



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales

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

AUTORA:

Abigail Cumanda González Armijos

DIRECTOR:

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 01 de marzo de 2024

Ing. For. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: “**Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales**” previo a la obtención del título de **Ingeniera Forestal**, de la autoría de la estudiante **Abigail Cumanda González Armijos**, con cedula de identidad **Nro. 1150702817**, 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 su respectiva sustentación y defensa.

Ing. For. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Abigail Cumanda González Armijos**, 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 o acciones legales, por el contenido de la misma. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1150702817

Fecha: 28 de abril del 2024

Correo electrónico: abigail.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 0968426646

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

Yo, **Abigail Cumanda González Armijos**, declaro ser autora del Trabajo de Integración Curricular denominado: **“Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales”** como requisito para optar al 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, en la ciudad de Loja, a los veintiocho días del mes de abril de dos mil veinticuatro.

Firma:



Autora: Abigail Cumanda González Armijos

Cédula: 1150702817

Dirección: Loja, Chinguilanchi

Correo electrónico: abigail.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 0968426646

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. For. Luis Fernando Muñoz Chamba, Mg.Sc.

Dedicatoria

Con todo mi cariño dedico el presente Trabajo de Integración Curricular a mi querida familia, principalmente a mi mami Amelia Armijos quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, apoyándome en cada paso y ayudándome a levantarme cuando me estancaba; a mi papi Ángel González que me inculco diferentes valores y me ha permitido llegar a ser quien soy actualmente. A mis hermanos quienes a pesar de las dificultades y problemas siempre se quedaron a mi lado, dándome su apoyo incondicional. Finalmente, pero no menos importantes a mis sobrinos Martina, Sofia, Anderson, Ariana y Jeico, quienes han sido un rayito de sol en mi vida, impulsándome a seguir adelante con su cariño incondicional.

Abigail Cumanda González Armijos

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba principalmente por la confianza depositada en mí, además de que sin su apoyo, conocimiento y orientación durante todo el proceso no hubiera sido posible el cumplimiento y éxito de la presente investigación, gracias por ser el mejor director, docente e ingeniero forestal.

A la Ing. Lucia Quichimbo por su conocimiento y recomendaciones durante la fase de laboratorio. A los ingenieros Darlin González y Deicy Lozano quienes me guiaron y apoyaron en la redacción del Trabajo de Integración Curricular y Artículo Científico, respectivamente.

Mi más profundo agradecimiento a las autoridades y personal que labora en la Universidad Nacional de Loja, especialmente a la prestigiosa planta docente de la carrera de Ingeniería Forestal quienes con sus consejos y conocimiento me permitieron formarme académicamente. Un agradecimiento especial a la Ing. Jenny Peña por su paciencia y apoyo durante los trámites realizados a lo largo de toda la carrera.

Finalmente quiero expresar mi gratitud a mis amigos quienes estuvieron presentes durante toda mi formación académica, especialmente a Janina Manchay gracias por el cariño brindado, por ser mi compañera de aventuras, por estar a mi lado y apoyarme en los momentos buenos y malos.

Abigail Cumanda González Armijos

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras.....	xi
Índice de anexos.....	xii
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	6
4.1. Incendios forestales.....	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.....	6
4.1.4. Efectos de los incendios forestales en la biodiversidad.....	7
4.1.5. Incendios forestales en Ecuador.....	7
4.1.6. Regímenes del fuego.....	7
4.2. Combustible vegetal o forestal.....	8
4.2.1. Clasificaciones de combustibles forestales.....	8
4.2.2. Característica o propiedades de los combustibles.....	9
4.2.3. Investigaciones realizadas sobre el contenido de combustible forestal.....	10

4.3. Inflamabilidad	11
4.3.1. Definición de inflamabilidad	11
4.3.2. Características o componentes de la inflamabilidad	11
4.3.3. Investigaciones realizadas sobre la inflamabilidad del combustible forestal	12
5. Metodología	14
5.1. Área de estudio	14
5.2. Metodología para determinar el contenido del combustible vegetal presente en el páramo antrópico	15
5.2.1. Selección de sitios de muestreo	15
5.2.2. Diseño, número y tamaño de las muestras	15
5.2.3. Recolección de muestras de combustible vegetal (vivo y muerto)	15
5.2.4. Separación y colecta de muestras	16
5.2.5. Secado de muestras	17
5.2.6. Cálculo de contenido de combustible (vivo y muerto)	17
5.3. Metodología para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio	17
5.3.1. Selección de las muestras	17
5.3.2. Cálculo de características de inflamabilidad	17
5.3.3. Cálculo de categoría e índice de inflamabilidad	19
5.4. Análisis de datos	20
6. Resultados	21
6.1. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico mediante un método de estimación directa	21
6.1.1. Composición florística del combustible vegetal vivo	21
6.1.2. Carga del combustible vegetal presente en el páramo antrópico	22
6.2. Inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio	23
6.2.1. Contenido de humedad del combustible vegetal	23

6.2.2. Características de inflamabilidad del combustible vegetal.....	23
7. Discusión.....	27
7.1. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico mediante la estimación directa	27
7.1.1. Composición florística del combustible vegetal vivo.....	27
7.1.2. Carga del combustible vegetal presente en el páramo antrópico.....	27
7.2. Inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio.....	29
7.2.1. Contenido de humedad del combustible vegetal	29
8. Conclusiones.....	33
9. Recomendaciones.....	34
10. Bibliografía.....	35
11. Anexos.....	44

Índice de tablas

Tabla 1. Hoja de campo para registro de la vegetación arbustiva y herbácea del PUFVC.....	16
Tabla 2. Fórmulas para determinar el contenido de combustible vegetal seco (Ayala et al., 2014).	17
Tabla 3. Especificaciones del diseño experimental para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio.	18
Tabla 4. Características de inflamabilidad sus cálculos he interpretación.	18
Tabla 5. Índice de inflamabilidad propuesto por Hachmi et al. (2011).	19
Tabla 6. Categoría de inflamabilidad propuesto por Hachmi et al. (2011).	19
Tabla 7. Carga media de combustibles vegetales presente en el páramo antrópico del PUFVC.	22
Tabla 8. Estadísticos descriptivos para el contenido de humedad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico de PUFVC.	23
Tabla 9. Estadísticas descriptivas de las características de inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC.	24
Tabla 10. Índice y categoría de inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC.	26

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de las parcelas temporales en el páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.	15
Figura 2. Diseño de la unidad de muestreo para la vegetación y colecta del combustible vegetal.	16
Figura 3. Familias botánicas presentes en el páramo antrópico del PUFVC.	21
Figura 4. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies herbáceas del páramo antrópico del PUFVC.....	21
Figura 5. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies arbustivas del páramo antrópico del PUFVC.....	22
Figura 6. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC. ...	23
Figura 7. Distribución de valores del tiempo de ignición para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.	24
Figura 8. Distribución de valores del tiempo de sostenibilidad para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.	25
Figura 9. Distribución de valores de la altura de la llama para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.	25
Figura 10. Distribución de valores de combustibilidad para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.	26

Índice de anexos

Anexo 1. Cálculo del índice de diversidad de Shannon para el páramo antrópico.....	44
Anexo 2. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del páramo antrópico.....	45
Anexo 3. Parámetros estructurales del estrato arbustivo del páramo antrópico.....	45
Anexo 4. Proceso para determinar la carga de combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC. (a) Sitio de estudio. (b) Instalación de parcelas. (c) Levantamiento de información florística. (d) Colecta de combustible vegetal. (e) Pesado del combustible in situ. (f) Traslado de muestras al laboratorio. (g) Secado de muestras. (h) Peso anhidro.	46
Anexo 5. Proceso para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC. (a) Separación por tipo de combustible. (b) Selección de muestras aleatorias. (c) Peso de la muestra (5 g). (d) Temperatura inicial. (e) Prueba de inflamabilidad. (f) Temperatura de ignición. (g) Altura de la llama. (h) Colecta de ceniza.	46
Anexo 6. Certificado de traducción del resumen en inglés.....	47

1. Título

Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales

2. Resumen

El conocimiento del estado de los combustibles en los ecosistemas naturales del Ecuador constituye una estrategia importante para el manejo integral del fuego, conservación del ecosistema y gestión de los bosques. El presente estudio consistió en determinar la carga de combustible vegetal presente en el páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” y la inflamabilidad bajo condiciones de laboratorio. La caracterización del combustible vegetal (arbustivo, herbáceo y muerto) se determinó en 20 parcelas temporales de 2×2 m, donde se evaluó la composición florística y el contenido de combustible vegetal a través de un método de estimación directa, este último en 60 subparcelas de 50×50 cm. Además, se obtuvo el peso húmedo por tipo de combustible. Las muestras colectadas fueron transportadas al laboratorio de Fisiología Vegetal para ser secadas; y a partir de la relación entre el peso húmedo y anhidro se calculó el factor de conversión para determinar el contenido de combustible vegetal. Para el caso de la inflamabilidad, a partir del material seco se seleccionó 5 g con un total de 20 repeticiones por tipo de combustible, y utilizando el método de llama directa se evaluó: tiempo de ignición, sostenibilidad, altura de la llama, combustibilidad y la categoría de inflamabilidad por tipo de combustible. El combustible vegetal vivo presente en el páramo antrópico está representado por 13 familias botánicas, el contenido de combustible fue de $8,2 \text{ t ha}^{-1}$, donde el 47,2 % fue muerto, 40,1 % herbáceo y 12,7 % arbustivo. La categoría de inflamabilidad de los tres tipos de combustibles fue muy extremadamente inflamable; el combustible herbáceo presentó los valores promedio más altos para tiempo de ignición (4,1 s), altura de llama (66,05 cm) y combustibilidad (0,11 g/s); entre tanto, para la sostenibilidad los valores más altos estuvieron presentes en el combustible arbustivo (80,5 s). En conclusión, el combustible vegetal en el páramo antrópico está representado en su mayoría por material muerto y herbáceo; y representan el 87,3 %, con una categoría de inflamabilidad muy alta, lo que determina que este ecosistema sea susceptible a incendios forestales.

Palabras clave: biomasa aérea, combustibilidad, duración de la llama, necromasa, régimen del fuego, tiempo de ignición.

Abstract

An understanding of the fuel status of natural ecosystems in Ecuador is an important component of a comprehensive fire management plan, ecosystem conservation, and forest management program. In the present study, the objective was to determine the vegetation fuel load in the anthropic paramo of the "Francisco Vivar Castro" University Park and its flammability in a laboratory setting. The characterization of plant fuel (shrub, herbaceous and dead) was determined in 20 temporary plots of 2×2 m, where floristic composition and plant fuel content were evaluated through a direct estimation method, the latter in 60 subplots of 50×50 cm. Moreover, the wet weight was determined according to the fuel type. The collected samples were transported to the Plant Physiology laboratory to be dried; and from the ratio between the wet and anhydrous weights, the conversion factor was calculated to determine the plant fuel content. For the case of flammability, 5 g were selected from the dry material with a total of 20 replicates per fuel type, and using the direct flame method, the following were evaluated: ignition time, sustainability, flame height, combustibility and flammability category per fuel type. The live vegetal fuel present in the anthropic paramo is represented by 13 botanical families. The fuel content was 8.2 t ha^{-1} , where 47.2 % was dead, 40.1 % herbaceous and 12.7 % shrubby. Among the three fuel types, the herbaceous fuel displayed the highest average values for ignition time (4.1 s), flame height (66.05 cm) and combustibility (0.11 g/s); meanwhile, for sustainability the highest values were present in the shrub fuel (80.5 s). It can be concluded that the vegetable fuel in the anthropic paramo consists mostly of dead and herbaceous material, which represents 87.3%, and has a very high relative flammability, suggesting that this ecosystem is prone to forest fires.

Key words: aerial biomass, combustibility, flame duration, necromass, fire regime, ignition time.

3. Introducción

El fuego es un proceso de ignición, mismo que al exteriorizarse se muestra en forma de luz y calor, al aumentar su intensidad y expansión desintegra toda estructura orgánica y la convierte en ceniza y humo (Goudsblom, 1992). Desde un punto de vista ecológico, el fuego es una perturbación; es decir, un evento repentino que daña los organismos de una comunidad y crea espacio para la colonización por otros seres vivos (Janzen, 2002), no obstante, para otros ecosistemas ayuda a la transformación de la composición y estructura, germinación, rebrote y aparición de nuevas especies (Zavala, et al., 2000; López, 2012). Cuando el fuego no es controlado se lo entiende como incendio forestal, mismo que al expandirse destruye los ecosistemas naturales provocando la reducción de combustibles vivos y muertos, y la pérdida de animales u otros organismos (Bond et al., 2005). Los humanos han influido en el régimen de incendios del planeta directamente utilizando el fuego para preparar terrenos agrícolas y por negligencia; o indirectamente mediante la introducción de especies exóticas altamente inflamables como Pino, Eucalipto, Aromo, entre otras (Juárez y Cano, 2007; Cochrane, 2009; Fuentes, et al., 2014).

En Ecuador los incendios forestales están directamente relacionados a actividades antrópicas (96 %) y a causas naturales (4 %) (Neger, 2021). Dentro de las principales actividades antrópicas están las acciones piromaníacas que provocan los incendios; y por otro lado, las costumbres de comunidades rurales, especialmente las que se dedican a actividades agropecuarias, quienes utilizan el fuego como una herramienta de trabajo en el cambio del uso del suelo para preparar las tierras agrícolas, renovar pastizales e incluso para proveer de alimento para los animales; sin embargo, estas prácticas se realizan sin criterios técnicos, dando paso a la formación de incendios forestales con consecuencias graves como la pérdida de la cobertura vegetal natural (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE], 2015; Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR], 2019).

De acuerdo con los datos presentados por la SGR (2023) se han registrado en los primeros diez meses del año 2023, 3 003 incendios forestales en el Ecuador, que han afectado a 21 provincias, 112 cantones y 473 parroquias, ocasionando la pérdida de alrededor 28 416,70 hectáreas de cobertura vegetal, dentro de los cuales 450,59 hectáreas son de páramo. Entre las provincias afectadas destaca Loja en donde se han suscitado 187 incendios y una pérdida total de 8 291,62 hectáreas.

Para entender el comportamiento de un incendio es necesario conocer que los combustibles vegetales son el único elemento del triángulo del fuego que los seres

humanos pueden manipular, por lo cual es necesario caracterizarlos, principalmente el contenido de combustible y la inflamabilidad (Garrido, et al., 2016; Mota, 2006; Villers, 2006). El limitado conocimiento del estado de los combustibles en los ecosistemas naturales del Ecuador, ha generado una brecha significativa en el manejo integral del fuego, conservación del ecosistema y seguridad en el área.

Con respecto a la inflamabilidad, en la región sur del Ecuador se ha iniciado con el estudio de cargas de combustibles forestales y la inflamabilidad para el bosque andino (Oña, 2021; Troya, 2023) y la inflamabilidad de especies forestales representativas de bosque andino y matorral (Muñoz-Chamba, et al., 2023; Coronel, et al., 2024).

Bajo este contexto, la presente investigación busca conocer cuál es el contenido del combustible vegetal (vivo y muerto) y su inflamabilidad en el páramo antrópico localizado en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro, ecosistema considerado como vulnerable a la ocurrencia de incendios forestales (Sarango-Cobos, et al., 2019; Muñoz-Chamba, et al., 2023). Los objetivos planteados fueron:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento del comportamiento del fuego en el ecosistema páramo antrópico afectado por incendios forestales a través del estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.

Objetivos específicos

- Determinar el contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico mediante un método de estimación directa.
- Evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio.

4. Marco teórico

4.1. Incendios forestales

Los incendios forestales corresponden a una de las principales perturbaciones antrópicas que afectan a los bosques del mundo (Plana et al., 2016). Se entiende por incendio forestal al fuego descontrolado, mismo que al expandirse sobre la vegetación natural o plantada ocasiona desastres de tipo ecológicos, climáticos, económicos y sociales (Código Orgánico del Ambiente [COA], 2019).

4.1.1. Definición de fuego

Según Goudsblom (1992), el fuego es un proceso de combustión que se manifiesta en luz y calor, desintegra la estructura altamente organizada de las sustancias orgánicas y las reduce a cenizas y humo.

Nava y Jardel (2020) se refieren al fuego como un fenómeno que se da a través de reacciones químicas, las mismas que resultan en la liberación de energía en forma de luz y calor.

4.1.2. Elementos del triángulo del fuego

El triángulo del fuego se encuentra constituido por oxígeno, combustible y calor (Pyne, 1999; Ramos, 2010). Estos tres elementos deben estar presentes en las proporciones adecuadas para que un fuego se encienda y se mantenga por sí solo. Quitar cualquiera de estos elementos puede ayudar a extinguir un incendio (Pyne, 1999).

4.1.3. Elementos del comportamiento del fuego

Para entender el comportamiento del fuego, es esencial caracterizarlo mediante la estimación de ciertos parámetros conocidos como variables fundamentales entre los cuales se encuentran velocidad de propagación, calor por unidad de superficie, intensidad de reacción, intensidad lineal y longitud de llama (Martínez et al, 2004). La extensión del incendio está directamente influenciado y relacionado a tres factores fundamentales entre los cuales se encuentran el combustible, meteorología y topografía (Plana et al., 2016).

- El combustible, hace referencia a la cantidad de biomasa y necromasa distribuida en el ecosistema, misma que se encuentra disponible para arder.
- La meteorología, se refiere a las condiciones ambientales del sitio como: temperatura, precipitación, humedad y viento. Mismos que afectan de manera drástica a la susceptibilidad de un incendio, de esta forma podemos mencionar que cuando las condiciones ambientales son óptimas para la ocurrencia de un incendio este puede alcanzar una mayor velocidad de propagación y altura de llama.

- La topografía, forma, pendiente y orientación del área, pueden alterar el comportamiento del fuego. Las pendientes pronunciadas pueden acelerar la propagación del fuego, mientras que los valles y cañones pueden canalizar e intensificar el viento, lo que podría provocar un crecimiento más rápido del fuego (Plana et al., 2016).

4.1.4. Efectos de los incendios forestales en la biodiversidad

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2002), los incendios forestales ocasionan una amplia gama de efectos sobre la biodiversidad. A nivel regional y local, reducen la cantidad de biomasa y en función de la intensidad y severidad pueden remplazar los árboles por arbustos y hierbas (Bond et al., 2005), alteran el ciclo del agua y la conducta de los organismos vivos. El humo provocado por los incendios forestales afecta significativamente a la reducción de la actividad fotosintética y perjudica la salud humana y animal (Davies y Unam, 1999).

4.1.5. Incendios forestales en Ecuador

En Ecuador según el MAE (2015) se ha incrementado la susceptibilidad de los incendios forestales en diferentes provincias del país reduciendo de forma significativa la cobertura vegetal y produciendo daños ecológicos, sociales y económicos

En Ecuador en el periodo de julio 2021 - octubre 2023 se suscitaron 4 852 incendios forestales en diferentes zonas del país, produciendo una pérdida de 38 503,81 hectáreas de cobertura vegetal. Entre las provincias afectadas destacan: Azuay, Carchi, Guayas, Imbabura, Loja y Pichincha (SGR, 2021; 2022; 2023).

4.1.6. Regímenes del fuego

Myers (2006) define al régimen del fuego como una serie de condiciones recurrentes del fuego que caracterizan a un ecosistema particular. Estas condiciones se enumeran en términos de rangos de frecuencia específicos, comportamiento del fuego, gravedad, momento y tamaño de los incendios, patrones de propagación y distribución del fuego. De acuerdo al régimen del fuego que posee un ecosistema se puede clasificar en tres categorías: ecosistemas sensibles, dependientes o independientes del fuego (The Nature Conservancy [TNC], 2004).

Los ecosistemas sensibles al fuego han evolucionado en conjunto con el fuego, lo que lo convierte en un proceso importante y recurrente. Estos ecosistemas contienen especies vegetales que no poseen la capacidad para responder al fuego, ante esta vulnerabilidad incluso una intensidad de fuego muy baja puede causar altas tasas de mortalidad para todas las especies presentes en el ecosistema (Myers, 2006).

Los ecosistemas dependientes del fuego, son ecosistemas en los cuales el fuego es un proceso esencial, así mismo, las especies que existen en estas áreas cuentan con adaptaciones como corteza gruesa, conos serótinicos, crecimiento inicial cespitoso, etc. Las mismas que los ayudan a responder de forma positiva al fuego y facilitar su propagación, por lo cual la vegetación es altamente inflamable (Myers, 2006).

Los ecosistemas independientes del fuego, son aquellos en los que el fuego no tiene mucha relevancia. Este tipo de ecosistema es frío, húmedo o seco lo cual inhabilita la posibilidad de un incendio. Para que el fuego se convierta en una amenaza este ecosistema debe sufrir cambios significativos, entre los cuales se destacan la introducción de especies invasoras o exóticas altamente inflamables, el cambio climático o la implementación de actividades antrópicas de uso del fuego (Myers, 2006).

4.2. Combustible vegetal o forestal

Los combustibles vegetales o forestales se refieren al material que se encuentra distribuido dentro de un ecosistema, mismo que puede servir como combustible para la propagación de un incendio. Incluye biomasa tanto viva como muerta, como árboles, arbustos, pastos, hojas, ramas y otra materia orgánica presente en el ecosistema forestal. Dependiendo del tipo de combustibles estos pueden variar en tamaño y forma, disposición, contenido de humedad y composición, estos factores influyen en la inflamabilidad del combustible y como contribuyen al comportamiento del fuego (Villers, 2006).

4.2.1. Clasificaciones de combustibles forestales

Díaz-García (2015) clasifica a los combustibles forestales muertos por el tamaño y forma, en el cual influye directamente el diámetro y densidad de los mismos y son dispuestos de la siguiente manera:

- **Finos y ligeros:** ramillas finas con diámetro menor a 0,6 cm.
- **Regulares:** ramas y tallos pequeños con diámetros de 0,6 a 2,5 cm.
- **Medianos:** fustes y ramas caídas gruesas con diámetros de 2,6 a 7,5 cm.
- **Pesados:** fustes caídos y tocones con diámetros mayores a 7,5 cm.
- **Hojarasca:** corresponde a la necromasa que se encuentra distribuida en el suelo, mismo que puede estar compuesta por hojas, tallos, ramas, ramillas y flores (Crespo, 2013; Crespo, 2015).

Por la ubicación, Nájera (2015) clasifica los combustibles forestales:

- **Aéreos:** corresponde a las ramas, follaje y musgo que se encuentran en los árboles, a más de un 1,5 m de altura.
- **Superficiales:** corresponde a hojas, ramas, arbusto, árboles jóvenes, tocones, que se encuentran desde la superficie del suelo hasta 1,5 m de altura.
- **Subterráneos:** corresponde a las raíces y materia orgánica, que se encuentra en el horizonte A y B del suelo.

4.2.2. Característica o propiedades de los combustibles

Las características o propiedades de los combustibles corresponden a variables de gran importancia para un correcto manejo integral del fuego, ya que nos ayudan a entender el comportamiento y posibles causas de un incendio (Sandberg et al., 2001). Martínez et al. (2018) mencionan que entre las propiedades de los combustibles se encuentra: la disposición, continuidad horizontal y vertical, peso, tiempo de retardo, carga, tamaño del combustible, compactación, contenido de humedad, densidad e inflamabilidad (Villers, 2006).

- **Disposición:** es la manera en la que el combustible se encuentra ubicado en un espacio de terminado, ya sea superficial, subterráneo o aéreo (Martínez et al., 2018).
- **Continuidad horizontal:** hace referencia a como se encuentran distribuidos los combustibles vegetales en un plano horizontal. Constituye un componente importante para la propagación de un incendio, debido a que ayuda a definir la dirección de propagación de las llamas e influye en la propagación lineal de un incendio (Nájera, 2015).
- **Continuidad vertical:** hace referencia a como se encuentran distribuidos los combustibles vegetales en un plano vertical. Estos tienden a acumularse en forma de escalera desde el suelo hasta las copas de los árboles, entre los cuales destacan ramas caídas, arbustos, agujas secas, arboles jóvenes, etc. Al acumularse de esta forma facilitan la ignición esporádica de la copa de algún árbol (Nájera, 2015).
- **Tiempo de retardo:** es el tiempo que requiere un combustible vegetal para perder alrededor del 63 % de la diferencia entre el contenido de humedad inicial y el contenido de humedad de equilibrio. Un factor importante es el tamaño o grosor del combustible, mismo que afecta directamente al tiempo de retardo (Nájera, 2015).

- **Carga o contenido:** se define a la carga o contenido del combustible como la disponibilidad del combustible expresada en gramos.
- **Tamaño del combustible:** es la magnitud o dimensión que este puede llegar a tener un combustible, por lo cual se agrupan en clases según su diámetro: < 0,06 cm son combustibles finos, 0,06 – 2,5 cm son regulares, 2,6 – 7,6 cm son medianos y > 7,6 cm son gruesos.
- **Compactación:** es la distancia que existe entre combustibles, es decir, en una cantidad de combustible, se toma en cuenta el porcentaje de combustible y el porcentaje de aire entre el combustible. La compactación afecta al tiempo de secado y a la velocidad de propagación de un incendio (Nájera, 2015).
- **Humedad del combustible:** es la cantidad de partículas de agua presente en el combustible, misma que se encuentra expresada como porcentaje de agua en relación con la masa del combustible (Kane y Prat-Guitart, 2018).
- **Densidad:** se refiere a la dureza, peso, resistencia al impacto y la abrasión del combustible (Martínez et al., 2018).
- **Inflamabilidad:** es la característica que tiene un combustible para entrar en ignición (Hachmi et al., 2011).

4.2.3. Investigaciones realizadas sobre el contenido de combustible forestal

Flores-Garnica et al. (2018), presentan una revisión de los procesos de medición y estimación de las cargas de mantillo y material leñoso caído, así como los contenidos de carbono encontrados en México, principalmente para bosques y selvas. La determinación de la carga de combustible vivo se realizó en un círculo con un radio de 3,5 m; sobre el círculo de muestreo se instalaron tres transectos lineales de 7 m para el combustible grueso o material leñoso caído; al final de cada transecto se colocaron cuadrantes de 30 × 30 cm para la evaluación de profundidad y cobertura de la hojarasca y mantillo orgánico. Además, se realizó una estimación promedio del contenido de carbono del material leñoso, hojarasca y mantillo orgánico. Se registró valores de 9,43 Mg C ha⁻¹ y 8 Mg C ha⁻¹ en el material leñoso para regiones templadas y selvas, respectivamente. En cuanto a hojarasca y capa de fermentación, se observó 6,91 Mg C ha⁻¹ y 5,88 Mg C ha⁻¹ respectivamente para regiones templadas; en cambio para selvas se registró 4,25 Mg C ha⁻¹ y 1,39 Mg C ha⁻¹, respectivamente.

Martínez et al. (2018), presentan una investigación sobre la dinámica y las propiedades físicas de los combustibles forestales en un bosque de encino de México. Para medir la densidad básica y humedad de los combustibles forestales, se recogieron los materiales leñosos en tres intersecciones planares de 12 m; para la evaluación de hojarasca y mantillo se recolectaron 12 muestras en cuadrantes de 30 × 30 cm; en el caso de los combustibles vivos se determinó su carga mediante el peso húmedo y peso seco del material recolectado en 4 cuadrantes de 1 m², las muestras recolectadas se secaron en una estufa a ± 75 °C hasta obtener su peso anhidro. La carga de material leñoso se estimó de tres formas: sin ajustar por la densidad de la madera; usando la densidad básica promedio para las especies del área; y empleando densidad básica determinada en laboratorio a partir de materiales recolectados en el encinar. Para el contenido de humedad, se comparó entre materiales firmes y podridos y se usó la prueba de t de Student para comparar las cargas iniciales y residuales e incorporación de materiales entre laderas seca y húmeda. La carga de combustibles determinada para ladera seca fue de 25,44 Mg ha⁻¹ y 8,34 Mg ha⁻¹, para hojarasca y material leñoso respectivamente; además, para ladera húmeda los valores promedio para hojarasca y material leñoso fue de 25,55 Mg ha⁻¹ y 6,72 Mg ha⁻¹, respectivamente.

4.3. Inflamabilidad

4.3.1. Definición de inflamabilidad

La inflamabilidad se refiere a la capacidad con la que cuenta un vegetal para encenderse, una vez que una fuente de calor entre en contacto directo con él. La inflamabilidad se encuentra determinada por tres fenómenos: tiempo de ignición, duración de combustión y el calor liberado (Anderson, 1970). Según Hachmi et al. (2011) la inflamabilidad puede ser calculada por la sostenibilidad, tiempo de ignición, combustibilidad y un cuarto elemento conocido como la consumibilidad (Martin et al., 1994)

4.3.2. Características o componentes de la inflamabilidad

- Ignitabilidad: hace referencia al tiempo que se demora en aparecer la llama de un combustible expuesto a una fuente de calor (Anderson, 1970), se lo considera como el factor más importante (Hachmi et al., 2011).
- Sostenibilidad: según Anderson (1970) y Neri et al. (2009) es la capacidad de un material para mantenerse en combustión y producir energía. Conocida también como la duración de la llama.

- Combustibilidad: es la velocidad en la que un combustible se consume en llamas en función del tiempo (Anderson, 1970).
- Consumibilidad: es la cantidad de biomasa de un combustible que se consume durante la combustión (Anderson, 1970).

4.3.3. Investigaciones realizadas sobre la inflamabilidad del combustible forestal

En Ecuador no existe una elevada gama de investigaciones realizadas en este tema, sin embargo, entre las pocas existentes destacan las de Muñoz-Chamba et al. (2023) y Troya (2023), las mismas que son detalladas a continuación.

Muñoz-Chamba et al. (2023), en el estudio sobre la inflamabilidad de especies forestales representativas del bosque andino bajo condiciones de laboratorio, cuyo objetivo fue evaluar las características de inflamabilidad de cinco especies arbóreas. Utilizaron un diseño de muestreo aleatorio para la selección de cinco individuos por especie, de los cuales se recolectó 1 000 g de material vegetal, principalmente hojas y ramillas con un diámetro menor a 6 mm. Las muestras colectadas fueron separadas por especies y secadas en una estufa a ± 55 °C hasta obtener un peso anhidro constante. Previo a las pruebas de inflamabilidad calcularon el contenido de humedad; las características de inflamabilidad como: tiempo de ignición, sostenibilidad, combustibilidad, y altura de la llama; se calcularon mediante el método de llama directa, para lo cual utilizaron un total de 250 muestras, con un peso de 5 g por muestra. *Palicourea amethystina* (Ruiz y Pav.) fue la especie que mostró llama en menor tiempo (15,42 s) y mayor combustibilidad (0,093 g/s); entre tanto *Clethra fimbriata* Kunth mostró mayor sostenibilidad (29,88 s) y altura de la llama (18,42 cm).

Troya (2023), presenta un estudio sobre inflamabilidad de combustibles forestales muertos presentes en el bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. Mediante un diseño aleatorio, obtuvieron muestras de combustibles vegetales muertos dentro de parcelas temporales de 20 × 20 m, diferenciándolos por tipo de combustible, para su análisis en laboratorio. Se calculó el contenido de humedad de las muestras, y posterior se realizaron las pruebas de inflamabilidad utilizando un epirradiator, para determinar características de inflamabilidad tales como: tiempo de ignición, sostenibilidad, combustibilidad, y altura de la llama; para lo cual se utilizaron muestras con un peso de 10 g con 50 repeticiones por tipo de combustible. La hojarasca mostró menor tiempo para entrar en ignición (15,84 s), mayor combustibilidad (0,21 g/s) y mayor altura de llama (64,06 cm); además, el combustible mediano mostró mayor tiempo de sostenibilidad (144,74 s).

A nivel internacional destaca la investigación de Neri et al. (2009), las misma que fue desarrollada en México.

Neri et al. (2009) en el estudio de inflamabilidad de combustibles forestales en las selvas de Calakmul, Campeche, obtuvieron tres muestras al azar de 30×30 cm en cada tipo de selva y condición, para lo cual colectaron diferentes capas de combustibles superficiales y subterráneos, entre las cuales están: herbácea, hojarasca y capa de fermentación. Posterior a la recolección, limpiaron las muestras de forma manual retirando los materiales leñosos presentes en la hojarasca y limpiando el suelo mineral de la capa de fermentación; se uniformizaron las muestras mediante molienda. Antepuesto a las pruebas de inflamabilidad se deshidrataron las muestras colectadas en un horno de secado, para el cálculo de los cuatro componentes de la inflamabilidad (tiempo a la ignición, duración de la combustión, calor liberado y proporción de combustible quemado), aplicaron el método de llama directa para lo cual se utilizaron 10 repeticiones tomadas al azar de los tres tipos de combustibles y por tipo de ecosistema. El combustible subterráneo mostró mayor calor liberado y mayor porcentaje de combustible quemado; entre tanto, el combustible herbáceo mostró menor tiempo de ignición.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El cálculo del contenido de combustible vegetal y la inflamabilidad se realizó considerando dos fases, una de campo y otra de laboratorio. El contenido de combustible vegetal se lo evaluó en el páramo antrópico localizado en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), mientras que la inflamabilidad se la determinó en el laboratorio de Fisiología vegetal, que está localizado en la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

El PUFVC se encuentra ubicado en el cantón Loja, parroquia San Sebastián, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, propiedad de la Universidad Nacional de Loja, se encuentra ubicado a 5 km de la ciudad de Loja en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 m s.n.m. (Figura 1) (Aguirre y Yaguana, 2014). Las características biofísicas reportadas para el PUFVC son: precipitación media anual de 955 mm/año, temperatura media anual de 16,6 °C, humedad relativa de 71,96 %, evaporización media de 111,33 mm, velocidad del viento de 3,64 - 5,44 m/s, clima templado lluvioso (Aguirre, et al., 2016).

El páramo antrópico del PUFVC se encuentra ubicado en un rango altitudinal de 2 300 a 2 468 m s.n.m. en la cual se presentan pendientes mayores a 35 % y ocupa un área de 20,58 ha representado el 21,44 % del área total del PUFVC; este ecosistema ha sufrido diversas alteraciones en la estructura y composición de su vegetación, mismas que han contribuido a la degradación de los suelos, así como la colonización por especies invasoras (Aguirre y Yaguana, 2014). Se encuentra dominado por especies herbáceas como: *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. (26,8 %), *Pteridium esculentum* (G.Forst.) Cockayne (16,1 %) y *Baccharis sagittalis* DC. (10,7 %), entre las especies arbustivas destacan *Baccharis latifolia* Pers. (18,02 %), *Hypericum laricifolium* Juss. (14,8), y *Gynoxys nítida* Muschl. (13,7 %).

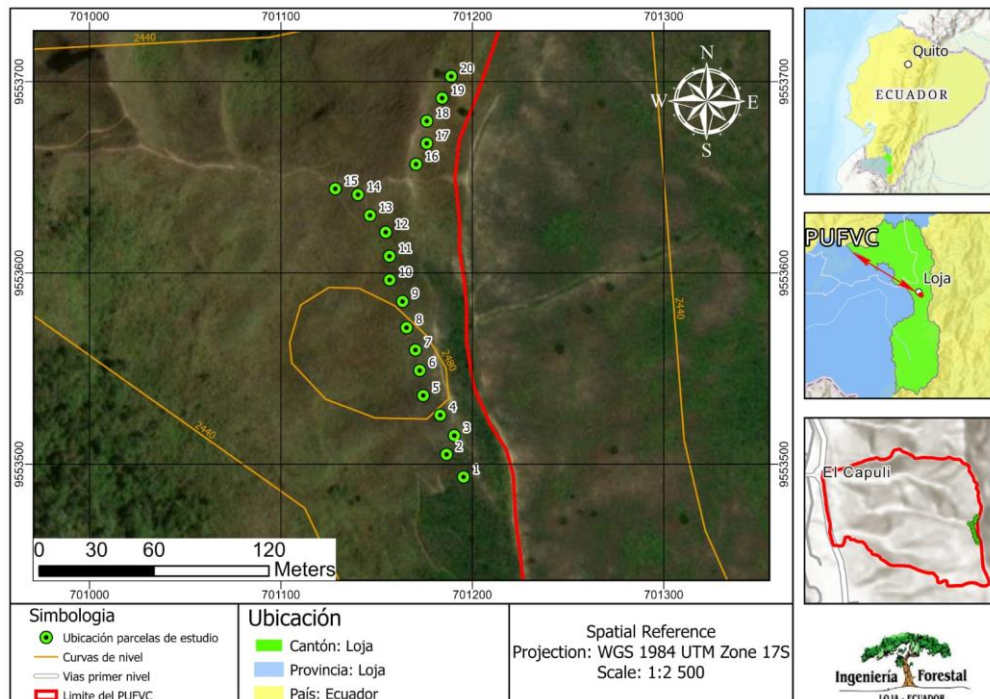


Figura 1. Ubicación de las parcelas temporales en el páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

5.2. Metodología para determinar el contenido del combustible vegetal presente en el páramo antrópico

5.2.1. Selección de sitios de muestreo

Los sitios de muestreo fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios: presencia de cobertura vegetal de páramo, uniformidad en pendiente y localización en la parte alta del páramo que es recurrente a incendios forestales.

5.2.2. Diseño, número y tamaño de las muestras

Se utilizó un diseño sistemático en la distribución de las unidades de muestreo, en la gradiente altitudinal entre los 2 475 a 2 485 m s.n.m., incorporándose un total de 20 parcelas temporales de 2×2 m distanciadas cada 10 m, para abarcar todo el límite superior de la microcuenca Los Nogales, por donde generalmente ingresan los incendios forestales.

5.2.3. Recolección de muestras de combustible vegetal (vivo y muerto)

Previo a la recolección de muestras de combustible vegetal (vivo y muerto), se levantó la información florística diferenciando hierbas y arbustos, con la finalidad de obtener una caracterización y abundancia de las especies que conforma el combustible vegetal. Para esto se utilizó la hoja de campo que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Hoja de campo para registró de la vegetación arbustiva y herbácea del PUFVC.

Fecha: _____ Evaluador: _____
 Altitud msnm: _____ Pendiente (%): _____

N° de parcela	Habito de crecimiento	Nombre común	Nombre científico	Número de individuos	Porcentaje de cobertura	Observaciones
---------------	-----------------------	--------------	-------------------	----------------------	-------------------------	---------------

Para la recolección de muestras de combustible vegetal (vivo y muerto) se utilizó el método de estimación directa conocido como método destructivo el mismo que consiste en la extracción y recolección de toda la biomasa (combustible vivo) y combustible muerto presente en la parcela de muestreo. Sin embargo, para reducir impactos en la vegetación y el suelo del páramo antrópico dentro de las parcelas de 2×2 m, se delimitaron tres subparcelas de 50×50 cm distribuidas sistemáticamente (Figura 2).

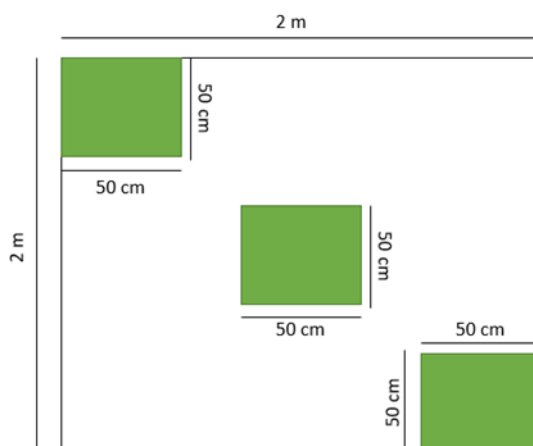


Figura 2. Diseño de la unidad de muestreo para la vegetación y colecta del combustible vegetal.

5.2.4. Separación y colecta de muestras

En cada subparcela de 50×50 cm se separó el combustible vegetal en arbustivo, herbáceo y combustible muerto, registrándose el peso en húmedo (g).

Para la colecta de los tres tipos de combustible vegetal se mezcló el material obtenido en cada una de las tres subparcelas de 50×50 cm, hasta contar con una muestra compuesta con peso máximo de 1 000 g por tipo de combustible. Estas muestras fueron depositadas en fundas de ziploc ($30 \text{ cm} \times 26 \text{ cm}$) y trasladadas al laboratorio de Fisiología vegetal para los análisis respectivos.

5.2.5. Secado de muestras

Previo al secado de las muestras de combustible vegetal, se colocaron en fundas de papel y se registró el peso inicial. Estas muestras fueron ingresadas a una estufa de aire circular a una temperatura de $55 \pm 1^\circ\text{C}$, las mismas que se pesaron diariamente hasta obtener un peso anhidro constante, que fue de ocho días aproximadamente.

5.2.6. Cálculo de contenido de combustible (vivo y muerto)

El cálculo del contenido de combustible vegetal para arbustos, hierbas y combustible muerto fue en función de la fórmula propuesta por Ayala et al., (2014), quienes sugieren multiplicar el peso húmedo del combustible por un factor conversión (r) (Tabla 2), el mismo que se obtuvo de la relación del peso seco para el peso húmedo de las muestras por tipo de combustible.

Tabla 2. Fórmulas para determinar el contenido de combustible vegetal seco (Ayala et al., 2014).

Tipo de combustible	Fórmula
Arbustivo	Carga o contenido = $Ph_{\text{comb. arbustivo}} * r$
Herbáceo	Carga o contenido = $Ph_{\text{comb. herbáceo}} * r$
Muerto	Carga o contenido = $Ph_{\text{comb. muerto}} * r$

5.3. Metodología para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio

5.3.1. Selección de las muestras

Por cada tipo de combustible vegetal se seleccionaron 100 g secos. En el caso del combustible arbustivo y herbáceo el material recolectado fueron hojas y ramillas con diámetros menores o iguales a 6 mm. Para el combustible muerto, se excluyeron material vegetal presente con diámetros mayores a los 6 mm.

5.3.2. Cálculo de características de inflamabilidad

Previo al cálculo de las características de inflamabilidad se determinó el contenido de humedad con base húmeda de las muestras de los tipos de combustibles, para esto se utilizó la fórmula

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

Donde:

Ch: Contenido de humedad, en porcentaje

Ph: Peso húmedo en gramos

Ps: Peso seco (anhidro) estabilizado, en gramos

Las características de la inflamabilidad se evaluaron acorde a la investigación desarrollada por Hachmi et al. (2011). Para lo cual se utilizó el método de llama directa, que consistió en aplicar el fuego directamente al combustible vegetal hasta que entró en ignición, para luego ser retirado. Se utilizaron muestras vegetales secas con un peso de 5 gramos por prueba con un número de repeticiones de 20, en total 100 gramos secos por tipo de combustible vegetal (Tabla 3).

Tabla 3. Especificaciones del diseño experimental para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio.

Especificaciones	Unidad
Unidad experimental	muestra (g)
Número de repeticiones por combustible	20
Número total de repeticiones	60

Cada muestra se colocó en una malla de 22×15 cm, extendida de manera horizontal, y se expuso al método de la llama directa hasta que entro en ignición. Se determinó la temperatura en la que las muestras entraron en ignición con una pistola de termómetro láser. Las características de inflamabilidad que se calcularon se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características de inflamabilidad sus cálculos he interpretación.

Características	Cálculo	Interpretación
Tiempo de ignición	Cronómetro	<i>TI</i> : tiempo que se demorar el combustible en entrar en ignición desde que se expone la muestra a la fuente de calor (aparición de llama).
Sostenibilidad	$TC = t_f - t_i$	<i>TC</i> = sostenibilidad de los combustibles forestales (s) <i>T_f</i> = tiempo que se demora en extinguirse la llama (s) <i>T_i</i> = tiempo en el que se observa por primera vez la ignición. Iniciación de las llamas (s)

Características	Cálculo	Interpretación
Combustibilidad	$C_i = \frac{(W_f - W_i)}{(t_f - t_i)}$	<p>C = combustibilidad (g/s)</p> <p>W_f = peso de la muestra antes de la ignición (g)</p> <p>W_i = peso final de la muestra después de la extinción de la llama (g)</p> <p>T_f = tiempo final de la llama al momento de su extinción (s)</p> <p>T_i = tiempo de ignición o aparición de la llama (s)</p>
Altura de la llama	Regla graduada	Consistirá en la altura que alcance la llama desde la base donde están las muertas hasta el punto máximo que se evidencie en la regla graduada.

5.3.3. Cálculo de categoría e índice de inflamabilidad

El cálculo del índice de inflamabilidad se determinó de acuerdo al método de Hachmi, et al. (2011) el mismo que propone la fórmula que se muestra en la Tabla 5, para lo cual se toma en consideración la sostenibilidad, el tiempo de ignición y la altura de la llama.

Tabla 5. Índice de inflamabilidad propuesto por Hachmi et al. (2011).

Fórmula	Especificaciones
$FI = \left[\frac{TC + 30 - \frac{TI}{2}}{TI + 10} \right] EXP \left[\frac{FH}{FH + 40} \right]^2$	<p>FI = índice de inflamabilidad</p> <p>TC = sostenibilidad (s)</p> <p>TI = tiempo de ignición (s)</p> <p>FH = altura de la llama (cm)</p>

La interpretación de la categoría de inflamabilidad fue en función a los valores propuestos por Hachmi et al. (2011), mismos que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Categoría de inflamabilidad propuesto por Hachmi et al. (2011).

Valores	Categoría de inflamabilidad
$FI < 0,5$	Muy poco inflamable
$0,5 \leq FI < 1,5$	Poco inflamable
$1,5 \leq FI < 2,5$	Moderadamente inflamable
$2,5 \leq FI < 3,5$	Inflamable
$3,5 \leq FI < 4,5$	Extremadamente inflamable
$4,5 \leq FI$	Muy extremadamente inflamable

5.4. Análisis de datos

El contenido de combustible vegetal y la inflamabilidad fue representado con valores promedios para los compartimentos de vegetación arbustiva y herbácea y combustible muerto, además del error típico y coeficiente de variación. Para comparar los tres grupos de combustibles y la inflamabilidad se realizó un análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis, debido a que los datos no presentaron una distribución normal, además, se aplicó una comparación de medias simple donde se utilizó la prueba de test de Wilcoxon con una significancia de 0,05 para conocer el combustible vegetal diferente. Para la vegetación herbácea y arbustiva se calcularon parámetros estructurales de la vegetación. El análisis estadístico se realizó en el software RStudio 4.2.2 (2022) y Excel.

6. Resultados

6.1. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico mediante un método de estimación directa

6.1.1. Composición florística del combustible vegetal vivo

En el páramo antrópico del PUFVC, se registró un total de 25 especies representadas en 13 familias botánicas, donde las familias Asteraceae y Ericaceae son las más diversas (Figura 3). La diversidad del páramo antrópico fue media de acuerdo al índice de Shannon (2,80) (Anexo 1).

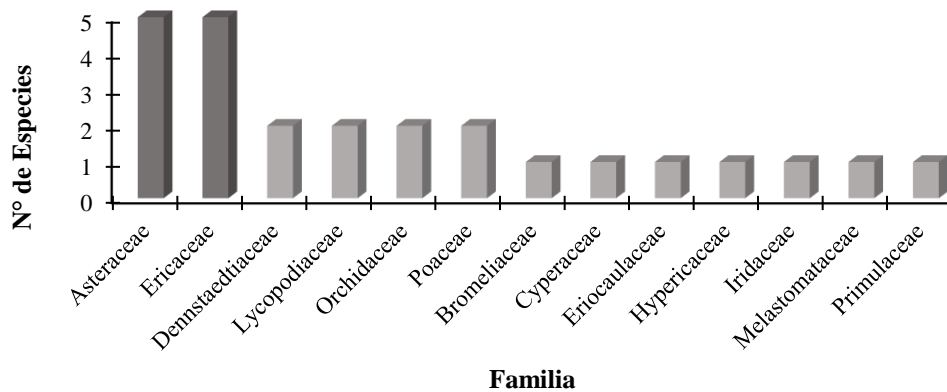


Figura 3. Familias botánicas presentes en el páramo antrópico del PUFVC.

El combustible herbáceo estuvo conformado 14 especies en 8 familias. Las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. (26,85 %), *Pteridium esculentum* (G.Forst.) Cockayne (16,10 %) y *Baccharis sagittalis* DC. (10,76 %) (Figura 4).

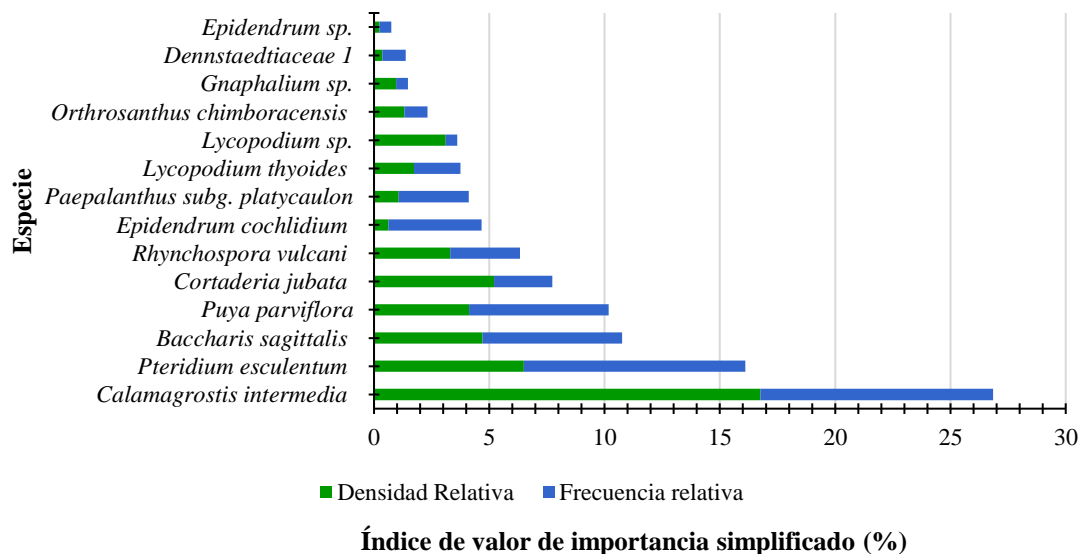


Figura 4. Índice de valor de importancia simplificado (IVI) de las especies herbáceas del páramo antrópico del PUFVC.

El combustible arbustivo estuvo conformado 11 especies en 5 familias. Las especies de mayor importancia ecológica fueron: *Baccharis latifolia* Pers. (18,02 %), *Hypericum laricifolium* Juss. (14,88 %), *Gynoxys nitida* Muschl. (13,78 %) y *Bejaria aestuans* Mutis (10,79 %) (Figura 5).

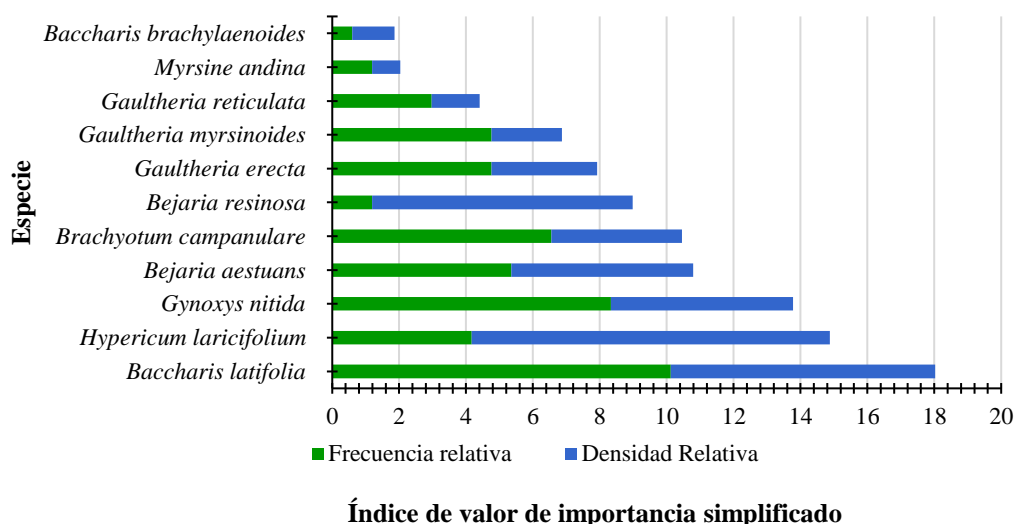


Figura 5. Índice de valor de importancia simplificado (IVI) de las especies arbustivas del páramo antrópico del PUFVC.

6.1.2. Carga del combustible vegetal presente en el páramo antrópico

La carga de combustible vegetal presente en el páramo antrópico fue de 8,2 t ha⁻¹, representada por el 47,2 % del combustible muerto, 40,1 % del combustible herbáceo y 12,7 % del combustible arbustivo. En la Tabla 7 se presenta las cargas de combustibles promedio para los arbustos, hierbas y combustible muerto.

Tabla 7. Carga media de combustibles vegetales presente en el páramo antrópico del PUFVC.

Tipo de combustible	N	Carga (t ha ⁻¹)	Error típico (t ha ⁻¹)
Muerto	20	3,87 a	±0,399
Herbáceo	20	3,29 a	±0,331
Arbustivo	20	1,04 b	±0,198

Las cargas o contenidos de los tipos de combustibles vegetales presentaron diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,0000003149$, $\alpha = 0,05$), siendo el combustible arbustivo el que se diferenció significativamente (Prueba de Wilcoxon, $p = 0,00013$, $\alpha = 0,05$) del resto con la menor carga (Figura 6).

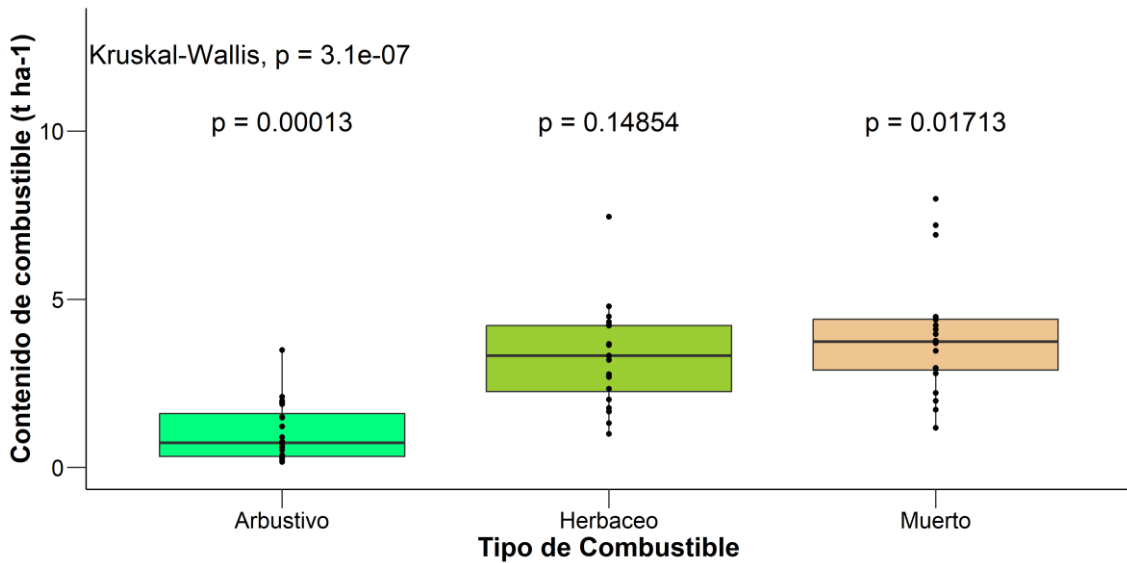


Figura 6. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC.

6.2. Inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio

6.2.1. Contenido de humedad del combustible vegetal

Las pruebas de inflamabilidad para el combustible vegetal presente en el páramo antrópico se realizaron con contenidos de humedad entre 20 a 56 %. En la Tabla 8 se presentan estadísticos descriptivos para el contenido de humedad, los mismos que mostraron diferencias significativas entre sí (Kruskal-Wallis, $p = 0,00000000495$, $\alpha = 0,05$).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos para el contenido de humedad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico de PUFVC.

Combustible	Contenido de humedad (%)	Error típico (\pm %)	Coefficiente de variación (%)
Muerto	20,113 a	3,113	69,29
Herbáceo	46,145 b	1,724	16,71
Arbustivo	55,004 c	1,142	9,28

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas.

6.2.2. Características de inflamabilidad del combustible vegetal

En la Tabla 9 se presenta por tipo de combustible vegetal las estadísticas descriptivas para las características de inflamabilidad como: Tiempo de ignición (TI), tiempo de sostenibilidad (TC), altura de la llama (FH) y combustibilidad (C).

Tabla 9. Estadísticas descriptivas de las características de inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC.

Combustible	Estadístico	TI (s)	TC (s)	FH (cm)	C (g/s)
Muerto	Promedio	4,85 ab	49,05 ac	50,7 a	0,099 a
	Error típico (\pm)	3,71	6,97	3,72	0,01
	Coefficiente de variación (%)	67,32	63,55	32,78	47,06
Arbustivo	Promedio	6,35 b	80,5 c	40,4 b	0,05 a
	Error típico (\pm)	0,73	5,92	2,38	0,004
	Coefficiente de variación (%)	51,16	32,86	26,36	33,45
Herbáceo	Promedio	4,1 a	40,65 b	66,05 c	0,11 b
	Error típico (\pm)	0,37	2,82	2,89	0,009
	Coefficiente de variación (%)	40,27	31,02	19,55	35,17

Nota: Letras diferentes indican diferencias significativas.

Para el tiempo de ignición, los combustibles vegetales mostraron valores entre 1 s a 15 s, donde el combustible herbáceo presentó el menor tiempo de ignición. Al comparar estos valores entre sí se encontraron diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,03939$, $\alpha = 0,05$), principalmente entre los combustibles arbustivos y herbáceos (Figura 7).

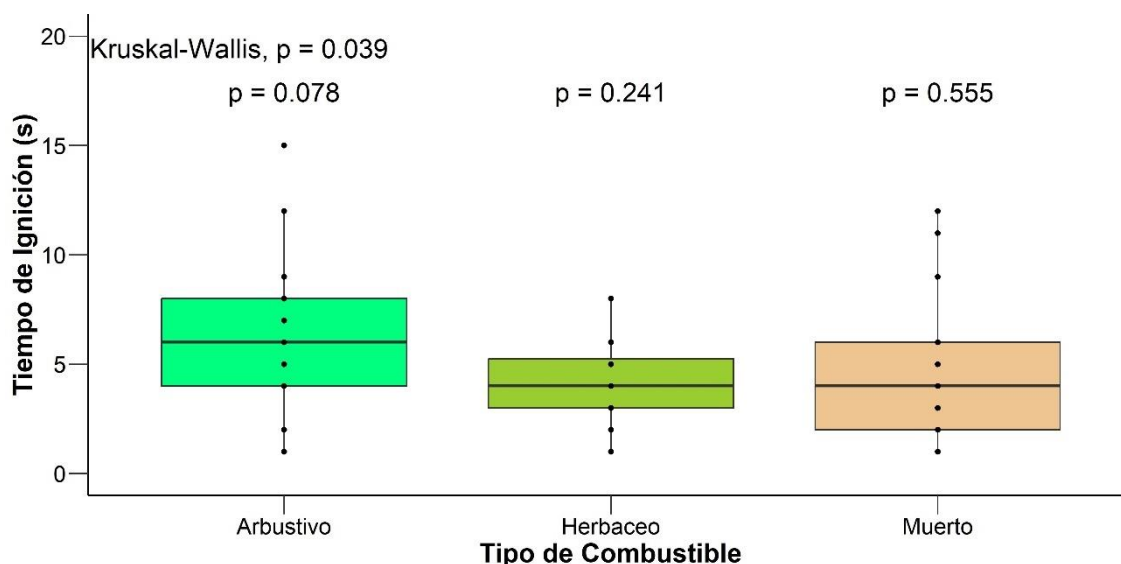


Figura 7. Distribución de valores del tiempo de ignición para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.

Para el tiempo de sostenibilidad, los combustibles vegetales mostraron valores entre 20 a 144 s, siendo estos diferentes estadísticamente (Kruskal-Wallis, $p = 0,000002151$, $\alpha = 0,05$). El combustible arbustivo fue el que se diferenció del resto con la mayor duración de la llama promedio (Figura 8).

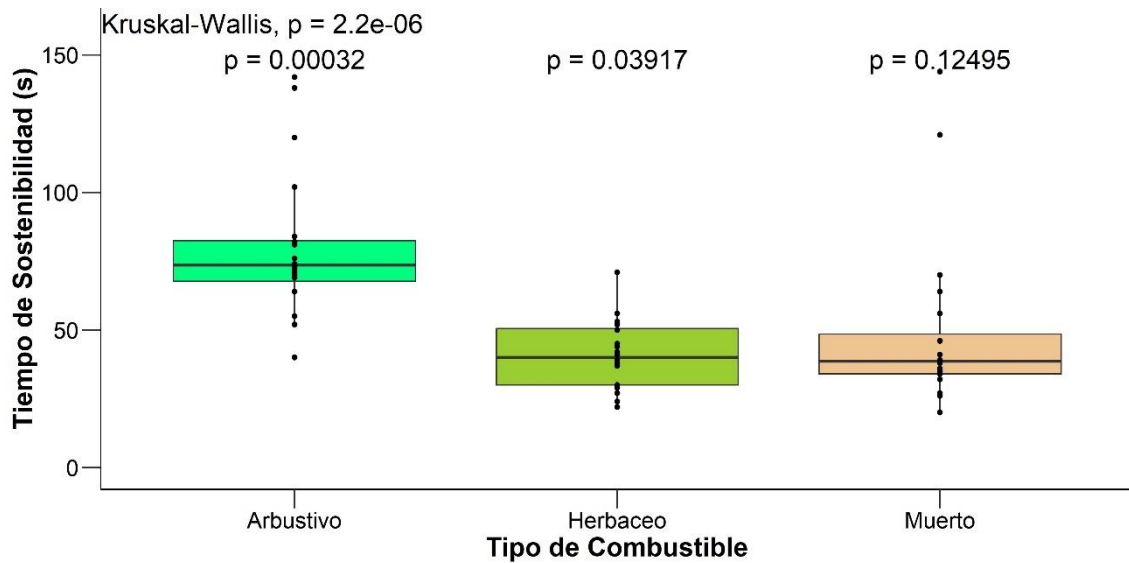


Figura 8. Distribución de valores del tiempo de sostenibilidad para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.

Para la altura de la llama, los combustibles vegetales mostraron valores entre 20 a 85 cm. Al comparar los promedios entre los tipos de combustibles se encontró diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis, $p = 0,000004717$, $\alpha = 0,05$), diferenciándose los tres tipos de combustibles (Figura 9).

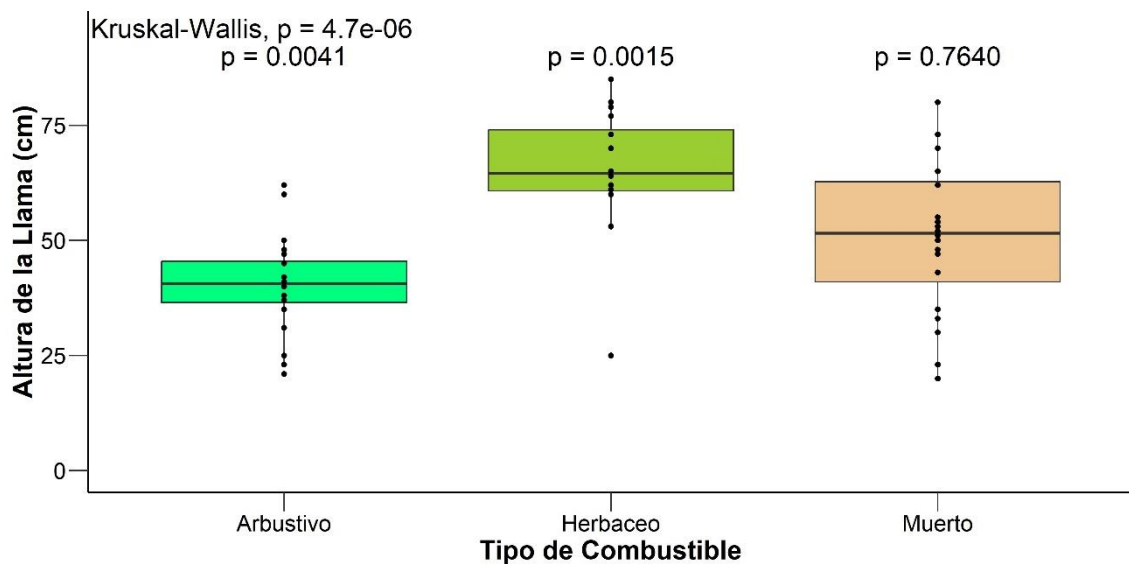


Figura 9. Distribución de valores de la altura de la llama para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.

Para la combustibilidad, los valores para los combustibles vegetales variaron entre 0,03 a 0,21 g/s, siendo estos estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis, $p = 0,00000554$, $\alpha = 0,05$). El combustible herbáceo y muerto, con los valores más altos, se diferenciaron del combustible arbustivo (Figura 10).

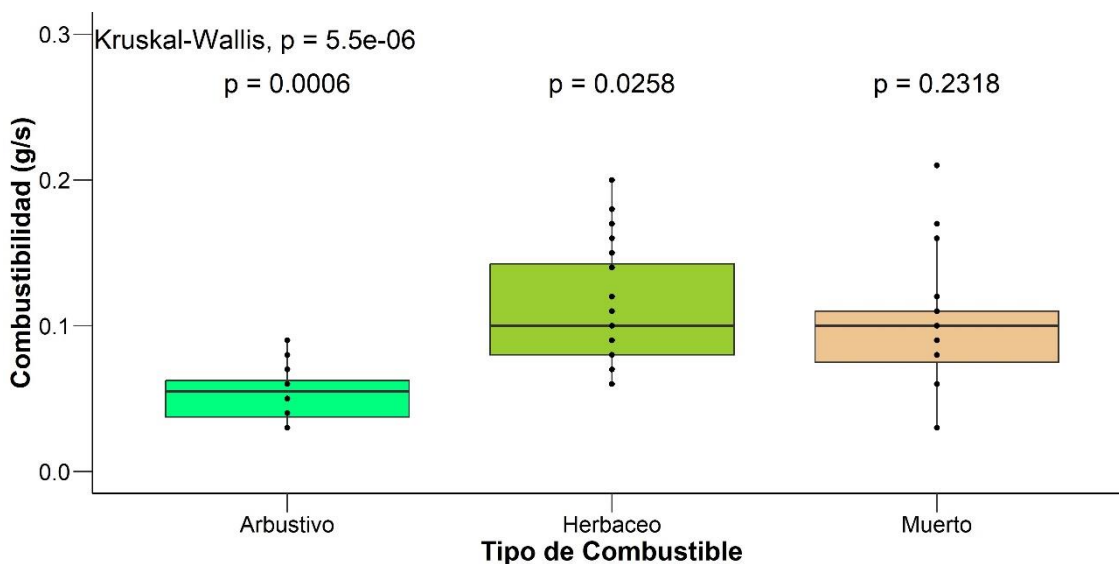


Figura 10. Distribución de valores de combustibilidad para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC.

6.2.3. Categoría de inflamabilidad de los combustibles vegetales

La categoría de inflamabilidad para los tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico se presenta en la Tabla 10. La categoría que se registró para los tres tipos de combustibles fue muy extremadamente.

Tabla 10. Índice y categoría de inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC.

Combustible	Índice de inflamabilidad	Categoría de inflamabilidad
Muerto	15,67	Muy extremadamente inflamable
Herbáceo	16,79	Muy extremadamente inflamable
Arbustivo	18,71	Muy extremadamente inflamable

7. Discusión

7.1. Contenido de combustible vegetal presente en el páramo antrópico mediante la estimación directa

7.1.1. Composición florística del combustible vegetal vivo

El combustible vegetal vivo presente en el área de muestreo del páramo antrópico del PUFVC, está constituido por 13 familias botánicas, y posee una diversidad media; donde las familias Asteraceae y Ericaceae son las más diversas. Estos resultados son similares a los reportados por Tillaguango-Pintado et al. (2023) para el páramo antrópico del PUFVC, quienes mencionan entre las familias más abundantes también a Ericaceae y Asteraceae. Por otra parte, en páramos herbáceos no intervenidos en el Parque Nacional Podocarpus y provincia de Chimborazo, Ayala et al. (2014) y Caranqui et al. (2016) respectivamente, reportan a las familias Asteraceae y Ericaceae dentro de las más representativas en este ecosistema.

En cuanto a la estructura del páramo antrópico del PUFVC, en especial en el área muestreada, las especies de mayor importancia ecológica, que constituyen los combustibles vegetales vivos, está dada por hierbas como: *Calamagrostis intermedia* (26,85 %) y *Pteridium esculentum* (16,10); y, los arbustos *Baccharis latifolia* (18,02 %), *Hypericum laricifolium* (14,88 %) y *Gynoxys nitida* (13,78 %). Estas especies, en especial *Calamagrostis intermedia* y *Baccharis latifolia*, también son reportadas en otros estudios (Tillaguango-Pintado et al., 2023; Caranqui-Aldaz et al., 2022; Cortez et al., 2021; Sarango-Cobos et al., 2019; Caranqui et al., 2016) como las de mayor importancia ecológica. Por lo tanto, el combustible vegetal del páramo antrópico está constituido y dominado por especies propias de los páramos del Ecuador, como es el caso de *Calamagrostis intermedia* (Romoleroux et al., 2019); además de especies típicas de ecosistemas degradados por incendios forestales como *Baccharis latifolia* (Aguirre-Mendoza et al., 2019) y especies del género *Pteridium* (Skrbic et al., 2020) que, por sus características de propagación y dispersión, logran establecerse en ecosistemas alterados.

7.1.2. Carga del combustible vegetal presente en el páramo antrópico

La carga de combustible vegetal (vivo y muerto) presente en el área muestreada del páramo antrópico del PUFVC es de 8,2 t ha⁻¹, siendo el 52,8 % material vivo y 47,2 % combustible muerto. Esta representatividad de los combustibles vivos y muertos con respecto al total, es similar a lo registrado por Urgiles et al. (2018) en páramos no

intervenidos del Parque Nacional Podocarpus donde el combustible vivo es el de mayor representatividad (63 %).

Considerando los estratos que conforman el combustible vivo registrado para el páramo antrópico del PUFVC, el herbáceo aporta con el 40,1 % y el arbustivo con el 12,7 %. De igual manera, en páramos intervenidos de Colombia la producción de combustible arbustivo (13,87 %) es menor a la producción de combustible herbáceo (86,13 %) (Torres, et al., 2012), lo que demuestra que en páramos intervenidos los combustibles vegetales vivos están representados principalmente por hierbas. Esta dominancia del estrato herbáceo en los páramos está relacionada también con la altitud, pues, a partir de los 3 000 a 3 500 m s.n.m la vegetación está dominada en su mayoría por pastizales (Kessler, 2006).

En relación con la carga o contenido de combustible vegetal vivo reportado para los páramos se conoce una alta variabilidad. Por ejemplo, en páramos intervenidos como el caso del PUFVC y en Colombia (Torres et al., 2012), se reportan valores que oscilan entre 3,46 a 7,62 t ha⁻¹; mientras que, en páramos conservados del Parque Nacional Podocarpus y Sangay el contenido de combustible es de 9,35 t ha⁻¹ (Urgiles et al., 2018) y 13,1 t ha⁻¹ respectivamente (Cargua et al., 2014). Esta variabilidad en la carga de combustible, identificada en páramos intervenidos y conservados, ratifica que el contenido o carga de combustible está influenciado por una serie de factores, siendo uno de ellos la incidencia de los incendios forestales.

Por otra parte, comparando el contenido de combustible muerto obtenido para el páramo antrópico del PUFVC, que es de 3,87 t ha⁻¹, resulta inferior al determinado para páramos conservados del Parque Nacional Podocarpus con 5,42 t ha⁻¹ de necromasa (Urgiles et al., 2018) y Sangay con 112,16 t ha⁻¹ de hojarasca (Cargua et al., 2014). El combustible muerto del páramo antrópico del PUFVC en el área muestreada es el componente que más aporta al contenido total de combustible, lo cual podría obedecer a las afectaciones que ha sufrido el PUFVC, como el incendio forestal ocurrido en el año 2017. Esto sin duda, ha dado paso al establecimiento de especies pioneras invasivas como *Baccharis latifolia* (Aguirre-Mendoza et al., 2019) y especies del género *Pteridium*, principalmente esta última que se caracteriza por aportar cantidades importantes de biomasa muerta (Valdez-Ramírez et al., 2020).

7.2. Inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico bajo condiciones de laboratorio

7.2.1. Contenido de humedad del combustible vegetal

El contenido de humedad es una característica importante de los combustibles pues esta influye de manera directa en la ignición y propagación del fuego, además, determina la medida en la que se puede llegar a consumir un combustible (Kane y Prat-Guitart, 2018).

Las pruebas de inflamabilidad para el combustible vegetal presente en el páramo antrópico se realizaron con contenidos de humedad entre 20 a 56 %; datos similares a los de Muñoz-Chamba et al. (2023) quienes registran un contenido de humedad de 27,21 a 53,64 % en combustibles arbóreos, sin embargo, son menores a los obtenidos por Coronel et al. (2024) quienes determinan valores entre 60,62 a 71,38 % en combustible arbustivo. Por lo tanto, el combustible vegetal presente en el páramo antrópico tendría mayor susceptibilidad a la ignición debido a su cercanía al límite de humedad requerida para la ignición, misma que es de 25 % de acuerdo a Wong et al. (2007).

Por otra parte, estos valores permiten expresar la alta variabilidad en el contenido de humedad de los combustibles vegetales, lo que puede estar influenciado por las características de las especies, condiciones climáticas, densidad, edad y tipo de ecosistemas (Baeza et al, 2000; Soriano et al., 2004; Rosales-Solórzano, 2019; Alzate-Guarín, et al., 2022; Zylstra et al., 2016).

7.2.2. Características de inflamabilidad del combustible vegetal

El tiempo de ignición o tiempo en el que aparece la llama para los combustibles vegetales del páramo antrópico fue menor a los 15 segundos, con un mínimo de uno y máximo de quince. Por tipo de combustible, el herbáceo (4,1 s) y muerto (4,85 s) fueron los que generaron llama más rápido, lo que es ratificado por Burger y Bond (2015) quienes mencionan que estos combustibles entran en ignición con mayor rapidez porque están constituidos principalmente por material fino y ligero. En el caso del combustible arbustivo, la llama apareció en promedio a los 6,35 segundos, resultado similar a lo obtenido por Coronel et al. (2024) para especies representativas del matorral andino con valores entre 6 y 14 segundos.

Los valores del tiempo de ignición obtenidos para el combustible vegetal presente en el páramo antrópico pueden ser considerados como rápidos, siendo esto una respuesta

a las especies que constituyen los combustibles. Por ejemplo, las familias Ericaceae y Asteraceae son las más representativas en este ecosistema, y también se caracterizan por poseer compuestos químicos y fenólicos mismos que favorecen la inflamabilidad, lo cual es ratificado por Guerrero et al. (2021) y Arancibia (2021) quienes mencionan que los combustibles con presencia de fenoles y aceites esenciales tienden a mostrar llama en tiempos menores. Además, en diferentes especies de la familia Ericaceae se registran compuestos químicos, pertenecientes al grupo de los terpenos y al grupo de los compuestos aromáticos derivados del fenilpropano (Pandey et al., 2017; Kiran y Prakash, 2015; Mitic et al., 2018; Matulevich y Gil, 2014); y, la familia Asteraceae con una gran importancia fitoquímica cuenta con estructuras que producen y secretan diferentes compuestos químicos entre los cuales destacan los pécticos, lipídicos, taninos y esteroidales (Fahn y Cutler, 1992; Tosoratto et al., 2016; Hoyos, 2018), los mismos que aceleran los tiempos de ignición, como el caso del fenilpropano que es inflamable a los 30 °C.

En cuanto a la sostenibilidad del combustible vegetal del páramo antrópico, entendida como el tiempo en que un combustible es capaz de mantenerse en combustión y producir llama (Neri et al., 2009; Behm et al., 2004; Anderson, 1970), estuvo comprendida entre 20 a 144 segundos, siendo el combustible arbustivo el que mostró mayor duración de la llama (80,5 s), datos 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 reportan tiempos de sostenibilidad extremadamente elevados entre 487 a 1 880 s. Estos valores demuestran una alta variabilidad en la sostenibilidad, lo que podría obedecer a los métodos utilizados, la cantidad de material vegetal, tipo de especies, y tamaño del combustible. Además, se puede inferir que la sostenibilidad que presenta el combustible arbustivo del páramo antrópico puede ocasionar que otros combustibles entren en ignición.

La altura de llama de los combustibles vegetales estuvo comprendida entre 20 a 85 centímetros, siendo el combustible herbáceo el de mayor altura de llama (66,05 cm). Estos datos son superiores a los obtenidos por Muñoz-Chamba et al. (2023) quienes registran entre 14,64 hasta 18,42 cm, sin embargo, son inferiores en comparación a los obtenidos por Magalhães y Schwilk, (2012); además los datos obtenidos se encuentran dentro del rango de altura de llama registrado por Ormeño et al. (2009) y Coronel et al. (2024). La variabilidad en la altura de llama de los combustibles puede

estar influenciado por la disponibilidad, edad y características propias de los combustibles (Hobbs y Gimingham, 1984). El combustible herbáceo muestra mayor altura de llama lo que puede estar influenciado por el tamaño de hoja, lo que es corroborado por Popović et al. (2021) quienes mencionan que las hojas gruesas y pequeñas provocan que la altura de llama sea intermedia (estrato arbustivo), mientras que las hojas finas y grandes inducen a que la llama sea alta (estrato herbáceo).

La combustibilidad, velocidad con la que arde el combustible después de entrar en ignición (Anderson et al. 1970; White y Zipperer, 2010; Duane et al., 2019), es una característica que se encuentra directamente relacionada con el contenido de humedad, así como la estructura de las especies que conforma el combustible vegetal (Kane y Prat-Guitart, 2018; Hobbs y Gimingham, 1984). Para el páramo antrópico, la combustibilidad del material vegetal (herbáceo, arbustivo y muerto) estuvo comprendida entre 0,03 a 0,21 g/s, siendo el combustible herbáceo el que registró mayor consumo del material. En especies como *Calamagostris intermedia*, *Baccharis sagittalis* y *Pteridium esculentum* se observó el consumo total del material, mientras que en el caso de *Puya parviflora* mostró mayor resistencia en la roseta de la planta. Al comparar estos resultados con otros estudios se evidencia la variabilidad de datos en esta característica, por ejemplo, son similares a los obtenidos por Coronel et al. (2024) para el combustible arbustivo del matorral andino del PUFVC; menores a los reportados por Ormeño et al. (2009) para combustible muerto y superiores a los registrados por Muñoz-Chamba et al. (2023) para combustible arbóreo del bosque andino del PUFVC.

7.2.3. Categoría de inflamabilidad del combustible vegetal

La categoría de inflamabilidad registrada para los combustibles vegetales (arbustivo, herbáceo y muerto) del páramo antrópico fue muy extremadamente inflamable lo que permite inferir que el páramo antrópico del PUFVC es un ecosistema altamente inflamable.

Estos resultados podrían complementar la categoría de régimen del fuego bajo el cual se clasifican los páramos, los mismo que han sido considerados como ecosistemas dependientes del fuego, el cual este tiene un rol importante en el mantenimiento de la diversidad y riqueza de las especies (Keating, 2007). Por otra parte, Armenteras et al. (2020) mencionan que también se han clasificado a los páramos como ecosistemas sensibles al fuego principalmente por las transformaciones que han sufrido, debido a las

cuales se presentan amplios procesos de sabanización, aridización y desertización; afectando la interfase páramo bosque (Ramsay, 2014).

En este sentido, se tiene diferentes visiones sobre la clasificación de los páramos con respecto al régimen del fuego; siendo el páramo antrópico un ecosistema sensible al fuego, debido a los diferentes incendios forestales ocurridos en el sitio, mismos que han ocasionado cambios en la composición y estructura vegetal, incrementando la aparición de especies invasoras (Sarango-Cobos, et al., 2019; Tillaguango-Pintado et al., 2023). Entre tanto, estos procesos atraen la aparición de especies leñosas, mismas que amenaza la alta diversidad y endemismo (Matson y Bart, 2013); además de especies altamente inflamables (Barrera-Cataño et al., 2002); afecciones a las propiedades del suelo, incrementando los valores de pH, disminución en la concentración de nutrientes y pérdida de materia orgánica (Beltrán-Pineda y Lizarazo-Forero, 2013; Camargo-García, et al., 2012).

8. Conclusiones

En el área muestreada del páramo antrópico del PUFVC, el combustible vegetal vivo está constituido por varias especies, con una riqueza específica de 25, entre hierbas y arbustos, correspondientes a 13 familias botánicas, siendo Asteraceae y Ericaceae las más diversas. En cuanto a especies, *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud. y *Baccharis latifolia* Pers. son las más representativas y corresponden al componente herbáceo y arbustivo respectivamente.

El combustible vegetal (vivo y muerto) presente en el páramo antrópico cuenta con una carga de 8,2 t ha⁻¹, representada en su mayoría por el combustible muerto y herbáceo con el 87,3 %; y en menor medida por el combustible arbustivo con el 12,7 %, constituyendo estos valores en las bases para futuros monitoreos y gestión adecuada de los combustibles para el manejo integral del fuego.

Las pruebas de inflamabilidad para el combustible vegetal presente en el páramo antrópico se realizaron con contenidos de humedad entre 20 a 56 %. Los mismos que presentaron variabilidad en los valores obtenidos, con diferencias significativas, lo cual se deben esencialmente a la presencia de las especies que componen cada tipo de combustible y sus diversas características.

Las características de inflamabilidad para los tres tipos de combustibles (herbáceo, arbustivo y muerto) presentes en el páramo antrópico del PUFVC mostraron diferencias significativas, con una variedad de respuesta en cuanto al tiempo de ignición, sostenibilidad, altura de las llama y combustibilidad, mostrando siempre una similitud entre los combustibles herbáceos y muertos, con excepción de la sostenibilidad. Estos valores sugieren complementar los estudios de las características de inflamabilidad considerando el tipo de especie, composición química, forma y tamaño de los combustibles.

La categoría de inflamabilidad dominante en los tres tipos de combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico del PUFVC fue muy extremadamente inflamable, por lo cual se puede inferir que el páramo antrópico es un ecosistema susceptible ante la ocurrencia de un incendio forestal.

9. Recomendaciones

Investigar la dinámica de los combustibles vegetales (vivos y muerto), teniendo en cuenta que el páramo antrópico es un ecosistema que se encuentra en un estado de recuperación y es susceptible a incendios forestales, por lo cual se podría evidenciar los cambios que existen en los combustibles vegetales a través del tiempo.

Realizar un estudio sobre la caracterización de los combustibles vegetales presentes en el páramo antrópico, considerando otras variables como: la disposición, continuidad horizontal y vertical, tiempo de retardo, tamaño, compactación y densidad de los combustibles vegetales.

Conocer si existe influencia o relación de variables ambientales (viento, precipitación, pendiente, etc.) en la carga o contenido de los combustibles.

Calcular la inflamabilidad a nivel de especies vegetales que conforman el páramo antrópico, en especial para especies de la familia Asteraceae, Ericaceae y Poaceae, debido a que en las pruebas realizadas para el combustible vegetal se pudo evidenciar comportamientos singulares en algunas muestras de combustible.

10. Bibliografía

- Aguirre-Mendoza Z., Jaramillo-Díaz N. y Quizhpe-Coronel W. (2019). *Arvenses asociadas a cultivos y pastizales del Ecuador*. Universidad Nacional de Loja.
- Aguirre, Z., y Yaguana, C. (2014). *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, 30.
- Aguirre, Z., Reategui, J., y Eras, V. (2016). Dinámica de crecimiento de las especies leñosas en una parcela permanente de bosque seco en Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 23(1), 235-246.
- 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/10.1590/2236-8906-49/2021>
- Anderson, H. (1970). Forest fuel ignitibility. *Fire technology* 6: 312-319.
- Arancibia, P. (2021). *Proyecto analiza la inflamabilidad de especies nativas de los bosques chilenos*. Universidad técnica Federico Santa Maria. <https://noticias.usm.cl/2021/07/28/proyecto-analiza-la-inflamabilidad-de-especies-nativas-de-los-bosques-chilenos/>
- Armenteras, D., González, T., Vargas, O., Meza, M., y Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, 42(1), 1-16.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre-Mendoza, Z., y Aguirre-Mendoza, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1). <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/237>
- Baeza, M., Raventós, J., Escarré, 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, 199-210.
- Barrera-Cataño, J., Ríos-Alzate, H., y Pinzón-Osorio, C. (2002). Planteamiento de la propuesta de restauración ecológica de áreas afectadas por el fuego y/o invadidas por el relamo espinoso (*Ulex europaeus* L.) en los cerros de Bogotá DC. *Perez-Arbelaezia*, (13), 55-71.
- Behm, A., Long, A., Monroe, M., Randall, C., Zipperer, W., y Hermansen-Baez, L. (2004). Fire in the Wildland-Urban Interface: Preparing a Firewise Plant List for WUI Residents: CIR 1453/FR151, 7/2004. *EDIS* (15).

- Beltrán-Pineda, M., y Lizarazo-Forero, L. (2013). Grupos funcionales de microorganismos en suelos de páramo perturbados por incendios forestales. *Revista de Ciencias*, 17(2): 121-136.
- Beutling, A., Batista, A., Soares, R. y Vitorino, M. (2006). Characterization and modeling of forest fuels in *Araucaria angustifolia* plantations. *Forest Ecology and Management*, 234: S238. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.267>
- Bond, W., Woodward, F., y Midgley, G. (2005), The global distribution of ecosystems in a world without fire. *New Phytologist*, 165: 525-538. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01252.x>
- 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.
- Camargo-García, J., Dossman, M., Rodríguez, J., Arias, L., y Galvis-Quintero, J. (2012). Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia. *Acta Agronómica*, 61(2), 151-165.
- Caranqui, J., Lozano, P., y Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(1), 33-45.
- Caranqui-Aldaz, J., Erazo-Sandoval, N., Guilcapi-Pacheco, E., y Noboa-Silva, V. (2022). Estudio de vegetación asociada de *Vaccinium floribundum* Kunth en una localidad de páramo y de bosque montano alto perturbado en la provincia de Chimborazo. *Polo del Conocimiento*, 7(5), 648-660.
- Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., y Vinuesa, L. (2014). Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozoguche Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información tecnológica*, 25(3), 83-92. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>
- Cochrane, M. (2009). *Tropical fire ecology: climate change, land use, and ecosystem dynamics* (pp. 25-62). Berlin: Springer.
- Código Orgánico del Ambiente [COA]. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 507 de 12-jun.*
- 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>

- Cortez, S., Murillo, R., y Robalino, D. (2021). Ecosystem Services Linked to Water and Plant Diversity in the Igualata Paramo of Hualcanga Region. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 1221-1235.
- Crespo, G. (2013). El reciclaje de nutrientes y su impacto en sistemas ganaderos en el occidente de Cuba. *Instituto de Ciencia Animal*, 213.
- Crespo, G. (2015). *Factores que influyen en el reciclaje de los nutrientes en el ecosistema de pastizal permanente y avances en el desarrollo de su modelación*. <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/factores-influyen-reciclaje-nutrientes-t32776.htm>
- Davies, S. y Unam, L. (1999). Smoke-haze from the 1997 Indonesian forest fires: effects on pollution levels, local climate, atmospheric CO₂ concentrations, and tree photosynthesis. *Forest Ecology and Management*, 124, 137-144.
- 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>
- Duane, A., Brotons, L., Lerner, M., Fernández, M., Vila, B., Chacón-Labela, J., Pescador, D., y Lloret, F. (2019). *Análisis de escenarios, a corto y medio plazo, del riesgo de afección por incendios forestales para al menos veinticinco tipos de hábitat de bosque y matorral*.
- Fahn, A., y Cutler, D. (1992). Xerophytes. *Handbuch der Pflanzenanatomie XIII*, 3. Gebruder Borntraeger, Berlín.
- Flores-Garnica, J., Wong-González, J., y Paz-Pellat, F. (2018). Camas de combustibles forestales y carbono en México. *Madera y bosques*, 24 (spe), e2401893. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401893>
- Fuentes, N., Sánchez, P., Pauchard, A., Urrutia, J., Cavieres, L., y Marticorena, A. (2014). *Plantas Invasoras del Centro-Sur de Chile: una Guía de Campo*. Laboratorio de Invasiones biológicas (LIB).
- Garrido, R., Carreira, R., y Iglesias, R. (2016). *Defensa y prevención de incendios forestales*. SINTESIS.
- Goudsblom, J. (1992). *Fuego y civilización*. Andres bello.
- Guerrero, F., Hernández, C., Toledo, M., Espinoza, L., Yulian, C., Arriaga, A., Muñoz, A., Taborga, L., Bergmann, J., y Carmona, C. (2021). Leaf Thermal and Chemical Properties as Natural Drivers of Plant Flammability of Native and Exotic Tree

- Species of the Valparaíso Region, Chile. *Journal of Environmental Reserach and Public Health.*, 18(13), 7191. <https://doi.org/10.3390/ijerph18137191>
- Hachmi, M., Sesbou, A., Benjelloun, H., El Handouz, N., y Bouanane, F. (2011). A Simple Technique to Estimate the Flammability Index of Moroccan Forest Fuels. *Journal of Combustion.* <https://doi.org/10.1155/2011/263531>
- Hobbs, R., y Gimingham, C. (1984). Studies on Fire in Scottish Heathland Communities II. *Post-Fire Vegetation Development on JSTOR.*
- Hoyos, Y. (2008). *Diseño de una formulación de aplicación tópica a base de Baccharis latifolia (Chilca), con efecto antiinflamatorio* [Tesis para obtener título de Químico Farmaceutico. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú].
- Janzen, D. (2002). Tropical dry forest: Área de Conservación Guanacaste, northwestern Costa Rica. In M. Perrow, A. J. Davy (Eds.), *Handbook of Ecological Restoration* (Vol. II, pp. 559–583). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Juárez, S., y Cano, Z. (2007). El cuarto elemento y los seres vivos. *Ecología del fuego. Ciencias*, (085).
- Kane, J. y Prat-Guitart, N. (2018). *Fuel Moisture.* https://doi.org/10.1007/978-3-319-51727-8_115-1
- Keating, P. (2007). Fire ecology and conservation in the high tropical Andes: observations from northern Ecuador. *Journal of Latin American Geography*, 6(1) 43-62.
- Kessler, M. (2006). Bosques de Polylepis. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 11, 110-120.
- Kiran, S., y Prakash, B. (2015). Assessment of Toxicity, Antifeedant Activity, and Biochemical Responses in Stored-Grain Insects Exposed to Lethal and Sublethal Doses of *Gaultheria procumbens* L. Essential Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(48), 10518–10524. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03797>
- López, J. (2012). Percepción social del fuego forestal y su ecología: la necesidad de un cambio de orientación. *Foresta*, 56, 46-55.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2015). *Prevención y control de incendios una prioridad nacional.* <https://www.ambiente.gob.ec/prevencion-y-control-de-incendios-una-prioridad-nacional/>

- Magalhães, R., y Schwilk, D. (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>
- Martin, R., Gordon, D., Gutierrez, M., Lee, D., Molina Terrén, D., Schroeder, R., Sapsis, D., Stephens, S., y Chambers, M. (1994). "Assessing the flammability of domestic and wildland vegetation," in *Proceeding of the 12th Conference on Fire and Forest Meteorology*, pp. 130–137, Jekyll Island, Ga, USA.
- Martínez, L., Ramos, M., Castillo, I., Bonilla, M., Sotolongo, R. (2004). Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de *P. tropicalis* Morelet., en Cuba. *Revista Chapingo*, X(1), 31-37
- Martínez, J., Rodríguez-Trejo, D., Borja-de la Rosa, M., Amparo, M., y Rodríguez Yam, G. (2018). Propiedades físicas y dinámica de los combustibles forestales en un bosque de encino. *Madera y bosques*, 24(2).
- Matulevich Peláez, J., y Gil, E. (2014). Aceite esencial de hojas de *Bejaria resinosa* (Ericaceae). *Univesidad Militar Nueva Granada*, 10(2), 204–209.
- Matson, E., y Bart, D. (2013). Interactions among fire legacies, grazing and topography predict shrub encroachment in post-agricultural páramo. *Landscape Ecology*, 28, 1829-1840.
- Mitic, V., Ilic, M., Stankov-Jovanovic, V., Stojanovic, G., y Dimitrijevic, M. (2018). Essential oil composition of *Erica spiculifolia* Salisb - first report. *Natural Product Research*, 32(2), 222–224. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1340287>
- Mota, L. (2006). Modelagem de combustiveis florestais no Parque Nacional do Iguacu, Paraná, Brasil. *Floresta Curitiba*. 36: 3
- Muñoz-Chamba, L., Vele-Yauri, Y., Muñoz, J. y Aguirre, Z. (2023). Inflamabilidad de especies forestales representativas del bosque andino bajo condiciones de laboratorio. *Bosques Latitud Cero*, 13(2): 56 - 69.
- Myers, R. (2006). *Convivir con el fuego: manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el manejo integral del fuego* (No. C043. 008). The Nature Conservancy.
- 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
- Nava, L., y Jardel, E. (2020). Manual de prevención física de incendios forestales (7 ed.). Jalisco, México. https://prevenciondeincendios.jalisco.gob.mx/descarga/Manual_de_preencion_fisica_de_incendios_forestales.pdf
- Neger, C. (2021). *Causas antrópicas de los incendios forestales en la sierra de los Tuxtlas, México*. Edgar Serna M.(Editor), 376. https://www.researchgate.net/publication/353756512_Causas_antropicas_de_los_incendios_forestales_en_la_sierra_de_los_Tuxtlas_Mexico
- Neri, A., Rodríguez, D., y Contreras, R. (2009). Inflamabilidad de combustibles forestales en las selvas de Calakmul, Campeche. *Universidad y ciencia*, 25(2), 121-132.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO]. (2002). Unasylva - No. 209 - Diversidad biológica forestal. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*. <https://www.fao.org/3/y3582s/y3582s00.htm#TopOfPage>
- Ormeño, E., Céspedes, B., Sánchez, I., Velasco-García, A., Moreno, J., Fernandez, C., y Baldy, V. (2009). The relationship between terpenes and flammability of leaf litter. *Forest Ecology and Management*, 257(2), 471-482.
- 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>
- Pandey, B., Thapa, R., y Upreti, A. (2017). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oil and methanol extract of *Artemisia vulgaris* and *Gaultheria fragrantissima* collected from Nepal. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10(10), 952–959. <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2017.09.005>
- Popović, Z., Bojović, S., Marković, M., y Cerdà, A. (2021). Tree species flammability based on plant traits: A synthesis. *Science of The Total Environment*, 800, 149625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149625>
- Plana, E., Font, M., y Serra, M. (2016). *Los incendios forestales, guía para comunicadores y periodistas*. Proyecto eFIRECOM. Ediciones CTFC. 32pp

- Pyne, S. (1999). *Fuego sobre la tierra introducción a su historia*. BAEZA. <https://dspace.unia.es/bitstream/handle/10334/2310/365-382Pyne.pdf?sequence=3>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Ramsay, P. (2014). Giant rosette plant morphology as an indicator of recent fire history in Andean páramo grasslands. *Ecological indicators*, 45, 37-44.
- Ramos, M. (2010). *Manejo de fuego*. Editorial Félix Varela.
- Romoleroux, K., Cárate-Tandalla, D., Erler, R., y Navarrete, H. (2019). *Calamagrostis intermedia*. En *Plantas vasculares de los bosques de Polylepis en los páramos de Oyacachi*. BIOWEB. <https://bioweb.bio/floraweb/polylepis/FichaEspecie/Calamagrostis%20intermedia>
- 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>
- Sandberg, D., Ottmar, R., y Cushon, G. (2001). Characterizing fuels in the 21st century. *International Journal of Wildland Fire*, 10(3 and 4), 381–387. doi: 10.1071/WF01036
- Sarango-Cobos, J., Muñoz, J., Muñoz-Chamba, L., y Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101-114.
- Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR]. (2019). *Incendios forestales*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/incendios-forestales/>
- Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR]. (2021). *Informe de Situación No. 22 de Incendios Forestales a nivel Nacional*. https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/SITREP-No-22-Incendios_Forestales-12102021.pdf
- Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR]. (2022). *Informe de Situación No. 10 de Incendios Forestales a nivel Nacional 2022*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2022/10/SITREP-No-10-Incendios-Forestales-01012022-a-31102022.pdf

- Secretaría de Gestión de Riesgos [SGR]. (2023). *SitRep No. 49 – Incendios Forestales*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/SITREP-Nro.-49-Incendios-Forestales-01012023-al-13102023.pdf>
- Skrbic, N., Pedersen, A., Christensen, S., Hansen, H., y Rasmussen, L. (2020). A Novel Method for Determination of the Natural Toxin Ptaquiloside in Ground and Drinking Water. *Water*, 12(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/w12102852>
- Soriano, M., Lloret, I., Ollero, M., y Pons, V. (2004). Relación entre las variables climáticas y el contenido de humedad de los suelos bajo diferentes especies vegetales aromáticas. In *El agua y el clima: L'agua i el clima:(conferencias invitadas al III Congreso de la AEC)* (pp. 587-594). Asociación Española de Climatología.
- The Nature Conservancy [TNC]. (2004). *El fuego, los ecosistemas y la gente: Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación*. The Nature Conservancy. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego. 3 p.
- Tillaguango-Pintado, J., Muñoz-Chamba, L., Muñoz, J., y Aguirre, Z. (2023). Caracterización poblacional de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon y su vegetación asociada al páramo antrópico del sur del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 20(47), 16-25.
- Torres, A., Peña, E., Zúñiga, O., y Peña, J. (2012). Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(1), 132-142.
- Tosoratto, N., Cosa, M., y Delbón, N. (2016). Morfoanatomía e histoquímica de cuatro Asteraceae nativas del Bosque Chaqueño Serrano (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 51(4), 613-622.
- 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>
- Urgiles, N., Cofre, D., Loján, P., Maita, J., y Báez, S. (2018). Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador. *Bosque Latitud Cero*, 8(1), 44-56.

- Valdez-Ramírez, C., Levy-Tacher, S., León-Martínez, N., Navarrete-Gutiérrez, D., y Ortiz-Ceballos, Á. (2020). Cambios químicos y biológicos del suelo provocados por *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en áreas de influencia de la reserva de la biosfera de Calakmul, Campeche. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 289–300. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.464>
- Villers, M. (2006). *Incendios forestales*. Ciencias. Universidad Autónoma de México.
- White, R., y Zipperer, W. (2010). Testing and classification of individual plants for fire behaviour: Plant selection for the wildland-urban interface. *International Journal of Wildland Fire*, 19, 213–227
- 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.
- Zavala, M., Espelta, J., y Retana, J. (2000). Constraints and trade-offs in Mediterranean plant communities: the case of holm oak-Aleppo pine forests. *The Botanical Review*, 66, 119-149.
- Zylstra, P., Bradstock, R., Bedward, M., Penman, T., Doherty, M., Weber, R., Gill, A., y Cary, G. (2016). Biophysical Mechanistic Modelling Quantifies the Effects of Plant Traits on Fire Severity: Species, Not Surface Fuel Loads, Determine Flame Dimensions in Eucalypt Forests. *PloS One*, 11(8), e0160715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160715>

11. Anexos

Anexo 1. Cálculo del índice de diversidad de Shannon para el páramo antrópico.

Especie	Cobertura	Pi	Pi*lnPi
<i>Baccharis sagittalis</i> DC.	19.67	0.06	-0.17
<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine ex Carrière) Stapf	21.80	0.07	-0.18
<i>Epidendrum cochlidium</i> Lindl.	2.63	0.01	-0.04
<i>Gnaphalium</i> sp.	4.00	0.01	-0.05
Dennstaedtiaceae 1	1.50	0.00	-0.02
<i>Lycopodium</i> sp.	13.00	0.04	-0.13
<i>Lycopodium thyoides</i> Willd.	7.25	0.02	-0.08
<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> Baker	5.50	0.02	-0.07
<i>Paepalanthus</i> subg. <i>Platycaulon</i>	4.50	0.01	-0.06
<i>Pteridium esculentum</i> (G.Forst.) Cockayne	27.21	0.08	-0.21
<i>Puya parviflora</i> L.B.Sm.	17.25	0.05	-0.15
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler	13.83	0.04	-0.13
<i>Epidendrum</i> sp.	1.00	0.00	-0.02
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	70.10	0.21	-0.33
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	3.00	0.01	-0.04
<i>Baccharis latifolia</i> Pers.	18.76	0.06	-0.16
<i>Bejaria aestuans</i> Mutis	12.89	0.04	-0.13
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L.f.	18.50	0.06	-0.16
<i>Brachyotum campanulare</i> Triana	9.27	0.03	-0.10
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	7.50	0.02	-0.09
<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	5.00	0.02	-0.06
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	3.40	0.01	-0.05
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl.	12.93	0.04	-0.13
<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	25.43	0.08	-0.20
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2.00	0.01	-0.03
Suma total	327.92	1.00	-2.80
			-1
Índice de diversidad de Shannon			2.80

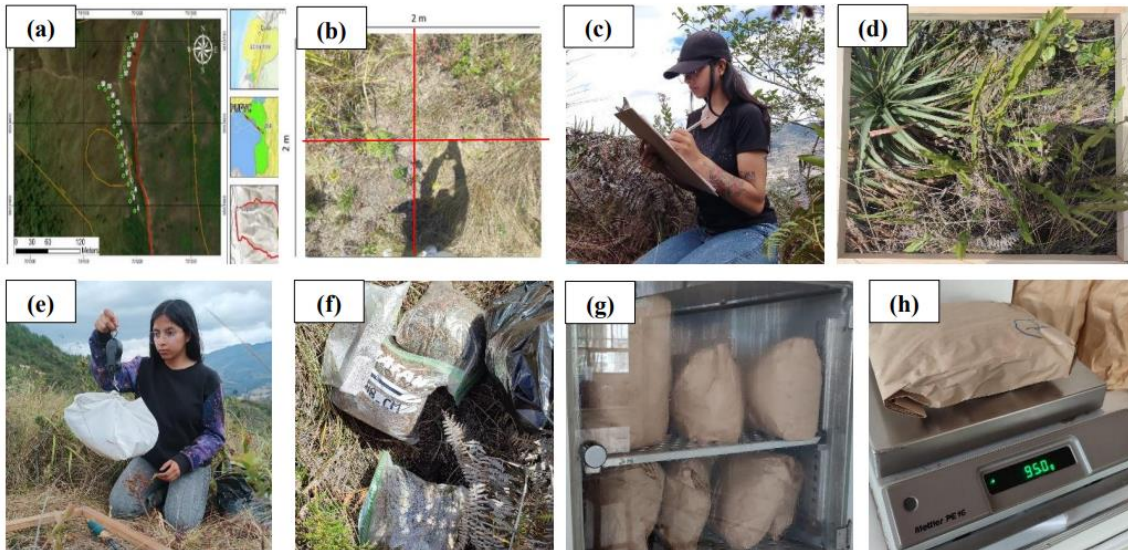
Anexo 2. Parámetros estructurales del estrato herbáceo del páramo antrópico.

Especie	Cobertura	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	IVI
<i>Baccharis sagittalis</i> DC.	19.67	12	12.12	9.40	10.76
<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine ex Carrière) Stapf	21.80	5	5.05	10.42	7.73
<i>Epidendrum cochlidium</i> Lindl.	2.63	8	8.08	1.25	4.67
<i>Gnaphalium</i> sp.	4.00	1	1.01	1.91	1.46
Dennstaedtiaceae 1	1.50	2	2.02	0.72	1.37
<i>Lycopodium</i> sp.	13.00	1	1.01	6.21	3.61
<i>Lycopodium thyoides</i> Willd.	7.25	4	4.04	3.46	3.75
<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> Baker	5.50	2	2.02	2.63	2.32
<i>Paepalanthus</i> subg. <i>Platycaulon</i>	4.50	6	6.06	2.15	4.11
<i>Pteridium esculentum</i> (G.Forst.) Cockayne	27.21	19	19.19	13.00	16.10
<i>Puya parviflora</i> L.B.Sm.	17.25	12	12.12	8.24	10.18
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler	13.83	6	6.06	6.61	6.34
<i>Epidendrum</i> sp.	1.00	1	1.01	0.48	0.74
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	70.10	20	20.20	33.50	26.85
Suma Total	209.24	99	100	100	100

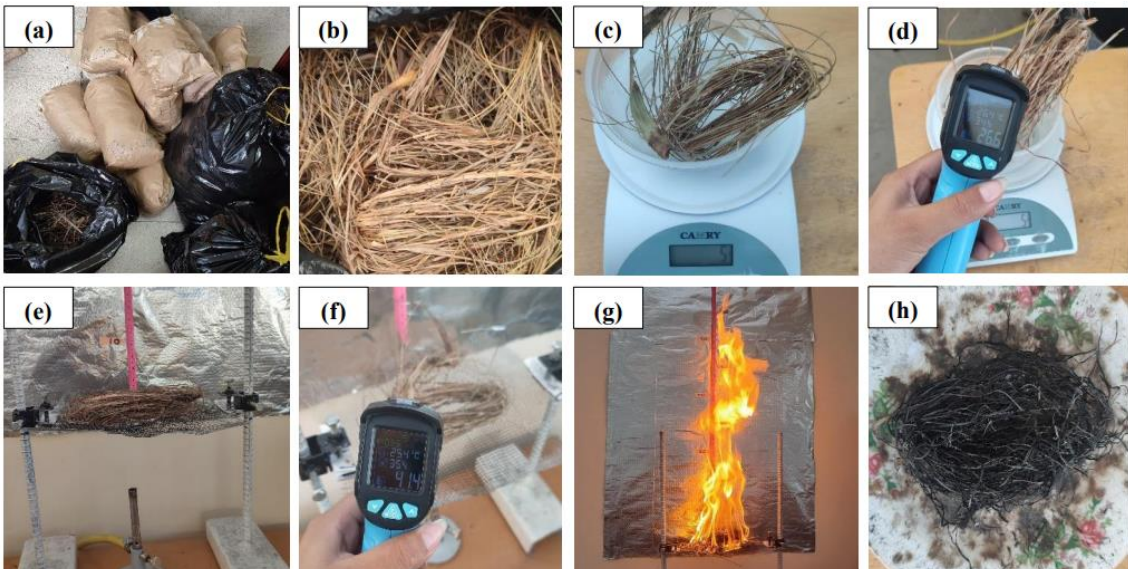
Anexo 3. Parámetros estructurales del estrato arbustivo del páramo antrópico.

Especie	Cobertura	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Densidad Relativa	IVI
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	3.00	1.00	1.19	2.53	1.86
<i>Baccharis latifolia</i> Pers.	18.76	17.00	20.24	15.81	18.02
<i>Bejaria aestuans</i> Mutis	12.89	9.00	10.71	10.86	10.79
<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex L.f.	18.50	2.00	2.38	15.59	8.98
<i>Brachyotum campanulare</i> Triana	9.27	11.00	13.10	7.81	10.45
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	7.50	8.00	9.52	6.32	7.92
<i>Gaultheria myrsinoides</i> Kunth	5.00	8.00	9.52	4.21	6.87
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	3.40	5.00	5.95	2.86	4.41
<i>Gynoxys nítida</i> Muschl.	12.93	14.00	16.67	10.89	13.78
<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.	25.43	7.00	8.33	21.43	14.88
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	2.00	2.00	2.38	1.69	2.03
Suma Total	118.68	84.00	100.00	100.00	100.00

Anexo 4. Proceso para determinar la carga de combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC. **(a)** Sitio de estudio. **(b)** Instalación de parcelas. **(c)** Levantamiento de información florística. **(d)** Colecta de combustible vegetal. **(e)** Pesado del combustible in situ. **(f)** Traslado de muestras al laboratorio. **(g)** Secado de muestras. **(h)** Peso anhidro.



Anexo 5. Proceso para evaluar la inflamabilidad del combustible vegetal presente en el páramo antrópico del PUFVC. **(a)** Separación por tipo de combustible. **(b)** Selección de muestras aleatorias. **(c)** Peso de la muestra (5 g). **(d)** Temperatura inicial. **(e)** Prueba de inflamabilidad. **(f)** Temperatura de ignición. **(g)** Altura de la llama. **(h)** Colecta de ceniza.



Anexo 6. Certificado de traducción del resumen en inglés.



Mg. Yanina Quizhpe Espinoza
Licenciada en Ciencias de Educación mención Inglés
Magister en Traducción y mediación cultural

Celular: 0989805087
Email: yaniques@icloud.com
Loja, Ecuador 110104

Loja, 21 de marzo de 2024

Yo, Lic. Yanina Quizhpe Espinoza, con cédula de identidad 1104337553, docente del Instituto de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, y certificada como traductora e intérprete en la Senescyt y en el Ministerio de trabajo del Ecuador con registro **MDT-3104-CCL-252640**, certifico:

Que tengo el conocimiento y dominio de los idiomas español e inglés y que la traducción del resumen del Trabajo de Integración Curricular denominado **Estudio del contenido de combustible vegetal y su inflamabilidad en áreas de páramo antrópico afectadas por incendios forestales.**, cuya autoría de la estudiante Abigail Cumanda González Armijos, con cédula 1150702817, estudiante de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, es verdadero y correcto a mi mejor saber y entender.

Atentamente

YANINA
BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
A

Firmado
digitalmente por
YANINA BELEN
QUIZHPE
ESPINOZA
Fecha:
2024.03.21
09:29:55 -05'00'

Mg. Yanina Quizhpe Espinoza.

Traductora freelance

Full text translator: servicios de traducción