



## EFFECTOS DEL FUEGO SOBRE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN EN UN BOSQUE NATURAL SEMICADUCIFOLIO EN SAN VICENTE CABINDA

### EFFECTS OF FIRE ON THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF VEGETATION IN A SEMIDECIDUOUS FOREST IN SAN VICENTE CABINDA

ISYOEL URRUTIA HERNÁNDEZ<sup>1\*</sup>, BEATRIZ RODRÍGUEZ ALFARO<sup>2</sup>, MARITZA PALOMINO PEÑA<sup>3</sup>, YOESLIN URRUTIA HERNANDEZ<sup>1</sup>, ROMELIA MARQUES<sup>1</sup>, JESÚS LUIS SUÁREZ<sup>1</sup>, JOSÉ REINALDO DIAZ RIVERA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Centro Universitario Municipal Viñales, Pinar del Río, Cuba

<sup>2</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Viñales, Pinar del Río, Cuba

<sup>3</sup>Universidad de Holguín, Sede Oscar Lucero Moya, Holguín, Cuba

<sup>4</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca", Facultad de Ciencias Forestales y Agropecuarias, Departamento de Agronomía de Montaña San Andrés, Pinar del Río, Cuba

\*Autor para correspondencia: [forestbaracoa@edicionescervantes.com](mailto:forestbaracoa@edicionescervantes.com)

#### RESUMEN

La investigación se centró en evaluar el efecto del fuego sobre la estructura y composición de la vegetación en un bosque natural semicaducifolio en San Vicente. El objetivo principal fue analizar los impactos del fuego, tanto positivos como negativos, sobre los componentes bióticos y las condiciones ambientales del ecosistema. Para ello, se emplearon métodos de inventario de material combustible y medición de los cambios en la flora antes y después de la aplicación de quemaduras prescritas. El estudio se llevó a cabo en un área con clima tropical, caracterizado por períodos lluviosos y secos, con suelos Ferralítico Amarillo Lixiviado. Se realizaron inventarios florísticos en parcelas de 200 m<sup>2</sup>, y se aplicaron métodos como el de intersecciones planares para cuantificar el material combustible disponible. Los resultados mostraron que las misceláneas, principalmente hojas y restos vegetales no leñosos, fueron las más representativas antes de la quema, con una media de 20,59 t/ha de material combustible seco. Tras la quema, se redujo el material combustible en un 87,7%, lo que favoreció la regeneración de especies herbáceas y arbustivas, con un aumento del 100% en la cobertura de gramíneas y dicotiledóneas. En cuanto a la diversidad, se observó una disminución del 8,4% en la composición florística, y el fuego afectó negativamente los índices de diversidad de especies. Sin embargo, algunas especies mostraron capacidad para rebrotar tras la quema, especialmente aquellas adaptadas al fuego, como las leguminosas. Los resultados subrayan que el uso controlado del fuego puede ser una herramienta útil en la gestión de combustibles forestales, aunque su impacto en la biodiversidad debe ser evaluado cuidadosamente.

**Palabras clave:** bosque urbano, biodiversidad, regeneración, gestión de combustibles

#### ABSTRACT

The research focused on evaluating the effect of fire on the structure and composition of vegetation in a natural semi-deciduous forest in San Vicente. The main objective was to analyze the impacts of fire, both positive and negative, on the biotic components and environmental conditions of the ecosystem. To do so, combustible material inventory methods and measurement of changes in flora before and after the application of prescribed burns were used. The study was carried out in an area with a tropical climate, characterized by rainy and dry periods, with Ferralitic Yellow Leached soils. Floristic inventories were carried out in 200 m<sup>2</sup> plots, and methods such as planar intersections were applied to quantify the available combustible material. The results showed that miscellaneous materials, mainly leaves and non-woody plant remains, were the most representative before burning, with an average of 20.59 t/ha of dry combustible material. After burning, combustible material was reduced by 87.7%, favouring the regeneration of herbaceous and shrub species, with a 100% increase in grass and dicotyledon cover. Regarding diversity, a decrease of 8.4% was observed in the floristic composition, and fire negatively affected species diversity indices. However, some species showed the ability to resprout after burning, especially those adapted to fire, such as legumes. The results underline that the controlled use of fire can be a useful tool in forest fuel management, although its impact on biodiversity must be carefully assessed.

**Keywords:** urban forest, biodiversity, regeneration, fuel management

Recibido: 05/1/2024

Aceptado: 05/4/2024

**Conflictos de intereses:** Los autores declaran que no existe conflicto de interés



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## INTRODUCCIÓN

Los bosques son el resultado de un equilibrio entre diversos factores ecológicos, uno de los cuales es el fuego. Este ha desempeñado un papel fundamental como regulador en la sucesión vegetal, especialmente en los ecosistemas forestales (Miller, 2000). Desde tiempos remotos, el fuego se ha convertido en un componente esencial en diversas actividades. Actualmente, se utilizan quemas prescritas con el fin de favorecer la regeneración de los bosques, mejorar el forraje para el pastoreo y prevenir incendios forestales (Wade & Lunsford, 1989). Los efectos del fuego pueden ser tanto negativos como positivos. En el caso de los efectos negativos, se asocian con los daños o consecuencias adversas que genera, mientras que los efectos positivos se refieren a sus beneficios o ventajas (Ramos Rodríguez, 2010).

La acumulación de material combustible en el suelo de los rodales de pino aumenta significativamente el riesgo de incendios a lo largo del tiempo. Para reducir este riesgo y minimizar el potencial de daños causados por los incendios, una de las alternativas adoptadas es la reducción periódica del material combustible dentro de los rodales mediante la implementación de fuego controlado (Castellón, 2013).

La cuantificación de los impactos de los incendios forestales es crucial para comprender sus efectos sobre los elementos bióticos, tanto en términos físicos como socioeconómicos. Estimar la magnitud de estos impactos es fundamental para la toma de decisiones, la recuperación de las áreas afectadas y la minimización de los daños generados durante el proceso. En este contexto, el objetivo principal de la presente investigación fue evaluar el efecto del fuego sobre la estructura y composición de la vegetación en un bosque natural semicaducifolio en San Vicente.

## MATERIALES Y METODOS

### Localización del experimento.



Figura 1. Localización del área experimental.

## Características físicas - geográficas

**Clima:** El clima de la localidad se caracteriza por la presencia de dos periodos definidos: uno lluvioso y otro menos lluvioso, según la clasificación de Köppen y Geiger (1954). El período lluvioso se extiende de noviembre a marzo, mientras que el menos lluvioso va de abril a octubre. La precipitación media anual es de 610 mm, con un mínimo de precipitaciones registrado entre junio y septiembre, cuando el clima es extremadamente seco. La temperatura media anual es de 25 °C, con una temperatura máxima media de 28 °C y una mínima de 22 °C. No obstante, en ocasiones las temperaturas máximas pueden alcanzar hasta los 35 °C.

**Suelo:** Según la versión digital del Mapa Nacional a escala 1:25.000, el área presenta diferentes tipos de suelo, los cuales corresponden al agrupamiento Ferralítico Amarillo Lixiviado típico (Hernández-Jiménez et al., 1999). El Instituto de Suelos evaluó la cobertura y determinó que es favorable para la agricultura, con una erosión generalmente leve. El área tiene buenas condiciones para el laboreo mecánico, aunque en algunos sectores puede requerir obras de drenaje, especialmente en aquellos donde la morfogénesis cálcica ha favorecido el desarrollo de depresiones superficiales con dimensiones variables.

**Vegetación:** La vegetación predominante en la zona es la sabana herbosa. Hacia el sur y el este, se observa la sabana densa, que cubre una extensa área, como se muestra en la figura. En la parte noreste, se encuentra una franja de floresta densa húmeda semicaducifolia, con arbustos que complementan la cobertura vegetal.



Figura 2. Sabana con arbustos.

### Estimación de la cantidad de material combustible disponible Inventario del material combustible

El inventario del material combustible disponible fue realizado dos años después de la quema y comparado con el inventario previo a la misma. Para cuantificar el material combustible disponible, se utilizó la clasificación por clases de diámetros y tiempos de retardación descrita por Fosberg (1971) y citada por Batista (1995) con

algunas modificaciones. Esta clasificación considera tanto las misceláneas como el material vivo, como se presenta en la [tabla 1](#).

Las misceláneas se definen como los materiales muertos no leñosos, tales como hojas, hierbas, humus y conos. Para evaluar estos combustibles, se colocó un cuadro flexible de 30 x 30 cm al final de cada línea de intersección plana. Dentro de este cuadro, se recolectó todo el material, se evitó incluir suelo mineral, rocas y otras impurezas, además del material leñoso caído. El material recolectado se colocó en bolsas de nailon y se pesó con una balanza de gancho.

#### Método de las intersecciones planares o de Brown

Este método consiste en contar las piezas leñosas que son interceptadas por un plano vertical, el cual es definido en el terreno por la línea de muestreo. El peso de los combustibles se calcula con base en el volumen y mediante el uso de estimadores de la gravedad específica del material leñoso.

#### Ubicación de las líneas de intersecciones planares

Las líneas de intersección se marcaron con cuerdas de 15 m de longitud orientadas a los azimuts de 0°, 120° y 240°. Cada cuerda fue marcada en los puntos de 2, 4 y 10 metros, y las cuerdas se fijaron en una estaca ubicada en

el punto central del sitio de muestreo y otra al final de cada cuerda.

#### Conteo de los combustibles leñosos

Para cada línea de intersección, en los primeros 2 metros, se contaron las partículas con un diámetro menor a 0,6 cm. De 0 a 4 metros, se contaron las partículas con un diámetro entre 0,6 y 2,5 cm. Entre 2,5 y 7,5 cm, se contaron desde 0 hasta 10 metros, y finalmente, las partículas mayores a 7,5 cm de diámetro (tanto podridas como no) se contaron a lo largo de toda la línea. Se anotaron el diámetro y el estado de cada pieza. Es importante visualizar el plano que “corta” los materiales desde la cuerda hasta la superficie del suelo. Para medir los diámetros, se utilizó un calibrador o clasificador de combustibles. En el caso de los combustibles con diámetros mayores a 7,5 cm, se recomendó el uso de forcípulas o cintas métricas. Además, las piezas con pudrición fueron registradas por separado de las que estaban en buen estado físico.

#### Cálculo el peso de los combustibles leñosos

Para calcular el peso de los combustibles leñosos, se utilizaron las ecuaciones presentadas en la [tabla 2](#).

**Tabla 1.** Clasificación del combustible por tamaño y tiempo de retardación

Categorías	Diámetro (cm)	Tiempo de retardación
Material vivo		
Misceláneas		
Clase I	0,6 cm de diámetro	1 hora
Clase II	0,6 - 2,5 cm de diámetro	10 horas
Clase III	2,5 - 7,6 cm de diámetro	100 horas
Clase IV	>7,6 cm	1000 horas

**Tabla 2.** Ecuaciones utilizadas para calcular el peso de los combustibles leñosos

Clases de Tamaño (cm)	Ecuaciones
0 - 0,6	$P = \frac{0,484 * n * c}{NI}$
0,6 - 2,5	$P = \frac{3,369 * n * c}{NI}$
2,5 - 7,5	$P = \frac{36,808 * n * c}{NI}$
> 7,5 (sin pudrición)	$P = \frac{1,46 \sum d^2 * c}{NI}$
> 7,5 (con pudrición)	$P = \frac{1,21 \sum d^2 * c}{NI}$

donde:

P = Peso de los combustibles (t.ha<sup>-1</sup>)

n = Frecuencia o número de intersecciones

c = Factor de corrección por pendiente

$\Sigma d^2$  = Suma de los cuadrados de los diámetros de las ramas y trozas

N = Número total de líneas de muestreo para una zona específica

l = Longitud de la línea de muestreo en pies lineales, donde 1m = 3,28 pie

#### Evaluación de las misceláneas

Las misceláneas se refieren a los materiales muertos no leñosos, tales como hojas, hierbas, humus y conos. Para evaluar estos combustibles, se coloca un cuadro flexible de 30 x 30 cm al final de cada línea de intersecciones planares. Luego, se recogió todo el material dentro del cuadro, evitando la recolección de suelo mineral, rocas y otras impurezas, además del material leñoso caído. Todo el material recolectado se colocó en bolsas de nailon y se pesó con una balanza de gancho.

#### Cálculo del peso y la humedad de las misceláneas

En el laboratorio, se obtienen cuatro muestras de 50 g cada una por sitio de muestreo para determinar su contenido de humedad. Las muestras deben permanecer 48 horas en una estufa a 75 °C, después de lo cual se pesan hasta alcanzar peso constante. Una vez obtenido el peso seco promedio de las muestras, se calcula el peso seco en kg.m<sup>2</sup> y en t.ha<sup>-1</sup>, con una regla de tres a partir del peso húmedo obtenido en el campo.

#### Evaluación del combustible vivo

En cada sitio de muestreo, se delimita una parcela de 1 m<sup>2</sup>, ubicada a 10 m del punto central sobre la línea de intersecciones orientada al norte. En esta parcela, se recolecta y pesa, por separado, el material vivo herbáceo y el material leñoso con diámetro menor a 2,5 cm y altura inferior a 1,80 m. Para determinar el peso de estos materiales, se siguen los procedimientos descritos previamente, las muestras se trataron en una estufa para su secado.

#### Obtención de la cantidad de material combustible

A partir de los resultados obtenidos en los pasos 4, 5 y 7, se realizan los cálculos correspondientes para determinar el peso seco de las distintas clases de combustibles. Los resultados se expresan en kg.m<sup>2</sup> y t.ha<sup>-1</sup> (Figura 3).

#### Inventario florístico

Se realizó un inventario florístico en parcelas de 200 m<sup>2</sup> para identificar todas las especies presentes. En cada estrato, se contó el número de individuos por especie. Los estratos fueron clasificados de acuerdo con los siguientes rangos: herbáceo, arbustivo y arbóreo.

---

Herbáceo de 0.3cm a 100cm de altura

Arbustivo de 1m a 5m de altura

Arbóreo mayor de 5m de altura

---

Dentro de cada parcela, se midieron el diámetro y la altura de los individuos que presentaron un diámetro mayor a 5 cm. Estos datos permitieron estimar el volumen y la estructura de la vegetación en la zona de estudio.

#### Estudio de la diversidad de las especies.

Para evaluar los efectos del fuego sobre la vegetación, se consideraron varios parámetros ecológicos, tales como la riqueza florística, el modelo de abundancia y el índice de diversidad, utilizando el índice de Shannon-Weaver. Además, se tomaron en cuenta las formas de vida de las especies, según los tipos biológicos de Raunkaier, definidos por la clasificación de [Ellenberg & Mueller-Dombois \(1967\)](#). También se evaluaron las estrategias reproductivas, se consideraron plantas que se propagan por semillas, por rebrotes, o por ambas. El estrato herbáceo fue definido como aquellas especies con una altura de entre 0,1 y 1 metro, el estrato arbustivo de 1,1 a 5 metros, y el estrato arbóreo incluyó especies con más de 5 metros de altura, de acuerdo con [Álvarez & Varona \(2006\)](#).



Figura 3. Representación del material combustible en el área de estudio sin quema y con quema.

### Evaluación de la diversidad florística

La evaluación de la diversidad florística se realizó con un tamaño de muestra determinado por el método descrito en el apéndice 3.6. Se ubicaron 27 parcelas temporales de 6 x 6 m (36 m<sup>2</sup>) distribuidas en tres parcelas de 10,000 m<sup>2</sup>. Cada parcela fue subdividida en subparcelas de 1 x 1 m. En cada subparcela, se identificaron y cuantificaron todos los individuos de plantas vasculares presentes.

Para la identificación de las especies, se consultó al personal especializado y los tomos de la flora de Cuba (Alain & León, 1964; Alain, 1974). Se observó el hábito de crecimiento de cada especie y se determinó la cobertura de cada una con respecto a las parcelas, tanto antes como después de las quemaduras prescritas. Con estos datos, se confeccionaron los listados florísticos necesarios para calcular los índices de diversidad, según lo descrito por Urrutia (2012), lo que permitió determinar los índices de diversidad alfa, como se muestra en la Figura 4.

### Cálculo de parámetros ecológicos

A partir del listado florístico, se determinaron diversos parámetros, como la riqueza específica y el modelo de abundancia, utilizando el índice de Simpson. Los resultados obtenidos permitieron un análisis detallado de la estructura y dinámica de la vegetación en relación con las quemaduras prescritas, lo que facilitó la comparación antes y después de la intervención.

#### 1. Riqueza específica (Moreno, 2001)

Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

#### • Índice de diversidad de Margaleff (Moreno, 2001)

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{1/nN}$$

donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

Se transformó el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies se añadían mediante la expansión de la muestra. Se asumió que existe una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos  $S=k \cdot N$  donde k es una constante. Si esta relación no se mantiene, el índice varía con el tamaño de la muestra de manera desconocida. Para obtener la relación de especies en función del número total de individuos, se utilizó S-1, en lugar de S, da  $DMg = 0$  cuando hay una sola especie (Moreno, 2001)

#### • Rarefacción (Moreno, 2001)

Permite hacer comparaciones del número de especies entre comunidades cuando el tamaño de las muestras no es igual.

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

donde:

E(S) = número esperado de especies

N = número total de individuos en la muestra

N<sub>i</sub> = número de individuos de la i-ésima especie

n = tamaño de la muestra estandarizado

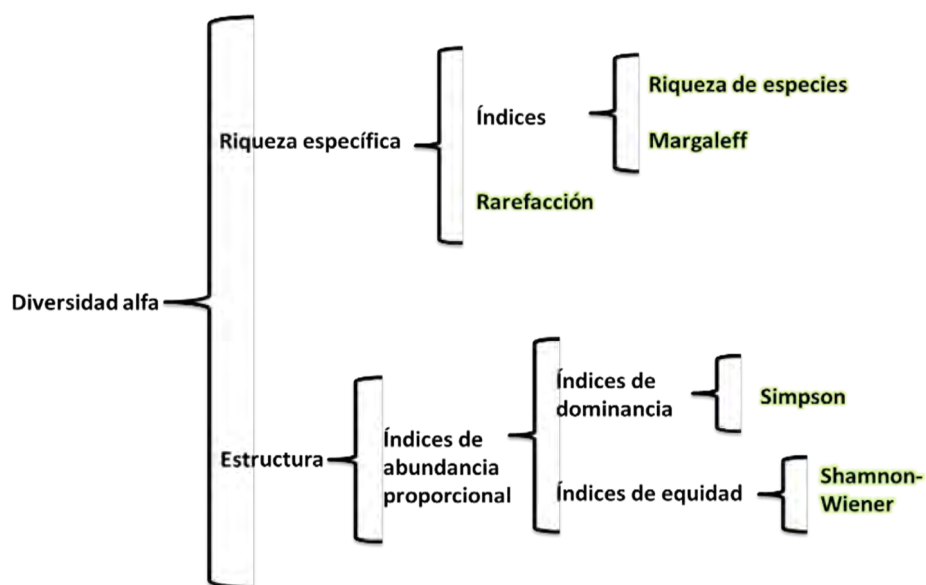


Figura 4. Representación de Índices diversidad alfa analizados.

## 2- Índices de estructura

- **Índice de Simpson (Moreno, 2001)**

$$\lambda = p_i^2$$

donde:  $p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$ , dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Según Lande (1996), citado por Moreno (2001), como la dominancia es inversamente proporcional a la equidad, la diversidad puede calcularse como  $1 - \lambda$ . Este método fue utilizado para la determinación de la diversidad en el presente estudio.

### Abundancia proporcional de especies

- **Shannon-Weaver (Moreno, 2001)**

$$H' = - \sum p_i - \ln$$

$$p_i = \frac{N_i}{N}$$

donde:

$P_i$  = Probabilidad de la especie  $i$  respecto al conjunto.

$N_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ .

$N$  = Número total de individuos de la muestra.

- **Equitatividad (Moreno, 2001)**

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

donde:

$H'$  = Índice de Shanon Weaver

$S$  = Número de especie de la muestra

El método de muestreo consistió en parcelas cuadradas de 1 m<sup>2</sup> ubicadas en transectos, con cinco parcelas dispuestas en línea recta al centro de cada parcela de 10,000 m<sup>2</sup>, se mantuvo una separación de 10 metros entre ellas. Mediante un premuestreo y con la ecuación 1, se determinó el tamaño de la muestra para cada una de las clases en las que se clasificó el material combustible. Dado que el número de parcelas variaba entre clases, se trabajó con el tamaño correspondiente a la clase con mayor variabilidad, lo que implicó utilizar un total de 24 parcelas.

$$N = \left[ \frac{CV * t}{EM\%} \right]^2 \quad (1)$$

donde:

$N$  = Tamaño de la muestra.

$CV$  = Coeficiente de variación.

$EM$  = Error de muestreo (15 %).

$t$  = Valor obtenido de la tabla de distribución de  $t$  de Student con  $n - 1$ , para un 95 % de probabilidad.

Para el análisis estadístico de los datos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples con el método propuesto por Fisher (LSD Fisher), que permite realizar comparaciones entre los tratamientos mediante las diferencias entre medias. Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico Infostat Software, versión 2008 (Balzarini et al., 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estimación de la cantidad del material combustible disponible en el área sin quema y después de dos años de efectuado el fuego.

Según la clasificación del material combustible, se determinó que, en el área de estudio sin quema, las misceláneas fueron las más representativas, como se observa en la Figura 5. Esto se debe a la gran acumulación de hojas de diversas especies forestales, las cuales tardan más tiempo en descomponerse y forman una capa gruesa que facilita la propagación del fuego. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Martínez (2006) y Urrutia et al. (2009) en estudios similares, quienes indicaron que la mayor cantidad de combustible corresponde a las misceláneas. Por otro lado, Batista (1995) también señala que, en áreas experimentales, las misceláneas constituyen la mayor parte del material combustible.

En la Tabla 3 se presentan los valores del peso seco del material combustible disponible en el área sin quema, según la clasificación utilizada. Los valores totales de material combustible seco recolectado en las parcelas uno, dos y tres fueron de 2081,23 g·m<sup>-2</sup>, 2284,4 g·m<sup>-2</sup> y 1814,17 g·m<sup>-2</sup>,



Figura 5. Área experimental sin aplicar la quema prescrita. Fuente: elaboración propia.

**Tabla 3.** Peso seco en g/m<sup>2</sup> del material combustible en el área sin quema por parcela y clases de combustible.

Material combustible g/ m <sup>2</sup>				
Clases	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Media
Verde	295	186	140	207
Misceláneas	1468,45	1648,57	1384,35	1500,45
Clase I	106,43	128,34	80,24	105
Clase II	211,35	321,49	209,58	247,47
<b>Total</b>	<b>2081,23</b>	<b>2284,4</b>	<b>1814,17</b>	<b>2059,93</b>

**Tabla 4.** Peso seco en g/ m<sup>2</sup> del material combustible después de transcurridos dos años del fuego por parcela y clases de combustible.

Material combustible g/m <sup>2</sup>				
Clases	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Peso medio g/m <sup>2</sup>
Verde	854	796	845	831,7
Misceláneas	378	358	370	368,7
Clase I	26,4	24,3	25,8	25,5
Clase II	53,3	52,4	51,2	52,3
Clase III	32,4	30,4	28	30,3
<b>Total</b>	<b>1344,1</b>	<b>1261,1</b>	<b>1320</b>	<b>1308,5</b>

respectivamente. La media obtenida fue de 2059,93 g·m<sup>-2</sup> equivalente a 20.59 t/ha. Este dato es de gran importancia, ya que incide significativamente en el comportamiento del fuego en ecosistemas de coníferas, según [Urrutia-Hernández et al. \(2015\)](#).

La [Tabla 4](#) muestra el peso seco del material combustible dos años después de la aplicación del fuego, dividido por parcelas y clases de combustibles. Se observó que el fuego redujo notablemente la carga del material combustible, con valores inferiores a los estimados en el área sin quema, con un valor medio de 108,5 g/m<sup>2</sup>. Esto representa una reducción del peso seco del material combustible de un 87,7 % según [Urrutia \(2012\)](#). Tras la quema, el suelo quedó desprovisto de vegetación, donde se crearon condiciones propicias para el rebrote y la germinación de nuevas plántulas herbáceas y arbustivas. Se constató que el material combustible verde fue el de mayor porcentaje en el área, debido a la quema prescrita realizada en 2012, lo que favoreció el aumento de la regeneración de gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, alcanzando una cobertura del 100% y una altura media de 0,75 m. Las misceláneas ocuparon el segundo lugar, con un valor estimado de 368,7 g/m<sup>2</sup>. Por su parte, [Batista \(1995\)](#), citado por [Pérez \(2012\)](#), logró reducir el material combustible en plantaciones de *Pinus taeda* entre un 17% y un 53%, con quemaduras controladas a favor y en contra del viento, respectivamente.

Se determinó también la espesura del mantillo en el área sin quema y dos años después de efectuadas las quemaduras, en cada una de las parcelas experimentales. La profundidad media del mantillo fue de 11,2 cm en el área sin quema y de 6,23 cm después de las quemaduras prescritas ([Tabla 5](#)). Estos resultados fueron corroborados por [Urrutia et al. \(2009\)](#), quienes estudiaron el impacto de los materiales combustibles en formaciones boscosas de pinares manejadas silviculturalmente en la zona de Cajálbana, municipio La Palma. Este indicador incide notablemente en la ocurrencia y propagación de incendios forestales, se demostró que las quemaduras prescritas son una herramienta eficaz para el manejo de los combustibles forestales, tal como se menciona en los estudios de [Wade & Lunsford \(1989\)](#).

#### Efectos del fuego en la dinámica de la vegetación

La vegetación presente en el área experimental es típica de los pinares, como se observa en la [figura 6](#). Se identificaron 46 especies pertenecientes a 30 familias, que incluyen elementos arbóreos, arbustivos, herbáceos, trepadoras y plantas arrosadas. Las familias con mayor representación fueron Poaceae, Mimosaceae, Rubiaceae y Malpigeaceae. En el área se encuentran especies correspondientes a las regiones tropicales y subtropicales, así como especies cosmopolitas y de distribución pantropical. El estrato arbóreo está dominado por las especies *Pinus tropicalis* y *Pinus caribaea*,

**Tabla 5.** Medias de espesura total (cm) del mantillo en el área sin quema y después de dos años del fuego.

Parcelas	Área sin quema.	Después de seis años la quema
Parcela 1	12,5	6,8
Parcela 2	9,4	5,6
Parcela 3	11,6	6,3
Media	11,2	6,23



**Figura 6.** Representación del área después de dos años de efectuadas las quemas. Fuente elaboración propia.

mientras que el estrato arbustivo está principalmente representado por *Byrsonima crassifolia*, *Tetrazigia coriacea* y géneros de la familia Rubiaceae. En el estrato herbáceo, predominan *Sorghastrum stipoides* y *Odontosoria wrightiana*. Además, se observó la presencia de *Davilla rugosa* (bejuco), que rebrotó con facilidad después de la aplicación de las quemas, como se informa en Urrutia-Hernández et al. (2015).

Se evaluó la vegetación asociada al dosel de pino tanto en el área sin quema como dos años después de la misma. En el área quemada, se destacó un incremento en la especie *Sorghastrum stipoides*, que se regenera rápidamente después del fuego, lo que coincide con lo informado por Blydestein (1963), citado por Del Risco & Samek (1989). Tras la quema, se observó la aparición de nueve especies que no se habían registrado antes, 31 especies coincidieron en ambos inventarios y cinco desaparecieron después del fuego.

El análisis del espectro biológico mostró que en el área sin quema, las fanerófitas predominaban con un 82%, mientras que después de la quema aumentaron ligeramente al 83%. Las hemicriptófitas representaron el 20% de la flora en el área sin quema, y el 18% después de la quema. Este ligero incremento se debió a la mayor abundancia de especies de este tipo biológico tras el fuego. Las epífitas representaban solo un 2% en el área sin quema y desaparecieron tras el fuego, lo que coincide con las observaciones de Borhidi (1991), que indica que este tipo biológico ocupa solo un 5% en ecosistemas similares.

Según Vélez (2000), el efecto del fuego sobre la vegetación varía según el tamaño, el estado de crecimiento

(activo o latente) y la tolerancia al fuego de las especies. Además, este impacto depende de la duración e intensidad del fuego, así como de las condiciones meteorológicas durante su ocurrencia. Por otro lado, Brown & Smith (2000) señalan que diferentes tipos de vegetación generan distintos tipos de combustibles, lo que a su vez afecta la ocurrencia y el comportamiento de los incendios forestales. Algunos ecosistemas requieren el fuego para mantener un estadio específico dentro de su dinámica de sucesión vegetal. De este modo, existen especies arbóreas con características que les permiten resistir altas intensidades de calor y regenerarse mejor en las condiciones post-incendio (Rodríguez T, 2006).

#### Estrategias reproductivas

Después de la aplicación del fuego, se observaron diversas estrategias reproductivas y adaptaciones en algunas especies para restablecerse. Estas especies tienen la capacidad de rebrotar con diferentes intensidades, un fenómeno evidente en representantes de las familias Leguminosae, Rubiaceae y algunos géneros de la familia Fabaceae, que rebrotaron desde la base, los tallos y las ramas. Se identificaron 21 especies pertenecientes a 21 géneros y 14 familias botánicas (Tabla 6).

Las plantas arbustivas más comunes que presentan capacidad de rebrote incluyen el género *Chlorophora* y *Pycnanthus angolensis*, que muestra características pirofíticas. Entre las hierbas que destacan se observan *Phyllanthus*, *Cortaderia selloana*, y *Lagenaria*, una enredadera de bejuco que también rebrotó con facilidad después de la aplicación del fuego. Según Aguirre-Zhofre (2000), la capacidad de algunas especies para rebrotar depende de la intensidad y frecuencia del fuego, así como del hábito de crecimiento y la modificación de sus raíces.

Barlow et al. (2003) observaron que los árboles sobrevivientes al fuego tenían una corteza significativamente más gruesa que los árboles en las áreas no quemadas. Esto sugiere que los árboles con corteza delgada son más propensos a la mortalidad selectiva inducida por el calor, ya que su capacidad para resistir el fuego es menor.

La evolución del impacto del fuego sobre la regeneración natural es un proceso dinámico, ya que las condiciones que se definen inmediatamente después del fuego cambian con el tiempo. Flores & Benavides (2009) señalan que las

**Tabla 6.** Inventario florístico

No	Nombre científico	Nombre común	Familia
1	<i>Arenga pinnata</i>	Bordao	Arecaceae
2	<i>Corinanthé paniculata</i>	Sanha	Rubiaceae
3	<i>Dacryodes pubescens</i>	Safukala	Burséraceae
4	<i>Elaeis guineensis</i>	Palmera	Arecaceae
5	<i>Glycyrrhiza glaba</i>	Raíz doce	Fabaceae
6	<i>Gossweilerodendron balsamiferum</i>	Tola branca	Fabaceae
7	<i>Holoptelea grandis</i>	Nemba	Ulmaceae
8	<i>Lagenaria siceraria</i>	Cabaca	Cucurbitaceae
9	<i>Manguifera indica</i>	Mangueira	Anacardiaceae
10	<i>Mitragyna stipulosa</i>	Nvuco-mazi, Abura	Rubiaceae
11	<i>Nauclea diderrichii</i>	Ngulomazi	Rubiaceae
12	<i>Nuttallanthus linaria</i>	Mpensesua	Plantaginaceae
13	<i>Oxystigma oxyphyllum</i>	Tola chinfuta	Fabaceae
14	<i>Persea americana</i>	Abacate	Lauraceae
15	<i>Phyllanthus niruri</i>	Tuamba	Phyllantaceae
16	<i>Phytolacca dodecanda</i>	Fumbua	Phytolaccaceae
17	<i>Piptadenia africana</i>	N singa	Fabaceae
18	<i>Pterocarpus tinctorius</i>	Takula	Fabaceae
19	<i>Pycnanthus angolense</i>	Lomba, Ilomba	Myristicaceae
20	<i>Swartzia fistuloides</i>	Pau-Rosa	Fabaceae
21	<i>Terminalia superba</i>	Limba	Combretaceae

condiciones post-fuego no son las mismas después de varios meses. Sánchez-Córdova & Dieterich (1983), citados por Pérez (2012), afirman que algunos ecosistemas requieren el fuego para continuar su proceso ecológico, mientras que otros desarrollan adaptaciones para sobrevivir. En este contexto, existen especies y comunidades que renacen después del fuego.

En cuanto a la conservación y fomento de especies, el objetivo no es la exclusión del fuego, sino identificar la intensidad y frecuencia con que debe aplicarse. En relación con la composición florística después del fuego, se observó que el 34,6% de las especies registradas antes del fuego no se presentaron en los inventarios posteriores, lo que representa una disminución notable.

Barlow et al. (2003) también señalaron que los árboles sobrevivientes al fuego tienen una corteza significativamente más gruesa que los árboles en las parcelas no quemadas, así los árboles con corteza delgada son más vulnerables a la mortalidad selectiva por calor. La edad de las plantas influye en su capacidad de recuperación tras el fuego. Las plantas más vigorosas y de mayor edad son más resistentes al fuego y tienen una mayor probabilidad de rebrotar.

Los mecanismos de adaptación de las especies son fundamentales para la regeneración post-fuego. Los arbustos leñosos y las hierbas de penacho tienen una mayor



**Figura 7.** Representación de mecanismos y adaptaciones de especies después de dos años de efectuada las quemas. Fuente elaboración propia.

capacidad para rebrotar. Asimismo, los arbustos y las hierbas tipo roseta son capaces de resistir incendios debido a que sus yemas o meristemas apicales están protegidos por las hojas exteriores, evitando que se quemen por completo. En cambio, las hierbas y enredaderas son más vulnerables al fuego.

Según Aguirre-Zhofre (2000), algunas especies que soportan el fuego luego rebrotan, especialmente aquellos arbustos y subarbustos leñosos cuyas raíces profundas les permiten resistir la acción del fuego. El tipo, la estructura y la modificación de las raíces también juegan un papel crucial en la resistencia al fuego. Según el mismo autor,

las especies con rizomas, como algunas Poaceae, pueden sobrevivir a estas condiciones porque sus raíces modificadas se encuentran a 2-3 cm por debajo de la superficie del suelo, lo que les proporciona protección frente al fuego. El impacto del fuego sobre la biodiversidad está estrechamente relacionado con el régimen del fuego, especialmente con la frecuencia e intensidad. Este factor debe considerarse tanto en incendios forestales naturales como en quemas prescritas.

## CONCLUSIONES

La implementación del fuego tiene efectos significativos sobre la reducción de la carga del material combustible existente en el bosque. Se obtuvo a los dos años de establecido un total de 13.08 t/ha.

El uso del fuego induce cambios en la estructura y composición del bosque lo que trae como consecuencia una disminución de la composición florística en un 8.4%.

El fuego incide de forma negativa en el comportamiento de los índices de diversidad de las especies evaluadas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre-Zhofre, M. (2000). *Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por incendios forestales* [Ingeniero Forestal]. Universidad Nacional de Loja.
- Alain, H. (1974). *Flora de Cuba. Suplemento*. Instituto Cubano del Libro.
- Alain, H., & León, H. (1964). *Flora de Cuba* (Vol. 1-I-IV). Asoc. Est. Ciencias Biológicas.
- Álvarez, P., & Varona, P. (2006). *Silvicultura* (2da ed.). Editorial Félix Varela.
- Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2008). *Infostat. Manual del usuario* (Primera). Editorial Brujas Argentina.
- Barlow, J., Peres, C. A., Lagan, B. O., & Haugaasen, T. (2003). Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires. *Ecology Letters*, 6(1), 6-8. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00394.x>
- Batista, A. C. (1995). *Avaliação da queima controlada em povoamentos de Pinus L. no norte do Paraná* [Tese presentada como requisito parcial à obtencao do grau de Doutorem Ciências Florestais].
- Borhidi, A. (1991). *Phytogeography and vegetation ecology of Cuba*. Akademiai Kiado. <https://cir.nii.ac.jp/crid/113028226901177792>
- Brown, J. K., & Smith, J. K. (2000). *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Flora* (Vol. 2). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Castellón, L. (2013). *Evaluación de los efectos de las quemas prescritas sobre algunas propiedades del suelo en plantaciones de Eucalyptus pellita F. Muell en la Empresa Forestal Integral Guanahacabibes*.
- Del Risco, E., & Samek, V. (1989). *Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba*. Editorial Academia.
- Ellenberg, H., & Mueller-Dombois, D. (1967). A key to Raunkiaer plant life forms with revised subdivisions. *Berg Geobotanic. Inst. Rübel*, 37, 56-73. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19690700522>
- Flores, J., & Benavides, J. (2009). *Efecto del fuego en la regeneración natural de ecosistemas forestales* (pp. 141-152). Mundi- Prensa.
- Hernández-Jiménez, A., Pérez-Jiménez, J. M., Mesa-Nápoles, Á., Fuentes-Alfonso, E., & Bosch-Infante, D. (1999). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba*. Instituto de suelos.
- Martínez, L. (2006). *Uso de quemas prescritas en bosques naturales de Pinus tropicalis Morelet en Pinar del Río* [PhD Thesis]. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca.
- Miller, M. (2000). Fire autecology. En *Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on flora* (Vol. 2, pp. 9-34). USDA. FS. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. 1).
- Pérez, E. (2012). *Efectos de las quemas prescritas en la regeneración natural de la especie Pinus cubensis Griseb* [PhD Thesis]. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Forestales.
- Ramos Rodríguez, M. P. (2010). *Manejo de fuego*. Editorial Félix Varela. [https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ramos-Rodriguez/publication/313385091\\_Manejo\\_d\\_el\\_Fuego/links/5898d59ba6fdcc32dbdd096c/Manejo-del-Fuego.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos-Ramos-Rodriguez/publication/313385091_Manejo_d_el_Fuego/links/5898d59ba6fdcc32dbdd096c/Manejo-del-Fuego.pdf)
- Rodríguez T, D. A. (2006). Ecología del fuego y manejo integral del fuego en las montañas del Valle de México (bosque de coníferas). En *Incendios forestales: Definiendo el problema, ecología y manejo, participación social, fortalecimiento de capacidades* (p. 56). Mundi Prensa.
- Sánchez-Córdova, J., & Dieterich, J. H. (1983). *Efecto de las quemas controladas en Pinus durangensis en Madera, Chihuahua* (Nota Técnica No. N.9 PR-05; p. 9). Centro de Investigaciones del Norte. INIF. SARH.
- Urrutia, H. I. (2012). *Quemas prescritas: Influencia en el comportamiento de los indicadores hidrológicos en la sub cuenca hidrográfica número uno, asociada al río San Diego, Galalón* [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Dr. en Ciencias Forestales].
- Urrutia, H. I., Hernández, A. J. A., Rodríguez, A. B., Garcías, R. Y., Fleitas, C. Y., Rodríguez, R. Y., &

- Flores, G. J. G. (2009). *Impacto ambiental de incendios forestales*. Mundi Prensa S. A. de C. V. P.
- Urrutia-Hernández, I., Rodríguez-Alfaro, B., Ramos-Ramos, F. R., Hernández-Abreu, J. A., Flores-Garnica, J. G., Bravo-Iglesias, J. A., Martínez-González, L., & Martínez-Becerra, L. W. (2015). Quemadas prescritas, una alternativa en el manejo forestal integral en ecosistemas de coníferas. *Revista Forestal Baracoa*, 34(1), 25-31. <https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/456>
- Vélez, R. (2000). *La defensa contra incendios forestales: Fundamentos y experiencias*.
- Wade, D. D., & Lunsford, J. D. (1989). *A guide for prescribed fire in southern forests*. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Region. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=x2YTAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=A+guide+for+prescribed+fire+in+southern+forests&ots=uimUu7IUV3&sig=xI9wTCljK1nW36hEbZ3V2nmR2lc>