *Manual de Operaciones contra Incendios Forestales*. España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 1993.

- JAIME, M.F. *Inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares*. Tesis de Diploma inédita, Universidad Hermanos Saiz Monte de Oca, Pinar del Río, 2013.

Aceptado: 25/10/2014