



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

### Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

#### Carrera de Ingeniería Forestal

### Carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal

#### AUTORA:

Dayana Paola Estrada Cuenca

#### DIRECTOR:

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, MSc.

Loja – Ecuador

2025

## Certificación

Loja, 8 de agosto de 2024

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro“**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de autoría de la estudiante **Dayana Paola Estrada Cuenca**, con **cédula de identidad Nro. 0706162245**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para la respectiva sustentación y defensa.



Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Dayana Paola Estrada Cuenca** declaro ser autora del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de Identidad:** 0706162245

**Fecha:** 3 de febrero de 2025

**Correo electrónico:** dayana.estrada@unl.edu.ec

**Celular:** 0969688433

**Carta de autorización por parte de la autora para la consulta de producción parcial o total y publicación electrónica de texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo **Dayana Paola Estrada Cuenca** declaro ser autora del trabajo de integración curricular denominado: **Carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”**, como requisito para optar el título de **Ingeniera Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los tres días del mes de febrero del dos mil veinticinco.

**Firma:**



**Autora:** Dayana Paola Estrada Cuenca

**Cédula:** 0706162245

**Dirección:** Catamayo

**Correo electrónico:** dayana.estrada@unl.edu.ec

**Celular:** 0969688433

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:** Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, MSc.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo académico a mis padres, especialmente a mi madre, Nely Cuenca, quien siempre ha creído en mí y me ha brindado su apoyo incondicional para alcanzar mis metas, por enseñarme con su ejemplo el significado de humildad, esfuerzo y valentía para seguir adelante, eres mi más grande inspiración en la vida, fuente de valentía y amor.

A mis hermanos, Paulo y Christian, por ser mis compañeros de vida y estar presentes en cada paso del camino. A mis amigos, quienes han sido parte de esta etapa universitaria, proporcionando apoyo emocional y alegría a mi vida, especialmente a mi amiga Gabriela Coronel por su amistad y apoyo.

A ti, mi querida bebé, que aún no has llegado pero ya llenas mi corazón de amor y esperanza, este trabajo es un pequeño paso en el camino que pronto compartiremos juntas. Te amo. A mi pareja por su apoyo y amor incondicional en cada circunstancia que se ha presentado. Gracias por siempre estar a mi lado.

Finalmente, dedico este Trabajo de Integración Curricular a todas las personas que, de una forma u otra, han contribuido a mi crecimiento personal y académico. ¡Gracias!

*Dayana Paola Estrada Cuenca*

## **Agradecimiento**

Retribuyo mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, y en particular al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables a la Carrera de Ingeniería Forestal y docentes quienes contribuyeron a mi formación académica.

Asimismo expreso mi más sincera gratitud a mi director de Trabajo de Integración Curricular, Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba. Mg.Sc por impartirme sus conocimientos, dedicación y apoyo que han sido fundamentales para el éxito y culminación de mi trabajo.

*Dayana Paola Estrada Cuenca*

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras: .....	xi
Índice de anexos: .....	xii
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Incendios forestales y fuego .....	6
4.1.1 Definición de fuego.....	6
4.1.2 Elementos del triángulo del fuego.....	6
4.1.3 Elementos del comportamiento del fuego .....	7
4.1.4 Definición de incendios forestales .....	8
4.1.5 Tipos de incendios forestales .....	8
4.1.6 Incendios forestales en Ecuador.....	9
4.1.7 Impactos de los incendios forestales sobre la biodiversidad .....	10
4.2. Combustibles forestales.....	10

4.2.1.	Definición de combustible forestal .....	10
4.2.2.	Clasificación de los combustibles forestales.....	10
4.2.3.	Características o propiedades de los combustibles forestales.....	11
4.2.4.	Inflamabilidad de combustibles .....	11
4.2.5.	Características o componentes de la inflamabilidad.....	12
4.3.	Estudios sobre contenido e inflamabilidad de combustibles.....	12
4.3.1.	Estimación de cargas de combustibles forestales .....	12
4.3.2.	Investigaciones realizadas sobre carga de combustibles e inflamabilidad para vegetación matorral .....	12
<b>5.</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>14</b>
5.1.	Sitio de estudio .....	14
5.2.	Metodología para evaluar el contenido de combustibles forestales muertos en el matorral andino .....	14
5.2.1.	Establecimiento de líneas de intersección.....	14
5.2.2.	Registro de información.....	15
5.2.3.	Cálculo del contenido o carga de combustible forestal muerto.....	16
5.3.	Metodología para calcular la inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino bajo condiciones de laboratorio .....	17
5.3.1.	Tiempo de ignición .....	18
5.3.2.	Sostenibilidad.....	19
5.3.3.	Combustibilidad .....	19
5.3.4.	Altura de la llama .....	19
5.4.	Análisis de datos.....	20
<b>6.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>21</b>
6.1.	Contenido o carga de combustibles forestales muertos en el matorral andino .	21
6.2.	Inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino, bajo condiciones de laboratorio .....	22

6.2.1.	Contenido de humedad .....	22
6.2.2.	Características de inflamabilidad.....	23
6.2.3.	Categoría de inflamabilidad.....	26
<b>7.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>28</b>
7.1.	Contenido o carga de combustibles forestales muertos en el matorral andino .	28
7.2.	Inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino, bajo condiciones de laboratorio .....	30
<b>8.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>35</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Fórmulas para calcular el contenido de combustible muerto en función a su diámetro. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Categorías de inflamabilidad (Hachmi et al, 2011).....	18
<b>Tabla 3.</b> Carga total de combustibles forestales muertos en el matorral andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”. ....	21
<b>Tabla 4.</b> Estadísticos descriptivos para el contenido de humedad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	22
<b>Tabla 5.</b> Estadísticos descriptivos de las características de inflamabilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	23
<b>Tabla 6.</b> Índices y categorías de inflamabilidad por tipo de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. ....	26

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del PUFVC. ....	14
<b>Figura 2.</b> Líneas de intersección para medir combustibles forestales muertos en áreas de matorral andino del PUFVC .....	15
<b>Figura 3.</b> Líneas de intersección y puntos de medición para los diferentes tipos de combustibles muertos.....	16
<b>Figura 4.</b> Valores de las medianas sobre carga de combustibles forestales muertos por tipo de combustible presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	22
<b>Figura 5.</b> Distribución de valores de mediana del tiempo de ignición para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	24
<b>Figura 6.</b> Distribución de valores de mediana del tiempo de sostenibilidad para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	25
<b>Figura 7.</b> Distribución de valores de mediana de la altura de la llama para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	26
<b>Figura 8.</b> Distribución de valores de mediana de combustibilidad para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	26

## Índice de anexos

<b>Anexo 1.</b> Estadísticos descriptivos del tiempo de ignición de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	44
<b>Anexo 2.</b> Estadísticos descriptivos de sostenibilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	45
<b>Anexo 3.</b> Estadísticos descriptivos de la altura de llama de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	47
<b>Anexo 4.</b> Estadísticos descriptivos de combustibilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.....	48
<b>Anexo 5.</b> Certificado de traducción del resumen.....	49

## **1. Título**

Carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

## 2. Resumen

El estudio de la carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad es fundamental para entender el comportamiento del fuego en ecosistemas propensos a incendios. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la cantidad de combustible forestal muerto y determinar su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, ubicado en Loja, Ecuador. Se utilizó el método de intersecciones planares para cuantificar la carga de combustible muerto. Se seleccionaron 10 sitios del matorral donde se establecieron por sitio dos líneas de intersección con dirección al norte, separadas entre sí por 10 metros. Los combustibles forestales muertos se clasificaron según su tamaño en livianos, ligeros, medianos y pesados. También se tomó en cuenta la hojarasca como combustible muerto, se midió en un cuadrante de  $50 \times 50$  cm colocado cerca de las líneas de intersección, pero sin tocarlas. La hojarasca fue recolectada en bolsas plásticas, y se registró su peso en el sitio, además de su peso seco en el laboratorio. Las pruebas de inflamabilidad se realizaron bajo condiciones de laboratorio, donde se analizaron variables como tiempo de ignición, sostenibilidad, combustibilidad y altura de la llama. Los resultados mostraron que la hojarasca y los combustibles pesados podridos fueron los más representativos, con un 37 % y un 30 % de la carga total, respectivamente. En cuanto a inflamabilidad, los combustibles de menores tamaños fueron extremadamente inflamables, con tiempos de ignición más rápidos y las mayores alturas de llama; mientras que, los combustibles de mayor tamaño fueron menos inflamables. El matorral andino presenta una acumulación importante de combustibles muertos, especialmente hojarasca, con una alta inflamabilidad por lo que convierte al parque universitario en un ecosistema susceptible a la ocurrencia de incendios forestales.

**Palabras clave:** *carga de combustible forestal, combustibles muertos, incendios forestales inflamabilidad, matorral andino.*

## 2.1. Abstract

The study of dead forest fuel load and its flammability is fundamental to understand fire behavior in fire-prone ecosystems. The objective of this research was to evaluate the amount of dead forest fuel and determine its flammability in the Andean shrubland of the Francisco Vivar Castro University Park, located in Loja, Ecuador. The planar intersection method was used to quantify the dead fuel load. Ten sites were selected in the shrubland where two intersecting lines were established per site in a northerly direction, separated by 10 meters. The dead forest fuels were classified according to their size as light, light, medium and heavy. Leaf litter was also taken into account as dead fuel, it was measured in a  $50 \times 50$  cm quadrant placed near the intersection lines, but without touching them. The litter was collected in plastic bags, and its weight was recorded on site, in addition to its dry weight in the laboratory. Flammability tests were conducted under laboratory conditions, where variables such as ignition time, sustainability, combustibility and flame height were analyzed. The results showed that leaf litter and rotted heavy fuels were the most representative, with 37 % and 30 % of the total load, respectively. In terms of flammability, the smaller fuels were extremely flammable, with the fastest ignition times and the highest flame heights, while the larger fuels were less flammable. The Andean scrubland has a significant accumulation of dead fuels, especially leaf litter, with high flammability, which makes the university park an ecosystem susceptible to forest fires.

**Keywords:** *Andean shrubland, dead fuels, flammability, forest fires, forest fuel load.*

### 3. Introducción

Los combustibles forestales constituyen todo el material vegetal disponible en el campo y que tiene la capacidad de encenderse, son parte del triángulo del fuego, que también considera además al calor y oxígeno (CONAFOR, 2010). Pueden dividirse en vivos y muertos, los primeros al contener más humedad retardan la propagación de un incendio, aquí se incluyen las hierbas, arbustos o árboles. Los combustibles forestales muertos son las ramas, hojas o troncos que se encuentran en el suelo y que representan una fuente de combustible inmediata (Villers-Ruíz, 2006).

El combustible es el único elemento que puede ser manejado dentro de un ecosistema (Alzate-Guarín et al., 2022) y su estudio se realiza considerando características como tamaño, continuidad, forma, carga y contenido de sustancias inflamables (Neri-Pérez et al., 2009). Además, se consideran la condición, posición, contenido de humedad, hojarasca e inflamabilidad, esta última siendo de particular importancia para la gestión y manejo de los mismos (Lourdes, 2006; Cochrane, 2003).

La inflamabilidad es la facilidad que tienen los combustibles para arder o quemarse (Santana, 2003), y está influenciada principalmente por la humedad relativa que contienen. Existe una estrecha relación entre el tiempo de retardo de la ignición y las propiedades físicas de los combustibles, ya que el tiempo de retardo cambia según la densidad, calor específico o tamaño del combustible (Anderson, 1970), por lo tanto, conocer la carga de combustible e inflamabilidad es crucial para entender el comportamiento del fuego, así mismo determinar la magnitud y propagación de los incendios (Alzate-Guarín et al., 2022; Cochrane, 2003).

El matorral andino es un ecosistema donde predominan las hierbas y los arbustos y se caracteriza por ser muy denso (Acosta, 2019). Los incendios forestales disminuyen la capacidad de este tipo de ecosistemas para retener agua y lo que implica que queden más secos y cargados de combustibles (Cochrane, 2003).

Los incendios forestales no son ajenos al espacio de conservación del Parque Universitario Francisco Vivar Castro (PUFVC), pues, en el año 2006 se registró un incendio forestal afectando una superficie de dos hectáreas; en el año 2010 se quemaron siete hectáreas (Aguirre y Yaguana, 2014); en el año 2017 también se generó un incendio que afectó el páramo antrópico y el matorral andino alto, catalogado como un incendio superficial, en cuanto a los daños en la flora fueron mayores, con afectación crítica que tuvo lugar entre un 50 a 75 % de mortalidad de ramas, hojas y base de plantas (Sarango-Cobos et al., 2019). Se registró una diversidad media y la presencia de especies invasivas como *P. arachnoideum*, *Rubus* sp., *Smilax* sp. y *Munnozia* sp., que modifican la estructura del matorral. En el año 2020 se quemó

aproximadamente una hectárea, mismos que afectaron principalmente al paramo antrópico y el matorral alto, por lo tanto, se convierte en un escenario susceptible a nuevos incendios (Muñoz-Chamba et al., 2022).

Los estudios sobre carga de combustibles e inflamabilidad son limitados en Ecuador, por lo que las investigaciones se centran en temas como: comportamiento del fuego en combustibles superficiales de una plantación de *Eucalyptus sp.* y *Tectona grandis* (Giler, 2020; Pico, 2018), Cartografía para modelos combustibles (Salgado-Chávez, 2021), cobertura vegetal afectada luego de un incendio (Troya, 2017), impacto ecológico en la flora del páramo (Sarango, 2019), impactos ambientales en áreas seminaturales (Sarango, 2016), incendios forestales asociado a factores climáticos y zonas de ocurrencia (Pazmiño, 2019; Columba et al., 2016).

En el PUFVC se han realizado algunas investigaciones sobre combustibles forestales e inflamabilidad, se destacan los trabajos en: cantidad de combustibles forestales presentes en el bosque nativo (Oña, 2021), inflamabilidad de combustibles forestales muertos del bosque andino (Troya, 2023), inflamabilidad de especies forestales representativas del bosque andino (Vele, 2023) e influencia de factores ambientales sobre la inflamabilidad de especies vegetales del matorral andino (Coronel, 2023), siendo estas investigaciones líneas base para seguir generando conocimientos acerca del tema.

En este contexto el matorral andino del PUFVC es un escenario susceptible a la ocurrencia de incendios forestales, el mismo que corresponde a una vegetación secundaria, con presencia de especies invasivas (Aguirre & Yaguana, 2014) y combustibles forestales que requieren su investigación en carga e inflamabilidad. Por lo tanto, se plantearon las siguientes preguntas: a) ¿Cómo se distribuye la carga o contenido de combustibles forestales muertos en el matorral andino del PUFVC en el año 2024?; y, b) ¿Cuál es la inflamabilidad de los combustibles forestales muertos en el matorral andino en el año 2024?. Para responder estas preguntas los objetivos planteados fueron:

### **Objetivo general**

Contribuir a la caracterización de combustibles forestales muertos a través del estudio de su carga o contenido e inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar el contenido o carga de combustibles forestales muertos en el matorral andino.
- Determinar la inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino bajo condiciones de laboratorio.

## 4. Marco teórico

### 4.1. Incendios forestales y fuego

#### 4.1.1 *Definición de fuego*

El fuego se manifiesta en forma de calor y luz, como consecuencia de la combustión de la materia; el calor es la energía que puede dilatar o cambiar el estado de algún sólido y produce evaporación en los líquidos, la llama es una masa gaseosa en combustión que produce luz y calor (Reyes, 1990).

El fuego es el producto de una reacción química de oxidación rápida entre un combustible y oxígeno, lo que produce energía (calor) que se propaga reaccionando en cadena, se generan gases (dióxido de carbono, monóxido de carbono, amoníaco, ácido cianhídrico, dióxido de azufre, entre otros), con emisiones de luz, humo y llamas (Prada Perez de Azpeitia, 2009). El fuego se encuentra en la naturaleza de forma natural en algunos ecosistemas forestales y se puede generar debido a factores naturales como por ejemplo un relámpago, sin embargo en la actualidad la mayoría de causas de ignición son de tipo antrópico (Serra-Dávalos et al., 2019).

#### 4.1.2 *Elementos del triángulo del fuego*

Para que se genere la combustión, deben encontrarse en espacio y tiempo tres elementos: el combustible y el comburente (generalmente O<sub>2</sub> atmosférico) en proporciones adecuadas, a estos dos se adiciona una fuente energética (calor) para que pueda iniciar y mantener la combustión (Barrera et al., 2018). El fuego puede iniciarse por diferentes factores, los mismos que pueden ser de origen natural como: fricción o frotación lo cual genera desprendimiento de calor de cuerpos que están en movimiento; así mismo se pueden dar por factores incinerables tales como: chispas provocadas por algún agente externo, fósforos, entre otros. No obstante, se necesita de la combinación de los tres elementos antes mencionados para que el fuego se mantenga (Montaño, 2003).

- **El oxígeno:** Es un elemento químico que se encuentra en la atmosfera en forma de gas en un 21 % y es fundamental para el proceso de combustión, el fuego requiere un mínimo de 16 % de oxígeno y un máximo de 21 % por lo que cuando es inferior al 16 % antes mencionado, el fuego se inactiva, es decir entra en un estado latente y finalmente terminara apagándose ( , 2001). Según Montaño (2003), en lugares bajos el fuego arde con más intensidad, esto debido a que la atmosfera en esos lugares es más rica en oxígeno, se produce una reacción química llamada oxidación que es la que genera calor.

- **El calor:** Actúa como energía que se transmite entre cuerpos a diferentes temperaturas, se puede transmitir por tres diferentes formas: conducción, cuando un cuerpo o

materia está en contacto con el otro; convección natural, en los fluidos como el aire o el agua las ondas de calor se generan hacia arriba, por ejemplo el aire caliente sube; por radiación, el calor del fuego también se transmite por medio de ondas (infrarrojas) por lo que sin necesidad de estar en contacto puede entrar en combustión (León y Carmona, 2008). Cuando hay combustión el calor que se genera provoca un aumento de la actividad de las moléculas de materia viva lo que refleja un aumento de la temperatura (Montaño, 2003).

- **El combustible:** Es todo material fósil, natural o sintético que tiene la posibilidad de arder (Montaño, 2003), también puede ser una sustancia sólida, líquida o gaseosa, que cuando está en contacto con un comburente (oxígeno) tiene la capacidad de arder siempre y cuando se proporcione la energía necesaria para su activación (Pelegriña-Calvente, Blanco-Ortiz, y Arrizabalaga-Piña, 2017)

#### **4.1.3 Elementos del comportamiento del fuego**

Según Soto y Salinas (2010), el comportamiento del fuego es un término que se usa para denotar como se desarrolla el fuego y sus características físicas en el transcurso de un incendio, Ramos (2010) menciona que el comportamiento del fuego es la manera en la que se manifiestan parámetros como la velocidad de propagación, calor, intensidad, tiempo de resistencia y longitud de las llamas durante la combustión, el comportamiento del fuego depende de factores como: condiciones meteorológicas, topografía y el material combustible presentes en el sitio donde se da un incendio.

- **La condiciones meteorológicas,** determinan los periodos del año que son más propensos al uso y ocurrencia del fuego, los valores de estos factores cambian en el transcurso del día por lo que el comportamiento de los incendios también cambia, sin embargo hay la posibilidad de predecirlos (Moscovich et al., 2014). Los factores atmosféricos que menciona Ruiz-Gozáles (2018) son : temperatura, humedad relativa del aire, velocidad y dirección del viento, días sin llover, nubosidad y estabilidad atmosférica.

- **La topografía,** se refiere a las características físicas de la superficie de la tierra, afecta las características de los vientos, tiene influencia en el crecimiento e inflamabilidad de los diferentes tipos de combustibles (Véles-Obando, 2020). Los factores topográficos que influyen, según Ruiz-Gozáles (2018) son: pendiente, configuración del terreno, orientación de la ladera y la altitud.

- **El material combustible,** se denominan de esta forma a todos los materiales que son susceptibles a inflamarse, se presentan en tres diferentes formas según su estructura molecular: sólidos (madera, plástico, lana, entre otros); líquidos (gasolina, aceites, pinturas,

ACPM, grasas, y derivados del petróleo); y por último los gaseosos que pueden incluso explotar (propano, metano, acetileno) también pueden incluirse en este grupo la gasolina y el alcohol ya que sus vapores son altamente inflamables (Reyes, 1990).

#### **4.1.4 Definición de incendios forestales**

Un incendio es el fuego que se propaga sin tener un control humano, cuando se da en la naturaleza se denominan incendios forestales ya sean de origen natural o antrópico, de igual manera el término forestal se refiere al uso de suelo, es decir cuando se producen en la variedad de ecosistemas que existen (bosques, matorral, humedal, turbera, entre otros) en zonas no urbanas. La rama de la ciencia que estudia el papel de los incendios forestales en la naturaleza se llama ecología del fuego (Pausas, 2020).

Aproximadamente el 90 % de incendios forestales son generados por personas, es decir son de origen antrópico, esto debido a diferentes causas como la extensión de áreas agrícolas, por fogatas o incendios intencionales provocados por pirómanos, cuando ocurre un incendio forestal los efectos que este provoca son: la producción y liberación de gases y partículas a la atmósfera terrestre, como resultado de la quema de biomasa, de igual manera se libera dióxido de carbono que ha sido almacenado durante décadas en el caso de los árboles y es considerado el segundo gas de efecto invernadero más importante ya que permanece en la atmósfera y contribuye al calentamiento global (Villacis-Guamán et al., 2022).

Los incendios forestales que son de origen natural son parte del balance ecológico del planeta, ya que permiten la regeneración de la vegetación, esto debido a que el fuego arrasa con poblaciones viejas de árboles y plantas, dejando así el suelo con condiciones que favorecen la regeneración, estos incendios se pueden dar por diversos factores naturales como rayos, volcanes en erupción, temporadas secas o terremotos, siempre que este tipo de incendios se mantenga en un balance óptimo, es decir dentro de los rangos naturales de cada ecosistema se convierte en algo positivo manteniendo así el equilibrio tanto para la flora como para la fauna en la naturaleza (Denham, 2011).

#### **4.1.5 Tipos de incendios forestales**

Existen varias clasificaciones de acuerdo con la morfología, el grado de intensidad o el comportamiento, sin embargo, la clasificación general en función a los diferentes estratos y la forma de avance es: incendios de subsuelo, incendios de superficie e incendios de copas (Zárate López, 2004).

- **Incendios de subsuelo**

Se producen cuando se quema la materia orgánica (virutas, hojas muertas, raíces, residuos en descomposición, humus, entre otros) que se encuentran en la superficie y la capa

mineral del suelo, sin embargo son inusuales y se los puede detectar principalmente por la presencia de humo ya que no generan llamas, se caracterizan por avanzar lentamente, esto debido a la falta de oxígeno, sin embargo, pueden llegar a ocasionar daños en el ciclo ecológico de un ecosistema (Zárate López, 2004). Este tipo de incendios se da en turberas y ciénagas según Pausas (2020), pueden durar mucho tiempo incluso meses ya que son muy difíciles de controlar y pueden llegar a generar otro tipo de incendios como los de copa.

- **Incendios de superficie**

Se propagan por la hojarasca o por el estrato herbáceo, aquí existe una discontinuidad vertical del combustible fino lo que impide que el fuego se propague hacia las copas de los árboles, son poco intensos pero más frecuentes (Pausas, 2020). El fuego puede alcanzar hasta un metro y medio de altura y afecta tanto combustibles vivos como muertos, entre los cuales se mencionan: ramas, ramillas, pastizales, hojas, troncos, humus, pequeños arbustos, arboles de regeneración, entre otros (Programa de manejo del fuego, 2020).

- **Incendios de copas**

El fuego afecta a todos los estratos de la vegetación incluidas las copas de los árboles. Son más intensos que los superficiales, pueden propagarse solo por las copas (incendio de copa independiente), así mismo tanto por la superficie como por la copa (incendios de copa activo) o solo por la superficie pero alcanzando las copas (incendio de copa pasivo) (Pausas, 2020). Son los más destructivos según lo que menciona el Programa de manejo del fuego (2020) ya que son peligrosos y difíciles de controlar debido a que las llamas se propagan por continuidad hacia las copas.

#### ***4.1.6. Incendios forestales en Ecuador***

Las zonas afectadas por incendios forestales en Ecuador son inventariadas por instituciones de control como el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias y también por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador (MAATE), con programas como: Reducción de Incendios Forestales y Alternativas al uso del fuego “Amazonía sin Fuego” (PASF), estas instituciones usan la información en planes de control y remediación, de igual manera usan metodologías manuales con técnicas de campo como GPS, también hacen uso de fotografías aéreas o imágenes satelitales (Benavides-Muñoz & Pucha-Cofrep, 2020).

Los datos registrados en el periodo desde el 2010 – 2021 muestran un total de 20 137 incendios en el país con una cobertura vegetal afectada de 202 619,38 hectáreas, las provincias con mayor número de incendios forestales en el periodo antes mencionado son: Pichincha (27 595,69 ha), Guayas (13 632,62 ha), Azuay ( 20 087,00 ha), Loja (29 205,37 ha) e Imbabura

(22 022,20 ha) (MAATE,2021). Para el año 2022 se reportaron 1 249 eventos de tipo incendios forestales, los cuales han ocasionado una pérdida de 6 566,66 hectáreas de cobertura vegetal, según los reportes se dieron con mayor frecuencia a partir del mes de julio, debido a la época seca siendo las provincias más afectadas Guayas, Azuay, Pichincha, Imbabura y Loja (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2022). En lo que va del presente año 2023 hasta el mes de noviembre se tiene un registro de 3 571 incendios forestales, ocasionando la pérdida de 33 146,34 ha de cobertura vegetal, las provincias con más de 1 000 hectáreas de pérdida en cobertura vegetal quemada son: Loja, Imbabura, Carchi, Azuay, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Guayas siendo el mes de septiembre el de mayor afectación para el presente año (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2023).

#### ***4.1.7. Impactos de los incendios forestales sobre la biodiversidad***

Los incendios forestales son un problema multicausal, lo que causa consecuencias multidimensionales, se los vincula con los procesos de cambio climático, el fuego puede generar cambios en la estructura, composición e integridad de los ecosistemas, tiene conexión con procesos de deforestación y fragmentación, así como también pérdida de biodiversidad y en algunos casos severos la desaparición de cobertura vegetal (Parra-Lara y Bernal-Toro, 2010 y Ermenteras et al. 2020).

### **4.2. Combustibles forestales**

#### ***4.2.1. Definición de combustible forestal***

Según Santana (2003), la combustibilidad tiene que ver a la mayor o menor facilidad que tiene un combustible para arder, también menciona que los combustibles pueden ser ligeros (hojas, acículas, hierbas, matorral, arbustos, entre otros), o combustibles pesados (troncos, ramas, raíces, etc.) lo cual significa que los primeros arden más rápido y los segundos son consumidos por el fuego pero de forma más lenta respectivamente. La combustibilidad es la propagación del fuego y su comportamiento, esto tomando en cuenta sus características como humedad o composición química, etc. Se debe tomar en cuenta la disposición vertical, el tiempo de respuesta de los combustibles y si estos son vivos o muertos, ya que la diferencia entre los últimos mencionados es de gran importancia en lo que se refiere a la propagación de un incendio, debido a que los secos tienen menos humedad, por lo tanto se acelera la continuidad del fuego, por otro lado los combustibles verdes la retardan al estar más húmedos (Martinez-Ruiz, 2001).

#### ***4.2.2. Clasificación de los combustibles forestales***

Según Díaz (2015) menciona la siguiente clasificación por su tamaño:

- **Finos y ligeros:** diámetro menor a 0,6 cm (ramillas muy finas), se queman de

forma rápida y están rodeados de mucho oxígeno por lo que puede hacer que un incendio de propague velozmente.

- **Regulares:** con un diámetro de 0,6 a 2,5 cm (ramas y tallos pequeños).
- **Medianos:** con diámetros de 2,6 a 7,5 cm (fustes, troncos y ramas) se calientan lentamente.
- **Pesados:** aquí se incluyen los fustes con diámetros mayores a 7,5

Nájera (2015), clasifica los combustibles forestales según su ubicación en cuatro estratos:

- **Subterráneos:** corresponden a las raíces y todo el material vegetal que se encuentre en suelo mineral lo que incluye hojas y ramas.
- **Superficiales:** corresponden al material vegetal que se encuentra a una altura de 1 ½ metros desde el suelo y que está compuesto por árboles jóvenes, arbustos, ramas, ramillas, hojas o troncos caídos.
- **Aéreos:** tienen que ver con el material vegetal que se encuentra a más de 11 ½ metros de altura desde el suelo y corresponden a musgos, ramas y follaje de árboles.
- **Combustibles de continuidad vertical:** corresponden a arbustos, lianas secas, ramas, entre otros, que forman una especie de escalera por la que el fuego podría llegar de forma directa a las copas de los árboles.

#### ***4.2.3. Características o propiedades de los combustibles forestales***

Cada combustible tiene diferentes características y está dado por la composición del ecosistema o bosque. Por lo tanto cada especie presente tiene atributos frente al fuego que determinan si es propensa a arder y propagar el fuego, de igual manera cada taxon tiene diferentes formas de quemarse y transmitir el fuego (Torres, 2018). Es importante conocer las propiedades físicas de los combustibles forestales para poder entender el comportamiento del fuego y las consecuencias que podría provocar, estas propiedades son: disposición de los combustibles (superficial, subterránea o aérea), continuidad horizontal y vertical, peso, estado de descomposición, tiempo de retardo, carga, tamaño del combustible, relación superficie/volumen, compactación, contenido de humedad y densidad básica, entre otras (Villa et al., 2018).

#### ***4.2.4. Inflamabilidad de combustibles***

La inflamabilidad es la resistencia de las especies a controlar y propagar el fuego, depende del tipo de combustible así como también de la humedad, ambos controlados por el

material y el ambiente en el que se encuentran (Rivas, 2010). Según Miralles et al (2005), la inflamabilidad está relacionada con el contenido de humedad de las plantas, antes que arda el calor deberá evaporar el agua contenida en ellas, por lo tanto la humedad determina el calor que se necesita para encender un material vegetal.

#### ***4.2.5. Características o componentes de la inflamabilidad***

Según Kitzberger et al. (2018) la inflamabilidad de especies vegetales está comprendida por cuatro partes: ignitabilidad, sostenibilidad, combustibilidad y consumibilidad y se la puede medir a diferentes escalas (partes de plantas, plantas completas y comunidades de plantas), Anderson (1970) describe los cuatro componentes :

- **Ignitabilidad:** Se refiere al tiempo de ignición o aparición de la llama de un combustible expuesto a una fuente de calor.
- **Sostenibilidad:** Es la capacidad de un material para mantener la combustión y producir energía.
- **Combustibilidad:** Hace referencia a la velocidad a la que una sustancia arde en llamas dependiendo del tipo de combustible que presente.
- **Consumibilidad:** la proporción de biomasa consumida durante la combustión.

### **4.3. Estudios sobre contenido e inflamabilidad de combustibles**

#### ***4.3.1. Estimación de cargas de combustibles forestales***

La metodología descrita por Brown (1974), se basa en la técnica de intersecciones planares, que es un método no destructivo utilizado para estimar el volumen y peso de los combustibles forestales que se encuentran en el suelo en una determinada área. Esta metodología implica establecer puntos de muestreo sistemáticamente en el sitio de interés y usar líneas verticales en estos puntos para contar la frecuencia de los combustibles leñosos caídos y que intersectan dichas líneas tomando en cuenta el tamaño de los combustibles según su diámetro.

#### ***4.3.2. Investigaciones realizadas sobre carga de combustibles e inflamabilidad para vegetación matorral***

La inflamabilidad de combustibles forestales de matorrales en Ecuador es un tema poco investigado, lo que dificulta la gestión de incendios en estos ecosistemas vulnerables. La investigación de Coronel (2023) realizada en el matorral andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro determinó que factores ambientales como la pendiente y el viento afectan significativamente la inflamabilidad de las especies vegetales. Otra investigación evidenció que el 47.2 % de la carga de combustible en el páramo antrópico del PUFVC está

compuesto por material muerto, clasificado como muy extremadamente inflamable, lo que representa un riesgo elevado para la propagación de incendios forestales (González, 2024).

Troya (2023) identificó que los combustibles forestales muertos en el bosque andino del PUFVC presentaban tiempos de ignición variables, siendo la hojarasca clasificada como extremadamente inflamable, con un tiempo de ignición de 15.84 segundos y una altura de llama de 64.06 cm. Por su parte, Vele (2023) resaltó que en el bosque andino del PUFVC, especies como *Baccharis latifolia* y *Lepechinia mutica* son altamente inflamables, lo que puede contribuir a la rápida propagación del fuego. Estos resultados implican que la combinación de factores ambientales y las características de inflamabilidad de las especies aumenta el riesgo de incendios forestales, respaldando la necesidad de implementar estrategias de gestión adecuadas para mitigar estos riesgos (Pico, 2018; Sarango-Cobos et al., 2019).

## 5. Metodología

### 5.1. Sitio de estudio

La investigación se realizó en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, ubicado en el cantón y ciudad de Loja (Figura 1), con una superficie total de 99 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m s.n.m. (Aguirre & Yaguana, 2014). El clima es templado, con una temperatura media anual de 16,6 °C y una precipitación media anual de 955 mm; presenta cuatro zonas: en la parte baja existen pastizales y también plantaciones de especies exóticas (*Pinus* spp. y *Eucaliptus* spp.). En la parte media se encuentra el área más conservada que es el bosque con presencia de especies nativas y el matorral. En la parte alta se encuentra un ecosistema de páramo antrópico (Ordóñez-Delgado et al., 2022).

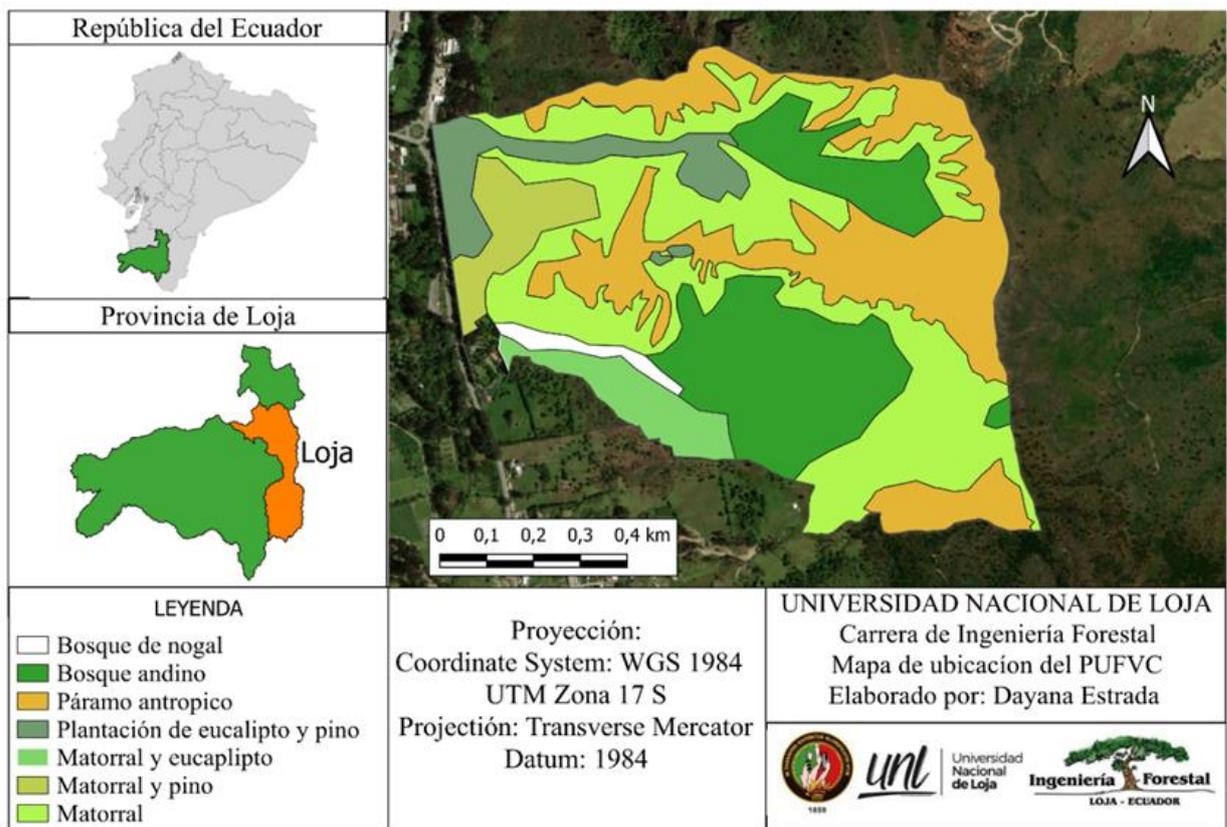


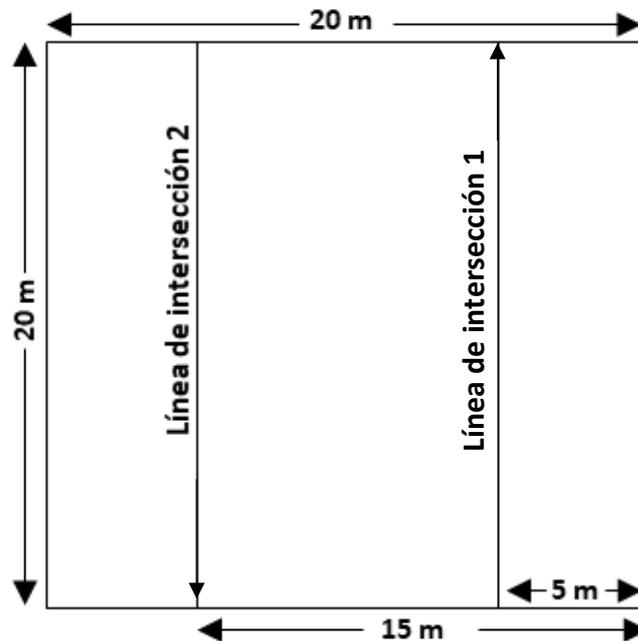
Figura 1. Mapa de ubicación del PUFVC.

### 5.2. Metodología para evaluar el contenido de combustibles forestales muertos en el matorral andino

#### 5.2.1. Establecimiento de líneas de intersección

Se utilizó el método de líneas de intersección o también denominado intersecciones planares descrito por Brown (1974), Brown et al. (1982) y Díaz et al. (2012). Para ello en cada sitio de muestreo, de manera aleatoria, se instalaron 10 puntos de medición; y, en cada punto

de medición que corresponden a parcelas temporales de  $20 \times 20$  m, se instalaron en su interior dos líneas de intersección separadas entre sí 10 m, en dirección al norte. Para la instalación se utilizaron estacas de madera, cuerda y brújula (Figura 2).

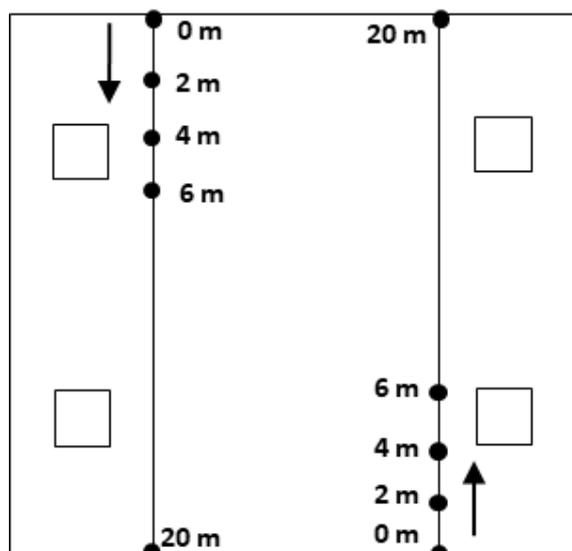


**Figura 2.** Líneas de intersección para medir combustibles forestales muertos en áreas de matorral andino del PUFVC.

### 5.2.2. Registro de información

Se levantó la información sobre combustibles muertos presentes en el suelo del matorral, los mismos que estuvieron separados de la fuente original de crecimiento. Estos combustibles fueron clasificados de acuerdo a su tamaño: livianos, ligeros, medianos y pesados (Díaz et al., 2012), y se consideraron ramas, ramillas y troncos de diferentes diámetros. Las distancias de medición de los combustibles en las líneas de intersección fueron: livianos hasta los dos metros, ligeros hasta los cuatro metros, medianos hasta los seis metros y pesados hasta los 20 metros (Figura 3).

También se tomó en cuenta la hojarasca como combustible muerto, para lo cual se utilizó un cuadrante de  $50 \times 50$  cm que fue colocado cerca de las líneas de intersección, pero sin tocarlas (Figura 3). Posterior se recolectó en bolsas plásticas, se tomó su peso en el sitio y después su peso seco en laboratorio, lo que permitió el cálculo de la cantidad de materia seca por hectárea (Díaz et al., 2012).



**Figura 3.** Líneas de intersección y puntos de medición para los diferentes tipos de combustibles muertos.

### 5.2.3. Cálculo del contenido o carga de combustible forestal muerto

Para calcular los pesos del material combustible muerto se utilizó las fórmulas mencionadas por Díaz et al., (2012), (Tabla 1).

**Tabla 1.** Fórmulas para calcular el contenido de combustible muerto en función a su diámetro.

Tamaño de clase (cm)	Fórmula
< a 0,6	$P = \frac{0,484 * f * c}{NI}$
0,61 – 2,5	$P = \frac{3,369 * f * c}{NI}$
2,51 – 7,5	$P = \frac{36,808 * f * c}{NI}$
> 7,51 (firmes)	$P = \frac{1,46 * d^2 * c}{NI}$
> 7,51 (elementos podridos)	$P = \frac{1,21 * d^2 * c}{NI}$

Los valores 0,484; 3,369; 36,808; 1,46 y 1,21, corresponden a los pesos específicos por cada clase

**Fuente:** Díaz et al. (2012)

donde:

**P:** peso de combustible (ton/ha)

**f:** frecuencia o número de intercepciones

**c:** factor de corrección por pendiente

**d<sup>2</sup>**: suma de cuadrados de los diámetros de ramas y trozas

**NI**: es la longitud total de la línea de muestreo o suma de longitudes de las líneas expresada en pies lineales.

El factor de corrección de pendiente se estimó con la ecuación sugerida por Brown (1974):

$$c = 1 + \sqrt{\left(\frac{\% \text{ pendiente}}{100}\right)^2}$$

### **5.3. Metodología para calcular la inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino bajo condiciones de laboratorio**

Las características de inflamabilidad se realizaron bajo condiciones de laboratorio. Antes de realizar las pruebas se calculó el contenido de humedad de los combustibles muertos (%), para lo cual se registró el peso fresco de las muestras tomadas en campo, luego se procedió a colocar las muestras en fundas de papel con 200 gramos cada una, posterior se colocó en la estufa a una temperatura de 60 - 70 °C. Durante un monitoreo diario, se registró el peso de las muestras hasta obtener el peso seco estabilizado, para calcular el contenido de humedad de las muestras se utilizó la formula descrita por Hemando y Elvira (1989); Rochas (1994).

$$CH \% = \left(\frac{Ph - Ps}{Ph}\right) * 100$$

donde:

**CH%** = contenido de humedad

**Ph** = peso húmedo (g)

**Ps** = peso seco (anhidrido), luego de ser secada en la estufa (g)

Las características de la inflamabilidad se evaluaron mediante pruebas, haciendo uso del método de llama directa descrito por Hachmi et al. (2011) y Valette (1990) adaptado para este estudio, para lo cual se procedió a colocar el material combustible directamente sobre el fuego hasta que se produzca la ignición y luego proceder a retirarlo.

Se utilizaron las muestras secas y clasificadas de los combustibles muertos (livianos, ligeros, medianos, grandes y hojarasca) lo que permitió asignar la categoría de inflamabilidad por tipo de combustible. A continuación se muestra la fórmula que se utilizó para el cálculo del índice de inflamabilidad (Hachmi et al., 2011) y (Valette, 1990):

$$FI = \left[ \frac{TC + 30 - \frac{TI}{2}}{TI + 10} \right] EXP \left[ \frac{FH}{FH + 40} \right]^2$$

donde:

**FI**= índice de inflamabilidad

**TC** = sostenibilidad (s)

**TI** = tiempo de ignición (s)

**FH** = altura de la llama (cm)

Las categorías de inflamabilidad propuestas por Hachmi et al. (2011) se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Categorías de inflamabilidad (Hachmi et al, 2011).

<b>Categorías de inflamabilidad</b>	<b>Índice de inflamabilidad</b>
Muy poco inflamable	$FI < 0.5$
Poco inflamable	$0.5 \leq FI < 1.5$
Moderadamente inflamable	$1.5 \leq FI < 2.5$
Inflamable	$2.5 \leq FI < 3.5$
Extremadamente inflamable	$3.5 \leq FI < 4.5$
Muy extremadamente	$4.5 \leq FI$
Inflamable	

Para esto se calcularon algunas características de la inflamabilidad como tiempo de ignición, sostenibilidad, combustibilidad y altura de la llama, que se describen continuación:

### **5.3.1. Tiempo de ignición**

Se utilizó un cronometro, tomando en cuenta el tiempo transcurrido desde que se expuso la muestra al calor hasta que la misma entro en ignición, es decir hasta que se observó

la aparición de la llama, el tiempo se registró en segundos.

### 5.3.2. *Sostenibilidad*

Se calculó con la ayuda de un cronómetro y consistió en registrar el tiempo inicial de la aparición de la llama y su tiempo final que sería la extinción de la llama. Se aplicó la fórmula descrita por Gill & Moore (1996).

$$S_i = t_f - t_i$$

donde:

**S<sub>i</sub>** = sostenibilidad (seg).

**T<sub>f</sub>** = momento de la extinción de las llamas.

**T<sub>i</sub>** = iniciación de las llamas, momento en que se observa por primera vez la ignición.

### 5.3.3. *Combustibilidad*

La combustibilidad se calculó considerando el tiempo inicial de aparición de la llama, tiempo final de extinción de la llama, el peso final de la muestra al culminar la ignición (g) y el peso inicial de la muestra (g) al iniciar la ignición, se aplicó la fórmula descrita por Gill & Moore (1996):

$$c_i = \frac{(W_f - W_i)}{(t_f - t_i)}$$

donde:

**C** = combustibilidad (g/s)

**W<sub>f</sub>** = peso final (seco)

**W<sub>i</sub>** = peso inicial (húmedo)

**T<sub>f</sub>** = tiempo final

**T<sub>i</sub>** = tiempo inicial

### 5.3.4. *Altura de la llama*

La Altura de la llama (FH) se determinó de manera visual, para ello detrás del equipo se colocó una regla graduada en cm, que permitió medir la altura alcanzada por la llama, desde la base donde está el combustible hasta el punto máximo que se generó (Hachmi et al., 2011).

#### **5.4. Análisis de datos**

La información sobre combustibles forestales e inflamabilidad se analizó mediante estadísticas descriptivas en el programa Excel (totales, medias, error estándar, desviación estándar, coeficiente de variación,). Para conocer diferencias entre los tipos de combustibles se aplicó la prueba no paramétrica Kruskal Wallis con un nivel de significancia de 0,05, ya que los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad y homocedasticidad de varianzas. Para conocer qué tipo de combustible se diferenció del resto se realizó la prueba de Wilcoxon con una significancia de 0,05. El análisis estadístico se realizó en el software RStudio 4.2.2 (2022).

## 6. Resultados

### 6.1. Contenido o carga de combustibles forestales muertos en el matorral andino

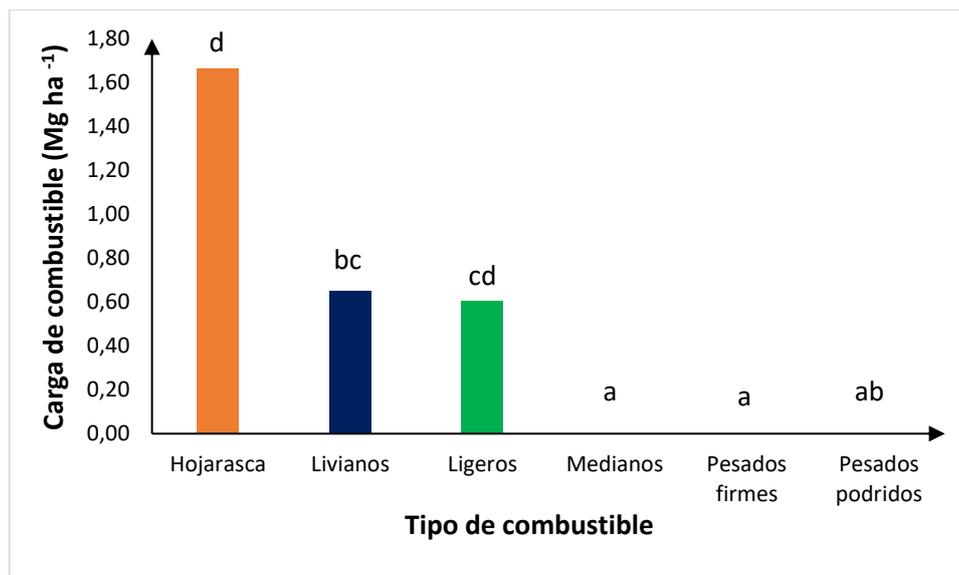
El matorral andino presentó una carga total de combustible muerto de 4,93 Mg ha<sup>-1</sup>. La hojarasca y los combustibles pesados podridos fueron los de mejor representación con el 37 % y 30 % respectivamente (Tabla 3). Los combustibles de mayor tamaño, como los medianos y pesados, mostraron una mayor variabilidad en su carga de combustible, evidenciada por un coeficiente de variación (CV) más elevado.

**Tabla 3.** Carga total de combustibles forestales muertos en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

<b>Tipo de combustible</b>	<b>CC (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>R (%)</b>	<b>Me (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>EE (±)</b>	<b>DE (±)</b>	<b>CV (%)</b>
<b>Hojarasca</b>	1,80	37	1,66	0,24	0,77	42,66
<b>Livianos</b>	0,61	12	0,65	0,11	0,35	58,14
<b>Ligeros</b>	0,76	15	0,60	0,13	0,41	53,96
<b>Medianos</b>	0,19	4	0,00	0,13	0,41	210,86
<b>Pesados firmes</b>	0,08	2	0,00	0,08	0,26	316,23
<b>Pesados podridos</b>	1,48	30	0,00	1,32	4,18	281,70
<b>Total</b>	<b>4,93</b>	<b>100</b>				

Nota: carga de combustible promedio (CC), representatividad (R), mediana (ME), error estándar (EE), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV).

Al comparar las medianas de la carga de combustible entre los diferentes combustible, se encontraron diferencias estadísticas significativas (Kruskal Wallis,  $p= 2.544e-06$ ,  $\alpha=0,05$ ). La prueba de Wilcoxon destacó a la hojarasca como diferente con respecto al resto de combustibles (Livianos, Medianos, Pesados firmes, pesados podridos) con excepción de los ligeros (Figura 4).



**Figura 4.** Valores de las medianas sobre carga de combustibles forestales muertos por tipo de combustible presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”

## 6.2. Inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino, bajo condiciones de laboratorio

### 6.2.1. Contenido de humedad

Se evaluó la inflamabilidad y sus características de diferentes tipos de combustibles forestales muertos bajo condiciones de laboratorio, variando el contenido de humedad entre 5 % y 55 %. Los combustibles pesados firmes presentaron el menor contenido de humedad promedio (5,04 %) (Tabla 4). La prueba Kruskal Wallis (p-valor: 0,000;  $\alpha=0,05$ ) determinó diferencias estadísticas significativas entre las medianas de los combustibles, siendo diferentes entre sí y de los demás los combustibles hojarasca y pesados podridos con las medianas más altas.

**Tabla 4.** Estadísticos descriptivos para el contenido de humedad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Combustible	Contenido de humedad promedio (%)	Mediana (%)	Error típico ( $\pm$ %)	Coefficiente de variación (%)
Hojarasca	54,87	55 a	2,69	15,48
Finos / Livianos	14,05	14,51 b	3,03	68,32
Pequeños / Ligeros	22,73	22,88 b	3,28	45,70
Regular / Mediano	24,75	27,12 b	3,41	43,60
Pesados firmes	5,04	0 b	3,13	196,13
Pesados podridos	38,94	40,78 c	8,24	66,95

Nota: letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas.

### 6.2.2. Características de inflamabilidad

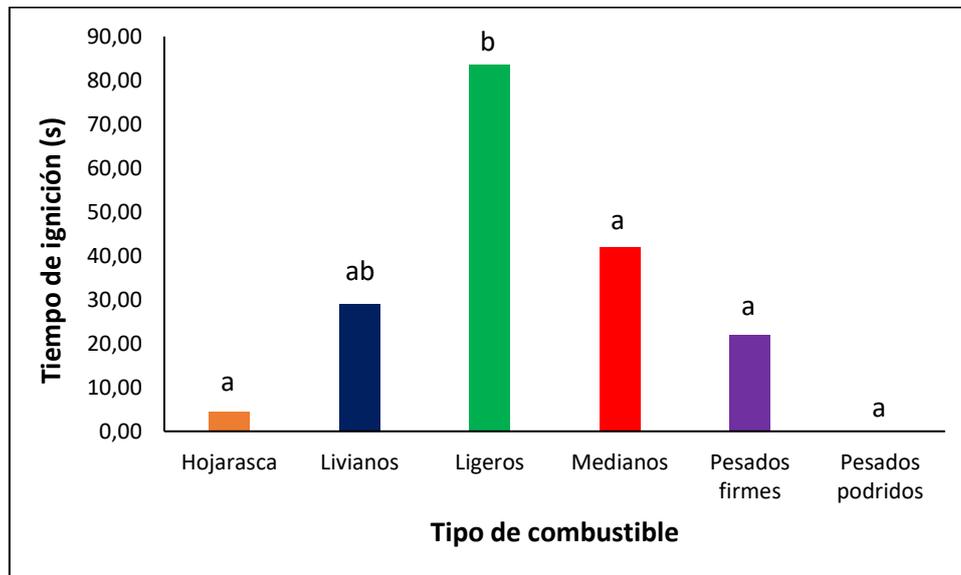
Los valores promedios de las características de inflamabilidad de los combustibles forestales muertos como: tiempo de ignición (TI), tiempo de sostenibilidad (TC), altura de la llama (FH) y combustibilidad (C) se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Estadísticos descriptivos de las características de inflamabilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

<b>Combustible</b>	<b>Estadístico</b>	<b>TI (s)</b>	<b>TC (s)</b>	<b>FH (cm)</b>	<b>C (g/s)</b>
Hojarasca	Media	5,33	66,42	41,50	0,07
	Mediana	4,500	56,00	43,0	0,07
	Error típico (±)	0,48	7,88	4,48	0,01
	Desviación estándar	1,67	27,30	15,51	0,04
	Coefficiente de variación (%)	31,31	41,11	37,38	52,04
Fino / Liviano	Media	29,58	77,00	37,33	0,06
	Mediana	29,00	67,50	39,00	0,06
	Error típico (±)	2,98	6,16	2,38	0,00
	Desviación estándar	10,31	21,33	8,23	0,02
	Coefficiente de variación (%)	34,85	27,71	22,04	28,73
Pequeño / Ligero	Media	74,25	95,42	20,08	0,04
	Mediana	83,50	91,50	21,50	0,04
	Error típico (±)	10,24	8,27	2,69	0,01
	Desviación estándar	35,46	28,65	9,31	0,02
	Coefficiente de variación (%)	47,76	30,03	46,34	43,79
Regular / Mediano	Media	52,50	76,67	8,42	0,02
	Mediana	42,00	106,50	5,000	0,02
	Error típico (±)	16,88	20,97	2,68	0,00
	Desviación estándar	58,47	72,63	9,29	0,01

	Coefficiente de variación (%)	111,38	94,73	110,35	41,38
Pesados firmes	Media	45,67	63,17	5,75	0,02
	Mediana	22,00	0,00	0,00	0,02
	Error típico ( $\pm$ )	16,86	24,72	2,80	0,00
	Desviación estándar	58,39	85,62	9,72	0,01
	Coefficiente de variación (%)	127,86	135,55	168,96	68,70
Pesados podridos	Media	22,33	47,42	7,83	0,02
	Mediana	0,00	0,00	0,00	0,02
	Error típico ( $\pm$ )	11,60	20,94	3,52	0,00
	Desviación estándar	40,18	72,54	12,19	0,01
	Coefficiente de variación (%)	179,90	152,97	155,57	56,56

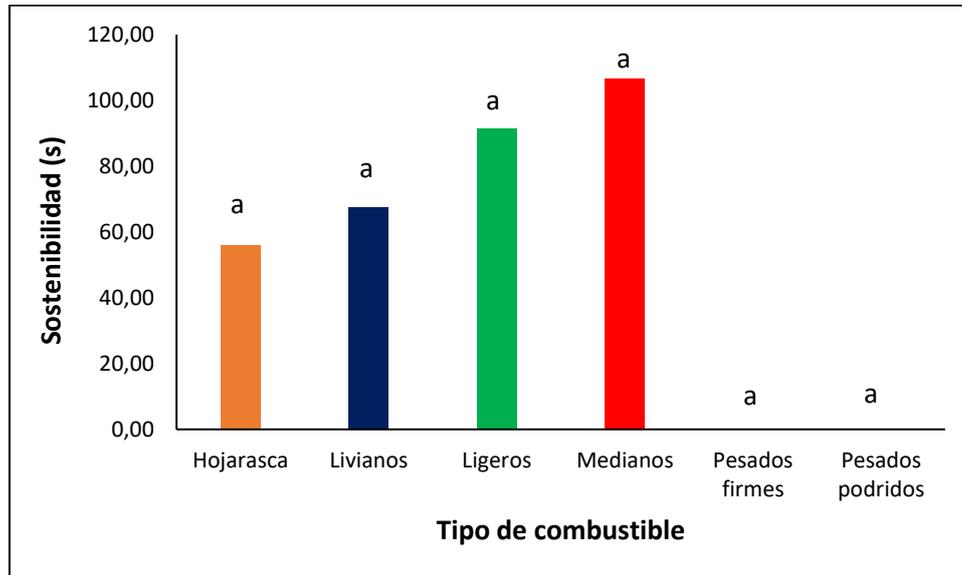
Para el tiempo de ignición, los valores estuvieron comprendidos entre 4 y 180 segundos, con la hojarasca con el tiempo más rápido. Al comparar estos valores con la prueba Kruskal Wallis ( $p= 0,001767$ ,  $\alpha=0,05$ ), se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las medianas de los combustibles (Figura 5), siendo diferentes los combustibles livianos y ligeros, en especial los ligeros que tuvieron el valor más alto.



**Figura 5.** Distribución de valores de mediana del tiempo de ignición para los tipos de combustibles

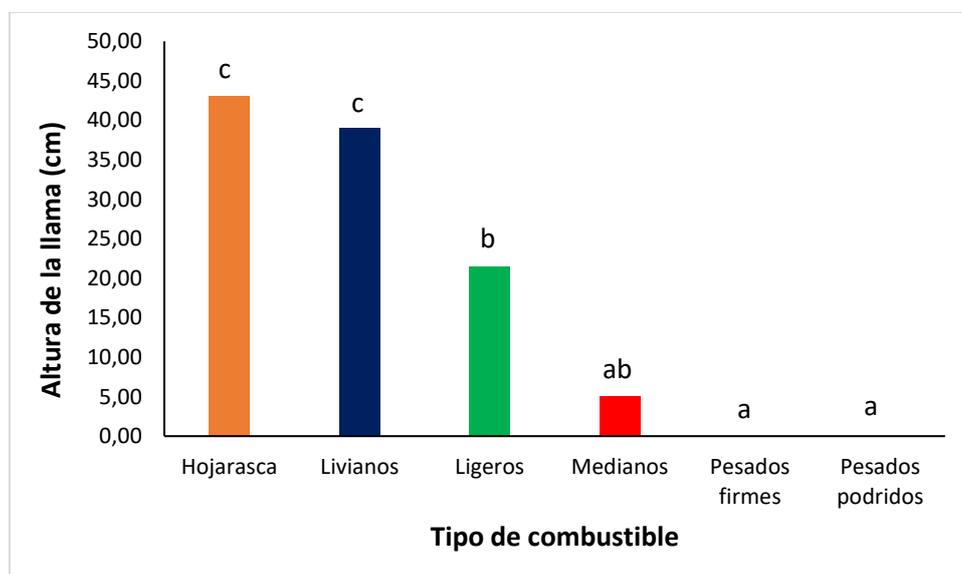
forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

El tiempo de sostenibilidad estuvo comprendido entre 27 y 220 segundos, siendo los combustibles pesados firmes los de mayor duración de la llama. Sin embargo, estos valores no fueron estadísticamente significativos entre los combustibles (Kruskal Wallis,  $p= 0.3131$ ,  $\alpha=0,05$ ), (Figura 6).



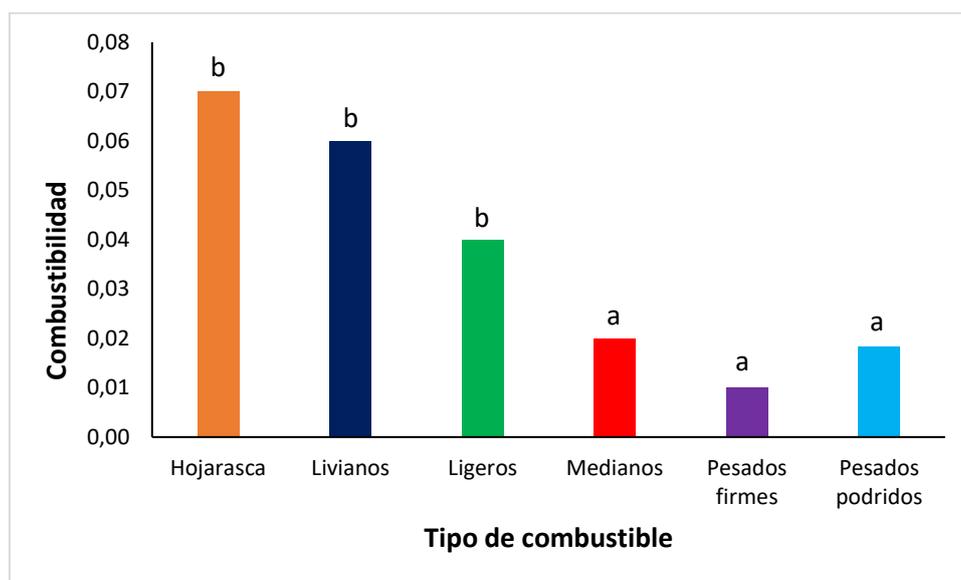
**Figura 6.** Distribución de valores de mediana del tiempo de sostenibilidad para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

La altura máxima de la llama presentó valores entre 6 y 63 cm, con la hojarasca con el valor más alto. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los combustibles (Kruskal Wallis,  $p= 7.845e-09$ ,  $\alpha=0,05$ ), formándose tres grupos, destacando la hojarasca y livianos con los valores más altos (Figura 7).



**Figura 7.** Distribución de valores de mediana de la altura de la llama para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

En cuanto a la combustibilidad, los valores estuvieron comprendidos entre 0,001 y 0,16 g/s, donde la hojarasca registró el mayor consumo de combustible en función de la duración de la llama. Al comparar los combustibles se encontraron diferencias estadísticas significativas (Kruskal Wallis,  $p= 4.255e-09$ ,  $\alpha=0,05$ ), formándose dos grupos, presentando el valor más alto hojarasca, livianos y ligeros (Figura 8).



**Figura 8.** Distribución de valores de mediana de combustibilidad para los tipos de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

### 6.2.3. Categoría de inflamabilidad

Las categorías de inflamabilidad para los tipos de combustibles forestales muertos evaluados se presentan en la Tabla 6. Los combustibles más pequeños y de menor peso presentaron la categoría de muy extremadamente inflamable, contrario a los combustibles más pesados y grandes que registraron la categoría poco inflamable.

**Tabla 6.** Índices y categorías de inflamabilidad por tipo de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Combustible	Índice de inflamabilidad	Categoría de inflamabilidad
Hojarasca	16,58	Muy extremadamente inflamable
Finos / Livianos	6,50	Muy extremadamente inflamable
Pequeños / Ligeros	2,35	Moderadamente inflamable

Regular / Mediano	1,15	Poco inflamable
Pesados firmes	1,12	Poco inflamable
Pesados podridos	1,39	Poco inflamable

---

## 7. Discusión

### 7.1 Contenido o carga de combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino

La cantidad de combustible forestal muerto presente en los matorrales es una característica poco conocida en este tipo de ecosistemas. Su presencia está influenciada por factores como el tipo de vegetación y las condiciones ambientales (Rodríguez-Silva y Molina-Martínez, 2007), se trata del único componente del triángulo del fuego que puede ser gestionado por el ser humano (Gould et al., 2008). Los matorrales, en general, tienen la capacidad de acumular grandes cantidades de material combustible, tanto vivo como muerto, lo que puede resultar en altas cargas de combustibles, especialmente en ausencia de prácticas de manejo.

Los combustibles forestales constituyen uno de los factores más importantes para el manejo y control de los incendios ya que estos pueden manipularse, ya sea eliminándolo o disminuyéndolo (Chávez Durán et al., 2016). Esta información es básica para poder aplicar métodos de silvicultura preventiva y conocer las repercusiones de las quemas prescritas en este tipo de ecosistemas, en especial cuando se quiere conocer el impacto de estas en las propiedades del suelo, la regeneración de la vegetación, los bancos de semillas y la dinámica de las especies tras el fuego (Baeza et al., 2000). La acumulación de combustible muerto, especialmente en matorrales donde los incendios son un disturbio recurrente, puede influir significativamente en la intensidad y extensión de los incendios futuros (Baeza et al., 2000).

La carga de combustible muerto registrada en el matorral andino del PUFVC es de 4,93 Mg ha<sup>-1</sup>, valor menor a lo registrado por Cruz et al. (2018) que estimaron una carga promedio de combustibles forestales de 50,51 ton ha<sup>-1</sup> y 46,79 ton ha<sup>-1</sup> para las unidades con menor y mayor densidad; donde los MLC (materiales leñosos caídos) fueron los que aportaron más a la carga total y los combustibles vivos en una menor proporción; la zona con mayor densidad presentó mayor carga de combustibles de hojarasca. Otras experiencias en matorrales mediterráneos y de alta montaña reportan cargas de combustible muerto variable que puede estar entre 3 y 10 Mg ha<sup>-1</sup> (Jiménez et al., 2003). Esta variabilidad identificada para la carga de combustibles muertos puede estar influenciada por varios factores destacando principalmente el régimen de incendios, la composición florística y las condiciones climáticas locales (Jiménez et al., 2003).

En cuanto al tipo de combustible muerto, la hojarasca y los combustibles pesados podridos tuvieron la mayor representatividad con el 37 % y 30 % respectivamente, lo cual es consistente con otros estudios realizado por Rodríguez y Pérez (2010) en matorrales andinos,

donde estos componentes suelen ser predominantes en la estructura de los combustibles forestales. Sin embargo, la hojarasca presentó diferencias significativas con el resto de combustible, destacando con los mayores registros, situación que podría atribuirse a la composición florística específica del matorral andino, dominado por arbustos (Muñoz-Chamba et al., 20220), lo que estaría favoreciendo a la acumulación de hojarasca y materiales más ligeros, a las condiciones climáticas y de suelo que limitan la acumulación de ramas y troncos firmes en descomposición y a la altura de vegetación dominante (Brandeis y Woodall, 2008).

De acuerdo con Diaz (2015), cuando ocurre esto se debe priorizar la atención en el tipo de combustible que presenta mayor riesgo para el ecosistema, así como también prestar atención a la ubicación geográfica, la topografía y condiciones atmosféricas existente en el PUFVC.

En cuanto a los combustibles livianos y ligeros que representan el 12% y 15% respectivamente de la carga total del combustible, son comparables a los reportados en otros estudios en matorrales mediterráneos y de alta montaña donde estos representan entre el 10 % y 20 % del total, dependiendo principalmente de la composición específica de la vegetación (Jiménez et al., 2003). Estos resultados sugieren que el matorral andino del PUFVC posee una estructura de combustibles que podría ser típica de este tipo de ecosistemas.

Por su parte, los combustibles medianos y pesados firmes, con porcentajes de 4 % y 2 % respectivamente, son significativamente inferiores a los reportados por González et al. (2005) en matorrales y bosques de alta montaña, donde alcanzaron representaciones entre el 15 % – 20 % de la carga total.

El coeficiente de variación para los combustibles pesados podridos, al igual que los medianos y pesados firmes fueron elevados, lo que obedecería a la presencia de valores atípicos que suelen elevar los promedios. Esta particularidad, es mencionada por Chavez et al. (2016) donde expone que esto sucede cuando la recolección de información de combustibles forestales muertos solo se encuentra en ciertas unidades de muestreo lo que impide que puedan ser promediados con el resto de sitios.

Si bien las cargas de los combustibles pesados firmes y podridos en el matorral andino del PUFVC son poco frecuentes, su presencia aumenta la acumulación de combustibles que son esenciales para la propagación de los incendios (Gould et al., 2008), por lo que ante la propagación del fuego en estos sitios mayor será la cantidad de calor liberado y la intensidad del incendio.

## **7.2. Inflamabilidad de combustibles forestales muertos en el matorral andino**

En la presente investigación se evaluaron las características de inflamabilidad de seis tipos de combustibles forestales muertos, incluyendo tiempo de ignición, sostenibilidad, combustibilidad y altura máxima de la llama. Estas pruebas se realizaron en condiciones de laboratorio con contenidos de humedad que oscilaron entre el 5 % y el 55 % lo que denota una alta variabilidad que estaría en función de las características propias del combustible como la especie del que proviene, la densidad básica (Rosales-Solórzano, 2019) y la edad de la especie (Baeza et al, 2000).

Al comparar con otras investigaciones realizadas en el PUFVC, el contenido de humedad de los combustibles muertos del matorral es alto con respecto al bosque andino (Vele, 2023); y menores a los combustibles de especies representativas del matorral (Coronel et al., 2024). Estas diferencias apuntan a una serie de factores como el tipo de ecosistema, del material vegetal que los compone y de las condiciones climáticas existentes (Neri et al., 2009; Wong et al., 2007; Hernando y Elvira, 1989). Además, las especies de matorral retienen mayor humedad como respuesta a las condiciones del sitio (Kane y Prat-Guitart, 2018),

Por otra parte, en otras latitudes los contenidos de humedad de combustibles vivos en matorrales del sur de California, reportados por Peterson et al. (2008), oscilan entre un 55 % y un 75 %. De manera similar, Baeza et al. (2000) documentan que las especies de matorral presentan un contenido de humedad del 73 % en etapas juveniles y del 25 % en etapas maduras, por lo que esto sugiere que los matorrales del PUFVC podrían estar en una etapa juvenil, dado que esta área fue afectada por un incendio en 2017 (Sarango-Cobos et al., 2019) y su vegetación se encuentra en un proceso de recuperación (Muñoz-Chamba et al., 2022).

El tiempo de ignición, definido como el período necesario para que un combustible comience a generar llama (Hachmi et al., 2011; Behm et al., 2004), osciló entre 5,33 segundos y 74,25 segundos. Los combustibles tipo hojarasca presentaron los tiempos de ignición más cortos, con un mínimo de 5,33 segundos, mientras que los combustibles pequeños y ligeros requirieron tiempos de ignición más prolongados, alcanzando hasta 74,25 segundos.

Comparando con otras investigaciones, el tiempo de ignición del combustible muerto presente en el matorral andino es más rápido a lo que reporta Vele (2023) y Alzate-Guarín et al. (2022) para combustibles conformados por especies arbustivas y arbóreas, esto puede obedecer a que estos combustibles entran en ignición con mayor rapidez porque están constituidos principalmente por material muerto (Burger y Bond, 2015). La hojarasca, debido a su estructura fina y mayor exposición superficial al calor, presenta tiempos de ignición más

rápidos. Este comportamiento es respaldado por Fernandes y Cruz (2012), y Bilgili (2003), quienes han documentado que los combustibles finos, como la hojarasca tienen tiempos de ignición más cortos debido a su alta relación superficie-volumen, lo que facilita una rápida absorción de calor y la subsecuente combustión.

En cuanto a la sostenibilidad, definida como el tiempo que tiene el combustible en duración de la llama (Behm et al., 2018, Behm et al. 2004), en la presente investigación estuvo comprendida entre 47,42 s a 95,42 s, siendo los combustibles pequeños - ligeros los que mostraron una duración de la llama más extendida. Estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Muñoz-Chamba et al. (2023) y Alzate-Guarín et al. (2022), quienes registran tiempos de sostenibilidad más cortos, y menores a los reportados por Magalhães y Schwilk (2012), que documentan tiempos de sostenibilidad extremadamente elevados entre 487 a 1 880 s.

Estos resultados reflejan las diferencias en la estructura física y en el contenido de humedad de los distintos tipos de combustibles. Los combustibles pesados podridos, aunque voluminosos, suelen tener una estructura más descompuesta y porosa, lo que permite una rápida pérdida de calor y, por tanto, una llama menos sostenida. Este comportamiento se alinea con estudios previos que señalan que la descomposición avanzada en los combustibles pesados reduce su capacidad para mantener una combustión prolongada, debido a la mayor facilidad con la que se disipa el calor (Frandsen, 1991).

Por otro lado, los combustibles pequeños-ligeros, con su estructura más compacta y menos degradada, tienden a quemarse de manera más sostenida. Esto se debe a que la combustión en estos materiales se desarrolla de forma más uniforme, permitiendo que se mantenga la llama durante un tiempo mayor (Alvarado et al., 2003). Además, la mayor relación superficie – volumen de estos combustibles facilita una combustión más completa, lo que contribuye a los tiempos de sostenibilidad observados. Esta característica podría también estar influenciada por la menor cantidad de humedad en los combustibles pequeños, que suelen secarse más rápido y, por lo tanto, se queman de manera más efectiva en comparación con los combustibles de mayor diámetro y menos descompuestos.

La combustibilidad, entendida como la velocidad o rapidez de la combustión después de la ignición (Duane et al., 2019, Anderson et al. 1970), estuvo comprendida entre valores de 0,02 g/s para pesados podridos, pesados firmes, regular- mediano y 0,07 g/s, para hojarasca. De acuerdo con Pausas et al. (2012), los combustibles pequeños tienden a secarse más rápido lo que podría explicar la mayor combustibilidad de la hojarasca. Comparando con otras investigaciones, la combustibilidad del material del matorral andino fue baja a lo que reporta

Vele (2023) para el bosque andino. Esta variabilidad identificada podría obedecer a la cantidad de combustible utilizado en los ensayos, su origen (vivo o muerto) y su estructura (Duane et al., 2019), siendo esta última un factor preponderante pues al poseer una estructura suelta y aireada facilita con mayor oxígeno durante la combustión lo que pudiera favorecer a mayor cantidad de combustible consumido.

La comprensión detallada de las características de inflamabilidad de los combustibles forestales presentes en el matorral andino, y en cualquier ecosistema, es esencial para desarrollar intervenciones efectivas y seguras en la prevención de incendios forestales.

## 8. Conclusiones

La carga promedio total de combustible forestal muerto presente en el matorral andino del PUFVC es de  $4,93 \text{ Mg ha}^{-1}$ , donde el combustible con mayor representatividad (37 %) y frecuencia fue la hojarasca, lo que representa información útil para la planificación y manejo de combustibles en este ecosistema, que es considerado como susceptible a la ocurrencia de incendios forestales.

En el matorral andino del PUFVC se determinó la presencia de los diferentes tipos de combustibles forestales muertos clasificados según su diámetro, con una importante variabilidad para los combustibles medianos y pesados, pero que su presencia aumenta la acumulación de combustibles que son necesarios para la propagación de incendios forestales.

Los diferentes tipos de combustibles forestales muertos y la hojarasca presente en el matorral andino del PUFVC tuvieron diversas categorías de inflamabilidad, siendo la hojarasca y los combustibles ligeros los de mayor inflamabilidad convirtiéndolos en indicadores de peligro o amenaza ante la ocurrencia de un incendio forestal.

La hojarasca presente en el matorral andino del PUFVC destaca por su extremada inflamabilidad, alta carga de combustible, tiempos de ignición rápidos y altura promedio de la llama más alta con respecto al resto de combustibles, lo que genera la necesidad de implementar estrategias para el manejo del combustible y reducir así el riesgo de incendios forestales.

## **9. Recomendaciones**

Continuar con investigaciones en el matorral andino del PUFVC considerando otros factores que pueden influir en la inflamabilidad de combustibles forestales muertos como factores ambientales y topográficos, con la finalidad de aportar con más información para entender el comportamiento del fuego en este ecosistema y su gestión.

Implementar un sistema de monitoreo continuo a lo largo del año para evaluar posibles cambios en la carga e inflamabilidad de los combustibles forestales muertos. Esto permitirá identificar áreas de alto riesgo y tomar medidas preventivas de manera oportuna.

Complementar los resultados con otros estudios realizados en el PUFVC, incluyendo investigaciones en el bosque andino y paramo antrópico, para establecer la línea base que sirva de referencia para futuros estudios.

## 10. Bibliografía

- Acosta, M. B. (2019). Matorrales: qué son, tipos y fauna. *Ecologiaverde*. <https://cutt.ly/oweJ6vsy>
- Aguirre, Z., y Yaguana, C. (2014). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación*. Ing. Francisco Vivar Castro.
- Alvarado, A., Díaz, A. y Rosales, M. (2003). Comportamiento de la llama en combustibles vegetales. *Madera y Bosques*, 9(1), 7-16. <https://doi.org/10.2/mib.2003.917>
- Alzate-Guarín, F., Muñoz, L., y Amell, A. (2022). Evaluación preliminar de la inflamabilidad de algunas especies de plantas cultivadas en Colombia. *Hoehnea*, 49. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-49/2022>
- Anderson, H. E. (1970). Forest fuel ignitibility. *Fire Technology*, 6(4), 312-319. <https://doi.org/10.1007/BF02588932>
- Baeza, M. J., Raventós, J., Escarre, A. y Vallejo, R. (2000). Efecto de la estructura en matorrales de *Ulex parviflorus* de diferente edad en los tratamientos de roza y quema controlada: Implicaciones en el control del combustible. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 9. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i9.9198>
- Barrera-Puigdollers, M.C, Castelló-Gómez, M.L, Betoret-Valls, N., y Pérez-Esteve, E. (2018). Principios básicos de la combustión. *Universidad Politècnica de València*.
- Benavides-Muñoz, H., & Pucha-Cofrep, F. (2020). Aumento del consumo de agua domiciliar como efecto de los fenómenos mundiales. Posibles escenarios (pp. 23-29).
- Behm, A.L., Long, A.J., Monroe, M.C., Randall, C.K., Zipperer, W.C. y Hermansen-Báez, L.A. (2004). Fire in the Wildland-Urban Interface: Preparing a Firewise Plant List for WUI Residents, *University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS)* y *USDA Forest Service University of Florida*.
- Behm, J., Dwyer, J., y Sayer, C. (2018). ¿La inflamabilidad de las plantas difiere entre la escala de hojas y la de hojarasca? Papel de las características del combustible y consecuencias

- para la evaluación de la inflamabilidad. *Revista de ecología vegetal* , 11(3), 430-442.  
<https://doi.org/10.1093/español/rtx012>
- Bilgili, E. (2003). Ignition probability of fuel beds: A laboratory study. *Forest Ecology and Management*, 184(1-3), 131-139. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00152-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00152-9)
- Bonilla, A. (2001). Comportamiento del fuego en los ecosistemas de montaña. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Naturales*, 24(2), 45-53.
- Brandeis, T.J y Woodall, C.W. (2008). Evaluación de las cargas de combustible forestal en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos . *AmAmbio: Revista del entorno humano*, 37 (7 <https://doi.org/10.15/00-7447--37.7.57>
- Brown, J. (1974). Hand for inventorying downed woody material. En *USDA Forest Service* (Vol. 7, Número 2).
- Brown, J., Oberheu, R., y Johnston, C. (1982). Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the interior West. *USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report*, INT-GTR-129.
- Burger, N., y Bond, W. J. (2015). Flammability traits of Cape shrubland species with different post-fire recruitment strategies. *South African Journal of Botany*, 101, 40-48.
- Chávez Durán, Á. A., Xelhuantzi Carmona, J., Rubio Camacho, E. A., Villanueva Díaz, J., Flores López, H. E., Mora Orozco, C. de la, Chávez Durán, Á. A., Xelhuantzi Carmona, J., Rubio Camacho, E. A., Villanueva Díaz, J., Flores López, H. E., y Mora Orozco, C. de la. (2016). Caracterización de cargas de combustibles forestales para el manejo de reservorios de carbono y la contribución al cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE13), 2589-2600.
- Cochrane, M. A. (2003). Fire science for rainforests. *Nature*, 421(6926), 913-919.  
<https://doi.org/10.1038/nature01324>
- Columba, M., Alezandra, W., Padilla, O., & Toulkeridis, T. (2016). Identificación de zonas de recurrencia de incendios forestales mediante análisis multitemporal y aplicación de índices espectrales, en el distrito metropolitano de Quito. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 1(3), 7-13.

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores. *CN FORESTAL, Incendios forestales, Guía práctica para comunicadores*, 56.
- Coronel, A. (2023). *Influencia de factores ambientales sobre la inflamabilidad de especies vegetales del matorral andino* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
- Coronel, A., Muñoz-Chamba, L., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2024). Inflamabilidad de especies representativas en un matorral andino del sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 14(1), 77–89. <https://doi.org/10.54753/blc.v14i1.2071>
- Cruz, PC, Juárez, WS y Santiago, DM (2018). Combustibles forestales y susceptibilidad a incendios de un bosque templado en la Mixteca Alta, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (6),<https://doi.org/10.2/r.v9i6>
- Denham, M. (2011). *Predicción de la evolución de los incendios forestales guiada dinámicamente por los datos*. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona].
- Díaz-García, E. (2015). Construcción de mapas de combustible forestal para detectar el peligro de incendio en un bosque de pino-encino (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/9390/1/1080214888.pdf>
- Díaz, E., González, M., Jiménez, J., Treviño, E., y Ávila, D. (2012). Caracterización de Combustibles Forestales Mediante un Muestreo Directo en Plantaciones Forestales. U.S Department of Agriculture, Forest Service. [https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr245/es/psw\\_gtr245\\_426.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_426.pdf)
- Duane, A., Brotons, L. y Lloret, F. (2019). Interacción entre cambios climáticos y el régimen de incendios: Implicaciones para la biodiversidad en ecosistemas forestales. *Fire Ecology*, 15(2), 67-80. <https://doi.org/10.1007/s42683-019-00008-5>
- Ermenteras, D., Romero, J.T y González, M. (2020). Los incendios forestales y su impacto en la biodiversidad y ecosistemas naturales . *Revista de ciencias ambientales*, 12(3), 101-116.

- Fernandes, P.M., & Cruz, M.G. (2012). Plant flammability experiments offer limited insight into vegetation–fire dynamics interactions. *New Phytologist*, 194(3), 606-609. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04065.x>
- Frandsen, W. H. (1991). The influence of moisture and mineral soil on the combustion limits of smoldering forest duff. *Canadian Journal of Forest Research*, 21(9), 1691-1695. <https://doi.org/10.1139/x91-231>
- Giler, P. (2020). *Comportamiento del fuego en combustibles superficiales de una plantación de Eucalyptus y Tectona grandis en el Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- Gill, A. M., y Moore, P. H. R. (1996). Ignitibility of leaves of Australian plants. Centre for Plant Biodiversity Research, CSIRO Plant Industry. [http://aff.antl.com.au/wpcontent/uploads/Gill\\_ignitibility\\_final.pdf](http://aff.antl.com.au/wpcontent/uploads/Gill_ignitibility_final.pdf)
- González, A. (2024). *Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
- González, A., Sánchez, M. y Lira, R. (2005). Caracterización de la carga de combustible en matorrales y bosques de alta montaña en el Parque Nacional El Cocuy, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 53 (1), 173-182. <https://doi.org/10.15517/rbt.v53i1.13109>
- Gould, W. A., González, G., Hudak, T. A., Hollingsworth, N. T., & Hollingsworth, J. (2008). Forest structure and downed woody debris in boreal, temperate, and tropical forest fragments. *Ambio*, 37(7-8), 577-587.
- Hachmi, M., Sesbou, A., Benjelloun, H., El Handouz, N., & Bouanane, F. (2011). A Simple Technique to Estimate the Flammability Index of Moroccan Forest Fuels. *Journal of Combustion*, 2011, e263531. <https://doi.org/10.1155/2011/263531>
- Hernando, C., y Elvira, M. (1989). Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque. Laboratorio de Incendios Forestales CIT-INIA, 12.
- Jiménez, E., González, J., & Montiel, C. (2003). Evaluación de la biomasa forestal muerta en áreas de matorrales mediterráneos. Ministerio de Medio Ambiente de España.

- Kane, JM, y Prat-Guitart, N. (2018). Humedad del combustible. En SL Manzello (Ed.), *Enciclopedia de incendios forestales e incendios en la interfaz urbano-forestal* (1-13). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-517-8\\_115-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-517-8_115-1)
- Kitzberger, T., Tiribelli, F., & Morales, J. (2018). Cambios en la inflamabilidad con la edad post-fuego en bosques y matorrales del NO de la Patagonia: composición, estructura y combustibles finos. *Ambio*, 37(7-8), 577-587.
- León, A., y Carmona, R. (2008). Estudio comparativo del punto de ignición y avance de la llama en madera de pino radiata versus un compuesto de madera-resina termoplástica. Congreso Chileno de Ciencias Forestales, Universidad de Talca, Chile.
- Magalhães, R. M. Q., y Schwilk, D. W. (2012). Leaf traits and litter flammability: Evidence for non-additive mixture effects in a temperate forest. *Journal of Ecology*, 100(5), 1153-1163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.01987.x>
- Martínez-Ruiz, E. (2001). *Manual de quemas controladas: El manejo del fuego en la prevención de incendios forestales*. Madrid: Mundi-Prensa; Tragsa.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2021). Boletín Estadísticas de incendios forestales—2021. Nextcloud MAATE. <https://nextcloud.ambiente.gob.ec/index.php/s/PL5qEjzczNNZNyt>
- Miralles, L., Muñoz, Á., Rodríguez, F., y Costa, J. (2005). *Agentes Medioambientales de la Generalitat Valenciana*. Temario Volumen i Ebook. MAD-Eduforma.
- Montaño, J. A. M. (2003). *Fuego en el Pantanal: incendios forestales y pérdida de recursos de biodiversidad en San Matías-Santa Cruz* (No. 3). FUNDACION PIEB.
- Moscovich, F. A., Ivandic, F., & Besold, L. C. (2014). *Manual de Combate de Incendios Forestales y Manejo de Fuego*. Ediciones INTA.
- Muñoz-Chamba, L. y González-Armijos, A. C. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 1-25. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i2.1616>
- Neri-Peréz, A., Rodríguez, D., y Contreras, R. (2009). Inflamabilidad de combustibles forestales en las selvas de Calakmul, Campeche. *Universidad y ciencia*, 25(2), 121-132.

- Nájera, A. (2015). Curso de evaluación, cuantificación y manejo de combustibles forestales en plantaciones forestales. Panamá. [https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2902/Technical/Manual%20del%20participante%20CURSO%20MANEJO%20COMBUSTIBLES%20PAN%20F.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2902/Technical/Manual%20del%20participante%20CURSO%20MANEJO%20COMBUSTIBLES%20PAN%20F.pdf) 40
- Véles-Obando, I. E. (2020). *Evaluación del comportamiento histórico de los incendios forestales en el Cantón Sucre, Manabí, Ecuador, en el periodo 2015-2019*. [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal del sur de Manabí].
- Oña, E. (2021). *Determinación de la cantidad de combustibles forestales presentes en el bosque nativo del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/24456>
- Ordóñez-Delgado, L., Córdova-González, J., Correa-Conde, J., Mendoza-León, C., y Armijos-Ojeda, D. (2022). El Parque Universitario Francisco Vivar Castro: Un refugio clave para las aves de la Hoya de Loja, Ecuador. : Aves del PUEAR Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.54753/cedamaz.v12i1.1274>
- Parra-Lara, Z. y Bernal-Toro, A. (2010). Análisis multicausal de los incendios forestales y sus efectos ambientales. *Revista de Ecología Aplicada*, 18(2), 215-227.
- Pausas, J. G. (2020). Ecology and biogeography of fire-prone ecosystems. *Biological Reviews*, 95(4), 1360-1378. <https://doi.org/10.1111/brv.12613>
- Pazmiño, D. (2019). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *FIGEMPA*, 1, 11–18.
- Pelegriña-Calvente, J., Blanco-Ortiz, M., y Arrizabalaga-Pina, A. (2017). *Empleo de la munición especial de artillería en la extinción de incendios forestales*. [Tesis de pregrado, Universidad Zaragoza].
- Peterson, S., Roberts, D., y Dennison, P. (2008). Mapping live fuel moisture with MODIS data: A multiple regression approach. *Remote Sensing of Environment*, 112(12), 4272- 4284. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.012>

- Pico, O. (2018). *Comportamiento dle fuego a escarla experimental en una plantacion Tectona grandis Linn F. en Jipijapa, Manabi, Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabi].
- Prada Perez de Azpeitia, F. I. (2009). Química aplicada a la seguridad: agentes extintores de fuego. *Anales de Química de la RSEQ*, 3, 213-220.
- Programa de manejo del fuego. (2020). Incendios. Sistema Nacional de Información Forestal. <https://snif.cnf.gob.mx/incendios/>
- Ramos, M. (2010). *Manejo de fuego*. Editorial Félix Varela.
- Reyes, R. T. (1990). *Teoría del fuego, el extintor y su manejo*. Cartilla 7.
- Rivas, A. R. (2010). *Estudios de valoración energética de combustibles forestales para la prevención de incendios forestales en la Sierra de la Primavera (Jalisco, México) mediante calorimetría de combustión y ensayos de inflamabilidad*. [Tesis doctoral, Universidad Santiago de Compostela].
- Rochas, L. (1994). Inflammabilite et indice de siccite de la bruyere arborescente et de l'arbousier. *Institut National de La Recherche Agronomique*.
- Rosales-Solórzano, E.R. (2019). Ecuaciones de niveles de humedad relacionada a la densidad básica de la madera de especies forestales tropicales en Madre de Dios, Perú. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(40). <https://doi.org/10.18845/rfmk.v17i40.4905>
- Ruiz-González, A. D. (2018). Introducción al comportamiento del fuego. *Recursos Rurais*, 5, 15-19. <https://doi.org/10.15304/rr.id5300>
- Rodríguez-Silva, F. y Molina-Martínez, J. R. (2007). Cartografía de modelos de combustible para la defensa contra incendios forestales. In *Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference, Sevilla, Spain*.
- Rodríguez, L.M., y Pérez, F.G. (2010). Distribución y características de los combustibles forestales en matorrales de alta montaña. *Ecología y Manejo de Ecosistemas de Montaña*, 15(2), 123-135.

- Salgado-Chávez, P.A. (2021). *Cartografía para modelos combustibles utilizando tecnologías geoespaciales para la predicción de incendios forestales en la Reserva Geobotánica Pululahua*. [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
- Santana, M. D. (2003). *Peon de Defensa Contra Incendios Forestales. Temario Y Test. Xunta de Galicia*. ebook. MAD-Eduforma.
- Sarango-Cobos, L., Muñoz-Chamba, L. y Ordóñez, R. (2019). Impacto del fuego en el páramo andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro. *Revista Forestal del Ecuador*, 15(2), 65-85.
- Serra-Dávalos, M., Plana-Bach, E., y Cerdan-Heredia, R. (2019, junio). *La integración del riesgo de incendios forestales en el urbanismo: Una aproximación normativa, analítica y práctica para el caso de Cataluña*. Pan de maíz. <https://doi.org/1/siiu.6567>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2023). Incendios forestales, Informe de situación nacional periodo de 01.01.2023 al 16.11.2023.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2022). Informe de Situación No. 10 de Incendios Forestales a nivel Nacional 2022.
- Soto, M., y Salinas, R. (2010). Estudio del comportamiento del fuego mediante simulación de incendios forestales en Chile. *Geographicalia*, 58, 81-103.
- Torres, P. (2018). *Iniciación a las quemas y al piroecología* (versión digital). Bubok.
- Troya, J. (2023). *Inflamabilidad de combustibles forestales muertos presentes en el bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/27288>
- Troya, D. (2017). *Análisis del efecto generado por los incendios forestales sobre la 50 diversidad, abundancia y gremios tróficos de la avifauna del Parque Metropolitano Guanguiltagua de Quito* [Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador]. <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1903>

- Valette, J.C. (1990). Inflammabilités des espèces forestières méditerranéennes. Conséquences sur la combustibilité des formations forestières. *Revue forestière française*, 42(S), 76-92. <https://doi.org/10.4267/2042/26171>
- Vele, J. (2023). *Inflamabilidad de especies forestales representativas del bosque andino* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja].
- Villa, J. L. M., Rodríguez-Trejo, D. A., Rosa, M. A. B. la, y Yam, G. A. R. (2018). Propiedades físicas y dinámica de los combustibles forestales en un bosque de encino. *Madera y Bosques*, 24(2), Article 2. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421467>
- Villacís-Guamán, C., Lizano-Espín, K.M, Toapanta-Jaya, J.E, y Chango-Taraguay, M.A. (2022). Los incendios forestales y su prevención en el Ecuador. *InnDev*, 1(1), 1–8.
- Villers-Ruíz, M. (2006). Incendios forestales. *Ciencias*, (81). [Rhttps://www.revistas.unam.mx/en.ph/cns/articulo/vista/120](https://www.revistas.unam.mx/en.ph/cns/articulo/vista/120)
- Wong, J., & Villers, M. (2007). Evaluación de combustibles y su disponibilidad en incendios forestales: un estudio en el Parque Nacional La Malinche. *Investigaciones geográficas*, (62), 87-103.
- Zárate López, L. (2004). *Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales*. [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya].

## 11. Anexos

### Anexo 1. Estadísticos descriptivos del tiempo de ignición de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

<i>Hojarasca</i>			
CV	31,31	CV	34,85
Media	5,33	Media	29,58
Error típico	0,48	Error típico	2,976
Mediana	4,50	Mediana	29
Moda	4,00	Moda	29
Desviación estándar	1,67	Desviación estándar	10,31
Varianza de la muestra	2,79	Varianza de la muestra	106,27
Curtosis	-1,29	Curtosis	-1,12
Coefficiente de asimetría	0,77	Coefficiente de asimetría	0,25
Rango	4,00	Rango	30,00
Mínimo	4,00	Mínimo	16,00
Máximo	8,00	Máximo	46,00
Suma	64,00	Suma	355,00
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

<i>Ligeros</i>		<i>Medianos</i>	
CV	47,76	CV	111,38
Media	74,25	Media	52,50
Error típico	10,24	Error típico	16,88
Mediana	83,50	Mediana	42
Moda	#N/D	Moda	0
Desviación estándar	35,46	Desviación estándar	58,47
Varianza de la muestra	1257,48	Varianza de la muestra	3419
Curtosis	-1,74	Curtosis	-0,26
Coefficiente de asimetría	-0,01	Coefficiente de asimetría	0,84
Rango	93,00	Rango	173,00
Mínimo	30,00	Mínimo	0,00
Máximo	123,00	Máximo	173,00
Suma	891,00	Suma	630,00
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

<i>Pesados firmes</i>		<i>Pesados podridos</i>	
CV	127,86	CV	179,90
Media	45,67	Media	22,33
Error típico	16,86	Error típico	11,60
Mediana	22	Mediana	0
Moda	0	Moda	0
Desviación estándar	58,39	Desviación estándar	40,18
Varianza de la muestra	3409,15	Varianza de la muestra	1614,24
Curtosis	0,97	Curtosis	2,70
Coefficiente de asimetría	1,20	Coefficiente de asimetría	1,87
Rango	180,00	Rango	121,00
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	180,00	Máximo	121,00
Suma	548,00	Suma	268,00
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

**Anexo 2. Estadísticos descriptivos de sostenibilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.**

<i>Hojarasca</i>		<i>Livianos</i>	
CV	41,11	CV	27,71
Media	66,42	Media	77,00
Error típico	7,88	Error típico	6,16
Mediana	56,00	Mediana	67,50
Moda	54,00	Moda	60,00
Desviación estándar	27,30	Desviación estándar	21,33
Varianza de la muestra	745,54	Varianza de la muestra	455,09
Curtosis	-1,17	Curtosis	0,18
Coefficiente de asimetría	0,25	Coefficiente de asimetría	0,93
Rango	82,00	Rango	71,00
Mínimo	27,00	Mínimo	52,00
Máximo	109,00	Máximo	123,00
Suma	797,00	Suma	924,00
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

<i>Ligeros</i>	
CV	30,03
Media	95,42
Error típico	8,27
Mediana	91,50
Moda	92,00
Desviación estándar	28,65
Varianza de la muestra	820,99
Curtosis	1,44
Coefficiente de asimetría	0,74
Rango	112,00
Mínimo	47,00
Máximo	159,00
Suma	1145,00
Cuenta	12,00

<i>Medianos</i>	
CV	94,73
Media	76,67
Error típico	20,97
Mediana	106,50
Moda	0
Desviación estándar	72,63
Varianza de la muestra	5274,61
Curtosis	-1,21
Coefficiente de asimetría	0,16
Rango	208,00
Mínimo	0
Máximo	208,00
Suma	920,00
Cuenta	12,00

<i>Pesados firmes</i>	
CV	135,55
Media	63,17
Error típico	24,72
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	85,62
Varianza de la muestra	7331,06
Curtosis	-0,97
Coefficiente de asimetría	0,88
Rango	220,00
Mínimo	0
Máximo	220,00
Suma	758,00
Cuenta	12,00

<i>Pesados podridos)</i>	
CV	152,97
Media	47,42
Error típico	20,94
Mediana	0
Moda	0
Desviación estándar	72,54
Varianza de la muestra	5261,36
Curtosis	-0,49
Coefficiente de asimetría	1,08
Rango	194,00
Mínimo	0
Máximo	194,00
Suma	569,00
Cuenta	12,00

**Anexo 3. Estadísticos descriptivos de la altura de llama de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.**

<i>Hojarasca</i>	
CV	37,38
Media	41,50
Error típico	4,48
Mediana	43,00
Moda	40,00
Desviación estándar	15,51
Varianza de la muestra	240,64
Curtosis	-0,96
Coficiente de asimetría	-0,36
Rango	48,00
Mínimo	15,00
Máximo	63,00
Suma	498,00
Cuenta	12,00

<i>Livianos</i>	
CV	22,04
Media	37,33
Error típico	2,38
Mediana	39,00
Moda	30,00
Desviación estándar	8,23
Varianza de la muestra	67,70
Curtosis	-1,59
Coficiente de asimetría	0,03
Rango	24,00
Mínimo	26,00
Máximo	50,00
Suma	448,00
Cuenta	12,00

<i>Medianos</i>	
CV	110,35
Media	8,42
Error típico	2,68
Mediana	5,00
Moda	0
Desviación estándar	9,29
Varianza de la muestra	86,27
Curtosis	-1,81
Coficiente de asimetría	0,48
Rango	21,00
Mínimo	0
Máximo	21,00
Suma	101,00
Cuenta	12,00

<i>Ligeros</i>	
CV	46,34
Media	20,08
Error típico	2,69
Mediana	21,50
Moda	#N/D
Desviación estándar	9,31
Varianza de la muestra	86,63
Curtosis	-1,20
Coficiente de asimetría	-0,07
Rango	29,00
Mínimo	6,00
Máximo	35,00
Suma	241,00
Cuenta	12,00

<i>Pesados firmes</i>		<i>Pesados podridos</i>	
CV	168,96	CV	155,57
Media	5,75	Media	7,83
Error típico	2,80	Error típico	3,52
Mediana	0	Mediana	0
Moda	0	Moda	0
Desviación estándar	9,72	Desviación estándar	12,19
Varianza de la muestra	94,39	Varianza de la muestra	148,52
Curtosis	2,00	Curtosis	-0,14
Coefficiente de asimetría	1,76	Coefficiente de asimetría	1,18
Rango	28,00	Rango	33,00
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	28,00	Máximo	33,00
Suma	69,00	Suma	94,00
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

**Anexo 4. Estadísticos descriptivos de combustibilidad de los combustibles forestales muertos presentes en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.**

<i>Hojarasca</i>		<i>Livianos</i>	
CV	52,04	CV	28,73
Media	0,07	Media	0,06
Error típico	0,01	Error típico	0
Mediana	0,07	Mediana	0,06
Moda	#N/D	Moda	#N/D
Desviación estándar	0,04	Desviación estándar	0,02
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	0
Curtosis	0,73	Curtosis	-0,94
Coefficiente de asimetría	1,17	Coefficiente de asimetría	0,23
Rango	0,12	Rango	0,05
Mínimo	0,03	Mínimo	0,04
Máximo	0,16	Máximo	0,09
Suma	0,89	Suma	0,72
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

<i>Ligeros</i>		<i>Medianos</i>	
CV	43,79	CV	41,38
Media	0,04	Media	0,02
Error típico	0,01	Error típico	0
Mediana	0,04	Mediana	0,02
Moda	#N/D	Moda	0,02
Desviación estándar	0,02	Desviación estándar	0,01
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	0
Curtosis	0,98	Curtosis	0,03
Coefficiente de asimetría	-0,68	Coefficiente de asimetría	-0,77
Rango	0,06	Rango	0,03
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	0,06	Máximo	0,04
Suma	0,49	Suma	0,30
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

<i>Pesados firmes</i>		<i>Pesados podridos</i>	
CV	68,70	CV	56,56
Media	0,02	Media	0,02
Error típico	0	Error típico	0
Mediana	0,01	Mediana	0,02
Moda	#N/D	Moda	#N/D
Desviación estándar	0,01	Desviación estándar	0,01
Varianza de la muestra	0	Varianza de la muestra	0
Curtosis	-2,13	Curtosis	-0,35
Coefficiente de asimetría	0,03	Coefficiente de asimetría	-0,04
Rango	0,03	Rango	0,04
Mínimo	0	Mínimo	0
Máximo	0,03	Máximo	0,04
Suma	0,19	Suma	0,22
Cuenta	12,00	Cuenta	12,00

## Anexo 5. Certificado de traducción del resumen

Tena, 30 de enero de 2025

Lic. Julissa Yeraldin Jiménez Granda  
Docente de Inglés de la Unidad Educativa Fiscomisional “Mons. Maximiliano Spiller”

A petición de la parte interesada y en forma legal.

### **C E R T I F I C A:**

Que, **Dayana Paola Estrada Cuenca** con cédula de identidad N° **0706162245**, estudiante de la carrera de Ingeniería Forestal perteneciente a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, completó satisfactoriamente la presente traducción de español a inglés del Trabajo de titulación denominado *Carga de combustible forestal muerto y su inflamabilidad en el matorral andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”*

Traducción que fue guiada y revisada minuciosamente por mi persona. En consecuencia, se valida la presentación del documento. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, permitiendo a la interesada hacer uso del presente según lo estime conveniente.



Julissa Jiménez  
Licenciada en Ciencias de la Educación mención inglés  
Registro de Senescyt 1008-2021-2368838  
C.I. 1104482045