

## Rasgos adaptativos al fuego en cinco especies forestales en una formación vegetal subxerófila en la selva central del Perú

### Adaptative traits to fire in five forest species in a subxerophilous vegetation formation in the central rainforest of Peru

Gianluca Monteverde-Calderón<sup>1,\*</sup>, Sonia Palacios-Ramos<sup>1</sup> y Manuel Chavesta-Custodio<sup>2</sup>

---

**Recibido:** 18 octubre 2023 | **Aceptado:** 17 enero 2024 | **Publicado en línea:** 29 enero 2024

**Citación:** Monteverde-Calderón, G; Palacios-Ramos, S; Chavesta-Custodio, M. 2023. Rasgos adaptativos al fuego en cinco especies forestales en una formación vegetal subxerófila en la selva central del Perú. Revista Forestal del Perú 38(2): 228-239. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v38i2.2076>

---

#### Resumen

Los incendios forestales se han vuelto cada vez más frecuentes y devastadores, amenazando la diversidad vegetal de los bosques tropicales; por esta razón, es esencial identificar y analizar cuidadosamente los rasgos funcionales de las diferentes especies arbóreas que sean particularmente susceptibles a los efectos de estos incendios. En este contexto, el presente estudio consistió en caracterizar los rasgos funcionales relacionados con la adaptabilidad al fuego en una formación vegetal subxerófila del valle de Chanchamayo (Junín, Perú) mediante la medición de la ramificación (Índice de Dominancia Apical), densidad básica (DB) y espesor de corteza (Ect) en cinco especies adaptadas al fuego *Curatella americana* L., *Astronium graveolens* Jacq., *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, *Luehea paniculata* Mart. y *Physocalymma scaberrimum* Pohl. Las evaluaciones de los rasgos funcionales fueron tomadas en dos poblaciones distintas, una con evidencia de quema y otra sin evidencia. Los resultados de las dos poblaciones fueron comparados para analizar la influencia del fuego en los rasgos evaluados. El valor promedio del IDA, DB y Ect en árboles afectados por quemaduras fue de 2,662 m<sup>-1</sup>, 0,461 g/cm<sup>3</sup> y 8,636 mm respectivamente y de árboles no quemados fue de 1,945 m<sup>-1</sup>, 0,467 g/cm<sup>3</sup> y 5,150 mm respectivamente. Finalmente, se encontró que una mayor ramificación y grosor de corteza puede implicar una adaptación de las especies a quemaduras a las que han sido expuestas; mientras que la densidad básica en ramas no muestra alguna relación con suficiente evidencia estadística para demostrar una influencia de la quema sobre el árbol.

**Palabras clave:** rasgo funcional, Sabana Neotropical, ramificación, densidad básica, espesor de corteza

---

<sup>1</sup> Herbario Forestal MOLF, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Anatomía de la Madera. Departamento Académico de Industrias Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú.

\* Autor de Correspondencia: [gianlucamonteverde@gmail.com](mailto:gianlucamonteverde@gmail.com)

## Resumen

Forest fires have become increasingly frequent and devastating, threatening the plant diversity of tropical forests; for this reason, it is essential to carefully identify and analyze the functional traits of different tree species that are particularly susceptible to the effects of these fires. In this context, the present study consisted of characterizing the functional traits related to fire adaptability in a sub-xerophytic plant formation of the Chanchamayo valley by measuring the branching (IDA), basic density (DB) and bark thickness (Ect) in five potentially fire-adapted species *Curatella americana* L., *Astronium graveolens* Jacq., *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, *Luehea paniculata* Mart. and *Physocalymma scaberrimum* Pohl. The evaluations of the functional traits were taken in two different populations, one with evidence of burning and the other without evidence of burning. The results of the two populations were compared to analyze the influence of fire on the evaluated traits. The average values of IDA, DB and Ect in trees affected by burning were 2,662 m<sup>-1</sup>, 0,461 g/cm<sup>3</sup> and 8,636 mm respectively and in unburned trees were 1,945 m<sup>-1</sup>, 0,467 g/cm<sup>3</sup> and 5,150 mm respectively. Finally, it was found that a greater branching and bark thickness may imply an adaptation of the species to the burns to which they have been exposed; while the basic density in branches does not show any relationship with sufficient statistical evidence to demonstrate an influence of burning on the tree.

**Palabras clave:** functional trait, Neotropical Savanna, branching, basic density, bark thickness

## Introducción

Los incendios forestales, cada vez más frecuentes y severos a nivel mundial, también afectan al Perú, especialmente en la selva central, donde prácticas agrícolas locales, como el roce y quema, contribuyen a incendios incontrolables (Armenteras *et al.* 2020, Echía *et al.* 2019, Flannigan *et al.* 2009, Manta 2007, Shlisky *et al.* 2009). Estas acciones impactan negativamente en la cobertura vegetal, alterando la estructura y composición del bosque (Salgado-Negret 2015). Analizar estos efectos desde la perspectiva de los rasgos funcionales de las especies y la diversidad funcional es esencial (Laughlin 2014). Los rasgos funcionales comprenden características morfológicas, anatómicas, fisiológicas o fenológicas que se miden a nivel individual y que influyen en el éxito biológico a través de su relación con el crecimiento, el reclutamiento y la mortalidad (Violle *et al.* 2007).

Estos rasgos funcionales son altamente sensibles a las perturbaciones o cambios en la estructura de un bosque, como los que ocurren en los ecosistemas tras un incendio (Salgado-Negret 2015). Por tanto, el estudio de estos

rasgos nos permite comprender la respuesta de las especies en ecosistemas afectados por incendios forestales (Laughlin 2014, Salgado-Negret 2015). Investigaciones previas en ecosistemas secos neotropicales han demostrado que los rasgos funcionales son herramientas estimativas y predictivas para comprender el papel de las especies, las interacciones ambiente-planta (Brando *et al.* 2012), la dinámica del bosque (Poorter *et al.* 2008), la dispersión de semillas y la regeneración natural (Romeiro-Saritama 2016).

En las formaciones vegetales subxerófilas o “bosques subxerófilos” el fuego es un factor relevante para comprender su fisionomía y funcionamiento (Ratter *et al.* 1997). Su composición florística es relativamente cercana a las Sabanas Neotropicales (Linares-Palomino *et al.* 2022) como la del Cerrado de Brasil y del Bosque Chiquitano en Bolivia (Palacios-Ramos *et al.* 2018, Pennington *et al.* 2018). El Bioma del Cerrado de Brasil demuestra una relación entre rasgos (espesor de corteza y arquitectura de árboles) y el comportamiento del fuego en diferentes especies (Hoffmann *et al.* 2012, Simon & Pennington 2012).

Con todo lo expuesto, el presente estudio tiene como objetivo principal describir el comportamiento de cinco especies típicas de formaciones vegetales subxerófilas como *Curatella americana* L., *Astronium graveolens* Jacq., *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, *Luehea paniculata* Mart. y *Physocalymma scaberimum* Pohl. mediante una respuesta adaptativa al fuego a través de tres rasgos funcionales: ramificación, espesor de corteza del tronco y densidad básica de la madera en ramas en la selva central del Perú.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en época húmeda (diciembre) en un bosque con vegetación propia de Sabanas Neotropicales, en la región Junín, Provincia de Chanchamayo, distrito de San Ramón. Se evaluaron dos poblaciones de árboles, unos con evidencia de quema y otros

sin evidencia de quema. Las localidades donde se colectaron las muestras fueron cuatro: (1) zonas aledañas a la comunidad Shipiba Shawan Rama, (2) el fundo “La Génova”, (3) el mirador “Cerro La Cruz”, y (4) el anexo Santa Rosa (Figura 1, Cuadro 1). El rango altitudinal está entre 950 - 1100 msnm. La temperatura máxima promedio ocurre entre setiembre y octubre, con 22,8 °C; la mínima promedio en julio con 11,6 °C y la temperatura media anual es de 17,7 °C. La precipitación anual promedio del distrito de San Ramón es de 3000 mm (Climate-data.org 2022).

Se evaluaron un total de 60 árboles con un DAP mayor a 5 cm, distribuidos en cuatro localidades y pertenecientes a cinco especies. Se consideraron seis individuos por especie, abarcando así dos poblaciones: 30 árboles afectados por incendios y 30 no afectados. Detalles de las localidades se muestran en la Cuadro 1. Los rasgos funcionales evaluados fueron la ramificación, el espesor de corteza del tronco (Ect) y

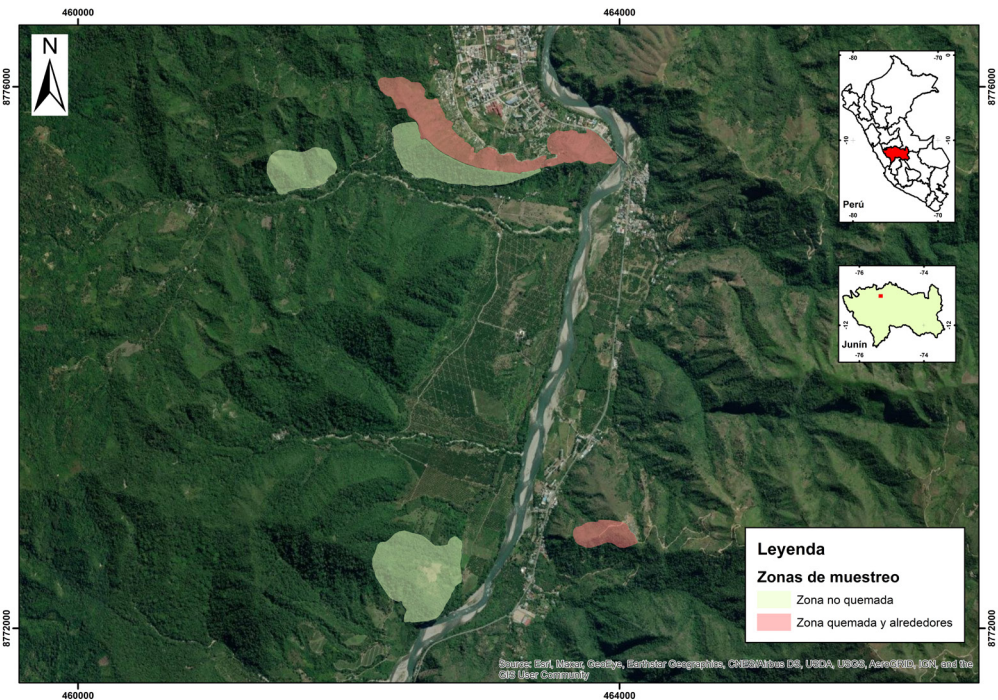


Figura 1. Mapa de ubicación de las zonas de estudio

Localidad	Coordenadas UTM (18 L)	Altitud (msnm)	Tipo de incendio	Periodicidad del incendio aproximado (años)	Extensión del incendio aproximado (ha)
Comunidad Shawan Rama	464068 E 8772652 N	1050	Superficial	5	5
La Génova	462779 E 8772597 N	990	No se registró	-	-
Santa Rosa	461803 E 8775487 N	970	No se registró	-	-
Cerro la Cruz	463000 E 8775739 N	1010	Superficial, solo fue quemada la ladera este	5	3

**Cuadro 1.** Características geográficas y del incendio en los lugares de estudio.

la Densidad Básica (DB) en ramas para cinco especies forestales: *Curatella americana* (Dilleniaceae), *Astronium graveolens* (Anacardiaceae), *Machaerium hirtum* (Fabaceae), *Luehea paniculata* (Malvaceae) y *Physocalymma scaberrimum* (Lythraceae). Para la evaluación de los parámetros se tomó como guía el manual de campo de Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013).

### Recolección de datos de campo

Se evaluaron tres rasgos funcionales: ramificación, espesor de corteza y densidad básica de la madera en ramas.

#### Evaluación de la ramificación

Se hace mediante el Índice de Dominancia Apical (IDA) ( $m^{-1}$ ), esto es la relación entre el número de ramificaciones vivas y la longitud de la rama en metros, cuyo índice puede ser mayor o igual a 0, mientras mayor sea este valor, el árbol es más ramificado (Pérez-Harguindeguy *et al.* 2013). Para la medición se comienza desde una rama terminal con hojas hasta llegar a la primera rama que ya no tenga hojas en su base pero que tenga ramas secundarias con hojas (III). La base de esta rama será el punto de partida para medir (I) la longitud total de la rama, que es la distancia desde el punto de partida hasta la punta de su rama terminal más larga y (II) el número de puntos de ramificación que dan lugar a ramas vivas; desde cada punto de ramificación, siguiendo siempre la rama viva más gruesa que sale de un punto de ramificación (Figura 2). Se realizó este pro-

cedimiento en tres ramas por cada árbol, promediándose tres IDA por árbol.

#### Evaluación del espesor de corteza del tronco (Ect)

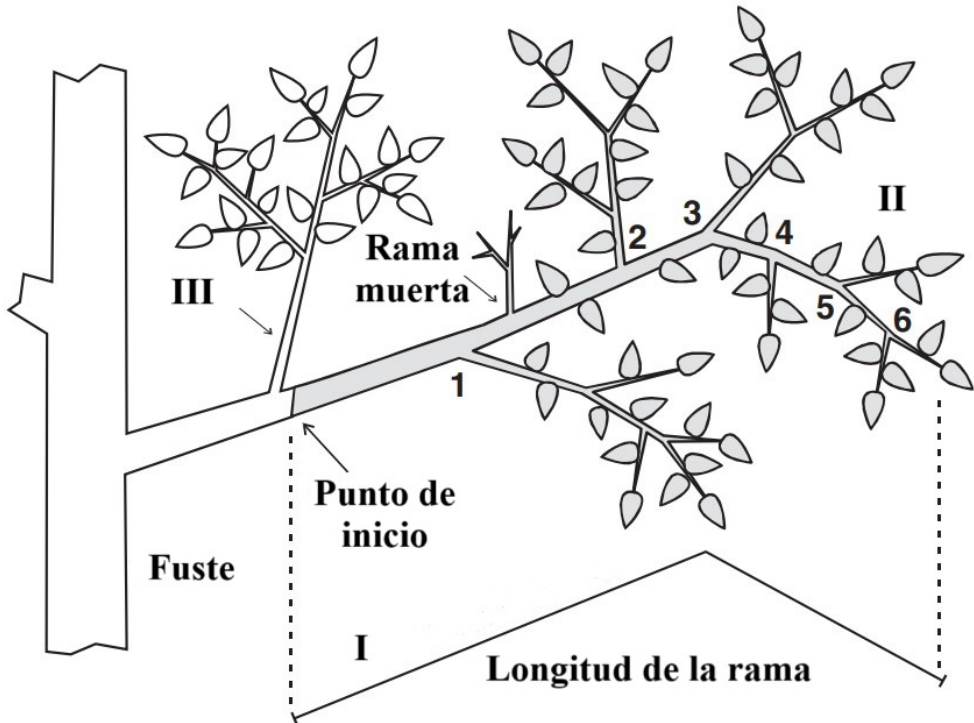
Con un machete se extrajo un pedazo de corteza del fuste entre los primeros 50 a 100 cm desde la base del árbol, ya que es el área más propensa a que combustione en el caso de una quema. De cada pedazo se registraron cuatro mediciones con un vernier, estas mediciones fueron promediadas. Se consideró tanto la corteza interna como la corteza externa de la muestra; se evitó tumores, espinas u otras protuberancias que sobreestimen los resultados (Salgado-Negret 2015).

#### Estimación de la densidad básica en ramas (DB)

Se colectaron dos segmentos de una rama con corteza de 1 cm de diámetro como mínimo y 5 cm de longitud aproximadamente. De preferencia, la rama colectada no deberá presentar nudos. Ambos segmentos fueron utilizados para el cálculo de la densidad básica (se realizó un promedio aritmético) dividiéndose el peso seco anhidro del segmento (g) y el volumen saturado ( $cm^3$ ). El peso anhidro se obtuvo colocando el segmento de rama en la estufa a 100°C, por cuatro días; mientras que el volumen se obtuvo por desplazamiento en agua (Zelada y Reynel 2019).

### Análisis de resultados

Para cada una de las cinco especies se determinó las medidas de tendencia central



**Figura 2.** Procedimiento para medir la ramificación. La longitud de la rama principal (I), el conteo de las ramas secundarias (II) y rama sin hojas en su base, pero con ramas secundarias con hojas (III). Adaptado de Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013).

(media aritmética y mediana), estadísticos de posición (cuartiles), dispersión (desviación estándar y coeficiente de variabilidad) y forma (diagramas de cajas) de cada rasgo funcional asociado al fuego (espesor de corteza, ramificación del árbol y densidad básica) para árboles quemados (30 individuos por especie) como no quemados (30 individuos por especie). Se realizó una prueba Shapiro-Wilk para determinar si la distribución de los datos es normal. Luego se efectuó una prueba paramétrica (T-test) con el fin de comparar los rasgos entre ambos sitios. Cuando no se cumplió los supuestos de la prueba “t”, se realizó una comparación de medianas con la prueba Wilcoxon. El análisis se realizó con el software Microsoft Excel y “R (4.0.2)” (R Core Team 2023).

## Resultados

Los rasgos funcionales de IDA y DB presentaron una distribución normal. El análisis estadístico reflejó que a un 95% de confianza, la media de los valores de IDA y Ect para las cinco especies presentaron una diferencia significativamente entre árboles quemados (2,63 m<sup>-1</sup> y 9,11 mm) y no quemados (1,91 m<sup>-1</sup> y 7,28 mm). Mientras que, para la DB en ramas promedio entre los árboles quemados (0,45 g/cm<sup>3</sup>) y no quemados (0,47 g/cm<sup>3</sup>) de las cinco especies no muestra suficiente evidencia estadística para demostrar una variación significativa (Cuadro 2).

## Ramificación

La media del Índice de Dominancia Apical (IDA) para las cinco especies evaluadas fue de 2,27 m<sup>-1</sup> y la desviación estándar fue de



	Astronium graveolens			Curatella americana			Luehea paniculata			Machaerium hirtum			P. scaberrimum			Total, para las especies		
	Q	NQ	T	Q	NQ	T	Q	NQ	T	Q	NQ	T	Q	NQ	T	Q	NQ	T
X IDA (m <sup>-1</sup> )	2.42	2.12	2.27	3.38	1.93	2.65	2.32	1.99	2.16	2.74	1.65	2.20	2.3	1.87	2.09	2.63	1.91	2.27
S IDA (m <sup>-1</sup> )	0.98	0.94	0.93	0.84	0.77	1.08	1.08	0.75	0.9	0.85	0.37	0.85	0.84	0.6	0.73	0.95	0.68	0.89
CV IDA	0.40	0.44	0.41	0.35	0.40	0.41	0.47	0.38	0.42	0.31	0.22	0.39	0.37	0.32	0.35	0.36	0.36	0.39
X Ect (mm)	11.23	11.11	11.17	7.96	3.97	5.97	12.69	9.48	11.09	3.46	4.42	3.94	10.18	7.44	8.81	9.11	7.28	8.2
S Ect (mm)	3.36	6.25	4.79	2.67	2.12	3.1	4.58	5.1	4.92	0.91	1.13	1.09	1.32	1.88	2.11	4.24	4.57	4.46
CV Ect	0.30	0.56	0.43	0.34	0.53	0.52	0.36	0.54	0.44	0.26	0.26	0.28	0.13	0.25	0.24	0.47	0.63	0.54
X DB (g/cm <sup>3</sup> )	0.47	0.48	0.48	0.44	0.5	0.47	0.42	0.41	0.42	0.4	0.43	0.42	0.54	0.51	0.53	0.45	0.47	0.46
S DB (g/cm <sup>3</sup> )	0.05	0.04	0.04	0.03	0.04	0.05	0.06	0.02	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.07	0.05	0.06
CV DB	0.11	0.08	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.05	0.12	0.13	0.07	0.10	0.07	0.06	0.08	0.16	0.11	0.13

**Cuadro 2.** Registros de medidas de tendencia central y de dispersión para cada rasgo funcional. Nota: Las abreviaturas son las siguientes: Q: árboles quemados; NQ: árboles no quemados; T: árboles totales; X: Promedio aritmético; S: Desviación estándar y CV (Coeficiente de Variación).

0,89 m<sup>-1</sup>. Respecto al Coeficiente de Variación (CV) se determinó un valor mayor a 0,3 en todas las especies, probablemente por la poca representatividad y alta heterogeneidad en la muestra. La especie *C. americana* presentó un IDA promedio de 2,65 m<sup>-1</sup> siendo el mayor de las cinco especies, mientras que el menor IDA fue de 2,09 m<sup>-1</sup> para la especie *P. scaberrimum* (Cuadro 2). Además, se identifica que todos los árboles quemados reciben una respuesta positiva en la ramificación (Figura 3).

La media de los valores de IDA entre la población de árboles quemados fue mayor (2,63 m<sup>-1</sup>) a la población de árboles no quemados (1,91 m<sup>-1</sup>). Para la población de árboles quemados la especie con mayor y menor valor de IDA fueron *C. americana* (3,38 m<sup>-1</sup>) y *P. scaberrimum* (2,32 m<sup>-1</sup>) respectivamente. De igual manera, la población de árboles no quemados tuvo a las especies *A. graveolens* (2,12 m<sup>-1</sup>) y *M. hirtum* (1,65 m<sup>-1</sup>) con mayor y menor ramificación respectivamente (Cuadro 2).

**Espesor de corteza**

La media del Espesor de corteza (Ect) en las cinco especies evaluadas fue de 8,20 mm y la desviación estándar fue de 4,46 mm. La especie *A. graveolens* presentó un Ect promedio de 11,17 mm siendo el mayor de las cinco especies, mientras que el menor Ect fue de 3,94 mm para la especie *M. hirtum* (Cuadro 2). Las especies *M. hirtum* y *P. scaberrimum* presentaron un CV menor a 0,3, representando poca heterogeneidad para el grosor de corteza. De igual modo, todas las especies de la población quemada presentaron un comportamiento positivo, con excepción de *M. hirtum* (Figura 4), esto puede deberse a que tienen otras características que le brindan una mayor adaptabilidad.

Se observa que el espesor de corteza en árboles quemados (9,11 mm) es mayor que en árboles no perturbados por quemas (7,28 mm). La población de árboles quemados tuvo a las especies *L. paniculata* (12,69 mm) y *M. hirtum* (3,46 mm) con mayor y menor ramificación respectivamente. Asimismo, en la población de árboles no quemados, las especies con mayor y

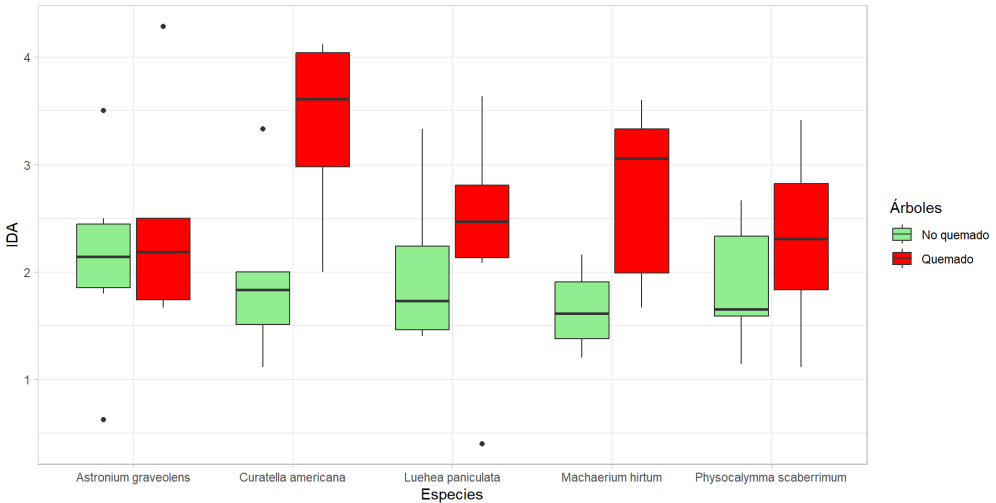


Figura 3. Diagrama de cajas de la ramificación en las cinco especies comparadas entre individuos quemados y no quemados.

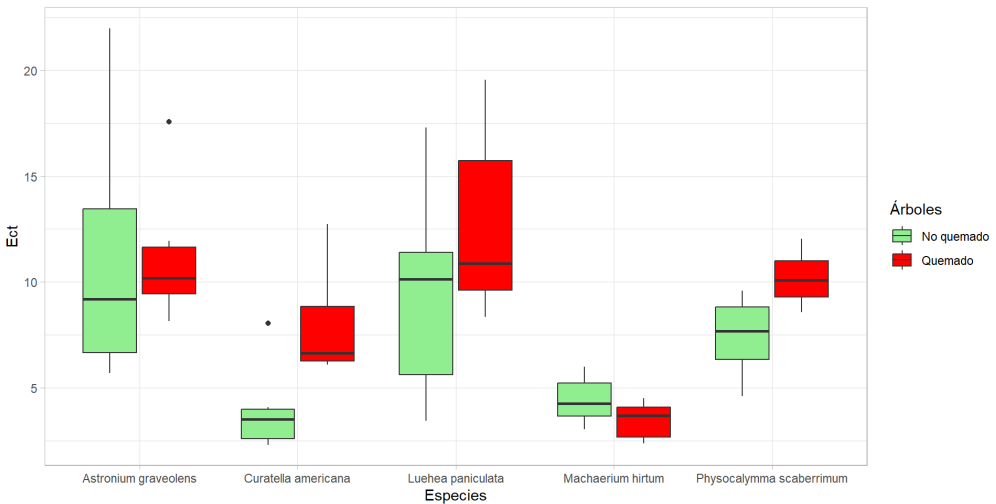


Figura 4. Diagrama de cajas del Espesor de Corteza del tronco en las 5 especies comparadas entre individuos quemados y no quemados.

menor valor de Ect fueron *A. graveolens* (11,11 mm) y *C. americana* (3,97 mm) respectivamente.

**Densidad básica**

La Densidad Básica (DB) promedio en las cinco especies evaluadas fue de 0,46 g/cm<sup>3</sup>. La especie *P. scaberrimum* presentó una DB

promedio de 0,53 g/cm<sup>3</sup> siendo el mayor de las cinco especies, mientras que la menor DB fue de 0,41 g/cm<sup>3</sup> para la especie *L. paniculata* (Cuadro 2). Asimismo, el CV es menor al 0,3 en todas las especies indicando que es una muestra representativa y de poca heterogeneidad para este rasgo funcional. Además, no se encontró variación significativa entre arboles

quemados y no quemados para las especies *L. paniculata* (0,42 g/cm<sup>3</sup> y 0,41 g/cm<sup>3</sup> respectivamente) y *A. graveolens* (0,47 g/cm<sup>3</sup> y 0,48 g/cm<sup>3</sup> respectivamente). Por otro lado, *C. americana* presentó una respuesta negativa frente a quemas, registrando 0,44 g/cm<sup>3</sup> como DB en árboles quemados y 0,50 g/cm<sup>3</sup> en árboles no quemados. Igualmente, *M. hirtum* también presentó una respuesta negativa ante quemas, obteniendo 0,40 g/cm<sup>3</sup> y 0,43 g/cm<sup>3</sup> de DB para árboles quemados y no quemados respectivamente. Por último, la única especie que tuvo una DB en ramas mayor en árboles quemados (0,54 g/cm<sup>3</sup>) respecto a los no quemados (0,51 g/cm<sup>3</sup>) fue *P. scaberrimum* (Figura 5).

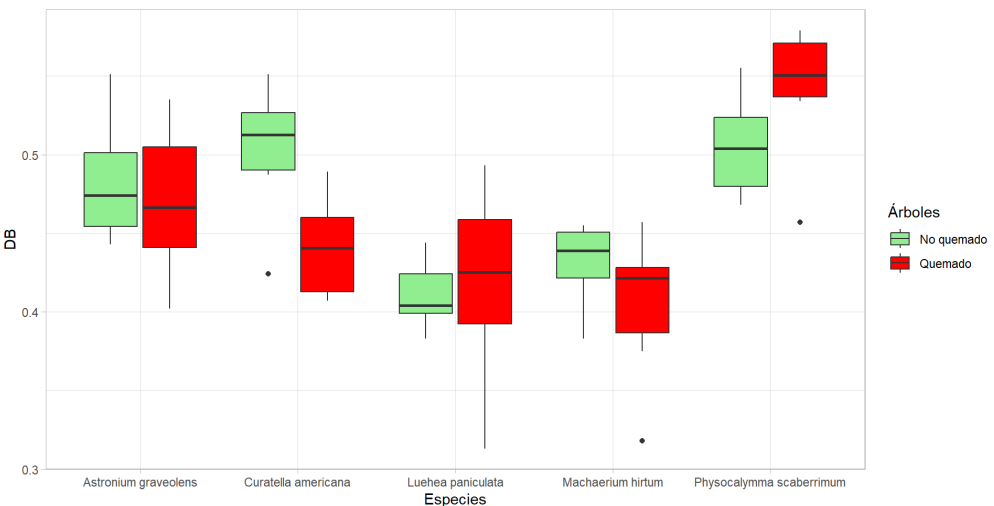
**Discusión**

El alto valor de ramificación en *C. americana* podría deberse a su fuste retorcido y copa irregular con una ramificación entre el primer y segundo tercio del fuste (Palacios-Ramos 2008), esto reduce su adaptabilidad al fuego, en contraste con *P. scaberrimum*, *M. hirtum* y *L. paniculata*, que muestran copas poco densas y ramificación vertical (Palacios-Ramos 2008), ofreciendo una mejor respuesta al fuego (Archibald y Bond 2003, Nolan *et al.* 2020). La Figura 3 revela que los árboles quemados tienden

a desarrollar más ramas, posiblemente en busca de nuevas yemas axilares, mientras la dominancia apical se ve influenciada por factores como la producción hormonal, disponibilidad de nutrientes y exposición a la luz (Archibald y Bond 2003, Chacón y Gamboa 2005).

El espesor de corteza en *P. scaberrimum* y *C. americana* difiere de las medidas promedio informadas por Palacios-Ramos (2008), siendo más notorio en árboles quemados, atribuido a la formación de una corteza más gruesa como estrategia adaptativa tras la quema (Jackson *et al.* 1999). No obstante, *M. hirtum* no sigue este patrón, posiblemente debido a otras características particulares, como xilopodios y la secreción de savia roja oscura (Ministerio de Educación 2013, Roth 1981, Pausas *et al.* 2018). Por otra parte, *Luehea paniculata* y *A. graveolens* exhiben poca variación entre árboles quemados y no quemados, sugiriendo respuestas adaptativas alternas, como la secreción de mucílago y resina, que proporcionan resistencia al fuego al retrasar la volatilización y evitar la exposición del cambium vascular (Correa *et al.* 2019, Mota 2021, Romero *et al.* 2009, Santa-cruz-García 2020).

Aunque se esperaría una mayor densidad básica en árboles quemados debido a la des-



**Figura 5.** Diagrama de cajas de la Densidad Básica en ramas en las 5 especies comparadas entre individuos quemados y no quemados.



composición de la madera tras los incendios, este estudio no reveló variaciones significativas, posiblemente porque se midió en las ramas en lugar del tronco, donde se observa una relación mínima o nula entre la densidad básica de las ramas y otras partes del árbol (Sarmiento *et al.* 2011, Correa *et al.* 2019). Aunque la densidad básica calculada en este estudio difiere de informes anteriores, existe una relación positiva entre la densidad del tronco y las ramas, sugiriendo que un alto valor en el tronco también se reflejará en las ramas (Chave *et al.* 2006). Estudios adicionales sobre la densidad de la madera en el fuste del árbol podrían proporcionar más información sobre cómo estas especies responden al fuego, similar a casos documentados en Brasil y Bolivia (Brando *et al.* 2012; Pinard y Huffman 1997).

## Conclusiones

Las cinco especies estudiadas poseen una respuesta adaptativa frente al fuego mediante los rasgos de ramificación y el espesor de corteza, mientras que para la densidad básica (DB) en ramas no se encontró suficiente evidencia estadística para afirmarlo. El valor promedio de las cinco especies evaluadas en árboles quemados en ramificación (IDA = 2,63 m<sup>-1</sup>) y espesor de corteza (Ect = 9,11 mm) fue mayor que en árboles no quemados con un IDA de 1,91 m<sup>-1</sup> y un espesor de corteza de 7,28 mm. La población de árboles quemados presentó a las especies con mayor ramificación, espesor de corteza y densidad básica: *Curatella americana* con 3,38 m<sup>-1</sup>, *Luehea paniculata* con 12,69 mm y *Physocalymma scaberrimum* con 0,54 g/cm<sup>3</sup>. Por otro lado, los árboles no quemados presentaron los valores más altos de ramificación y espesor de corteza en la especie *Astronium graveolens* con 2,12 m<sup>-1</sup> y 3,94 mm; mientras que, *Physocalymma scaberrimum* con 0,51 g/cm<sup>3</sup> presentó la DB más alta. Finalmente, respecto a la densidad básica en ramas, no se observaron diferencias significativas entre árboles quemados (0,45 g/cm<sup>3</sup>) y no quemados (0,47 g/cm<sup>3</sup>). Se sugiere futuras investigaciones enfocadas en la DB de los fustes de los árboles, aspecto no abordado

por limitaciones logísticas y por tratarse de un método destructivo.

## Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a los revisores y editor de la revista por sus valiosos comentarios, los cuales han enriquecido significativamente este trabajo. Además, deseamos destacar que esta investigación fue posible gracias al financiamiento brindado por CONCYTEC, a través del proyecto “Influencia de los cambios ambientales en la composición florística y funcional de los bosques montanos y pre-montanos de la Selva Central de Perú”, en marco del contrato N° 068-2021 FONDECYT, conducido por investigadores del Herbario Forestal MOLF perteneciente a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

## Referencias

- Archibald, S; Bond, WJ. 2003. Growing tall vs growing wide: Tree architecture and allometry of *Acacia karroo* in forest, savanna, and arid environments. *Oikos*, 102(1):3–14. DOI: <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12181.x>.
- Armenteras, D; González, TM; Ríos, OV; Elizalde, MC; Oliveras, I. 2020. Fire in the ecosystems of northern south america: Advances in the ecology of tropical fires in Colombia, Ecuador and Peru. *Caldasia*, 42(1):1–16. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>.
- Brando, PM; Nepstad, DC; Balch, JK; Bolker, B; Christman, MC; Coe, M; Putz, FE. 2012. Fire-induced tree mortality in a neotropical forest: The roles of bark traits, tree size, wood density and fire behavior. *Global Change Biology*, 18(2):630–641. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02533.x>.
- Chacón, P; Gamboa, OM. 2005. Variación genética en la dominancia apical como respuesta a la decapitación en clones juveniles de *Gmelina arborea* Roxb. *Revista Forestal Mesoamericana* Kurú, 2(6):25-37. Disponible

- en <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/536>.
- Chave, J; Muller-Landau, HC; Baker, TR; Easdale, TA; Steege, HT; Webb, CO. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological applications*, 16(6):2356-2367. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2356:RAP-VOW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2356:RAP-VOW]2.0.CO;2).
- Climate-data.org. (10 de agosto de 2023). <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/junin/san-ramon-28556/>. Obtenido de <https://es.climate-data.org>.
- Corrêa Scalon, M; Maia Chaves Bicalho Domingos, F; Jonatar Alves da Cruz, W; Marimon Júnior, BH; Schwantes Marimon, B; & Oliveras, I. 2020. Diversity of functional trade-offs enhances survival after fire in Neotropical savanna species. *Journal of Vegetation Science*, 31(1):39-150. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12823>.
- Devisscher, T; Malhi, Y; Landívar, VD; Oliveras, I. 2016. Understanding ecological transitions under recurrent wildfire: A case study in the seasonally dry tropical forests of the Chiquitania, Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 360:273-286. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.033>.
- Echía, E; Reynel, C; Manta, M. 2019. La flora leñosa establecida luego de las quemadas en el valle de Chanchamayo - Selva central del Perú. *Revista Forestal Del Perú*, 34(1):83-101. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i1.1287>.
- Flannigan, MD; Krawchuk, MA; de Groot, WJ; Wotton, BM; Gowman, LM. 2009. Implications of changing climate for global wildland fire. *International journal of wildland fire*, 18(5):483-507. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF08187>.
- Hoffmann, WA; Geiger, EL; Gotsch, SG; Rossatto, DR; Silva, LC; Lau, OL; Haridsan, M; Franco, AC. 2012. Ecological thresholds at the savanna-forest boundary: how plant traits, resources and fire govern the distribution of tropical biomes. *Ecology letters*, 15(7), 759-768.
- Jackson, JF; Adams, DC; Jackson, UB. 1999. Allometry of constitutive defense: A model and a comparative test with tree bark and fire regime. *American Naturalist*, 153(6):614-632. DOI: <https://doi.org/10.1086/303201>.
- Laughlin, DC. 2014. Applying trait-based models to achieve functional targets for theory-driven ecological restoration. *Ecology letters*, 17(7):771-784. DOI: <https://doi.org/10.1111/ele.12288>.
- Linares-Palomino, R; Huamantupa-Chuquimaco, I; Padrón, E; La Torre, MDLÁ; Roncal-Rabanal, M; Choquecota, N; Collazos, L; Elejalde, R; Vergara, N; Marcelo-Peña, JL. 2022. Los bosques estacionalmente secos del Perú: un re-análisis de sus patrones de diversidad y relaciones florísticas. *Revista Peruana de Biología*, 29(4):1-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i4.21613>.
- Manta, MI. 2007. Evaluación de las causas naturales y socioeconómicas de los incendios forestales en América del Sur. *Proceedings of the 4th International Wildfire Conference*, 1-17.
- Ministerio de Educación. 2013. *Guía Útiles del Pantanal Boliviano*. Impacto Digital.
- Mota, GS; Araujo, ES; Lorenço, M; de Abreu, JLL; de O. Mori, CL; Ferreira, CA; Silva, MG; Mori, FA; Ferreira, GC. 2021. Bark of *Astرونium lecointei* Ducke trees from the Amazon: chemical and structural characterization. *European Journal of Wood and Wood Products*, 79: 1087-1096.
- Nolan, RH; Rahmani, S; Samson, SA; Simpson-Southward, HM; Boer, MM; & Bradstock, RA. 2020. Bark attributes determine variation in fire resistance in resprouting tree species. *Forest Ecology and Management*, 474: 118385.
- Palacios-Ramos, S. 2008. Caracterización dendrológica de especies arbóreas de montes subxerófilos y/o sabanas arbóreas en el valle de Chanchamayo. Tesis Ing. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Palacios-Ramos, S; Montenegro, R; Linares-Palomino, R; & Reynel, C. 2018. Forest dynamics of a sub-xerophilous vegetation for-

- mation in central Peru-Chanchamayo Valley, Peru. *Revista Árvore*, 42: e420603.
- Pausas, JG; Lamont, BB; Paula, S; Appezzato-da-Glória, B; Fidelis, A. 2018. Unearthing belowground bud banks in fire-prone ecosystems. *New Phytologist*, 217(4):1435-1448.
- Pennington, RT; Lehmann, CE; & Rowland, LM. 2018. Tropical savannas and dry forests. *Current Biology*, 28(9): R541-R545.
- Pérez-Harguindeguy, N; Díaz, S; Garnier, E; Lavorel, S; Poorter, H; Jaureguiberry, P; Bret-Harte, MS; Cornwell, WK; Craine, JM; Gurvich, DE; Urcelay, C; Veneklaas, EJ; Reich, PB; Poorter, L; Wright, IJ; Ray, P; Enrico, L; Pausas, JG; de Vos, AC; Buchmann, N; Funes, G; Quétier, F; Hodgson, KG; Thompson, K; Morgan, HD; ter Steege, H; van der Heijden, MGA; Sack, L; Blonder, B; Poschlod, P; Vaiereti, MV; Conti, G; Staver, AC; Aquino, S; Cornelissen, HC. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3):167-234. DOI: <https://doi.org/10.1071/BT12225>.
- Poorter, L; Wright, SJ; Paz, H; Ackerly, DD; Condit, R; Ibarra-Manriquez, G; Harms, KE; Licona, JC; Martínez-Ramos, M; Mazer, SJ; Muller-Landau, HC; Peña-Claros, M; Webb, CO; Wright, IJ. 2008. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. *Ecological Society of America*, 89(7):1908-1920. DOI: <https://doi.org/10.1890/07-0207.1>.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <https://www.R-project.org/>.
- Ratter, JA; Ribeiro, JF; Bridgewater, S. 1997. The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of botany*, 80(3): 223-230.
- Romero-Saritama, JM. 2016. Caracterización morfofisiológica de semillas de especies leñosas distribuidas en dos zonas secas presentes en el Sur del Ecuador. *Ecosistemas*, 25(2):93-100. DOI: <https://doi.org/10.7818/ecos.2016.25-2.12>.
- Romero, C; Bolker, BM; Edwards, CE. 2009. Stem responses to damage: The evolutionary ecology of *Quercus* species in contrasting fire regimes. *New Phytologist*, 182(1): 261-271. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02733.x>.
- Roth, I. 1981. Structural patterns of tropical barks.
- Salgado-Negret, B. 2015. La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 236 pp.
- Santacruz-García, AC. 2020. Impacto del fuego en la defensa de las plantas: Rasgos funcionales y síntesis de metabolitos secundarios en especies leñosas del Chaco semiárido de Argentina (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de la Plata).
- Sarmiento, C; Patiño, S; Paine, CT; Beauchêne, J; Thibaut, A; Baraloto, C. 2011. Within-individual variation of trunk and branch xylem density in tropical trees. *American journal of botany*, 98(1):140-149. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1000034>.
- Shlisky, A; Alencar, AAC; Nolasco, MM; Curran, LM. 2009. Overview: Global fire regime conditions, threats, and opportunities for fire management in the tropics. *Tropical Fire Ecology*, 65-83. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-540-77381-8_3).
- Simon, MF; Pennington, T. 2012. Evidence for adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. *International Journal of Plant Sciences*, 173(6), 711-723.
- Violle, C; Navas, ML; Vile, D; Kazakou, E; Fortunel, C; Hummel, I; Garnier, E. 2007. Let the concept of trait be functional. *Oikos* 116(5):882-892. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2007.15559.x>.
- Zelada, H; Reynel, C. 2019. Estimación de rasgos funcionales en dos especies arbóreas de

una gradiente altitudinal tropical en el Centro de Perú. *Revista Forestal del Perú*, 34(2):132-143. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1323>.