

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 12, número 1; 2024

Comportamiento del fuego en quemas controladas en tierras de vocación forestal en Sancán, Manabí, Ecuador

Fire behavior in controlled burning on forest area in Sancán, Manabí, Ecuador

Comportamento do fogo em queimadas controladas em terras florestais em Sancán, Manabí, Ecuador

Marcos Pedro Ramos Rodríguez^{1*}  , Judith Masiel Acosta Tufiño²  ,

Julio Cesar Vivar González²  , Tayron Omar Manrique Toala¹  , Alfredo Jiménez González¹ 

¹Universidad Estatal del Sur de Manabí. Manabí, Ecuador.

²Consultor independiente. Ecuador.

*Autor para la correspondencia: marcos.ramos@unesum.edu.ec

Recibido: 27/12/2023.

Aprobado: 22/04/2024.

RESUMEN

Las quemas controladas son comúnmente utilizadas por los agricultores en tierras de vocación forestal para la limpieza del terreno previo al establecimiento de cultivos agrícolas. El presente trabajo experimental tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del fuego



en quemas controladas en tierras de vocación forestal en la comuna Sancán, provincia de Manabí, Ecuador. Se delimitaron 10 parcelas de 1,18 x 5 m en hileras de combustible y tres parcelas de 20 x 50 m en combustibles dispersos. Durante la quema se midieron las variables temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento a 0,50 metros de altura del suelo y a más de 3,00 m de distancia del extremo de la parcela por donde se inició el fuego. El material combustible se caracterizó considerando peso, espesura y contenido de humedad antes de la quema. Los parámetros del comportamiento del fuego evaluados fueron velocidad de propagación, intensidad lineal del fuego, alturas de las llamas, altura de secado letal y calor liberado por unidad de área. El comportamiento del fuego mostró valores medios superiores para todos los parámetros en las parcelas ubicadas en las hileras de combustible, excepto para el caso de la velocidad de propagación. Además, en esas parcelas los valores de la desviación estándar obtenidos para cada variable indican mayor dispersión de los datos con respecto a la media lo cual supone un comportamiento del fuego menos homogéneo en sentido general. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para fundamentar el uso responsable del fuego en tierras de vocación forestal.

Palabras clave: incendios forestales, manejo del fuego, prevención, uso responsable del fuego.

ABSTRACT

Controlled burning is commonly used by farmers on forestry lands to clear the land prior to establishing agricultural crops. The objective of this experimental work was to evaluate the behavior of fire in controlled burning on forestry lands in the Sancán commune, province of Manabí, Ecuador. 10 plots of 1.18 x 5 m were delimited in fuel rows and three plots of 20 x 50 m in dispersed fuels. During the burning, the variables air temperature, relative humidity and wind speed were measured at 0.50 meters above the ground and more than 3.00 m away from the end of the plot where the fire started. The fuel material was characterized considering weight, thickness and moisture content before burning. The fire behavior parameters evaluated were propagation speed, linear fire intensity, flame heights, lethal drying height and heat released per unit area. Fire behavior showed higher mean



values for all parameters in the plots located in the fuel rows, except for the case of propagation speed. Besides, in these plots, the standard deviation values obtained for each variable indicate greater dispersion of the data with respect to the mean, which implies less homogeneous fire behavior in a general sense. The results obtained can be used to support the responsible use of fire in forestry lands.

Keywords: forest fires, fire management, prevention, responsible use of fire.

RESUMO

A queima controlada é comumente usada por agricultores em terras florestais para limpar a terra antes do estabelecimento de culturas agrícolas. O objetivo deste trabalho experimental foi avaliar o comportamento do fogo em queimadas controladas em terras florestais na comuna de Sancán, província de Manabí, Equador. Foram delimitadas 10 parcelas de 1,18 x 5 m em fileiras de combustíveis e três parcelas de 20 x 50 m em combustíveis dispersos. Durante a queima, as variáveis temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento foram medidas a 0,50 metros do solo e a mais de 3,00 m de distância do final da parcela onde ocorreu o incêndio. O material combustível foi caracterizado considerando peso, espessura e teor de umidade antes da queima. Os parâmetros de comportamento do fogo avaliados foram velocidade de propagação, intensidade linear do fogo, altura das chamas, altura de secagem letal e calor liberado por unidade de área. O comportamento do fogo apresentou maiores valores médios para todos os parâmetros nas parcelas localizadas nas linhas de combustível, exceto para o caso da velocidade de propagação. Além disso, nestas parcelas os valores de desvio padrão obtidos para cada variável indicam maior dispersão dos dados em relação à média, o que implica um comportamento do fogo menos homogêneo de uma forma geral. Os resultados obtidos podem ser utilizados para apoiar o uso responsável do fogo em terras florestais.

Palavras-chave: incêndios florestais, manejo do fogo, prevenção, uso responsável do fogo



INTRODUCCIÓN

El comportamiento del fuego puede definirse como la manera según la cual se manifiestan variables tales como velocidad de propagación, intensidad, calor liberado por unidad de área, tiempo de residencia y longitud de las llamas, durante el desarrollo de la combustión como respuesta a las características del combustible, de la topografía y de las condiciones meteorológicas.

Las quemas prescritas han sido y siguen siendo una importante herramienta de gestión de tierras e incendios para cumplir objetivos relacionados, por ejemplo, con la mitigación de incendios forestales, la silvicultura, determinadas prácticas agrícolas, la gestión del agua y el suelo, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, los procesos ecológicamente sostenibles y la conservación de la biodiversidad (Morgan *et al.*, 2020). Las quemas controladas por su parte, constituyen prácticas de manejo utilizadas en diferentes tipos de vegetación y difundidas en varios países (Seeger *et al.*, 2013). Las quemas son parte del manejo de pastos introducidos en Chiapas, México, y esto puede derivar en incendios forestales (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2020). En la provincia de Manabí, al igual que en otras regiones de Ecuador, el fuego es muy utilizado por los productores agrícolas (Ramos-Rodríguez *et al.* 2021), siendo sus principales usos la quema de residuos de cultivos agrícolas y la limpieza de terrenos para sembrar o plantar cultivos agrícolas (Ramos-Rodríguez *et al.*, 2021; Ramos-Rodríguez *et al.*, 2022; Manrique-Toala *et al.*, 2022).

Aunque el fuego es una importante herramienta cultural y de gestión de la tierra, Randerson *et al.* (2012) plantean que los incendios tienen un impacto significativo en la producción de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero (CH₄ y N₂O) que contribuyen al cambio climático. Según Santín y Doerr (2016) el fuego puede afectar las características físicas, químicas y biológicas de los suelos tanto durante como después de la quema. También pueden (Nghalipo *et al.*, 2018) afectar la productividad del ecosistema directamente a través de la volatilización de nutrientes, el aumento de la mineralización y la alteración de la cantidad de materia orgánica, e indirectamente a través de la alteración de la estructura de la vegetación. A la vez, investigaciones desarrolladas por Panico *et al.* (2020), sugieren que los suelos cubiertos por especies herbáceas son más sensibles a los



efectos del fuego y menos capaces de restaurar su funcionalidad en comparación con los suelos cubiertos por árboles.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del fuego en quemas controladas en tierras de vocación forestal en la comuna Sancán, provincia de Manabí, Ecuador, probándose la hipótesis de que los parámetros del comportamiento del fuego alcanzan mayores valores cuando se quema el combustible apilado en hileras que cuando el mismo se quema disperso en el área, es decir, sin apilar. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para fundamentar el uso responsable del fuego en tierras de vocación forestal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

La investigación se realizó en tierras de vocación forestal de la comuna Sancán, cantón Jipijapa, utilizadas para el cultivo de *Zea mays* L. cuyos residuos junto a vegetación herbácea son quemados cada año como práctica de limpieza del suelo antes de la próxima siembra. De acuerdo con el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Jipijapa (GAD, 2015) este cantón está formado por tres parroquias urbanas y siete rurales, ubicado en el extremo sur de la provincia de Manabí entre las coordenadas 01°10' a 01°47' S y 80°25' a 80°52' de O, a 403 km de la ciudad de Quito, capital de Ecuador. Jipijapa limita al norte con los cantones Montecristi, Portoviejo y Santa Ana, al sur con la provincia de Santa Elena y el cantón Puerto López, al este con los cantones Paján y 24 de Mayo y al oeste con el Océano Pacífico (Figura 1). Informaciones sobre tipo de clima y algunas variables meteorológicas considerando el periodo de 1981 a 2022 pueden observarse en la Figura 2 a partir de datos obtenidos de NASA *Prediction of Worldwide Energy Resources* (NASA 2023).



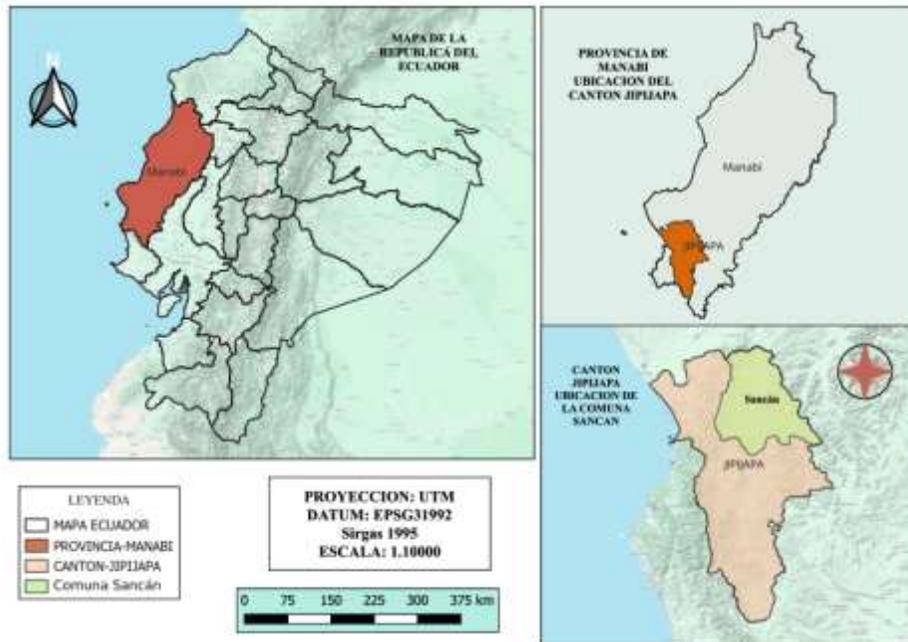


Figura 1. - Ubicación del área de estudio

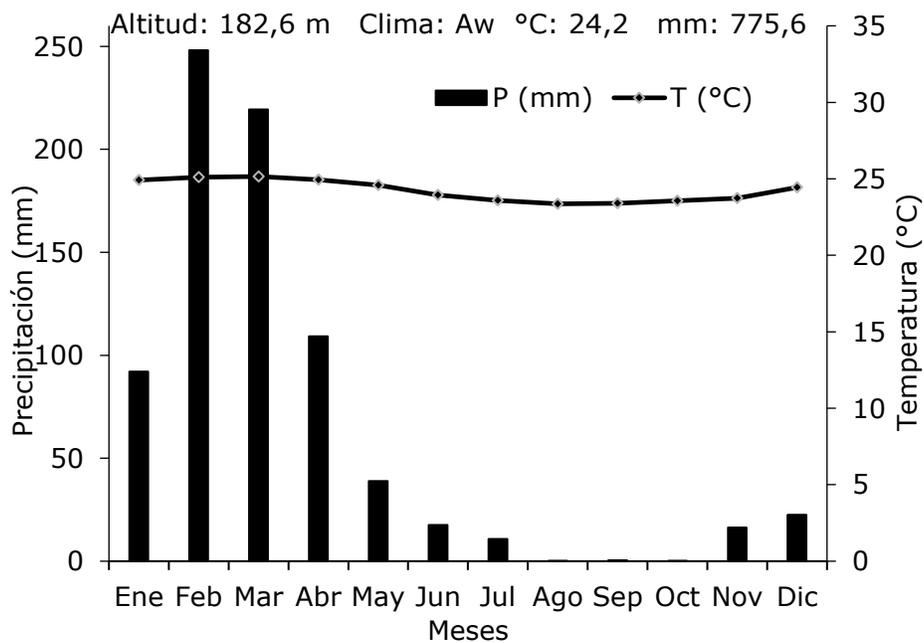


Figura 2. - Climograma de la comuna Sancán (1981-2022)

Fuente: NASA Prediction of Worldwide Energy Resources (2023).



Delimitación del área experimental y recolección de los datos

Debido a que los campesinos queman los residuos de *Zea mays* L. después de su cosecha y la vegetación herbácea que los acompaña unas veces apilándolos en hileras, surcos o rollos y otras dejándolos dispersos sobre toda el área a quemar, se delimitaron 10 parcelas de 5 m de largo y un ancho medio de 1,18 m, ubicadas una a continuación de la otra sobre hileras de combustibles y 3 parcelas de 20 x 50 m en área donde los combustibles se encontraban dispersos en toda el área, es decir, no fueron apilados en hileras. Alrededor de estas tres parcelas se construyó un cortafuego de 1 m de ancho para evitar que el fuego pasara al área externa del experimento.

Caracterización de variables meteorológicas y de los combustibles

La caracterización de las variables meteorológicas se obtuvo a partir de mediciones de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento durante el desarrollo del experimento. Se utilizó un medidor meteorológico digital *ambient weather* WM-4 y se realizaron mediciones al iniciar la quema, cuando el fuego se encontraba en la mitad de la parcela y otra una vez que el fuego había llegado al final de la misma. Estas mediciones se realizaron a 0,50 m de altura del suelo y a más de 3,00 m de distancia del extremo de la parcela por donde se inició el fuego, evitándose de esta manera que las mediciones se vieran afectadas por el ambiente del fuego.

Para caracterizar el material combustible se obtuvieron informaciones sobre peso o carga y espesura de la capa de combustible depositado sobre el suelo. La determinación del peso, cantidad de material combustible o materia seca antes de la quema, se basó en el método destructivo utilizado por Cruz *et al.* (2020). De acuerdo con esto, en el centro de cada parcela de 5 x 1,18 m se colectó una muestra de 2 380 cm² delimitada por un cuadro de madera de 50 x 50 cm, de cuyo interior se retiró todo el material. En el caso de las parcelas de 20 x 50 m la muestra fue de 1 m². El material se dividió en: a) miscelánea, entendiéndose como tal a los materiales no leñosos muertos tales como hojas, humus y plantas herbáceas y b) los tallos o pancas de las plantas de *Zea mays* y de herbáceas con diámetros superiores a 0,7 cm. El material colectado una vez pesado con balanza de gancho de 0,01 g de precisión, se mezcló



y del mismo se tomó una muestra de 500 g de cada tipo de parcela la cual fue colocada en fundas de nailon de cierre hermético para ser trasladadas al Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, donde se colocaron 5 muestras de 50 g cada una por tipo de parcela en estufa a 75°C por 48 horas, siguiendo lo aplicado por Seger *et al.* (2013).

La espesura de la capa de combustible depositado sobre el suelo se determinó a través de tres mediciones realizadas en los extremos y en el centro de cada parcela de 5 x 1,18 m y 10 mediciones realizadas separadas unas de otras 5 m en el centro de las parcelas de 20 x 50 m.

La humedad de los combustibles el día de la quema se determinó a partir de 5 muestras tomadas en cada tipo de parcela. Se utilizó la Ecuación 1 (Èekovská *et al.* 2017).

$$w = \frac{m_w - m_o}{m_o} * 100 \quad (1)$$

Donde: w = Contenido de humedad de la muestra (%); m_w = Peso húmedo de la muestra (kg); m_o = Peso de la muestra después del secado en la estufa (kg).

Evaluación de parámetros del comportamiento del fuego

La evaluación del comportamiento del fuego durante el experimento se basó en la medición de los parámetros altura de las llamas, velocidad de propagación, intensidad lineal del fuego, altura de secado letal y calor liberado por unidad de área. La altura de las llamas se midió en cada parcela con una baliza graduada a los 2 y 4 m del extremo por donde se inició la quema, es decir, dos mediciones en cada parcela de 5 x 1,18 m y 10 mediciones en las parcelas de 20 x 50 m, es decir, cada 5 m. La velocidad de propagación del fuego se calculó midiendo el tiempo utilizado por el fuego para recorrer cada parcela (ms⁻¹) considerando esto cuando el 50 % de la línea de fuego llegó al final de la parcela.

La intensidad lineal del fuego (Byram 1959), la altura de secado letal (Van Wagner 1973) y el calor desprendido por unidad de área se estimaron según se citó en Soares *et al.* (2017) a través de las Ecuaciones 2, 3 y 4, respectivamente.

$$I = H * w * r \quad (2)$$



$$h_s = \frac{3,94 \cdot I^{7/6}}{(0,107 \cdot I + V^3)^{1/2} (60 - T)} \quad (3)$$

$$Ha = \frac{I}{r} \quad (4)$$

Donde: I = intensidad lineal del fuego en kcalm⁻¹s⁻¹; H = calor de combustión en kcalkg⁻¹ (±4000 kcalkg⁻¹); w = peso del combustible disponible en kgm⁻²; r = velocidad de propagación del fuego en m.s⁻¹; h_s = altura de secado letal en m; V = velocidad el viento en m.s⁻¹; T = temperatura del aire en °C; Ha = calor liberado por unidad de área en kcal.m⁻². La constante 60 se expresa en °C y representa aproximadamente la temperatura letal del follaje de los árboles.

El calor de combustión del material húmedo se calculó a través de la Ecuación 5 (Soares *et al.*, 2017). Se consideró un calor de combustión seco de 4 000 kcal.kg⁻¹ (16 720 kJkg⁻¹) el cual utilizaron Ramos Rodríguez *et al.* (2019). Batista *et al.* (2013) utilizaron en quemas experimentales en *Pinus elliottii* un valor medio de H = 15 490 kJkg⁻¹. Londe de Camargos *et al.* (2015), determinaron valores de poder calorífico seco entre 4 093 y 4 623 kcalkg⁻¹ (17 136,63 y 19355,65 kJkg⁻¹) en un bosque estacional semideciduo Ecuación 5.

$$Hw = Hd \left[\frac{100 - U/7}{100 + U} \right] \quad (5)$$

Donde: Hw = Calor de combustión del material húmedo; Hd = Calor de combustión del material seco; U = contenido de humedad del material combustible en %.

En el experimento se utilizaron variables sobre el comportamiento del fuego, las condiciones meteorológicas y el material combustible (Tabla 1).



Tabla 1. - Variables utilizadas en el experimento

Variables	Descripción	Unidad
Hll	Altura de las llamas	cm
Vpf	Velocidad de propagación del fuego	ms ⁻¹
I	Intensidad lineal del fuego	kcalm ⁻¹ s ⁻¹
Hs	Altura de secado letal	M
Ha	Calor liberado por unidad de área	kcalm ⁻²
T	Temperatura del aire	°C
Hr	Humedad relativa	%
Vv	Velocidad del viento	ms ⁻¹
PcA	Peso del material combustible seco antes de la quema	kgm ⁻²
EspA	Espesura de la capa de combustible antes de la quema	cm

Procesamiento estadístico

El procesamiento de los datos se realizó con el SPSS *Statistics for Windows* (Versión 22.0) (IBM Corp. 2013) para un nivel de significancia del 0,05 ($P = 0,05$). La normalidad de los datos fue verificada con la prueba estadística de Shapiro-Wilks. En todos los casos, cuando los datos se ajustaron a la distribución normal la diferencia entre las medias se probó con la prueba estadística T de Student y cuando ocurrió lo contrario, se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

Para determinar la relación entre las variables analizadas se utilizaron los valores medios correspondientes a cada parcela de quema. De acuerdo con la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks se obtuvo para el caso de las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles que la variable humedad relativa no se ajustó a la distribución normal ($P < 0,05$) mientras que en el caso de las parcelas ubicadas en el área de combustibles dispersos todas las



variables siguieron la distribución normal. En atención a este comportamiento se determinó para el primer grupo de variables el coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman y para el segundo grupo, es decir, las correspondientes a las parcelas ubicadas en combustibles dispersos, el coeficiente de correlación de Pearson, considerando en ambos casos una probabilidad de significación del 5 % como medida de la relación. La interpretación de los valores de la correlación de Spearman y Pearson fue hecha de acuerdo con las Tabla 2 y Tabla 3 (Bisquerra Alzina 2009).

Tabla 2. - Interpretación de los valores de las correlaciones de Spearman

Valor de r	Interpretación
0,00 - 0,20	Prácticamente nula
0,21 - 0,40	Baja
0,41 - 0,70	Moderada
0,71 - 0,90	Alta
0,91 - 1,00	Muy alta

Tabla 3. - Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación de Pearson según sugerencia de Cohen

Valor de r	Interpretación
0,00 - 0,10	Nula
0,10 - 0,30	Débil
0,30 - 0,50	Moderada
0,50 - 1,00	Fuerte

Considerando los valores obtenidos tanto para la significación como para el coeficiente de correlación para la relación de la espesura del material combustible antes de la quema con la intensidad lineal y con la altura de secado letal, se realizaron los correspondientes análisis de regresión con Microsoft Excel.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables meteorológicas y de los combustibles el día de la quema

Los valores medios de las variables humedad relativa y velocidad del viento fueron estadísticamente similares los días en que se quemaron las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles y las ubicadas en áreas de combustibles dispersos, mientras que para el caso de la temperatura del aire la media fue numéricamente superior el día de la quema de las parcelas ubicadas en combustibles dispersos. La prueba U de Mann-Whitney confirmó la no existencia de diferencia significativa para el caso de la humedad relativa ($Z = -1,859$; $P = 0,077$) y la prueba t de Student para la velocidad del viento ($t = -0,583$; $P = 0,572$). En el caso de la temperatura del aire la diferencia se comprobó con la prueba t de Student ($t = -3,049$; $P = 0,011$). A la vez, los valores obtenidos para la desviación estándar muestran mayor dispersión de los datos con respecto a la media en el caso del primer tipo de parcela, lo cual es un indicador de condiciones meteorológicas menos estables ese día (Tabla 4).

La temperatura del aire afecta directa e indirectamente las probabilidades de ocurrencia y principalmente, el potencial de propagación de los incendios forestales. La humedad atmosférica es un elemento clave en la determinación de un potencial incendio. Ella tiene efectos directos en la inflamabilidad de los combustibles, y a través de las inter-relaciones con otros factores del tiempo, presenta efectos indirectos sobre algunos aspectos del comportamiento del fuego (Soares *et al.*, 2017).

Seger *et al.* (2013), desarrollaron quemas controladas en vegetación de Estepa Gramíneo-Leñosa en el estado de Paraná, Brasil, con temperaturas del aire entre 14,04 y 26,20°C, humedades relativas entre 56,00 y 66,00 % y velocidades del viento entre 2,08 y 4,30 ms⁻¹, es decir, temperatura menor, humedad relativa similar y velocidad del viento superior a los valores medios reportados en esta investigación. Ramos Rodríguez *et al.* (2019) ejecutaron quemas experimentales en una plantación de *Tectona grandis* registrando valores medios para la temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento de 29,94°C, 65,70 % y 0,72 ms⁻¹, respectivamente. La temperatura fue similar a la registrada en esta investigación, el valor medio de la humedad relativa fue superior y la velocidad del viento similar a la



registrada en las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles e inferior al descrito para las parcelas ubicadas en combustibles dispersos. Rodríguez-Trejo *et al.* (2020), reportaron durante quemas de pastizal en Chiapas, México, al quemar a favor del viento valores medios de 2,13 ms⁻¹ para la velocidad del viento; de 24,3°C para la temperatura y 64,7 % para la humedad relativa, mientras que durante las quemas contra el viento los valores medios para la velocidad del viento, temperatura del aire y humedad relativa fueron de 0,77 ms⁻¹; 23,1°C y 66,8 %, respectivamente. En ambos tipos de quema, los valores medios de la temperatura del aire fueron menores que los reportados en esta investigación, mientras que para el caso de la humedad relativa fueron menores los valores obtenidos en este trabajo, siendo la velocidad del viento mayor cuando quemaron a favor del viento, similar al quemar en contra del viento con las parcelas ubicadas en hileras y menor a las ubicadas en combustibles dispersos (Tabla 4).

Tabla 4. - Variables meteorológicas el día de la quema en cada parcela experimental

Parcelas en hileras de combustibles				Parcelas en el área de combustibles dispersos			
No.	T (°C)	Hr (%)	Vv (ms ⁻¹)	No.	T (°C)	Hr (%)	Vv (m.s ⁻¹)
1	30,70	50,27	0,01	1	32,23	47,60	0,93
2	31,67	49,07	0,03	2	31,63	51,03	0,80
3	28,70	55,27	0,30	3	30,73	51,50	1,10
4	28,67	56,60	0,60				
5	30,27	56,27	0,83				
6	29,10	56,50	1,10				
7	28,33	56,57	0,97				
8	29,30	55,00	0,77				
9	28,77	57,53	1,73				
10	28,30	57,83	1,20				
Media	29,38^a	55,09^a	0,75^a	Media	31,53^b	50,04^a	0,94^a
± ds	1,13	2,99	0,54	± ds	0,75	2,12	0,15

Nota: ^{a-b} medias de cada variable con la misma letra son estadísticamente iguales (P< 0.05). T: Temperatura del aire; Hr: Humedad relativa; Vv: Velocidad del viento; ± ds: Desviación estándar



El día de la quema la humedad de los combustibles en las parcelas ubicadas en las hileras y dispersos fue de 12,08 y 10,47 %, respectivamente. Se obtuvieron mayores valores medios para las variables peso del material combustible seco y espesura de la capa de combustible antes de la quema en las parcelas ubicadas en las hileras. La prueba t de Student demostró la existencia de diferencia estadística para el caso del peso ($t = 2,434$; $P = 0,033$) y para la espesura de la capa de combustible ($t = 4,106$; $P = 0,002$). Además, según los valores obtenidos para la desviación estándar, fue mayor la dispersión de los datos con respecto a la media en el caso del peso en las parcelas ubicadas en hileras, lo cual indica una distribución menos homogénea, comportándose de forma similar este indicador para el caso de la espesura de la capa de combustibles en ambos tipos de parcelas (Tablas 5).

En quemas controladas en vegetación de Estepa Gramíneo-Leñosa en el estado de Paraná, Brasil, Seger *et al.* (2013), encontraron valores medios de humedad del material de aproximadamente 50 %, con variaciones entre 37,99 y 60,84 %, siendo superiores a los registrados en esta investigación, similar a lo reportado para el caso de la media del material combustible total observado en las parcelas la cual fue de 2,26 kgm⁻². Ramos Rodríguez *et al.* (2019), reportaron en quemas experimentales en una plantación de *Tectona grandis* un valor medio para el peso del material combustible de 0,58 kgm⁻², inferior a los obtenidos en esta investigación, mientras que la espesura media fue de 14,23 cm, el cual es similar al obtenido en esta investigación para el caso de las parcelas ubicadas en combustibles dispersos e inferior al obtenido en las parcelas ubicadas en hileras. En pastizales de Chiapas, México, Rodríguez-Trejo *et al.* (2020), reportaron una carga inicial de combustibles de 0,62 kgm⁻², valor inferior al obtenido en esta investigación (Tabla 5).



Tabla 5. - Características del combustible antes de la quema en las parcelas experimentales

Parcelas en hileras de combustibles			Parcelas en el área de combustibles dispersos		
No.	PcA (kgm ⁻²)	EspA (m)	No.	PcA (kgm ⁻²)	EspA (m)
1	1,03	0,29	1	0,78	0,21
2	1,34	0,30	2	0,90	0,09
3	1,49	0,30	3	1,03	0,12
4	1,95	0,37	-	-	-
5	2,13	0,33	-	-	-
6	1,22	0,22	-	-	-
7	1,16	0,20	-	-	-
8	1,43	0,24	-	-	-
9	1,67	0,31	-	-	--
10	1,06	0,29	-	-	-
Media	1,45^a	0,29^a	Media	0,90^b	0,14^b
± ds	0,37	0,05	± ds	0,12	0,06

Nota: ^{a-b} medias de cada variable con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). PcA: Peso del material combustible seco antes de la quema; EspA: Espesura de la capa de combustible antes de la quema; ds: Desviación estándar

Parámetros del comportamiento del fuego

La evaluación de los parámetros del comportamiento del fuego en los diferentes tipos de parcelas (Tabla 6) mostró valores medios superiores en todos los casos en las parcelas ubicadas en las hileras de combustible, excepto para el caso de la velocidad de propagación. La prueba estadística t de Student confirma lo anterior para el caso de la altura de llamas ($t = 1,697$; $P = 0,118$), velocidad de propagación del fuego ($t = 2,147$; $P = 0,055$), intensidad lineal ($t = 5,089$; $P = 0,001$), altura de secado letal ($t = 4,927$; $P = 0,001$) y calor desprendido por unidad de área ($t = 2,364$; $P = 0,038$). También en esas parcelas los valores de la desviación estándar obtenidos para cada variable indican mayor dispersión de los datos con respecto a la media lo cual supone un comportamiento del fuego menos homogéneo en sentido general.



Seeger *et al.* (2013) en quemas controladas en vegetación de Estepa Gramíneo-Leñosa en el estado de Paraná, Brasil, encontraron alturas medias de llama de 0,84 m en quemas contra el viento y de 1,34 m quemando a favor del viento, valores que no coinciden con los obtenidos en esta investigación. No obstante, la velocidad de propagación del fuego, cuando dichos autores quemaron contra el viento ($0,012 \text{ ms}^{-1}$), fue similar a la obtenida en esta investigación para las parcelas ubicadas en las hileras de combustible. Con respecto a la intensidad lineal los autores mencionados obtuvieron un valor medio de $50,68 \text{ kcalm}^{-1}\text{s}^{-1}$ cuando quemaron contra el viento, valor ligeramente inferior al obtenido en este trabajo en las parcelas ubicadas en hileras y muy diferente al obtenido para las parcelas ubicadas en combustibles dispersos. Cuando quemaron a favor del viento obtuvieron un valor medio de $210,53 \text{ kcalm}^{-1}\text{s}^{-1}$, muy superior al obtenido en esta investigación. En el caso del calor liberado por unidad de área también se obtuvieron valores diferentes a los reportados por los autores mencionados anteriormente. Ramos Rodríguez *et al.* (2019), reportaron en quemas experimentales en una plantación de *Tectona grandis* un valor medio de 0,57 m para la altura de las llamas, el cual es inferior a los reportados en esta investigación, mientras que la velocidad de propagación fue inferior a la obtenida en este trabajo para el caso de las parcelas ubicadas en hileras de combustible y superior a la registrada para las parcelas ubicadas en combustibles dispersos. Por su parte, los valores medios descritos tanto para la intensidad lineal y la altura de secado letal, como para el calor desprendido por unidad de área, fueron inferiores a los obtenidos en esta investigación. Rodríguez-Trejo *et al.* (2020), reportaron para quemas a favor y en contra del viento en pastizales de Chiapas valores medios de 3,92 y 1,07 m, respectivamente, siendo el primero muy superior al obtenido en esta investigación para los dos tipos de parcelas, mientras que el segundo es similar al reportado en las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles. Según dichos autores la velocidad de propagación fue de 0,3716 y $0,0111 \text{ ms}^{-1}$ cuando quemaron a favor y en contra del viento, respectivamente, lo cual indica similitud entre la quema contra el viento y el valor obtenido en esta investigación para las parcelas en hileras de combustibles (Tabla 6).



Tabla 6. - Valores de los parámetros del comportamiento del fuego en cada parcela de quema

Parcelas	Hll	Vpf	I		hs	Ha
	(m)	(ms ⁻¹)	(kcalm ⁻¹ s ⁻¹)	(kwm ⁻¹)	(m)	(kcalm ⁻²)
Parcelas en hileras de combustibles						
1	1,04	0,0139	50,21	210,05	5,59	3612,51
2	1,22	0,0167	78,49	328,31	7,79	4699,77
3	0,90	0,0119	62,19	260,14	6,04	5225,86
4	1,67	0,0104	71,13	297,53	6,60	6839,22
5	0,70	0,0093	69,48	290,62	6,85	7470,53
6	0,62	0,0076	32,52	136,03	3,97	4278,89
7	1,01	0,0093	37,84	158,27	4,29	4068,46
8	0,82	0,0083	41,63	174,13	4,71	5015,43
9	0,97	0,0167	97,81	409,17	8,19	5857,18
10	0,92	0,0104	38,66	161,74	4,34	3717,73
Media	0,99^a	0,0114^a	58,00^a	242,60^a	5,84^a	5078,56^a
± ds	0,30	0,0033	21,30	89,12	1,51	1302,04
Parcelas en el área de combustibles dispersos						
1	0,93	0,0083	23,09	96,59	3,52	2782,05
2	0,58	0,0064	20,54	85,94	3,18	3210,06
3	0,50	0,0069	25,35	106,04	3,55	3673,74
Media	0,67^a	0,0072^b	22,99^b	96,19^b	3,41^b	3221,95^b
± ds	0,23	0,0010	2,40	10,05	0,20	445,96

Nota: ^{a-b} medias en las columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (P< 0.05).
 Hll: Altura de las llamas; Vpf: Velocidad de propagación del fuego; I: Intensidad lineal del fuego; hs: Altura de secado letal; Ha: Calor liberado por unidad de área; ± ds: Desviación estándar



Análisis de correlación

El análisis de correlación entre variables meteorológicas (Tablas 7 y 8) mostró para las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles relaciones lineales altamente significativas entre la temperatura del aire y la humedad relativa ($r = -0,830$; $P = 0,003$) y entre la velocidad del viento y la humedad relativa ($r = 0,818$; $P = 0,004$) no existiendo este tipo de relación entre estas variables para el caso de las parcelas ubicadas en combustibles dispersos. En ninguno de los dos tipos de parcelas se obtuvo relación entre la velocidad del viento y las variables del comportamiento del fuego, lo cual según Ramos Rodríguez *et al.* (2019), puede explicarse por el comportamiento errático del mismo caracterizado por cambios continuos de dirección y de velocidad durante la quema de las parcelas. Esta es una de las dificultades verificadas normalmente cuando se realizan experimentos de quema en ambiente abierto.

En el caso de las variables del combustible la relación fue significativa entre el peso y la espesura ($r = 0,756$; $P = 0,011$) en las parcelas ubicadas en las hileras de combustible, no existiendo relación entre estas variables para el caso de las parcelas ubicadas en combustibles dispersos.

Con respecto a las variables del comportamiento del fuego en las parcelas ubicadas en hileras de combustible la relación fue significativa para la velocidad de propagación con la altura de llamas ($r = 0,648$; $P = 0,043$), la intensidad lineal ($r = 0,746$; $P = 0,013$) y la altura de secado letal ($r = 0,722$; $P = 0,018$), así como entre esta última variable y el calor desprendido por unidad de área ($r = 0,636$; $P = 0,048$), siendo la relación entre la intensidad lineal y la altura de secado letal altamente significativa ($r = 0,988$; $P = 9,3075 \times 10^{-8}$). En las parcelas ubicadas en combustibles dispersos, aunque se observan algunos valores altos de correlación entre estas variables, sus relaciones entre no fueron significativas. Resultados similares obtuvieron Batista *et al.* (2013) en un estudio realizado sobre estimación del comportamiento del fuego en quemas experimentales bajo plantaciones de *Pinus elliottii*, obtuvieron las mayores correlaciones para el caso de las variables del comportamiento del fuego altura de las llamas y velocidad de propagación del fuego, así como intensidad lineal con velocidad de propagación y con altura de las llamas. Por su parte, Ramos Rodríguez *et al.* (2019), en quemas experimentales en una plantación de *Tectona grandis* obtuvieron



asociación significativa para la altura de las llamas con la intensidad lineal, lo cual es diferente a lo obtenido en esta investigación. No obstante, hay coincidencia para el caso de la relación obtenida por dichos autores entre altura de la llama y velocidad de propagación del fuego, es decir, entre variables del comportamiento del fuego y no entre estas y variables meteorológicas y de los combustibles.

Por otra parte, se obtuvo que en las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles no hubo relación entre variables meteorológicas con las del comportamiento del fuego ni con las de los combustibles. Coincidiendo con este resultado Ramos-Rodríguez *et al.* (2019) tampoco encontraron relación entre variables meteorológicas y de los combustibles. Mientras que en las parcelas ubicadas en áreas con combustibles dispersos (Tabla 8) se obtuvieron relaciones lineales significativas ($P < 0,05$) únicamente para la altura de la llama con la humedad relativa ($r = -0,998$; $P = 0,042$).

En las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles se obtuvo relación significativa entre variables del combustible y las del comportamiento del fuego para peso del combustible con altura de secado letal ($r = 0,636$; $P = 0,048$) y espesura con calor liberado por unidad de área ($r = 0,756$; $P = 0,011$), mientras que la relación fue altamente significativa para la espesura con la intensidad lineal ($r = 0,854$; $P = 0,002$) y con la altura de secado letal ($r = 0,841$; $P = 0,002$) (Tabla 7). Por su parte, en las parcelas ubicadas en combustibles dispersos la relación fue altamente significativa para la velocidad de propagación con la espesura de la capa de combustibles ($r = 1,000$; $P = 0,009$) y para el peso del material combustible con el calor liberado por unidad de área ($r = 1,000$; $P = 9,8877 \times 10^{-7}$) (Tabla 8). Sin embargo, Souza *et al.* (2023), obtuvieron una alta relación entre la altura de la llama y la carga o cantidad de material combustible trabajando con combustibles forestales del cerrado.



Tabla 7. - Matriz de correlación de Spearman entre las variables utilizadas en el experimento para el caso de las parcelas ubicadas en las hileras de combustible

	Hll	Vpf	I	hs	Ha	T	Hr	Vv	PcA
Vpf	0,648*	1,000							
I	0,467	0,746*	1,000						
hs	0,370	0,722*	0,988**	1,000					
Ha	-0,127	0,000	0,624	0,636*	1,000				
T	-0,030	0,208	0,333	0,394	0,067	1,000			
Hr	-0,042	-0,128	-0,103	-0,455	0,115	-0,830**	1,000		
Vv	-0,430	-0,300	-0,224	-0,200	0,079	-0,552	0,818**	1,000	
PcA	-0,127	0,000	0,624	0,636*	1,000**	0,067	0,115	0,079	1,000
EspA	0,299	0,486	0,854**	0,841**	0,756*	0,128	0,110	-0,159	0,756*

Nota: Hll: Altura de las llamas; Vpf: Velocidad de propagación del fuego; I: Intensidad lineal del fuego; hs: Altura de secado letal; Ha: Calor liberado por unidad de área; T: Temperatura del aire; Hr: Humedad relativa; Vv: Velocidad del viento; PcA: Peso seco del material combustible antes de la quema; EspA: Espesura de la capa de combustible antes de la quema.

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Tabla 8. - Matriz de correlación de Pearson entre las variables utilizadas en el experimento para el caso de las parcelas ubicadas en combustibles dispersos

-	Hll	Vpf	I	hs	Ha	T	Hr	Vv	PcA
Vpf	0,908	1,000							
I	-0,141	0,287	1,000						
hs	0,271	0,650	0,915	1,000					
Ha	-0,932	-0,694	0,490	0,096	1,000				
T	0,895	0,625	-0,568	-0,187	-0,996	1,000			
Hr	-0,998*	-0,933	0,076	-0,333	0,906	-0,864	1,000		
Vv	-0,250	0,179	0,994	0,864	0,584	-0,656	0,186	1,000	
PcA	-0,932	-0,694	0,490	0,096	1,000**	-0,996	0,906	0,584	1,000
EspA	0,914	1,000**	0,274	0,639	-0,704	0,636	-0,938	0,165	-0,704

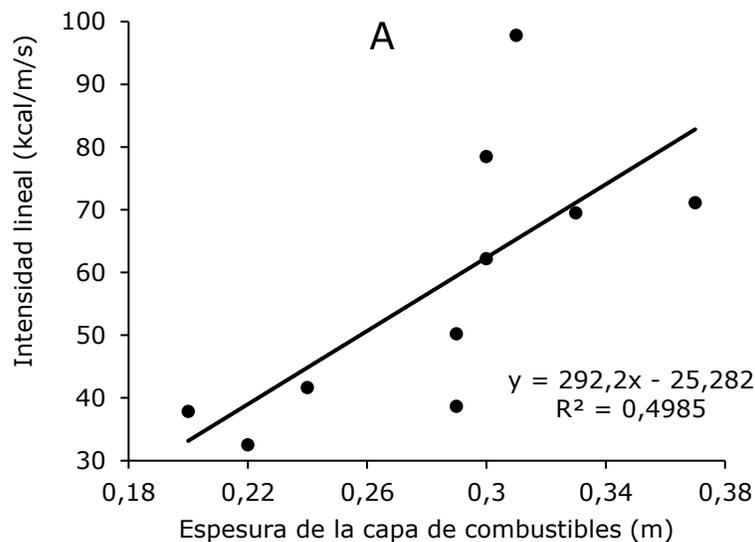


Nota: Hll: Altura de las llamas; Vpf: Velocidad de propagación del fuego; I: Intensidad lineal del fuego; hs: Altura de secado letal; Ha: Calor liberado por unidad de área; T: Temperatura del aire; Hr: Humedad relativa; Vv: Velocidad del viento; PcA: Peso seco del material combustible antes de la quema; EspA: Espesura de la capa de combustible antes de la quema.

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Los análisis de regresión se realizaron considerando que en la práctica es posible modificar la espesura del material combustible antes de quemar y la asociación obtenida entre esta variable con la intensidad lineal y con la altura de secado letal para el caso de las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles (Figura 3), observándose en ambos casos una relación positiva, pudiéndose utilizar las ecuaciones obtenidas para cambiar el comportamiento esperado del fuego a partir de modificar la espesura de la capa de material combustible cuando se hacen las pilas o hileras del mismo.



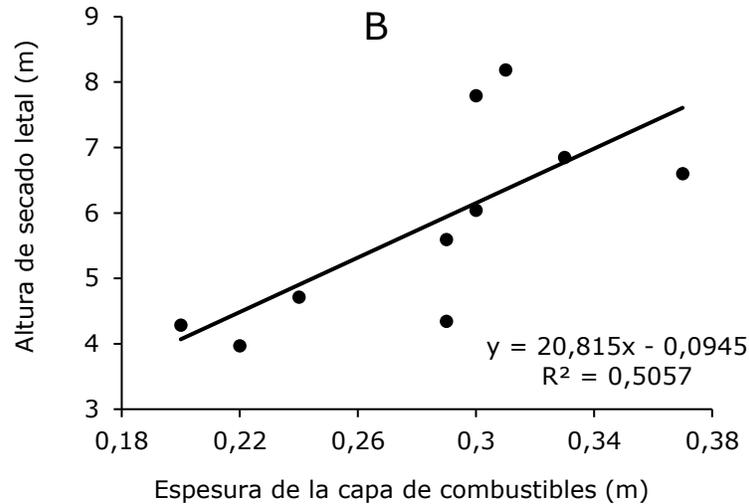


Figura 3. - Análisis de regresión entre la espesura del material combustible antes de la quema con la intensidad lineal (A) y con la altura de secado letal (B)

CONCLUSIONES

El peso del material combustible seco como la espesura de la capa de combustible antes de la quema, fueron mayores en las parcelas ubicadas en las hileras de combustibles que en las áreas donde el mismo se encontraba disperso. En consecuencia, también se obtuvieron mayores valores medios para las variables que describen el comportamiento del fuego en el primer grupo de parcelas, excepto para el caso de la velocidad de propagación.

De forma general, se obtuvieron correlaciones significativas entre las variables utilizadas en el experimento para el caso de las parcelas ubicadas en las hileras de combustible, no siendo así para el caso de las parcelas ubicadas en las áreas de combustibles dispersos. En el primer grupo de parcelas, resultan interesantes los valores de correlación obtenidos para la espesura de la capa de combustibles y las variables que describen el comportamiento del fuego.



A partir de los resultados obtenidos para la relación de la variable espesura de la capa de combustible con la intensidad lineal y con la altura de secado letal, se obtuvieron modelos de regresión que pueden ser utilizados en la práctica para modificar el comportamiento del fuego si esto fuera necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, A.C., BEUTLING, A. y PEREIRA, J.F., 2013. Estimativa do comportamento do fogo em queimas experimentais sob povoamentos de *Pinus elliottii*. *Árvore*, vol. 37, no. 5, pp. 779-787. <https://www.scielo.br/j/rarv/a/By4ysMc5986HxXXWC86XNSK/abstract/?lang=pt>
- BISQUERRA ALZINA, R., 2009. *Metodología de la investigación educativa*. Segunda ed. Madrid: La Muralla, S.A. ISBN 9788471337481. Disponible en: https://books.google.com/cu/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_educat.html?id=VSb4_cVukkc&source=kp_book_description&redir_esc=y
- ÈEKOVSÁ, H., GAFF, M., OSVALDOVÁ, L.M., KAËÍK, F., KAPLAN, L. y KUBŠ, J., 2017. *Tectona grandis* Linn. and its fire characteristics affected by the thermal modification of wood. *BioResources* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 2805-2817. ISSN 19302126. DOI 10.15376/biores.12.2.2805-2817. Disponible en: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/wp-content/uploads/2017/03/BioRes_12_2_2805_Cekovska_Tectona_grandis_Fire_Character_Affected_Thermal_Modifc_Wood_11049.pdf .
- CRUZ, M. G., HURLEY, R. J., BESSELL, R. y SULLIVAN, A. L., 2020. Fire behaviour in wheat crops-effect of fuel structure on rate of fire spread. *International Journal of Wildland Fire*, vol. 29, no. 3, pp. 258271. ISSN 10498001. Disponible en: DOI 10.1071/WF19139. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338618264_Fire_behaviour_in_wheat_crops_-_effect_of_fuel_structure_on_rate_of_fire_spread



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE JIPIJAPA, 2015. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial cantón Jipijapa. [en línea]. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/478961755/1360000630001-PDYOT-JIPIJAPA-14042016-14-04-2016-10-45-27-pdf>.

LONDE DE CAMARGOS, V., ASSUNÇÃO RIBEIRO, G., DA SILVA, F.A., MARTINS, S.V. y DA SILVA CARMO, M.F., 2015. Estudo do comportamento do fogo em um trecho de floresta estacional semidecídua no município de Viçosa, Minas Gerais. *Ciência Florestal* [en línea], vol. 25, no. 3, pp. 537-545. [Consulta: 31 octubre 2023]. ISSN 0103-9954. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53441497001>.

MANRIQUE-TOALA, T., RAMOS-RODRÍGUEZ, M.P., DE LA CRUZ-ROSALES, G., TIGUA-PINELA, Y. y PINCAY-ORTEGA, S., 2022. Uso del fuego en tierras de vocación forestal del cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, vol. 12, no. 2, pp. 40-51. Disponible en: <https://doi.org/10.54753/blc.v12i2.1600>.

MORGAN, G.W., TOLHURST, K.G., POYNTER, M.W., COOPER, N., MCGUFFOG, T., RYAN, R., WOUTERS, M.A., STEPHENS, N., BLACK, P., SHEEHAN, D., LEESON, P., WHIGHT, S. y DAVEY, S.M., 2020. Prescribed burning in south-eastern Australia: history and future directions. *Australian Forestry* [en línea], vol. 83, no. 1, pp. 4-28. ISSN 2325-6087. DOI 10.1080/00049158.2020.1739883. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.1080/00049158.2020.1739883>.

NASA, 2023. The Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER). [en línea]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>

NGHALIPO, E., JOUBERT, D., THROOP, H. y GROENGROEFT, A., 2018. The effect of fire history on soil nutrients and soil organic carbon in a semi-arid savanna woodland, central Namibia. *African Journal of Range and Forage Science* [en línea], vol. 36, no. 1, pp. 9-16. ISSN 1727-9380. DOI 10.2989/10220119.2018.1526825. Disponible en: <https://sci-hub.wf/10.2989/10220119.2018.1526825>.



PANICO, S.C., CECCHERINI, M.T., MEMOLI, V., MAISTO, G., PIETRAMELLARA, G., BARILE, R. y DE MARCO, A., 2020. Effects of different vegetation types on burnt soil properties and microbial communities. *International Journal of Wildland Fire*, vol. 29, no. 7, pp. 628-636. ISSN 10498001. Disponible en: DOI 10.1071/WF19081. https://www.researchgate.net/publication/339307400_Effects_of_different_vegetation_types_on_burnt_soil_properties_and_microbial_communities

RAMOS-RODRÍGUEZ, M.P., ALCÍVAR-COBEÑA, A., CEDEÑO-LUNA, N.A. y MANRIQUE-TOALA, T.O., 2022. Usos tradicionales del fuego en las actividades agrícolas de la parroquia Convento, cantón Chone, Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales* [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 319-335. DOI <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21750497.v1>. Disponible en: <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/766>.

RAMOS-RODRÍGUEZ, M.P., CEDEÑO-CEDEÑO, D.S., BATISTA, A.C., JIMENEZ-GONZÁLEZ, A., MANRIQUE-TOALA, T.O. y TERRO, A.F., 2021. Usos tradicionales del fuego en la Parroquia Ayacucho, cantón Santa Ana, provincia Manabí, Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* [en línea], vol. 18, no. 43, pp. 41-52. [Consulta: 23 agosto 2022]. DOI 10.18845/rfmk.v19i43.5807. Disponible en: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/5807>.

RAMOS RODRÍGUEZ, M.P., PICO CORONEL, O.G., JIMENEZ GONZÁLEZ, A., CANTOS CEVALLOS, C.G., TAPIA ZÚÑIGA, M.V. y MERO JALCA, O.F., 2019. Comportamiento del fuego a escala experimental en una plantación de *Tectona grandis* L.f. en Jipijapa, Manabí, Ecuador. *Revista Brasileirade Ciências Agrarias*, vol. 14, no. 1, pp. 1-9. ISSN 19810997. DOI <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i1a5607>.

RANDERSON, J.T., CHEN, Y., VAN DER WERF, G.R., ROGERS, B.M. y MORTON, D.C., 2012. Global burned area and biomass burning emissions from small fires. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, vol. 117, no. G04012, pp. 1-23. ISSN 01480227. Disponible en: DOI 10.1029/2012JG002128. <https://escholarship.org/uc/item/0bf0810n>



RODRÍGUEZ-TREJO, D.A., MARTÍNEZ-MUÑOZ, P., PULIDO-LUNA, J.A., MARTÍNEZ-LARA, P.J. y CRUZ-LÓPEZ, J.D., 2020. Combustibles, comportamiento del fuego y emisiones en un pastizal y una sabana artificiales en Chiapas. *Revista de Biología Tropical*, vol. 68, no. 2. ISSN 0034-7744. Disponible en: DOI <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.33954>.

SANTÍN, C. y DOERR, S.H., 2016. Fire effects on soils: The human dimension. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 371, no. 1696, pp. 28-34. ISSN 14712970. DOI 10.1098/rstb.2015.0171.

SEGER, C.D., BATISTA, A.C., TETTO, A.F. y SOARES, R.V., 2013. Comportamento do Fogo em Queimas Controladas de Vegetação de Estepe no Município de Palmeira, Paraná, Brasil. *Floresta* [en línea], vol. 43, no. 4, pp. 547-558. Disponible en: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/31385>.

SOARES, R.V., BATISTA, A.C. y TETTO, A.F., 2017. *Incêndios florestais: controle, efeito e uso do fogo*. Segunda Ed. Curitiba: Gráfica Capital. ISBN 978-85-904353-6-5. Disponible en: https://books.google.com.cu/books/about/Inc%C3%AAndios_florestais.html?id=DmTxZwEACAAJ&redir_esc=y

SOUZA, I.V., GOMES, H., SOUSA, D.A., SILVESTRE, A., DORNELAS, P., BATISTA, A.C., RODRIGUES, G. y GIONGO, M., 2023. PREDICTING SURFACE FOREST FUELS ON THE CERRADO IN CANTÃO STATE PARK FROM AIRBORNE RGB SENSOR IMAGES. *Floresta*, vol. 53, no. 4, pp. 538547. ISSN 19824688. DOI 10.5380/rf.v53 i4. 88805. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/PREDICTING-SURFACE-FOREST-FUELS-ON-THE-CERRADO-IN-Souza-Sousa/556ae07c4d107b95c1e2f8cc67bf9d71bb200204>



Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



*Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0
Internacional.*

