

## ***Inflamabilidad de especies vegetales del ecosistema de pinares***

### ***Flammability of plant species of pine ecosystem***



***Revista Cubana de Ciencias Forestales  
Año 2016, Volumen 4, número 1***

**Yulian Carrasco Rodríguez<sup>1</sup>, Marcos Pedro Ramos Rodríguez<sup>2</sup>, Fernando Jaime Mesa<sup>3</sup>, Yuleidy Caso Hernández<sup>4</sup>, Luis Wilfredo Martínez Becerra<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>MsC. Ciencias forestales. Universidad de Pinar del Río "Hermandos Saíz Montes de Oca". Correo electrónico: [yulianc@upr.edu.cu](mailto:yulianc@upr.edu.cu)

<sup>2</sup>Dr. Ciencias Forestales, Universidad Nacional del Sur de Manabí, Ecuador.

<sup>3</sup>Ingeniero Forestal, GEOCUBA. Pinar del Río.

<sup>4</sup>Ingeniero Forestal. Empresa Agro Forestal Pinar del Río.

<sup>5</sup>Dr. Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias. Universidad de Pinar del Río "Hermandos Saíz Montes de Oca".

#### **RESUMEN**

Los incendios han sido reconocidos como una de las principales causas que provocan la pérdida de los bosques, ecosistemas terrestres de gran importancia, solo para el hombre sino también para otros seres vivos que dependen de ellos para su subsistencia. Precisamente son los combustibles uno de los elementos que integran tanto el triángulo de la combustión como el de la propagación, por esto estudiar sus características es de gran importancia, siendo una de ellas la inflamabilidad. En Cuba no existen hasta la actualidad estudios sobre inflamabilidad de especies vegetales, los cuales podrían contribuir al perfeccionamiento de las actividades básicas de manejo del fuego, pues brindan la posibilidad de definir zonas con diferente riesgo, lo que puede variar, para algunas especies, durante el año. En correspondencia con lo anterior el objetivo general de este trabajo fue evaluar la distribución anual de la inflamabilidad de algunas especies vegetales del ecosistema de pinares. Las muestras fueron colectadas en el km 18 de la carretera a Viñales todos

#### **ABSTRACT**

Fires have been recognized as one of the main causes of the loss of forests, terrestrial ecosystems of great importance not only for men but also for other living things that depend on them for their livelihoods. Precisely fuels are one of the elements of both the combustion triangle as the spread, so study their characteristics is of great importance, one being flammability. In Cuba they do not exist until now studies flammability of plant species, which could contribute to the improvement of the basic activities of fire management, as they provide the ability to define areas with different risk, which may vary for some species, for the year. In correspondence with the above, the overall objective of this study was to evaluate the annual distribution of the flammability of some plant species of pine ecosystem. The samples were collected in the 18 km road to Viñales every month during the period November 2010 to October 2011 between 10:15 and at 11:15 hours. The method described by Elvira and Hernando (1989) and Hernando (2000 and 2009) was used for determining the

los meses durante el período noviembre 2010 octubre 2011 entre las 10:15 y las 11:15 horas. Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, se utilizó el método descrito por Elvira y Hernando (1989) y Hernando(2000 y 2009). Entre otros resultados pueden mencionarse que los menores tiempos de inflamación promedio que se obtuvieron se corresponden con el período noviembre-febrero, siendo la especie con menor valor promedio para esta variable durante el año la *Clidemiahirta*. El mayor valor promedio se obtuvo para el caso de la *Rondeletia correifolia*.

**Palabras clave:** Inflamabilidad; Incendios forestales; Material combustible.

November to February, being the species with the lowest average value for this variable during the *Clidemia hirta*. The higher average value was obtained for the case of *Rondeletia correifolia*.

**Key words:** Flammability; Forest fires; Combustible material.

## INTRODUCCIÓN

Los incendios han sido reconocidos como una de las principales causas que provocan la pérdida de los bosques, ecosistemas terrestres de gran importancia, no solo para el hombre sino también para otros seres vivos que dependen de ellos para su subsistencia. El desarrollo de estos deja tras sí una estela de consecuencias negativas, que van desde la pérdida de disímiles especies de la flora, hasta la afectación de los representantes de la fauna que viven en ellos, y que tienden a ser desplazados de los lugares que habitan o en el peor de los escenarios mueren por las llamas o la inhalación del humo. A esto se debe agregar las pérdidas económicas que sufre el hombre, las cuales están relacionadas con las especies forestales que se dañan y con los variados, y en ocasiones cuantiosos recursos, que deben emplearse para la extinción del fuego.

Entre los principales factores que se han determinado como causales de la ocurrencia de los incendios se encuentran, la acción directa o flammability of fuels. Among other results may be mentioned that the average times lower inflammation was obtained correspond to the period from

negligente del hombre y los asociados al clima.

Estos últimos cobran especial atención en los estudios que se han realizado en diferentes ecosistemas forestales con la finalidad de determinar el grado de inflamabilidad de las especies que lo conforman, dígase las especies arbóreas, las arbustivas y las herbáceas.

Todo esto dirigido a contribuir con acciones que tributen a la prevención de los incendios, como la principal vía para evitar sus efectos y nocivas consecuencias.

Según Marino *et al.* (2010), estudios inflamabilidad con una fuente de punto de ignición en diferentes combustibles forestales, especialmente la hojarasca y pastos, tanto en el campo (Blackmarr 1972; Lin 1999; Tanskanen *etal.* 2005; Beverly y Wotton 2007) y estudios de laboratorio (Ferreira 1988; McAlpine y Wakimoto 1991; Ellis 2000; Guijarro *et al.* 2002; Pérez-Gorostiaga *et al.* 2002; Plucinski 2003; Satoh *et al.* 2003; Manzello *et al.* 2006; Jappiot *et al.* 2007; Plucinskiy Anderson 2008).

También diferentes estudios han sido llevados a cabo para evaluar la sostenibilidad de la ignición de suelos orgánicos (Frandsen 1987, 1997; Hartford 1989; Lawson *et al.* 1997; Miyanishi y Johnson 2002; Otway *et al.* 2007; Reardon *et al.* 2007).

Una investigación reciente de Curt *et al.* (2007) evaluó la inflamabilidad de los combustibles en diferentes tipos de vegetación, incluyendo un complejo de combustibles compuesto por litera, pastos y arbustos en un rodal de pino después de una limpia de arbustos.

Por su parte, Marino *et al.* (2010) compararon el efecto de dos tratamientos mecánicos de combustibles sobre la inflamabilidad de combustibles muertos finos en comunidades de arbustos con bajos niveles de humedad de los combustibles.

En Cuba, no existen hasta la actualidad estudios sobre inflamabilidad de especies vegetales, los cuales podrían contribuir al perfeccionamiento de las actividades básicas de manejo del fuego, pues brindan la posibilidad de definir zonas con diferentes niveles de riesgo, lo que puede variar, para algunas especies, durante el año.

En correspondencia con lo anterior el problema científico que plantea esta investigación es: ¿Cambia a través de los meses el grado de inflamabilidad de las especies vegetales en el ecosistema de pinares?, siendo la hipótesis la siguiente:

Evaluando la distribución anual de la inflamabilidad de las especies vegetales del ecosistema de pinar será posible definir los meses en los cuales el mayor porcentaje de las mismas presentan altos grados de inflamabilidad.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo general de la investigación fue evaluar la distribución anual de la inflamabilidad de algunas especies vegetales del ecosistema de pinares, mientras que los objetivos específicos fueron:

- Realizar ensayos de inflamabilidad a las especies seleccionadas del ecosistema de pinar.

- Analizar la distribución mensual de la inflamabilidad de las especies vegetales objeto de estudio.

- Establecer posibles relaciones entre la humedad de los combustibles y la inflamabilidad.

## MATERIAL Y MÉTODO

Las muestras para realizar los ensayos de inflamabilidad y determinar la humedad de las mismas en el momento del ensayo, fueron tomadas en el km 18 de la carretera a Viñales.

Esta área pertenece a la Unidad Silvícola Viñales, Empresa Forestal Integral La Palma. La vegetación es de pinares naturales de Alturas de Pizarras la cual corresponde, según Samek y Del Risco (1989), a la asociación *Quercus-Pinetumcaribaeae*, su asociación *pinetumtropicalis*. Las muestras fueron colectadas todos los meses durante el periodo noviembre 2010 octubre 2011 entre las 10:15 y las 11:15 horas. Durante esta actividad se midieron variables meteorológicas tales como temperatura del aire y humedad relativa. Un medidor meteorológico de bolsillo, Kestrel 3500, fue utilizado para estas operaciones.

La toma de muestras para los ensayos de inflamabilidad, siguiendo a Elvira y Hernando (1989), 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 70 g de los cuales fueron utilizados 50 g para los ensayos. Se trabajó con ocho especies las cuales fueron seleccionadas considerando su presencia en el ecosistema y su participación en el comportamiento del fuego, esta última característica se basó en el criterio de especialistas en manejo del fuego. Las especies fueron las siguientes:

. *Pinus caribaea* Morelet, var. *caribaea* (pino macho)

. *Mataybaapétala* Radlk (macurijes)

. *Bourreria virgata* (Sw.) G. Don. (cafetillo)

. *Byrsonimacrassifolia* (L.) Kunth (peralejo)

. *Clidemiahirta* (L.) D. Don (cordoban peludo)

. *Rondeletia correifolia* Griseb. (rondeletia)

. *Odontosoria wrightiana* Maxon (helechotembla dera)

. *Aristida erecta* Hitchc (pajónhembra)

Para la determinación del grado de inflamabilidad de los combustibles, de acuerdo a la definición de Delabraz 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 Arnaldo et al., (2004), este ensayo consiste en somete sucesivamente 50 muestras de  $1 \pm 0,1$  g a la acción de un foco calorífico de 500W de potencia ( $7W.cm^{-2}$ ), colocándolas directamente sobre la superficie radiante. A medida que avanza la descomposición térmica de la muestra se irán desprendiendo, conjuntamente 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 mechero de gas.

Los parámetros de la inflamabilidad considerados fueron:

· Tiempo de inflamación (Ti): es el transcurrido desde el instante de colocar la muestra en el radiador eléctrico (epirradiator) hasta que se produce la inflamación de la materia, expresado en segundos. El tiempo de inflamación de la especie estudiada es la media aritmética de los Ti resultantes en los 50 ensayos.

· Porcentaje de ensayos positivos (Ni): se consideran positivas aquellas muestras en que se produce la inflamación antes de un minuto, puesto que se observa que en el material fino una vez transcurrido dicho tiempo, la muestra por lo general se carboniza sin sufrir inflamación.

· Duración de las llamas: es la media aritmética de la duración de las llamas producidas por la inflamación de los vegetales en los 50 ensayos.

· Duración de la combustión: es la media aritmética de la duración de la combustión resultante en los 50 ensayos.

De acuerdo con los valores de Ti y Ni se clasificaron las especies según la clasificación de inflamabilidad definida (1986) citado por Elvira y Hernando (1989) y por Hernando (2000), según se muestra en la Tabla 1. Los tiempos de inflamación, duración de las llamas y de la combustión se midieron con un cronómetro.

**Tabla 1.** 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
<1	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
>3	2	1	1	0	0	0

## La escala utilizada tiene la siguiente significación:

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 producían 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. Tiempo de duración de la llama originada 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, es un dato de extraordinaria 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 50 g 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 determinó la humedad por la ecuación 1:

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

Donde:

Hm: humedad del material combustible (%), PH: Peso húmedo de la muestra (g), P, 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 ocho 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: aovadao elíptica (*B. virgata*, *B. crassifolia*, *C. hirta*, *R. correifolia*)
- Forma 2: filiforme (*A. erecta*)
- Forma 3: acicular (*P. caribaea*)
- Forma 4: lanceolada (*M. apetala*)
- Forma 5: irregular (*O. wrightiana*)

· Meses: los 12 meses del año en que fueron tomadas y ensayadas las muestras

· Estrato: según el estrato donde se encuentra la especie, se utilizaron los siguientes:

- Estrato 1: herbáceas (*A. erecta*, *O. wrightiana*)
- Estrato 2: arbustivas (*B. virgata*, *B. crassifolia*, *C. hirta*, *R. correifolia*)
- Estrato 3: arbóreas (*P. caribaea*, *M. apetala*)

También se analizó para cada especie la distribución anual de las variables tiempo de inflamación, duración de las llamas y duración de la combustión. Se verificó la existencia o no de diferencia significativa entre los valores medios obtenidos para cada especie cada mes y entre los valores medios obtenidos para cada especie durante año. 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. Las pruebas de Duncan U de Mann-Whitney fueron utilizadas para verificar las diferencias entre meses y especies.

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 el primer caso se utilizaron los valores medios obtenidos para cada una de las ocho especies cada mes del año. 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%.

Además, a través de un análisis de conglomerados jerárquico se clasificaron las especies considerando la inflamabilidad mostrada por cada una de ellas durante los distintos meses del año. El agrupamiento se basó en la distancia euclídea y se utilizó el método de Ward. Para realizar los diferentes análisis se utilizó el Microsoft Excel y el sistema estadístico SPSS v.15.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayos positivos

La distribución anual del porcentaje de ensayos de inflamabilidad positivos se muestra en la Tabla 2. Se observa que en el caso de las especies *P. caribaea*, *B. crassifolia*, *C. hirta* y *A. erecta*, el 100% de los ensayos fueron positivos todos los meses del año. La especie con menos ensayos positivos registrados fue la *R. correifolia*, seguida de la especie *O. wrightiana*. En la Tabla, se observa también que durante los meses enero, febrero, agosto, noviembre y diciembre, todos los ensayos fueron positivos para las ocho especies.

Tabla 2. Distribución anual del porcentaje de ensayos positivos.

Porcentaje de ensayos positivos(%)												
Especies	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>P. caribaea</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>M. apetala</i>	100	100	100	100	100	100	98	100	78	100	100	100
<i>B. virgata</i>	100	100	100	96	96	100	100	100	90	74	100	100
<i>B. crassifolia</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>C. hirta</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>R. correifolia</i>	100	100	98	84	100	98	94	100	94	92	100	100
<i>O. wrightiana</i>	100	100	90	94	98	100	100	100	98	98	100	100
<i>A. erecta</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

### Tiempo de inflamación

La distribución anual del tiempo de inflamación obtenido para cada especie se muestra en la Tabla 3. En general los menores tiempos de inflamación promedio se obtuvieron para el periodo noviembre febrero, siendo la especie con menor valor promedio para esta variable durante el año *C. hirta*. El mayor valor promedio se obtuvo para *R. correifolia*.

La variable tiempo medio anual de inflamación, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal ( $p=0,110$ ). El análisis de varianza factorial permitió establecer que los factores: forma de la muestra

( $p=0,062$ ), meses ( $p=0,146$ ) y estratos ( $p=0,447$ ), no ejercieron influencia sobre el tiempo de inflamación, no ocurriendo lo mismo en el caso de las especies ( $p=0,000$ ). En el caso de la variable tiempo medio mensual de inflamación para cada especie, según lo que propone la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, no se ajustó a la distribución normal, obteniéndose valores de  $p=0,003$  para *P. caribaea* y  $0,000$  para el resto de las especies. La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis demostró la existencia de diferencia significativa entre los valores medios mensuales de estas variables para cada una de las ocho especies. En todos los casos el valor de  $p$  fue  $0,000$ . Las diferencias entre los meses, obtenidas por la prueba U de Mann-Whitney, se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Distribución anual del tiempo de inflamación.

Especies	Tiempo de inflamación(s)											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>P.caribaea</i>	10,37 <sup>e</sup>	9,01 <sup>f</sup>	10,98 <sup>e</sup>	13,25 <sup>d</sup>	15,12 <sup>bc</sup>	15,65 <sup>bc</sup>	16,25 <sup>b</sup>	15,24 <sup>bc</sup>	14,71 <sup>c</sup>	18,43 <sup>a</sup>	6,39 <sup>g</sup>	7,91 <sup>f</sup>
<i>M.apetala</i>	4,79 <sup>c</sup>	5,86 <sup>c</sup>	7,57 <sup>b</sup>	7,69 <sup>b</sup>	10,58 <sup>a</sup>	7,82 <sup>b</sup>	11,94 <sup>a</sup>	11,35 <sup>a</sup>	11,55 <sup>b</sup>	11,00 <sup>a</sup>	7,75 <sup>b</sup>	6,11 <sup>c</sup>
<i>B.virgata</i>	6,33 <sup>f</sup>	5,06 <sup>g</sup>	6,77 <sup>ef</sup>	8,28 <sup>bc</sup>	9,20 <sup>a</sup>	7,35 <sup>de</sup>	9,11 <sup>a</sup>	8,72 <sup>ab</sup>	7,80 <sup>cd</sup>	7,96 <sup>bcd</sup>	6,44 <sup>f</sup>	6,22 <sup>f</sup>
<i>B.crassifolia</i>	7,54 <sup>d</sup>	6,64 <sup>d</sup>	11,44 <sup>a</sup>	8,58 <sup>c</sup>	9,52 <sup>c</sup>	8,51 <sup>c</sup>	8,93 <sup>c</sup>	9,52 <sup>c</sup>	10,48 <sup>b</sup>	9,37 <sup>c</sup>	6,78 <sup>d</sup>	7,54 <sup>d</sup>
<i>C.hirta</i>	5,24 <sup>c</sup>	7,42 <sup>a</sup>	7,05 <sup>ab</sup>	6,87 <sup>ab</sup>	6,08 <sup>c</sup>	6,28 <sup>abc</sup>	6,95 <sup>ab</sup>	6,82 <sup>ab</sup>	6,79 <sup>ab</sup>	6,83 <sup>ab</sup>	5,94 <sup>bc</sup>	7,17 <sup>ab</sup>
<i>R.correifolia</i>	13,26 <sup>e</sup>	14,30 <sup>de</sup>	19,14 <sup>a</sup>	19,91 <sup>a</sup>	16,76 <sup>c</sup>	16,30 <sup>cd</sup>	18,46 <sup>ab</sup>	16,94 <sup>bc</sup>	16,78 <sup>bc</sup>	16,26 <sup>c</sup>	18,43 <sup>ab</sup>	16,74 <sup>bc</sup>
<i>O.wrightiana</i>	7,81 <sup>f</sup>	8,29 <sup>f</sup>	11,68 <sup>cd</sup>	11,92 <sup>cd</sup>	10,79 <sup>de</sup>	16,69 <sup>a</sup>	10,02 <sup>e</sup>	12,51 <sup>c</sup>	14,94 <sup>b</sup>	10,60 <sup>de</sup>	5,57 <sup>g</sup>	6,01 <sup>g</sup>
<i>A.erecta</i>	11,09 <sup>c</sup>	8,58 <sup>e</sup>	12,46 <sup>b</sup>	13,70 <sup>a</sup>	10,82 <sup>c</sup>	12,57 <sup>d</sup>	14,15 <sup>a</sup>	13,64 <sup>a</sup>	11,45 <sup>c</sup>	13,36 <sup>a</sup>	7,93 <sup>e</sup>	9,69 <sup>d</sup>
<b>Media</b>	8,30	8,15	10,88	11,28	11,11	11,40	11,98	11,84	11,81	11,73	8,15	8,42

Valores con letras iguales para una misma especie no difieren a un nivel de significación de 0,05

## Duración de las llamas

En la Tabla 4 se muestra la distribución anual de la duración de las llamas durante los ensayos. Se observa que el menor valor medio se obtuvo para *A. erecta* y el mayor para *P. caribaea*.

La variable tiempo medio anual de la duración de las llamas, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal ( $p=0,408$ ). El análisis de varianza factorial permitió establecer que el factor forma de la muestra ( $p=0,000$ ), estratos ( $p=0,000$ ) y especies ( $p=0,000$ ) ejercieron influencia sobre la duración de las llamas. No ejercieron influencia sobre esta variable los meses ( $p=0,261$ ).

especie, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal en el caso de las especies *M. apétala* ( $p=0,202$ ); *C. hirta* ( $p=0,143$ ) y *R. correifolia* ( $p=0,063$ ). El resto de las especies no se ajustaron a esta distribución obteniéndose valores de  $p=0,039$ ;  $0,007$ ;  $0,000$ ;  $0,037$  y  $0,001$  para *P. caribaea*, *B. virgata*, *B. crassifolia*, *O. wrightiana* y *A. erecta* respectivamente. A través del análisis de varianza o de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis obtuvieron valores de  $p=0,000$  en todos los casos demostrándose la existencia de diferencia significativa entre los valores medios mensuales de esta variable para cada una de las ocho especies. Los resultados de las pruebas de Duncan y U de Mann-Whitney, se muestran en la Tabla 4.

Los valores medios de la variable duración de las llamas para cada

**Tabla 4.** Distribución anual de la duración de las llamas.

Especies	Duración de las llamas(s)											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<i>P.caribaea</i>	14,20 <sup>ef</sup>	13,30 <sup>fg</sup>	20,02 <sup>a</sup>	12,70 <sup>fg</sup>	16,45 <sup>bcd</sup>	16,56 <sup>bcd</sup>	11,71 <sup>g</sup>	14,63 <sup>def</sup>	16,70 <sup>bc</sup>	13,37 <sup>fg</sup>	15,84 <sup>cde</sup>	18,16 <sup>b</sup>
<i>M.apetala</i>	12,84 <sup>a</sup>	11,16 <sup>b</sup>	10,96 <sup>b</sup>	11,04 <sup>b</sup>	7,40 <sup>d</sup>	9,04 <sup>c</sup>	7,88 <sup>cd</sup>	5,82 <sup>e</sup>	4,86 <sup>f</sup>	8,09 <sup>cd</sup>	11,14 <sup>b</sup>	10,72 <sup>b</sup>
<i>B.virgata</i>	10,64 <sup>a</sup>	10,37 <sup>a</sup>	7,72 <sup>bc</sup>	5,87 <sup>e</sup>	7,03 <sup>cde</sup>	6,85 <sup>bcd</sup>	7,18 <sup>bcd</sup>	7,21 <sup>bcd</sup>	7,38 <sup>cd</sup>	7,97 <sup>cd</sup>	11,42 <sup>a</sup>	8,21 <sup>b</sup>
<i>B.crassifolia</i>	14,81 <sup>a</sup>	11,82 <sup>bc</sup>	11,79 <sup>bc</sup>	10,60 <sup>c</sup>	10,72 <sup>c</sup>	11,97 <sup>bc</sup>	12,80 <sup>b</sup>	10,15 <sup>c</sup>	8,01 <sup>d</sup>	10,54 <sup>c</sup>	13,12 <sup>ab</sup>	14,81 <sup>a</sup>
<i>C.hirta</i>	14,88 <sup>c</sup>	11,61 <sup>f</sup>	14,22 <sup>cd</sup>	13,85 <sup>cde</sup>	17,03 <sup>ab</sup>	15,69 <sup>bc</sup>	17,76 <sup>a</sup>	12,45 <sup>def</sup>	11,03 <sup>f</sup>	11,49 <sup>f</sup>	14,18 <sup>cd</sup>	11,99 <sup>ef</sup>
<i>R.correifolia</i>	11,88 <sup>a</sup>	12,02 <sup>a</sup>	9,54 <sup>b</sup>	5,67 <sup>e</sup>	8,85 <sup>bc</sup>	8,73 <sup>bc</sup>	8,62 <sup>bc</sup>	7,92 <sup>cd</sup>	6,24 <sup>de</sup>	8,54 <sup>bc</sup>	8,61 <sup>bc</sup>	12,32 <sup>a</sup>
<i>O.wrightiana</i>	12,92 <sup>a</sup>	10,48 <sup>b</sup>	6,63 <sup>de</sup>	6,17 <sup>e</sup>	7,37 <sup>cd</sup>	10,14 <sup>b</sup>	8,54 <sup>c</sup>	5,84 <sup>e</sup>	2,98 <sup>f</sup>	7,53 <sup>c</sup>	9,93 <sup>b</sup>	7,79 <sup>c</sup>
<i>A.erecta</i>	9,36 <sup>b</sup>	11,12 <sup>a</sup>	7,87 <sup>cd</sup>	6,14 <sup>fg</sup>	6,90 <sup>def</sup>	6,99 <sup>def</sup>	6,75 <sup>ef</sup>	6,03 <sup>fg</sup>	5,58 <sup>g</sup>	7,49 <sup>de</sup>	2,72 <sup>h</sup>	8,63 <sup>bc</sup>
<b>Media</b>	12,69	11,48	11,09	9,01	10,22	10,75	10,15	8,76	7,85	9,38	10,87	11,58

Valores con letras iguales para una misma especie no difieren a un nivel de significación de 0,05

## Duración de la combustión

De acuerdo con la Tabla 5, en la que se muestra a distribución anual de la duración de la combustión, se observa que la especie que mostró el valor promedio más bajo fue la *A. erecta*, mientras que el mayor valor fue obtenido para *R. correifolia*.

La variable tiempo medio anual de la duración de la combustión, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, no se ajustó a la distribución normal ( $p=0,026$ ). La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis permitió establecer que los factores: forma de la muestra ( $p=0,000$ ), estratos ( $p=0,000$ ) y especies ( $p=0,000$ ) ejercieron influencia sobre la duración de la combustión. No ejercieron influencia sobre esta variable los meses ( $p=0,995$ ).

Los valores medios de la variable duración de la combustión para cada especie, según la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se ajustó a la distribución normal en el caso de las especies *P. caribaea* ( $p=0,131$ ) y *M. apétala* ( $p=0,432$ ). El resto de las especies no se ajustaron a esta distribución obteniéndose valores de  $p=0,030$ ;  $0,000$ ;  $0,037$ ;  $0,000$ ;  $0,004$  y  $0,000$  para *B. virgata*, *B. crassifolia*, *C. hirta*, *R. correifolia*, *O. wrightiana* y *A. erecta* respectivamente. A través del análisis de varianza o de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis obtuvieron valores de  $p=0,000$  en todos los casos demostrándose la existencia de diferencia significativa entre los valores medios mensuales de esta variable para cada una de las ocho especies. Los resultados de las pruebas de Duncan y U de Mann-Whitney, se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Distribución anual de la duración de la combustión.

Especi	Duración de la combustión(s)											
	E	F	M	A	M	Ju	J	A	S	O	N	Di
<i>P.cariba</i>	40,	31	43	35	42,	43,	38,	42,	52,	42,	38,	38,
<i>M.apetal</i>	43	37,	38,	40,	41,	38,	40,	41,	40,	32	42,	36,
<i>B.</i>	50	41,	41,	37	43	39,	39,	40,	41,	42,	51,	38,
<i>B.crassif</i>	62	43,	51,	43	46,	45,	45,	44,	43,	48,	53,	62,
<i>C. hirta</i>	49,	52,	55,	46,	53,	52,	50,	48,	47,	44	54,	56,
<i>R.</i>	69	74,	86	76,	75,	78,	76,	72,	63,	59	85,	90,
<i>O.wright</i>	36,	35,	34	37,	38,	41,	40,	43,	44,	33	34,	34,
<i>A.</i>	29	26,	24	22,	20	22,	23,	22,	21,	23,	13,	27,
<b>Me</b>	47	42	47	42	45	45	44	44	44	41	46	48

Valores con letras iguales para una misma especie no difieren a un nivel de significación de 0,05

## Análisis de los valores medios anuales de las variables tiempo de inflamación, duración de las llamas y duración de la combustión.

Los valores medios anuales de las variables tiempo de inflamación,

duración de las llamas y duración de la combustión obtenidos para cada especie se muestran en la Tabla 6. Los resultados de las pruebas de Duncan y U de Mann-Whitney.

**Tabla 6.** Valores medios anuales de las variables *Ti*, *DII* y *Dc*.

Especies	<i>Ti</i>	<i>DII</i>	<i>Dc</i>
<i>P.caribaea</i>	12,78 <sup>b</sup>	15,30 <sup>a</sup>	40,74 <sup>c</sup>
<i>M.apetala</i>	8,67 <sup>de</sup>	9,25 <sup>c</sup>	39,57 <sup>c</sup>
<i>B.virgata</i>	7,44 <sup>ef</sup>	8,15 <sup>cd</sup>	42,41 <sup>c</sup>
<i>B.crassifolia</i>	8,74 <sup>de</sup>	11,76 <sup>b</sup>	49,23 <sup>b</sup>
<i>C.hirta</i>	6,62 <sup>f</sup>	13,85 <sup>a</sup>	51,03 <sup>b</sup>
<i>R.correifolia</i>	16,94 <sup>a</sup>	9,08 <sup>cd</sup>	75,63 <sup>a</sup>
<i>O.wrightiana</i>	10,57 <sup>cd</sup>	8,03 <sup>cd</sup>	37,92 <sup>c</sup>
<i>A.erecta</i>	11,62 <sup>bc</sup>	7,13 <sup>d</sup>	23,09 <sup>d</sup>

Valores con letras iguales para una misma variable no difieren a un nivel de significación de 0,05. *Ti*: tiempo de inflamación; *DII*: duración de las llamas; *Dc*: duración de la combustión.

### Humedad de las muestras

La distribución anual de la humedad de las muestras sometidas a los ensayos se

muestra en la Tabla 7. De acuerdo con estos resultados, el mayor valor promedio de humedad lo presentó la especie *R. correifolia*.

**Tabla 7.** Distribución anual de la humedad de las muestras sometidas a los ensayos.

Es	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Me
<i>P. caribaea</i>	125,39 128,55												
<i>M. apetala</i>	94,75 111,21												
<i>B. virgata</i>	122,45 148,91												
<i>B. crassifolia</i>	149,65 156,02												
<i>C. hirta</i>	168,03 171,41												
<i>R. correifolia</i>	203,76 173,59												
<i>O. wrightiana</i>	151,78 128,43 83,31												
<i>A. erecta</i>	168,60 135,32 106,30 82,85												
<b>Media</b>	148,05 144,18												

### Tiempo de inflamación, duración de las llamas y humedad de las muestras

Las variables *Ti*, *DII* y contenido de humedad de las muestras se ajustaron a la distribución normal con  $p=0,110$ ;  $0,408$  y  $0,812$  respectivamente. La variable *Dc* no se ajustó a esa distribución ( $p=0,026$ ). El coeficiente de correlación no paramétrico de

Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5 %, entre las variables *Ti*, *DII* y *Dc* y entre ellas y el contenido de humedad de las muestras en el momento de los ensayos, se muestra en la Tabla 8. Se observa que no existe correlación entre las variables *Ti* y *Dc*. No obstante, en el resto de los casos las correlaciones entre las variables son muy bajas.

**Tabla 8.** Correlación entre las variables  $T_i$ ,  $D_{II}$  y  $D_c$  y la humedad de las muestras.

Variables	r	p
Tiempo de inflamación – Duración de las llamas	-	0,001
Tiempo de inflamación – Duración de la combustión	0,071	0,490
Tiempo de inflamación – Humedad de las muestras	0,369	0,000
Duración de las llamas – Duración de la combustión	0,389	0,000
Duración de las llamas – Humedad de las muestras	-	0,011
Duración de la combustión – Humedad de las	0,282	0,005

### Distribución anual de la inflamabilidad

La distribución anual de la inflamabilidad de las ocho especies estudiadas se muestra en la Tabla 9.

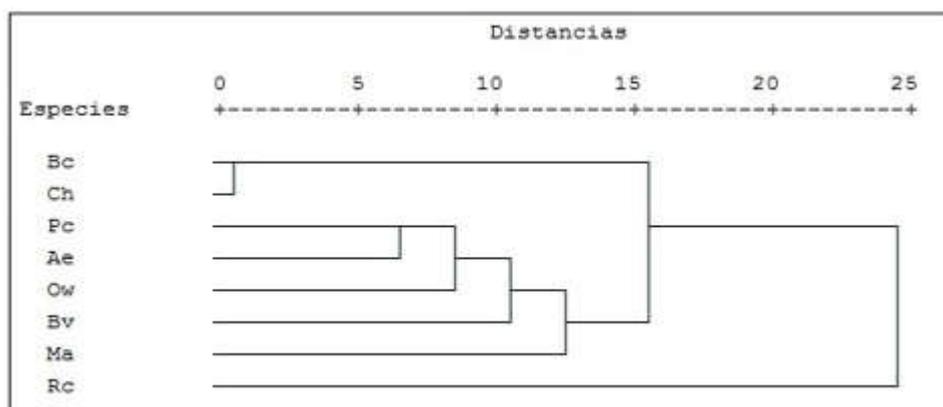
Se puede observar que las especies *B. crassifolia* y *C. hirta* son extremadamente inflamables todo el año, mientras que *M. apetala* y *B. virgata* lo son casi todo el año. También se observa que *P. caribaea*, *O. wrightiana* y *A. erecta* son muy o extremadamente inflamables todo el año. *R. correifolia* por su parte, es moderadamente inflamable casi todo el

año. En correspondencia con esto en el análisis de conglomerados que muestra la figura 1 se observan tres grupos bien diferenciados. Primero están *B. crassifolia* y *C. hirta*, similares a una distancia pequeña, después hay un segundo grupo que incluye al resto de las especies excepto *R. correifolia* que es diferente y forma el tercer grupo. Elvira y Hernando (1989) realizaron un estudio similar con especies vegetales del mediterráneo encontrando que unas serán muy inflamables durante casi todo el año, otras muy inflamables durante el verano, mientras que otras eran medianamente inflamables o poco inflamables.

**Tabla 9.** Distribución anual de la inflamabilidad por especie.

Especies	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>P.caribaea</i>	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	5	5
<i>M.apetala</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	2	5	5	5
<i>B.virgata</i>	5	5	5	5	5	5	5	4	4	2	5	5
<i>B.crassifolia</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>C.hirta</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>R.correifolia</i>	4	4	3	2	4	4	3	3	3	3	3	4
<i>O.wrightiana</i>	5	5	4	4	5	4	5	4	4	5	5	5
<i>A.erecta</i>	5	5	5	4	5	3	4	4	5	4	5	5

0 = Muy poco inflamable; 1 = Poco inflamable; 2 = Inflamable; 3 = Moderadamente inflamable; 4 = Muy inflamable; 5 = Extremadamente inflamable.



**Fig. 1.** Dendrograma sobre la inflamabilidad de las especies.

Los menores tiempos de inflamación promedio que se obtuvieron se corresponden con el período noviembre-febrero, siendo la especie con menor valor promedio para esta variable durante el año *C. hirta*. El mayor valor promedio se obtuvo para el caso de la *R. correifolia*. El menor valor medio de duración de las llamas durante los ensayos de inflamabilidad se obtuvo para *A. erecta* y el mayor para el *P. caribaea*. Lo mismo ocurrió en el caso de la duración de la combustión. Las especies *B. crassifolia* y *C. hirta* son extremadamente inflamables todo el año, mientras que *M. apetala* y *B. virgata* lo son casi todo el año. Por otra parte las especies *P. caribaea*, *O. wrightiana* y *A. erecta* son muy o extremadamente inflamables todo el año, mientras que *R. correifolia*, es moderadamente inflamable casi todo el año.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNALDOS, J.; NAVALÓN, X.; PASTOR, E.; PLANAS, E.; ZÁRATE, L. Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales. Ediciones Mundi-Prensa. España. 2004.
- CURT, T.; GANTEAUME, A.; ALLEAUME, S.; BORGNIET, L.; CHANDIOUX, O.; JAPPIOT, M.; LAMPIN, C.; Y MARTIN, W. Vegetation flammability and ignition potential at road-forest interfaces (southern France). En 4th International Wildland Fire Conference. 2007.
- ELVIRA, L.M.; Y HERNANDO, C. Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque. Madrid. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 1989.
- HERNANDO, C. Combustibles forestales: inflamabilidad. En: La defensa contra incendios forestales, fundamentos y experiencias. McGraw-Hill, New York, 2000, p. 3-6.
- HERNANDO, C. Combustibles forestales: inflamabilidad. En: la Defensa Contra Incendios Forestales: Fundamentos y Experiencias. Capítulo 6. 2000.
- HERNANDO, C. Combustibles forestales: Inflamabilidad. En: La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias. 2a Edición. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España. 2009. p.123- 130
- MARINO, E.; MADRIGAL, J.; GUIJARRO, M.; HERNANDO, C.; DÍEZ, C.; Y FERNÁNDEZ, C. Flammability descriptors of fine dead fuels resulting from two mechanical treatments in shrubland: a comparative laboratory study. International Journal of Wildland Fire, 2010, (19) 314 - 324 p.
- SAMEK, V.; DEL RISCO, E. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sinicológico. La Habana, Cuba: Editorial Academia, 1989.

---

**Recibido:** 05 de octubre de 2015.

**Aceptado:** 05 de julio de 2016.

*Y. Carrasco Rodríguez*. MSc. Ciencias forestales. Universidad de Pinar del Río  
"Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río.

Correo electrónico: [yulianc@upr.edu.cu](mailto:yulianc@upr.edu.cu)