



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del  
título de Ingeniero Forestal**

**EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE  
APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA  
IMBABURA**

**AUTOR**

Lenin Fernando Garrido Aguilar

**DIRECTOR**

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.

**Ibarra – Ecuador**

**2022**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ibarra, 27 de julio del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA IMBABURA", de autoría del señor **Lenin Fernando Garrido Aguilar**, estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA FORESTAL**, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el autor ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

MsC. Eduardo Jaime Chagna Ávila  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

MsC. Jorge Luis Ramírez López  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

MsC. Carlos Ramiro Arcos Unigarro  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN**

FIRMA

II

**MISIÓN INSTITUCIONAL:** Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

#### DATOS DE CONTACTO

<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1002562872	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Lenin Fernando Garrido Aguilar	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra - Imbabura	
<b>EMAIL:</b>	leningarrido@hotmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0984335110

#### DATOS DE LA OBRA

<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA IMBABURA
<b>AUTOR:</b>	Lenin Fernando Garrido Aguilar
<b>FECHA:</b>	27 de julio del 2022
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Forestal
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs.




## 2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violentar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de la reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 02 de agosto del 2022.

**EL AUTOR**



Lenin Fernando Garrido Aguilar

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA - UTN

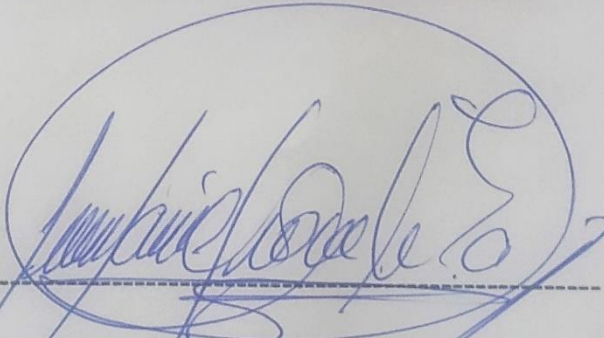
**Fecha:** 03 agosto del 2022

Lenin Fernando Garrido Aguilar: **EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA IMBABURA**, Trabajo de grado, Ingeniero Forestal, Universidad Técnica del Norte. Carrera de ingeniería forestal,

**Director:** Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MsC

El objetivo principal de esta investigación fue: Determinar la mejor técnica de ignición para la reducción de combustibles provenientes del aprovechamiento forestal en el sector de Cochas, parroquia de Angochagua.

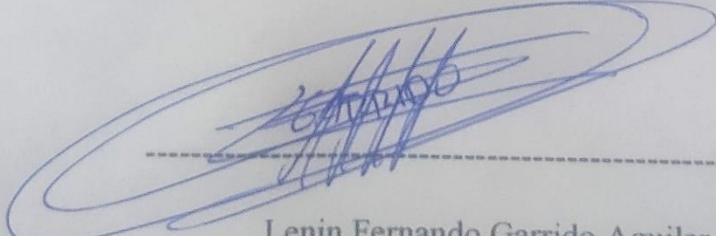
Los objetivos específicos son: Precisar las condiciones del suelo, combustibles y vegetación antes y después de la aplicación de una quema prescrita. Estimar la eficacia de las técnicas de ignición en la reducción de la carga del material combustible proveniente del suelo.



---

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MsC

Director de trabajo de titulación



---

Lenin Fernando Garrido Aguilar

Autor

## **DEDICATORIA**

A mis padres Godofredo Garrido Jarrín y Rosa Orfelina Aguilar Martínez, a mi madre Martha Yolanda Garrido Aguilar, quienes supieron y han sabido guiarme para que mi caminar sea por el camino correcto. Me han cobijado con su manta espiritual y física y lo seguirán haciendo, al día de hoy y por siempre,

**MUCHAS GRACIAS.**

Su hijo

Lenin Garrido

A mi familia Garrido Aguilar

## **AGRADECIMIENTO**

Este documento, el conocimiento que está intrínseco y extrínseco, ha sido posible gracias a la colaboración de muchas de personas y de diferentes países como España, llenaría varias hojas para nombrarlos a todos, a todos ellos, muchas gracias.

Al equipo de asesores del trabajo de titulación que he tenido, porque con una metodología científica han sabido hacerme las correcciones adecuadas. A las instituciones como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica y al Programa Amazonía Sin Fuego, quienes me ayudaron con la logística para realizar las quemas prescritas y para aplicar las técnicas de ignición, los Brigadistas Especialista en el Manejo Integral del Fuego. Al GAD Parroquial de Angochagua y a la Comunidad de Cochas, que me brindaron todas las facilidades para realizar la investigación.

A la Universidad Técnica del Norte, institución que me brindo un área para poder crecer profesionalmente, a mis profesores que con una paciencia estricta han sabido brindarme sus conocimientos.

Se ha tenido muchas personas que día a día han colaborado con ánimos, con fuerza, con risas, para continuar con el proceso que hace varios empecé cuando decidí formarme con ingeniero forestal, MUCHAS GRACIAS A TODOS.

## **LISTA DE SIGLAS**

HR: Horas de Retardo

ANCOVA: Análisis de Covarianza

CI: Carga Inicial

CF: Carga Final

IF: Incendios Forestales

CBI: Cuerpo de Bomberos de Ibarra

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

PASF: Programa Amazonía Sin Fuego

SMI: Sistema de Mando de Incidentes

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal

EPI: Equipo de Protección Individual

SEMARNAT: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

MO: Materia Orgánica

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

MAG: Ministerio de Agricultura

INIAP: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

mm: milímetros

pH: Potencial hidrógeno

ppm: partes por millón



## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
APROBACIÓN.....	II
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	III
CONSTANCIA.....	IV
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
LISTA DE SIGLAS.....	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE FÓRMULAS.....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Problema de investigación. ....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2
1.4. Hipótesis .....	2
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Marco legal .....	3

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador, 2008 .....	3
2.1.2. Plan de Creación de Oportunidades, 2021-2025.....	3
2.1.3. Código Orgánico del Ambiente .....	3
2.2. Línea de investigación .....	4
2.3. Fundamentación teórica .....	4
2.3.1. Propiedades químicas y físicas del suelo .....	4
2.3.2. Física de fuego .....	5
2.3.3. Combustibles forestales .....	6
2.3.4. Comportamiento del fuego .....	8
2.3.5. Quemadas prescritas .....	11
CAPÍTULO III.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1. Ubicación del lugar .....	14
3.1.1. Ubicación política .....	14
3.1.2. Ubicación geográfica .....	14
3.2. Caracterización edafoclimática del lugar .....	14
3.2.1. Suelo .....	14
3.2.2. Clima.....	15
3.2.3. Ecosistema .....	15
3.2.4. Relieve .....	15
3.3. Materiales, equipos y software .....	16
3.4. Metodología .....	17
3.4.1. Universo.....	17
3.4.2. Tamaño de muestra .....	17
3.5. Diseño experimental .....	17
3.5.1. Análisis estadístico.....	17
3.5.2. Tratamientos .....	18
3.5.4. Instalación de experimento o ensayo .....	18
3.6. Desarrollo.....	18
3.6.1. Características físicas y químicas de suelo .....	18
3.6.2. Características de vegetación .....	19
3.6.3. Inventario de combustibles forestales Pre-Quema.....	20
3.6.4. Planificación de la quema .....	23
3.6.5. Reunión de socialización .....	26
3.6.6. Ejecución de la quema .....	26

3.6.7. Supresión de la quema .....	28
3.6.8. Inventario de combustibles forestales después de la quema .....	28
CAPÍTULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	29
4.1. Características físicas y químicas del suelo .....	29
4.2 Caracterización de la vegetación antes y después de la quema .....	31
4.3 Condiciones de combustible antes y después de la quema .....	34
4.4 Eficacia de las técnicas de ignición .....	35
CAPÍTULO V.....	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	38
5.1. Conclusiones .....	38
5.2. Recomendaciones .....	38
CAPÍTULO VI.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación y forma de combustibles forestales</i> .....	7
Tabla 2 <i>Materiales, equipos y software a emplear en la investigación</i> .....	16
Tabla 3 <i>Ventana de prescripción</i> .....	24
Tabla 4 <i>Elementos químicos en el suelo con porcentaje de variación</i> .....	29
Tabla 5 <i>Características físicas del suelo antes y después de quema prescrita</i> .....	30
Tabla 6 <i>Caracterización de la vegetación antes de la quema</i> .....	32
Tabla 7 <i>Análisis de covarianza por categoría de combustible</i> .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Comparación de las partículas del suelo</i> .....	4
Figura 2 <i>Ubicación geográfica del área de estudio</i> .....	14
Figura 3 <i>Mapa de pendientes en porcentaje</i> .....	15
Figura 4 <i>Diseño de las líneas de cuantificación</i> .....	20
Figura 5 <i>Organigrama para ejecución de la quema prescrita</i> .....	24
Figura 6 <i>Mapa de vías de evacuación y acceso</i> .....	25
Figura 7 <i>Quema en puntos</i> .....	26
Figura 8 <i>Quema en contra</i> .....	27
Figura 9 <i>Fajas a favor con tres líneas de ignición</i> .....	28
Figura 10 <i>Combustible consumido por categoría de combustible</i> .....	34
Figura 11 <i>Efectos de las quemas prescritas</i> .....	35



## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Índice de Shannon.....	19
Carga de hojarasca.....	21
Carga de combustible de 1000 HR.....	22
Carga de combustible de 1 HR, 10 HR y 100 HR.....	22
Densidad de la madera.....	23
Factor de corrección de la pendiente.....	24

**Título:** EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE IGNICIÓN EN RESIDUOS DE  
APROVECHAMIENTO FORESTAL EN COCHAS, PROVINCIA IMBABURA

**Autor:** Lenin Fernando Garrido Aguilar

**Director de trabajo de titulación:** Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MSc

**RESUMEN**

La gestión forestal del territorio, en el contexto del uso del fuego, podría reducir el impacto negativo de los incendios forestales. El objetivo del estudio fue determinar la mejor técnica de ignición para la reducción de combustibles provenientes del aprovechamiento forestal en el sector de Cochas, parroquia de Angochagua. El análisis del suelo antes y después de la quema se realizó con el instructivo INT/SFA/10 de Agrocalidad, en la caracterización de la vegetación se utilizó cuatro subparcelas de 0.50 m<sup>2</sup> en las líneas 0° azimut y se obtuvo el índice de Shannon, para el inventario y cargas de combustibles forestales se utilizó la técnica de intersecciones planares y la eficacia de las técnicas de ignición se evaluó mediante un análisis de covarianza y la prueba de medias de Tukey. La mayoría de las propiedades físicas y químicas del suelo incrementaron después de la quema prescrita, la textura se mantuvo como franco – arenoso, los elementos como el azufre y el boro aumentaron en 207.69% y 200% respectivamente, la diversidad florística fue de 2.69 y no cambió, los combustibles de 1 hora de retardo y hojarasca fueron los que más se consumieron, sin embargo, no existe diferencias entre los tratamientos, en contraste a las categorías de 10, 100 y 1000 horas de retardo la mejor técnica de ignición fue las fajas a favor con tres líneas de ignición.

**Palabra clave:** gestión forestal, inventario de combustibles forestales, suelo, horas de retardo.

**TITLE:** EVALUATION OF IGNITION TECHNIQUES IN WASTE FROM FOREST USE  
IN COCHAS, IMBABURA PROVINCE

**Author:** Lenin Fernando Garrido Aguilar

**Director of thesis:** Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, MsC

**ABSTRACT**

The detrimental effects of forest fires may be lessened by proper fire management in a territory's forests. The study's goal was to identify the most effective ignition method for reducing fuels from forest exploitation in the Cochass sector of the Angochagua parish. The analysis of the soil before and after the burning was carried out with the instructions INT/SFA/10 of Agrocalidad, in the characterization of the vegetation, four subplots of 0.5 m<sup>2</sup> were used in the 0° azimuth lines and the Shannon index was obtained, for the inventory and loads of forest fuels, the technique of planar intersections was used and the efficiency of the ignition techniques was evaluated using an analysis of covariance and Tukey's test of means. Most of the soil properties increased after the prescribed burning, the texture remained loamy-sandy, the elements like sulfur and boron increased by 207.69% and 200% respectively, floristic diversity was 2.69 and did not change, and the fuels of 1 hour of delay and litter were the most consumed, however, there are no differences between the treatments, unlike the other categories of 10, 100 and 1000 hour of delay the best ignition technique was the strip head fire.

**Keywords:** forest management, inventory of forest fuels, soil, delay hours.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Problema de investigación.

El fuego es uno de los modeladores más antiguos del ecosistema, afecta a la biomasa, a los factores bióticos y abióticos (Minervini *et al.*, 2018). Los incendios pueden ser más intensos y severos, en zonas donde existe gran acumulación de combustible, por ejemplo, restos de aprovechamiento forestal, poda natural, abundante necromasa (Aguirre, 2001).

Los páramos andinos son ecosistemas de gran importancia mundial y los menos conocidos (Aguirre *et al.*, 2013). Dentro de varios servicios ecosistémicos del bioma mencionado, se pueden encontrar la capacidad de interceptar, almacenar y regular el movimiento hídrico superficial y subterráneo (Aguirre *et al.*, 2013). El incremento de actividades antrópicas como el avance de la frontera agrícola, el pastoreo, la forestación con especies exóticas y los Incendios Forestales (IF) hacen que exista una degradación de los páramos (Aguirre *et al.*, 2013).

En Ecuador la incidencia de IF ha aumentado en el periodo 2017-2019, sobre todo en la región interandina (MAG, 2020). Se crearon alrededor de seis normas nacionales y locales orientados a la prevención, el control y la mitigación de los IF, existiendo una articulación interinstitucional con el Ministerio del Ambiente y Agua (MAATE) y el Programa Amazonía Sin Fuego (PASF) para reducir la incidencia de los IF. (MAG, 2020).

Es importante implementar estrategias para un adecuado manejo de los combustibles forestales vivos o muertos, mediante la caracterización de éstos se encuentran metodología para reducirlos o eliminarlos (Chávez *et al.*, 2016). El uso de fuego es una gran estrategia para modificar los combustibles disponibles, dentro de una silvicultura preventiva (Ramos *et al.*, 2018).

Conocer el comportamiento del fuego mediante estudios técnicos, pueden mejorar las políticas públicas y ayudar a la elaboración de planes de prevención (Bernardo, 2018). Esta manifestación del fuego es posible entenderlo mediante el uso de quemas prescritas, para lograr objetivos específicos como la regeneración, disminución de combustibles y poder estimar el comportamiento en diferentes condiciones ambientales (Flores *et al.*, 2010).

## **1.2 Justificación**

Tituaña y Nikolalde (2019) afirman que en el año 2015 se han aprovechado 109745.11 m<sup>3</sup> de madera, en la mayoría de casos, los desechos de la cosecha quedan esparcidos en la misma zona del páramo, siendo un material combustible altamente propenso para que inicie un IF.

Rodríguez-Trejo *et al.* (2019) menciona que, para gestionar el territorio, conservar el ecosistema y reducir la problemática de los incendios forestales; una herramienta determinante son las quemas prescritas. Se hace uso de esta práctica y se plantea en la presente investigación, encontrar la mejor técnica de ignición y reducir la carga de combustible disponible en una zona del páramo de la provincia de Imbabura.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la mejor técnica de ignición para la reducción de combustibles provenientes del aprovechamiento forestal en el sector de Cochas, parroquia de Angochagua.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Precisar las condiciones del suelo, combustibles y vegetación antes y después de la aplicación de una quema prescrita.
- Estimar la eficacia de las técnicas de ignición en la reducción de la carga del material combustible proveniente del suelo.

## **1.4. Hipótesis**

Hipótesis nula

(H<sub>0</sub>): Las técnicas de ignición no influyen significativamente en la reducción de la carga del combustible forestal.

Hipótesis alterna

(H<sub>a</sub>): Las técnicas de ignición influyen significativamente en la reducción de la carga del combustible forestal.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Marco legal**

##### **2.1.1. Constitución de la República del Ecuador, 2008**

La investigación se sustenta en Constitución de la República del Ecuador [CRE], (2008), en el Artículo 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (CRE, 2008).

##### **2.1.2. Plan de Creación de Oportunidades, 2021-2025**

Dentro de los objetivos nacionales de desarrollo, 11 Conservar, restaurar, proteger y hacer un uso sostenible de los recursos naturales (SENPLADES, 2021).

##### **2.1.3. Código Orgánico del Ambiente**

Art. 369. Interés público. - Las acciones que se emprendan para el adecuado manejo integral del fuego e incendios forestales, con el fin de proteger y conservar el patrimonio natural y la biodiversidad son de interés público. Las medidas que se desarrollen y adopten para dicho fin, serán vinculantes en todos los niveles de gobierno, el sector privado y la población en general (CODA, 2019).

El (CODA, 2019). en su Art. 371. Atribuciones de la autoridad ambiental nacional. - corresponde a la autoridad ambiental nacional, en coordinación con las entidades competentes, coordinar, dirigir e implementar las labores de manejo integral del fuego dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, áreas especiales para la conservación de la biodiversidad y del Patrimonio Forestal Nacional con el objeto de prevenir y controlar los incendios forestales.

Para ello, deberá coordinar con las entidades competentes, la elaboración e implementación de los siguientes instrumentos:

- a) Política Nacional de Manejo Integral del Fuego;
- b) Programa Nacional de Manejo Integral del Fuego;
- c) Estrategia Nacional de Manejo Integral del Fuego, y su Plan de Acción;
- d) Plan Nacional de Contingencia contra Incendios Forestales;

e) Agenda Nacional Sobre el Manejo Integral del Fuego (documento borrador).

## 2.2. Línea de investigación

El estudio se enmarca en la línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte: desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

## 2.3. Fundamentación teórica

### 2.3.1. Propiedades químicas y físicas del suelo

Se describen a continuación las propiedades que se utilizaron en la investigación.

#### 2.3.1.1. Textura

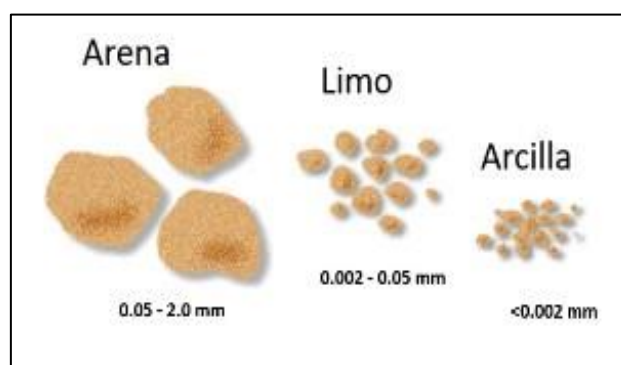
Gisbert *et al.* (2010) menciona que es el porcentaje en masa de formación de las partículas primarias del suelo arena, limo y arcilla, estas partículas son menores a 2mm, da lugar a determinar características cualitativas del suelo, arenosos, suelos limosos o arcillosos; o a la vez presentan ciertas combinaciones como suelos francos, franco arenoso, franco limoso y franco arcilloso.

Las partículas se clasifican de la siguiente manera y se puede ver en la Figura 1:

- a) Arcilla =  $< 0.002$  mm
- b) Limo =  $0.002-0.05$  mm
- c) Arena =  $0.05-2$  mm

### Figura 1

Comparación de partículas del suelo



Fuente: Intagri (2017)

#### 2.3.1.2. Materia orgánica

Uno de los componentes principales de la naturaleza es la materia orgánica (MO), los términos humus y MO pueden usarse como sinónimos, comprenden el total de los elementos

orgánicos descompuestos del suelo. Mediante la mineralización la MO aporta nutrientes a las plantas, sobre todo Nitrógeno. Sadeghian (2010)

### **2.3.1.3. pH**

Es el logaritmo negativo de una concentración iónica. Para el potencial Hidrógeno Chavarría (2011) manifiesta: “El pH muestra el grado de acidez de la solución del suelo, pero esta puede variar en otras condiciones de suelo”.

Esta propiedad influye directamente en los procesos fisiológicos de las plantas y fauna, así mismo incide en la velocidad de humificación y mineralización del suelo (Chavarría, 2011).

### **2.3.1.4. Macro y micro nutrientes**

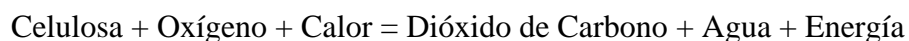
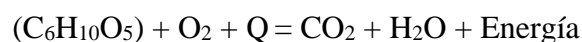
Los elementos químicos que una planta necesita con mayor concentración se llaman macro nutrientes, son necesarios para producir buenas y abundantes cosechas, los cuales son, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y al azufre (S). En menor concentración se encuentran los micro nutrientes, sirven para un adecuado crecimiento de las hojas, desarrollo de los frutos, entre otros, estos elementos son, boro (B), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl). (Chavarría, 2011)

## **2.3.2. Física de fuego**

### **2.3.2.1. Definición de fuego**

Es el producto de una reacción química llamada combustión (oxidación), donde a un combustible se le aplica calor en presencia de oxígeno obteniendo energía, dióxido de carbono, vapor de agua y otros residuos como ceniza (Blanco *et al.*, 2008)

La fórmula química se establece de la siguiente manera:



El (PROMIF, 2015a), explica que la energía desprendida es equivalente a 2772 Kcal, lo que supone 4885 Kcal/Kg de material leñoso en combustión completa, del cual, el 15% es irradiada al exterior calentando el aire y presecando el combustible.

### **2.3.2.2. Fases de la combustión**

Para el (PROMIF, 2015a). Existen tres fases de combustión:

#### ***a) Fase de precalentamiento***

El combustible es sometido a una fuente de calor, esta energía debe ser suficiente para que el material se acerque al punto de ignición que varía de un combustible a otro, alrededor de 100°C a 200°C. La humedad es disminuida por acción del calor y se expelen gases de hidrocarburos.

#### ***b) Fase de combustión de gases***

Al superar los 300°C los gases inician una pirolisis que se profundiza en la madera, con esta ignición se acelera el proceso de combustión y precalentamiento. Se desprende humo que es formado por gases no quemados, dióxido de carbono y vapor de agua.

#### ***c) Fase de combustión del carbón***

En esta fase los gases se agotan cuando se supera los 500°C, el oxígeno que está en contacto con la capa carbonizada hace que exista una combustión incandescente existiendo una combustión lenta del carbón vegetal.

### **2.3.3. Combustibles forestales**

Los combustibles forestales son todos aquellos materiales vegetales presentes en el bosque que pueden estar vivos o muertos, ejemplo de ellos son la hojarasca, pinocha, ramas, troncos, árboles, hierbas, estos elementos en cualquier momento pueden arder dependiendo de su contenido de humedad, compactación y tamaño (INIFAP, 2011)

#### ***2.3.3.1. Humedad de los combustibles herbáceos vivos***

Durante el transcurso del año la humedad del combustible vivo varía y en el ecosistema en que se desarrolle, asimismo, depende mucho de la fenología y de la disponibilidad de agua en el suelo, de las épocas de lluvia y normalmente las especies pioneras suelen tener mayor cantidad de agua. (Moreno, 2010)

#### ***2.3.3.2. Humedad de los combustibles forestales muertos***

El contenido de humedad varía mucho debido a diversos factores como son el diámetro, depende de la humedad relativa del aire junto a la lluvia y la radiación solar, estos son factores importantes para subir o bajar los niveles de humedad en los combustibles, en atmósferas estables la humedad relativa disminuye cuando la temperatura disminuye y el contenido de humedad va a variar exponiéndolo más al fuego. (Moreno, 2010)

### 2.3.3.3. *Tamaño, forma y horas de retardo*

Rubio (2017) menciona que la propagación del fuego está condicionada por los combustibles más finos y las características de las llamas por los combustibles más gruesos.

En la Tabla 1 Díaz *et al.* (2012), indica la clasificación de combustibles leñosos cuantitativa y cualitativamente.

**Tabla 1**

*Clasificación y forma de combustibles forestales*

<b>Diámetro</b>	<b>Horas de retardo (HR)</b>	<b>Categoría</b>
Menor a 0.6 cm	1 HR	Fino
De 0.7 a 2.5 cm	10 HR	Pequeños
De 2.6 a 7.5 cm	100 HR	Regulares
Mayores a 7.5 cm	1000 HR	Grandes

Fuente: Díaz *et al.* (2012)

Rubio (2017) cita textualmente a Bond y Van Wilgen definiendo las horas de retardo (HR) como “el período necesario para que el combustible alcance el 63 % de la diferencia entre el grado de humedad inicial y la humedad de equilibrio en una atmósfera constante de 27 °C y 20 % de humedad relativa”.

Díaz *et al.*, (2012), sugiere ciertas normas básicas para medición de los combustibles:

- a) Se realiza el conteo con combustibles que se hayan desprendido del árbol o arbusto, los troncos unidos a la fuente, no se tomarán en cuenta.
- b) Se contarán las ramas o ramillas que se encuentren dentro de la capa de hojarasca, pero, no serán medidas si éstas están en la capa de humus.
- c) Si el eje de intersección está en la parte final de una troza, ésta se contará si el plano pasa por el eje central de la misma
- d) En una pieza curvada, si el plano de intersección cruza más de una vez, se contarán cada una.
- e) Los tocones se deben medir si no están cubiertos de tierra

### 2.3.3.4. *Medición de los combustibles forestales*

La acumulación de combustibles forestales en el sotobosque de un ecosistema es un factor determinante para un incendio cuando alcanza niveles de continuidad y peligrosidad.



Brown en 1978 establece una metodología en base a una teoría técnica de intersecciones planares y consiste en contar las piezas leñosas con diferentes horas de retardo que se intersectan en los planos verticales (INIFAP, 2011).

#### **2.3.3.5. Carga de combustible forestal**

Para estimar la carga de combustible forestal se utiliza líneas de intersección planares que radica en el cálculo del volumen y carga del combustible en base a las partículas intersecadas por un plano vertical. La medición debe tener 25 puntos de muestreo cada 100 ha, en cada punto de muestreo se trazan tres líneas de intersección cada una de 20 m, la primera línea se ubica de manera aleatoria, las otras dos líneas de intersección se establecerán cada 120° de separación, se registra su azimut de cada línea (PROMIF, 2015b).

#### **2.3.3.6. Carga inicial de combustible, combustible disponible y carga final de combustible**

La carga inicial de combustible se define todo aquel material vegetal que se encuentra en el bosque, ya sea vivo o muerto; el combustible disponible es aquel que está listo para arder y la carga final de combustible es lo que queda después del incendio o quema (PROMIF, 2015b).

#### **2.3.4. Comportamiento del fuego**

INIFAP (2011), define al término como el estudio de las variables “velocidad de propagación, su dirección de avance, su forma, el largo de las llamas, su intensidad, la probabilidad de que se produzcan fuegos secundarios, se convierta de superficial a incendio de copas,”. Cada incendio forestal, quema prescrita y controlada se comporta de manera diferente dependiendo de la configuración espacio temporal donde se desarrolle (Ruiz, 2009), existe el triángulo del comportamiento del fuego que está definido por el tiempo atmosférico, topografía y combustibles forestales (INIFAP, 2011).

Con las variables anteriores, Blanco *et al.* (2008) propone cuantificar el comportamiento de la quema, menciona las siguientes variables:

##### **a) Velocidad de propagación**

Es la relación entre distancia y tiempo a la que se desplaza el frente del fuego, se expresa en m/s (Grillo *et al.*, s.f.)

##### **b) Dirección de avance**

Es hacia el punto cardinal al cual se dirige el fuego.

**c) Longitud de llama**

Definido por la distancia entre su extremo y la superficie (Ruiz, 2009)

**d) Intensidad**

Se define como la energía liberada por el fuego, la unidad es el kilowatt (kW) y se expresa en kW/m del frente de avance. (Grillo *et al.*, s.f.)

**e) Focos secundarios**

Son fuegos que se originan por pavesas levantadas por columnas de convección y transportadas por el viento a lugares no quemados (Aguirre, 2001)

**2.3.4.1. Influencia del tiempo atmosférico**

Los factores atmosféricos tienen una notable influencia en el inicio de un incendio forestal, en el desarrollo, en la supresión y después de la supresión (Garrido *et al.*, 2016).

Para el tiempo atmosférico Blanco *et al.* (2008) propone un triángulo con sus lados compuestos por temperatura, humedad relativa y viento, siendo éste el factor importante para el tipo de incendio.

**a) Temperatura**

Está directamente relacionado con la desecación progresiva de los combustibles (Boulandier *et al.*, 2001). Se expresa en grados Celsius (°C) y mide la rapidez del movimiento de las partículas que forman la materia. Si la temperatura del ambiente es alta el combustible estará más seco y la energía calórica para llegar a la temperatura de ignición será menor teniendo como resultado una la velocidad de propagación mayor del fuego (Garrido *et al.*, 2016).

**b) Humedad relativa**

Influye en la deshidratación o hidratación de los combustibles forestales muertos (MAG, 2020), según aumenta la temperatura, la humedad relativa disminuye (Aguirre, 2001), en estas condiciones el avance del fuego es más rápido y más intenso (Flores *et al.*, 2010).

**c) Viento**

Se genera por la diferencia de presión y temperatura entre distintos puntos de la atmósfera, este factor influye en la dirección, intensidad y velocidad de propagación del fuego (Moscovich *et al.*, 2014), el viento tiene dos características como la velocidad la cual es medida con un anemómetro y la dirección es el punto cardinal por donde sopla (Garrido *et al.*, 2016).

El viento aporta oxígeno al fuego aumentando la intensidad de éste, propicia que salten chispas y provoque focos secundarios, inclina las llamas haciendo presecar el combustible que está delante del incendio favoreciendo la ignición (Aguirre, 2001).

#### ***d) Precipitación***

Está relacionado con la humedad del combustible, del mantillo, del suelo y del aire (Rubio, 2017), si existe mucha precipitación la energía de calórica es mayor por lo tanto la ignición es muy difícil que se produzca.

#### **2.3.4.2. Influencia de la topografía**

Moscovich *et al.* (2014) define la topografía como “Una rama de la geografía que estudia la forma del terreno”. Los factores topográficos intervienen directamente en el comportamiento del fuego, estos factores son el relieve, la exposición, la pendiente y la altitud. (Rubio, 2017), y Aguirre (2001) menciona también la inversión térmica.

#### ***a) Relieve***

El relieve determina el comportamiento del viento y el microclima, en una cumbre redondeada altera en bajo grado el flujo del viento, en una cumbre abrupta origina turbulencias (Boulandier *et al.*, 2001), en un barranco la posibilidad formación de pavesas es muy alto (Aguirre, 2001)

#### ***b) Exposición***

Es la dirección hacia el punto cardinal donde mira una pendiente, si la orientación es hacia el Sur tendrá una exposición solana, si mira hacia el norte tendrá una exposición umbría (Aguirre, 2001). La exposición influye en la cantidad de viento y radiación, los terrenos orientados a umbría reciben menos luz solar que los que están expuestos a solana (Rubio, 2017).

#### ***c) Pendiente***

Para Moscovich *et al.* (2014) la pendiente es “el ángulo de inclinación que presenta un área con respecto al plano horizontal y se la mide en Grados”. Esta inclinación es determinante en la velocidad de propagación del fuego, ésta aumenta con relación a una mayor pendiente del terreno (Flores *et al.*, 2010).

#### ***d) Altitud***

Normalmente a mayor altitud, menor es la temperatura del ambiente, mayor la humedad de los combustibles y eso hace que tarden más tiempo en alcanzar la temperatura de ignición (Aguirre, 2001), según aumenta la altitud los vientos tienen mayor velocidad por efecto del relieve (Rubio, 2017).

#### ***e) Inversión térmica***

Por situaciones del relieve se producen taponamientos que dificultan el flujo normal del aire; al atardecer el aire que está cerca de las laderas desciende haciendo subir el aire caliente del suelo hasta que otra capa de aire frío le impide subir más, el aire caliente se queda entre dos capas de aire frío llamado cinturón térmico a los 2/3 de la altura de la pendiente, por lo tanto, se tiene un combustible fino más húmedo al fondo de la ladera (Aguirre, 2001).

#### ***2.3.4.3. Influencia de los combustibles forestales***

Garrido *et al.*, (2016) hace referencia al combustible, como el único elemento que se puede modificar en el triángulo del comportamiento del fuego, mediante la eliminación o humectación, tanto en la prevención como en labores de extinción.

Se conocen 13 modelos de combustible que afectan al comportamiento del fuego según Rothermel, 1983, citado por Rubio 2017, en el presente trabajo se utilizó dos de los 13 grupos.

#### ***a) Grupo de herbazales***

Modelo 3: Estos fuegos son los más intensos y de propagación rápida de este grupo por influencia del viento.

#### ***b) Grupo de restos de corta***

Modelo 13: La propagación es rápida por efecto de los combustibles finos, la intensidad crece a medida que los combustibles grandes empiezan a arder pudiendo aparecer grandes llamaradas de diferentes tamaños, por acción del viento se pueden producir saltos de pavesas.

#### **2.3.5. Quemadas prescritas**

La quema prescrita es una técnica de la aplicación del fuego en la vegetación forestal bajo condiciones sistemáticas de meteorología, combustibles y topografía para cumplir con uno o más objetivos, la quema debe ser ecológicamente beneficiosa, eficaz, económica en relación a otras herramientas y socialmente aceptable (Molina, 2000).

#### **2.3.5.1. Planificación**

La planificación son todas las variables que se evalúan antes de realizar la quema y verificar la veracidad de toda la información prescrita y asegurar que las quemas se conduzcan de una manera ordenada (Velázquez, 2017).

#### **2.3.5.2. Prescripción**

Parámetros para mantener el comportamiento del fuego estable, son los valores mínimos y máximos ambientales como tiempo atmosférico, topografía, combustibles y de comportamiento de fuego como longitudes de llama, altura de llama y velocidad de propagación (Velázquez, 2017).

#### **2.3.5.3. Organización**

La organización de las quemas prescritas para Velázquez (2017), se debe realizar mediante la aplicación del Sistema de Mando de Incidentes (SMI), esta metodología es usada por la CONAFOR en la atención de incendios forestales.

Este sistema enlaza la interacción de diversos organismos participantes, haciendo que los objetivos de la quema prescrita culminen con éxito.

#### **2.3.5.4. Ejecución de la quema prescrita**

Para realizar la quema, las técnicas de ignición se deben apoyar sobre las líneas cortafuegos, se necesita unos materiales y herramientas básicos para ejecutar correctamente la quema prescrita.

Equipo necesario según Moscovich *et al.* (2014):

- a) 4 a 5 técnicos entrenados con el manejo del fuego
- b) Camión cisterna 400 litros
- c) Equipo meteorológico de campaña
- d) Antorchas de goteo
- e) Herramientas de combate: rastrillos, palas, macleod, azadas, pulasky y/o hachas, mochilas de espalada con agua
- f) Equipo de protección individual (EPI)
- g) Aparte de los técnicos se necesita una cuadrilla de 6 personas con el equipo de combate
- h) Apoyo de la Estación de Bomberos más cercana

(SEMARNAT, 2009) define las técnicas de ignición como las formas de aplicar fuego en el lugar de la quema, consumiendo el combustible de acuerdo al patrón específico.

Rodríguez-Trejo *et al.* (2019) cita a (SEMARNAT, 2009), en las técnicas de ignición permitidas por la norma mexicana. Se utiliza esta norma en vista que para el Ecuador no existe otro instrumento que se oponga; para ello se toman en cuenta las siguientes técnicas:

***a) Quema en contra***

La línea de ignición se realiza en la zona de parcela donde el viento y/o la pendiente está en contra. Es importante realizar dos líneas de ignición de 5 m en los flancos. Esta técnica tiene un comportamiento de fuego con propagación lenta, longitud de llama e intensidad menor que en una quema a favor, por ello, la residencia del fuego es mayor. El control de esta técnica es mucho mejor, aún, cuando se tiene cantidades grandes de combustible

***b) Fajas a favor***

Se realiza una línea de ignición en contra de viento y/o pendiente, ésta debe cubrir unos 5 – 10 m de anchura, a continuación, se enciende líneas sucesivas a favor paralelas a las curvas de nivel, se cierra cada línea por los flancos para tener un mejor control de la quema, la intensidad de esta quema es mayor porque el combustible se seca por dos frentes. Según las dimensiones de las parcelas la distancia entre fajas puede variar, en superficies pequeñas se utiliza entre 5 – 10 m entre ellas.

***c) Quema en puntos***

Es el encendido de puntos de fuego separados entre sí, la distancia depende de los objetivos, la vegetación y del área de quema. La intensidad del fuego en esta técnica de ignición es intermedia entre el fuego frontal y en retroceso (Moscovich *et al.*, 2014)

***2.3.5.5. Evaluación después de la quema***

Rodríguez-Trejo *et al.* (2019), establece que siempre se debe hacerse una evaluación después de la quema. Existen dos órdenes de labores, en el primer orden se debe determinar si la quema alcanzó los objetivos y es recomendable que se incluya los efectos a mediano plazo para el segundo orden.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del lugar

##### 3.1.1. Ubicación política

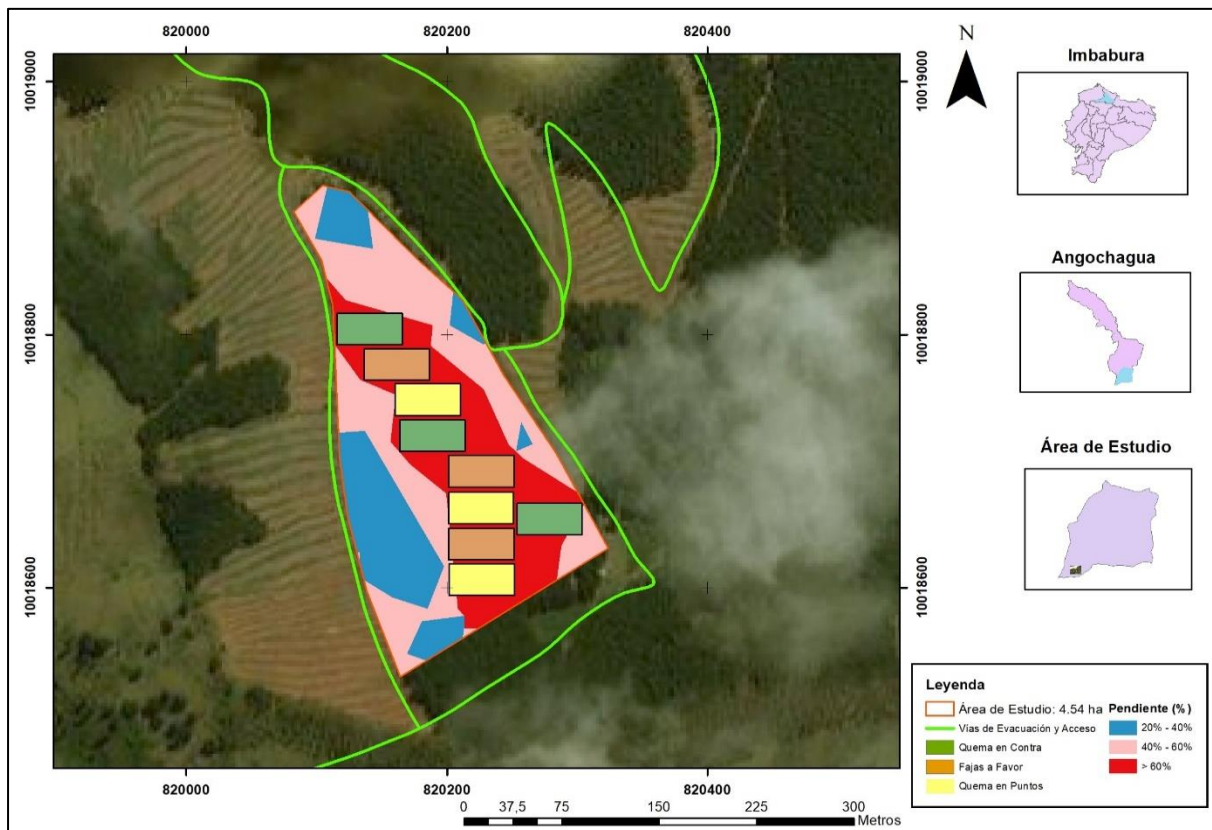
La investigación se realizó en la comunidad de Cochas, parroquia Angochagua, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. La comunidad limita, al norte y noreste con la comunidad de Zuleta, al sur y sureste con la comunidad Chilco y al oeste con la parroquia San Pablo del Lago.

##### 3.1.2. Ubicación geográfica

Las coordenadas: N 0°10'16" y 0°10'03" y en W 78°07'29" y 78°07'21" ver Figura 2.

**Figura 2** Ubicación geográfica del área de estudio

*Ubicación geográfica del área de estudio*



#### 3.2. Caracterización edafoclimática del lugar

##### 3.2.1. Suelo

El área de investigación tiene suelos ricos en materia orgánica con presencia de carbono, calcio y potasio; tienen una textura: limo – arenosos, areno – limosos (GAD Parroquial Angochagua, 2015).

### 3.2.2. Clima

Se encuentra entre los 3400 msnm y los 3470 msnm de altitud, la precipitación oscila entre los 700 mm y 1.500 mm, la temperatura varía entre los 10°C y 16° C (GAD Parroquial Angochagua, 2015).

### 3.2.3. Ecosistema

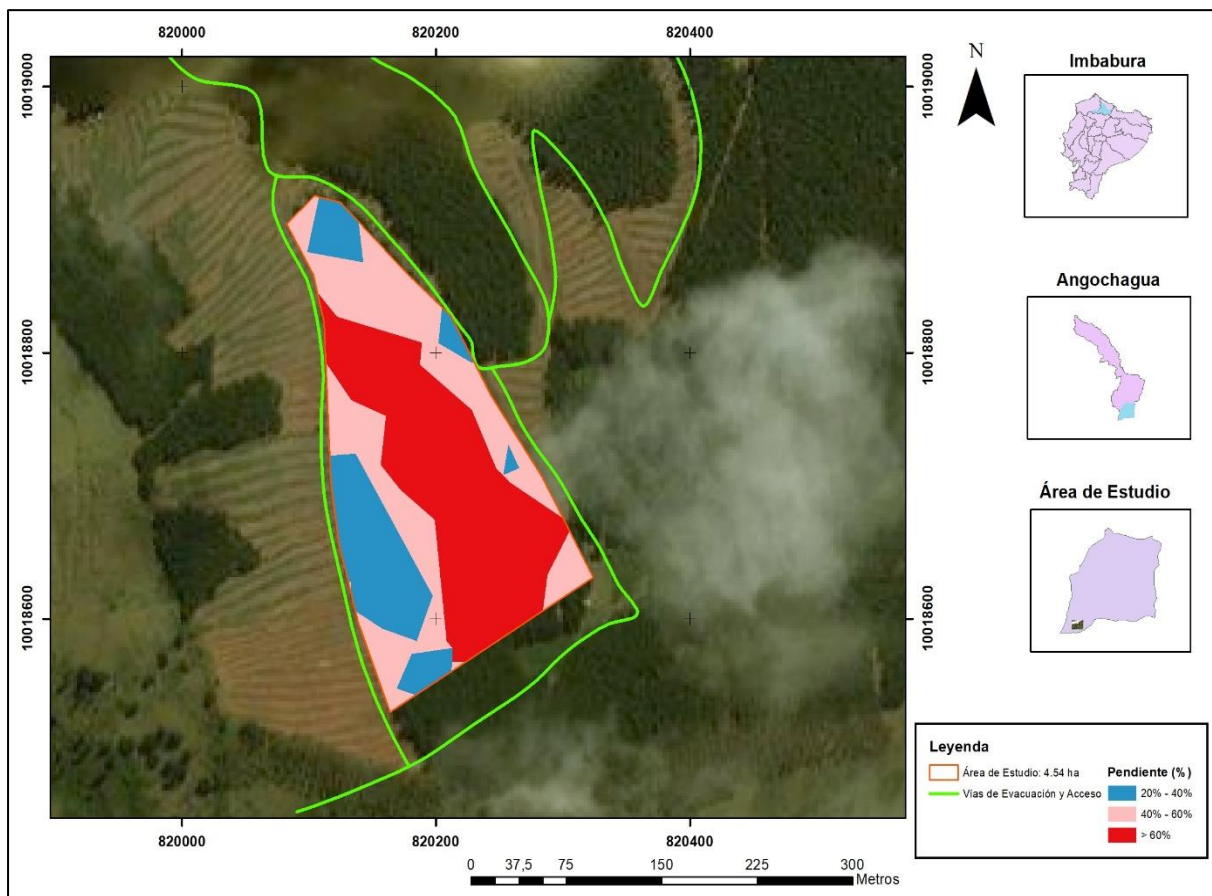
El área de influencia de la investigación se encuentra en el ecosistema arbusal siempreverde y herbazal de páramo con una, que es parte del 16.11% del territorio (GAD Parroquial Angochagua, 2015).

### 3.2.4. Relieve

El relieve existente es muy irregular, comprende una zona de pisos climáticos con altitudes ya señaladas anteriormente. En el mapa de pendientes, se clasifica en 3 categorías: 20% a 40%, 40% a 60%, mayores a 60% Figura 3.

**Figura 3**

*Mapa de pendientes en porcentaje*





### 3.3. Materiales, equipos y software

Los materiales que se utilizaron para realizar la presente investigación se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Materiales, equipos y software a emplear en la investigación.*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Equipos</b>	<b>Software</b>
Cinta métrica flexible 50 m	Estufa para el secado de combustibles	Garmin GPSMAP 64sc	Microsoft Word.
Hoja de evaluación	Balanza electrónica SCA-301	Computadora marca Asus	Microsoft Excel.
Machete forestal de 50 cm		Cámara fotográfica.	Software ArcGIS 10.5
Transmisores walkie talkie		Kestrel 3000	Microsoft Power Point
Bolsa plástica grande			Software Infostat
Cinta tela roja			
Brújula			
Clinómetro			
Suunto			
Botiquín de primeros auxilios			
Calibrador de combustibles forestales			
Formulario de campo			
Pala			
Pie de rey			

### 3.4. Metodología

#### 3.4.1. Universo

El área de investigación tiene una extensión de 4.54 ha de tierras comunales.

#### 3.4.2. Tamaño de muestra

Se utilizaron nueve unidades experimentales, con dimensiones de 25 m x 50 m, obteniéndose una superficie total de 11250 m<sup>2</sup>, que representa el 24.77% del universo de la investigación.

### 3.5. Diseño experimental

El diseño utilizado en la presente investigación es completamente al azar, con tres tratamientos y tres observaciones de tres líneas de muestreo de combustible por unidad experimental, Figura 4.

#### 3.5.1. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó el software INFOSTAT, se realizó la prueba de Shapiro – Wilks y Levene para comprobar que existe una distribución normal y de homocedasticidad de los datos, respectivamente.

Se realizó el análisis de covarianza (ANCOVA) para determinar si existe diferencias entre los tratamientos, y la prueba de Tukey al 5% de significancia estadística para obtener la prueba de medias. La carga inicial de combustible (ci) como covariable y la carga final de combustible (cf) como variable dependiente.

Badii *et al.* (2008) menciona la ecuación para el cálculo de ANCOVA de la siguiente manera:

$$y_{ij} = \mu + \beta_1 + T_j + \gamma X_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

$i = 1, \dots, r$

$j = 1, \dots, t$

$y_{ij}$  = valor observado

$\mu$  = efecto general

$\beta$  = efecto del bloque

$T_j$  = efecto del tratamiento

$\gamma X_{ij}$  = coeficiente de covarianza

$e_{ij}$  = error aleatorio

### **3.5.2. Tratamientos**

Factor: Técnica de ignición

Tratamientos: T1: En puntos

T2: Quema en Contra

T3: Fajas a favor con tres líneas de ignición.

### **3.5.3. Variables**

- a) Carga inicial de combustible (ci)
- b) Carga final de combustible (cf)

### **3.5.4. Instalación de experimento o ensayo**

En el área de investigación se instalaron nueve parcelas temporales de 25 m x 50 m, en la medición se utilizó una cinta métrica de 50 m, en la delimitación se usó una cinta de color rojo en el perímetro, una brújula para cerrar el polígono a 90° en las intersecciones de sus lados, donde el lado mayor longitud (50 m) está a favor de la pendiente con una orientación Este - Oeste, y el lado de menor longitud (25 m) está perpendicular a la pendiente con una orientación Norte - Sur.

Alrededor de las parcelas se construyó líneas cortafuegos de un metro de ancho (Cal y Trinidad, 2006); al otro lado de las líneas cortafuegos, en las zonas donde no se realizó la quema prescrita, existe vegetación arbustiva vulnerable a incendios accidentales, en el caso de realizar una extinción, se contó con la presencia del Cuerpo de Bomberos de Ibarra (CBI). Anexo 6.

## **3.6. Desarrollo**

### **3.6.1. Características físicas y químicas de suelo**

Los análisis del suelo antes y después de la quema prescrita se realizaron en los laboratorios del INIAP en Santa Catalina, se solicitó el contenido de pH, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Azufre, Boro, Calcio, Magnesio, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, relaciones catiónicas, la materia orgánica, limo, arcilla, arena y clase textural.

La toma de muestras de suelo se utilizó la metodología del instructivo INT/SFA/10 de (AGROCALIDAD, 2018), se tomó 27 submuestras de suelo, tres submuestras en cada una de las nueve parcelas, se debe limpiar superficialmente la zona a muestrear. Con ayuda de una

pala se cavó un hoyo con las paredes inclinadas con una profundidad de 20 cm, se tomó una tajada de suelo de 5 cm de grosor de una de las paredes.

A la tajada se le realizó dos cortes laterales hasta tener un bloque de 5 cm de ancho, se hizo el mismo procedimiento para las 27 submuestras de suelo para luego depositar las submuestras en un recipiente y donde se homogenizaron todas las submuestras, a continuación, se llevó las submuestras homogenizadas a una superficie limpia para hacer el cuarteo.

Se tomó una parte de las submuestras y se las esparció en el suelo una porción de tierra, luego se cortó en cuatro cuadrantes, dos de los cuadrantes opuestos se eliminaron y se conservaron los otros dos restantes, se continuó este procedimiento con todo el recipiente de las submuestras. Las nuevas submuestras conservadas se depositaron en otro recipiente hasta obtener 1 kg de muestra final.

Las muestras se guardaron en fundas plásticas herméticas con la respectiva etiqueta y se envió al laboratorio del INIAP para su análisis.

Se etiquetó con la siguiente información:

- a) Fecha de toma de muestra
- b) Responsable de la toma muestra
- c) Localización: provincia, cantón, parroquia
- d) Nombre del cliente, propietario de la muestra, dirección y correo electrónico.
- e) Georreferenciación (si es factible determinar)

### **3.6.2. Características de vegetación**

Para la caracterización se utilizó la metodología usada por Hauenstein *et al.* (2002), menciona que se identifican todas las especies vegetales, se realizó cuatro subparcelas de 0.5 m<sup>2</sup> en la línea orientada hacia 0° azimut en cada punto de muestreo; en las arbustivas y forestales se hizo un transecto de 50 m de largo y 1 metro de ancho en la mitad de cada parcela, las especies no identificadas en campo se tomaron las muestras botánicas y se identificaron taxonómicamente en el Herbario de la Universidad Técnica del Norte.

#### **3.6.2.1. Índice de Shannon**

En el cálculo del índice de diversidad de Shannon, se utilizó la metodología propuesta por Somarriba (1999), la fórmula para calcular es la siguiente:

$$H = -\sum p_i(\log p_i) \quad (1)$$

Donde:

$H$  = índice de Shannon y Weaver

$p_i$  = proporción o abundancia relativa de cada especie en la población

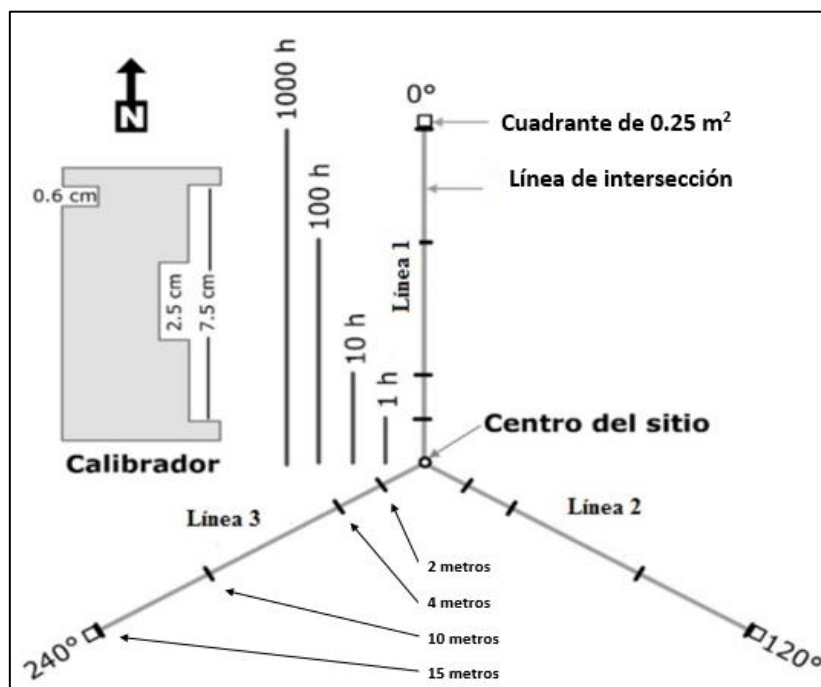
$\log$  = logaritmo, no importa la base

### 3.6.3. Inventario de combustibles forestales Pre-Quema

La estimación de los combustibles se ejecutó mediante la técnica de intersecciones planares, fue descrita por Brown (1982), adaptada por Sánchez y Zerecero (1983) y aplicada en la investigación de Rentería (2004). Se necesitan de 15 a 20 líneas por área para que exista un error menor al 20% (Ramos *et al.*, 2018), en la presente investigación se ubicaron nueve sitios de muestreo, distribuidos sistemáticamente en los 11250 m<sup>2</sup> de estudio, separados 20 m entre los puntos de muestreo (Ramos *et al.*, 2018), con un total 27 líneas. Se marcó con una estaca de madera el centro de muestreo del cual se trazarán tres líneas de 15 m cada uno orientados a 0° azimut, 120° azimut y 240° azimut como se muestra en la Figura 4 (Díaz *et al.*, 2012) y (Estrada y Ángeles, 2007).

**Figura 4**

*Diseño de las líneas de cuantificación*



Fuente: Adaptado de Calleja *et al.* 2020

Según la metodología de Estrada y Ángeles (2007), para el muestreo del combustible muerto se utilizó un calibrador, a fin de registrar los datos de cada una de las 27 líneas. Figura 4

- a) De 0 – 2 m las frecuencias de 1 HR
- b) De 0 – 4 m las frecuencias de 10 HR
- c) De 0 – 10 m las frecuencias de 100 HR
- d) De 0 – 15 m las frecuencias y diámetros de 1000 HR

Para la evaluación de hojarasca y combustible herbáceo vivo, se distribuyeron cuatro cuadrantes de 0.25 m<sup>2</sup> (Rentería, 2004) cada 2 m, 4 m, 10 m, y 15 m. (Ramos *et al.*, 2018) a lo largo de la línea de muestreo orientada a 0° azimut, con la ayuda de una balanza electrónica SCA-301 con precisión de 1 g, se determinó en el sitio de estudio la masa (g) de hojarasca y combustible herbáceo vivo contenida en un metro cuadrado, y la masa (g) en seco se obtuvo en el laboratorio con la ayuda de una estufa a 70°C hasta que alcanzó una masa constante (Calleja *et al.* 2020).

### 3.6.3.1. Fórmulas para el cálculo de cargas en combustibles forestales

- a) Carga de hojarasca y combustible herbáceo vivo

Calleja *et al.* (2020), estima la masa en toneladas (t) por hectárea (ha) de hojarasca y combustible herbáceo vivo en función del peso en seco, el factor de conversión de gramos a toneladas ha sido obtenido mediante una transformación de unidades, la fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$CH = PSH * 0.01 \quad (2)$$

Donde:

CH = Carga de hojarasca (t \*ha<sup>-1</sup>)

PSH = Masa (g) seco de la hojarasca y combustible herbáceo vivo

0.01 = Factor de conversión de  $g/m^2$  a  $t/ha$

**b) Carga de combustible de 1000 HR**

Para el cálculo de esta categoría se utilizó la fórmula presentada por Morfín *et al.* (2012):

$$C = \frac{(k)(DE)(\Sigma DC)(c)}{L} \quad (3)$$

Donde:

C = Carga de combustible (t \* ha<sup>-1</sup>)

k = 1.234

DE = Densidad específica de la madera

DC = Diámetro cuadrático, que es el diámetro intersectado elevado al cuadrado

c = Factor de corrección de la pendiente

L = Longitud de los transectos (m)

**c) Carga de combustibles de 1 HR, 10 HR y 100 HR**

Morfín *et al.* (2012), para el cálculo de las cargas en cada una de las categorías de combustibles se aplicó la fórmula siguiente:

$$C = \frac{(k)(DE)(DCP)(f)(c)}{L} \quad (4)$$

Donde:

C = Carga de combustible (t \* ha<sup>-1</sup>)

k = 1.234

DE = Densidad específica de la madera

DCP = Diámetro cuadrático promedio (cm) de cada categoría (1 HR, 10 HR o 100 HR)

f = Frecuencia de los combustibles intersectados (1 HR, 10 HR o 100 HR)

c = Factor de corrección de la pendiente

L = Longitud de los transectos (m).

### 3.6.3.2. Fórmulas adicionales

#### a) Densidad de la madera

Morfín *et al.* (2012) utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de la densidad específica de la madera

$$DE = (PEA) \frac{P_{seco}}{P_{desplazado}} \quad (5)$$

Donde:

DE = Densidad específica

PEA = Peso específico del agua que es igual a  $1 \text{ g*cm}^{-3}$

$P_{seco}$  = Peso seco de la partícula (gramos)

$P_{desplazado}$  = Peso que desplaza la partícula al ser sumergida (gramos)

#### b) Factor de corrección de la pendiente

Debido a que el terreno no suele ser horizontal, a la ecuación de carga de combustible se integró el factor de corrección de la pendiente (c), en cada línea de muestreo (Chávez *et al.*, 2017):

$$c = \sqrt{1 + \left(\frac{\% \text{ pendiente}}{100}\right)^2} \quad (6)$$

Donde:

c = factor de corrección de la pendiente

% pendiente = valor de la pendiente expresada en porcentaje

### 3.6.4. Planificación de la quema

Para la planificación de la quema prescrita se tomó en cuenta la ventana de prescripción propuesta por Molina (2000), indica los rangos meteorológicos deseables y previstos que permiten la realización de la quema. Para tener un comportamiento de fuego idóneo, se calculó la humedad de los combustibles herbáceos vivos y forestales muertos; datos tomados en el área de estudio, si la ventana de prescripción no se cumple la quema será cancelada, previo a una evaluación. Tabla 3. Para evaluar la ventana de prescripción se muestra el anexo 4.



**Tabla 3 Ventana de prescripción**

*Ventana de prescripción*

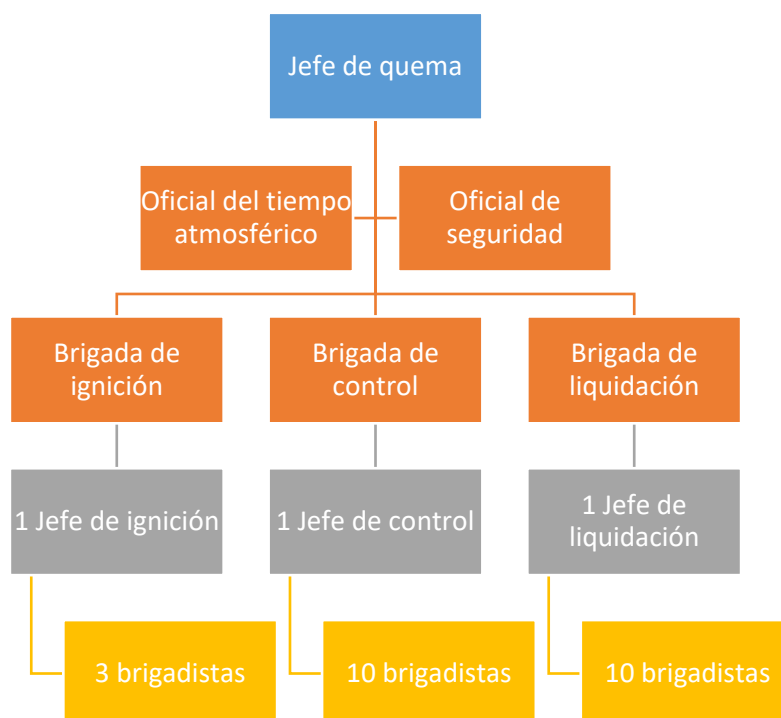
<b>Meteorología previa y posterior al día previsto de quema</b>				
	<b>Deseable</b>	<b>Deseable</b>	<b>Previsto</b>	<b>Previsto</b>
	2 días previos	2 días posteriores	2 días previos	2 días posteriores
Temperatura (°C)	17 °C	17 °C	15 °C	14 °C
Humedad relativa (%)	30%	30%	40%	40%
Viento (Km/h)	10 km/h	10 km/h	15 km/h	15 km/h
Nubosidad (%)	40 %	40%	80%	80%

Fuente: Molina 2000

El día de la quema prescrita, se tomaron los datos meteorológicos en el lugar de ignición con una estación meteorológica portátil Kestrel 3000, se comprobó que los valores estén dentro los rangos deseables de la ventana de prescripción y se procedió a la organización de las brigadas SEMARNAT (2009). Figura 5.

**Figura 5**

*Organigrama para ejecución de la quema prescrita*



Fuente: SEMARNAT (2009)

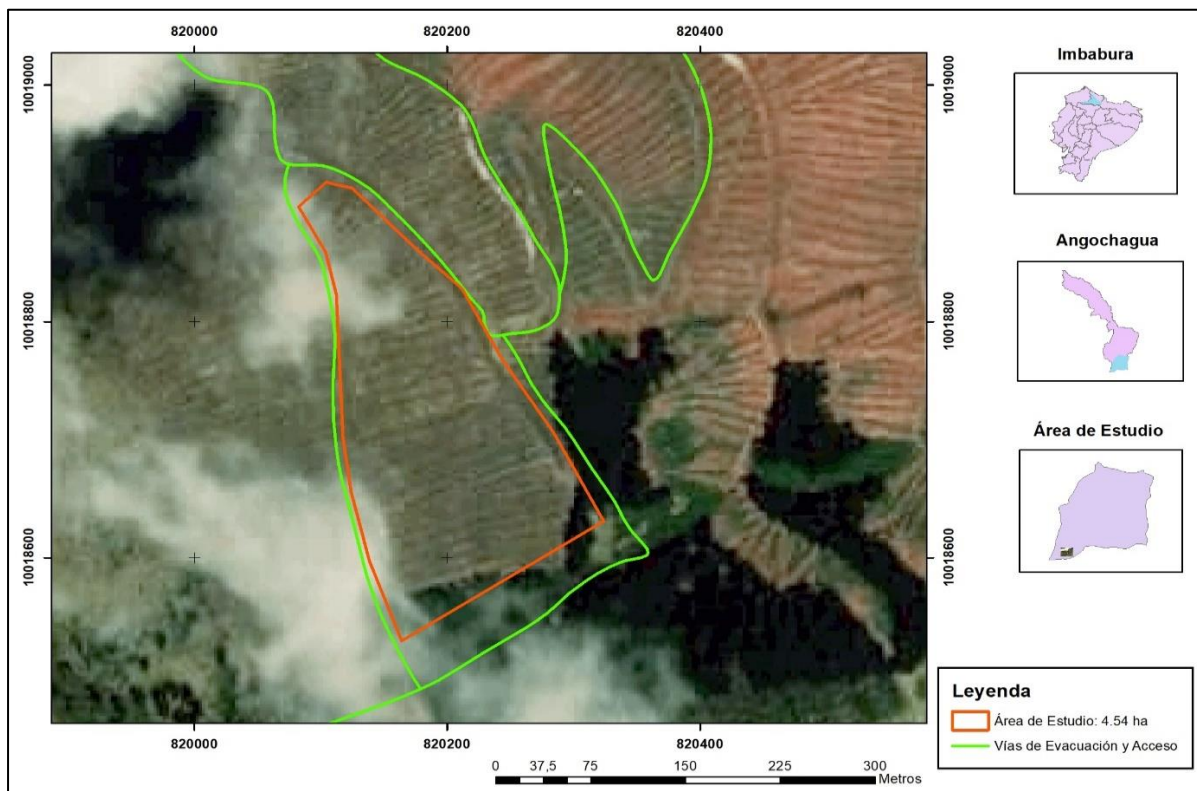
Primeramente, el jefe de quema formó tres brigadas, cada una con el jefe respectivo:

- a) La brigada de ignición compuesto por 3 brigadistas, se encargó de aplicar las técnicas de ignición.
- b) La brigada de control compuesta por 11 brigadistas, se encargó de mantener el comportamiento del fuego dentro de la prescripción establecida, así mismo se encargó de identificar y extinguir focos secundarios.
- c) La brigada de liquidación compuesta por 11 brigadistas, se encargó de extinguir la quema después de haber finalizado el tiempo de quema.

Se designaron dos auxiliares para el jefe de quema, un auxiliar para monitorear el tiempo atmosférico durante la quema y un segundo auxiliar llamado oficial de seguridad que se encargó de monitorear la quema buscando posibles eventos no visualizados por el resto del personal, evaluó y realizó las rutas de escape y atendió cualquier requerimiento por los miembros de la quema. Después de identificar las vías de acceso al área de estudio, se presenta en el mapa las rutas de evacuación, Rodríguez-Trejo *et al.* (2018), menciona la importancia de este mapa para preservar la seguridad de las brigadas, ante posibles piroescapes. Figura 6

### Figura 6

Mapa de vías de evacuación y acceso



### 3.6.5. Reunión de socialización

Se llevó a cabo una reunión general en la Casa Comunal de Cochas, se contó con la presencia del presidente de la comunidad, el señor Wilson Rodrigo Lechón Sandoval y también los habitantes del sector. Se explicó los lineamientos de la investigación, los objetivos y los alcances, así mismo, se invitó a las personas a participar en las quemas prescritas.

### 3.6.6. Ejecución de la quema

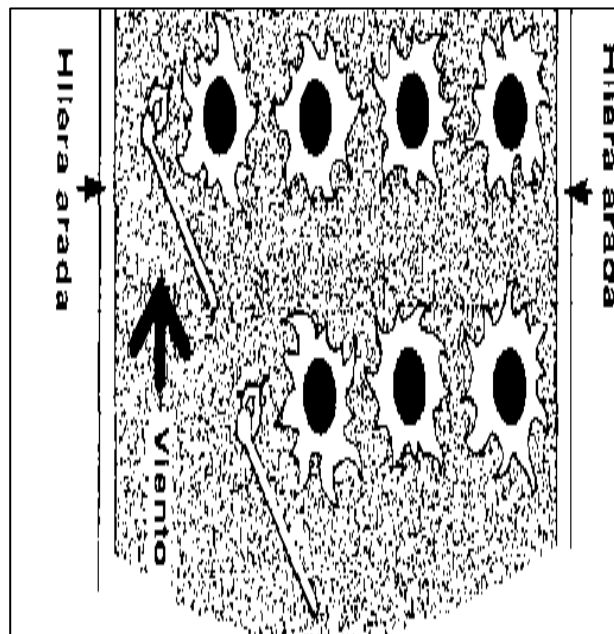
Con la autorización de la comunidad (Anexo 1) y en coordinación del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) (Anexo 2 y 3) se procedió a la ejecución de las técnicas de ignición. Se evaluó la ventana de prescripción. Anexo 4.

#### 3.6.6.1. Quema en puntos

En las parcelas: T1O1 (Tratamiento 1, Observación 1), T1O2 (Tratamiento 1, Observación 2), T1O3 (Tratamiento 1, Observación 3), se utilizó la técnica en función de la norma 015 de SEMARNAT: Ignición en Puntos (Figura 7), en la parcela se realizó una cuadrícula con distancias de 5 m con una secuencia que va desde la dirección Sur – Norte y en la siguiente línea con dirección Norte – Sur se empezó desde la parte superior de la parcela.

**Figura 7**

*Quema en puntos*



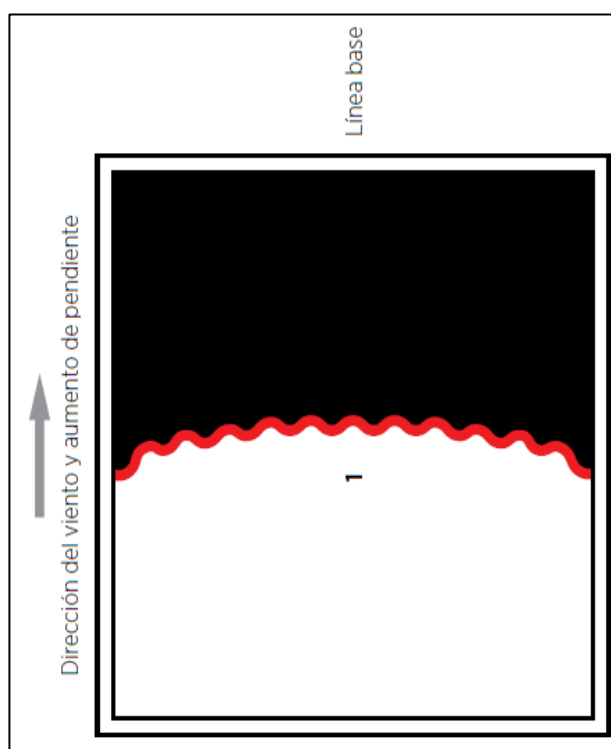
*Fuente: Moscovich et al. (2014)*

### 3.6.6.2. *Quema en contra*

En las parcelas: T2O1 (Tratamiento 2, Observación 1), T2O2 (Tratamiento 2, Observación 2), T2O3 (Tratamiento 2, Observación 3), se utilizó la técnica en función de la norma 015 de SEMARNAT: Quema en Contra (Figura 8), donde se encendió una línea de fuego de 25 m de longitud en la parte superior de las parcelas respecto a la pendiente y la quema concluyó en la parte inferior de ésta.

**Figura 8**

*Quema en contra*



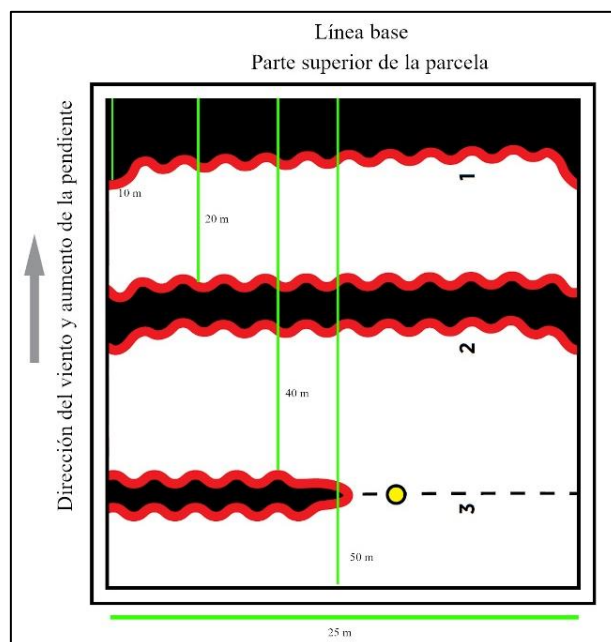
Fuente: Rodríguez-Trejo *et al.* (2019)

### 3.6.6.3. *Fajas a favor con tres líneas de ignición*

En las parcelas: T3O1 (Tratamiento 3, Observación 1), T3O2 (Tratamiento 3, Observación 2), T3O3 (Tratamiento 3, Observación 3), se utilizó la técnica en función de la norma 015 de SEMARNAT: Fajas a favor con tres líneas de ignición (Figura 9), se inició la primera faja de fuego en los 25 m de la parte superior de la parcela respecto a la pendiente y se dejó que el frente de la llama avance 10 m para encender dos líneas de fuego más, una a 20 y la otra a 40 m, medido desde la primera línea de ignición.

**Figura 9**

*Fajas a favor con tres líneas de ignición*



Fuente: Adaptado de Rodríguez-Trejo *et al.* (2019)

### **3.6.7. Supresión de la quema**

La supresión de la quema prescrita en todas las parcelas las realizó la brigada de liquidación, se utilizó herramientas de combate de incendios forestales, así mismo, la aplicación de agua mediante las mochilas extintoras para disminuir la temperatura del combustible en ignición.

### **3.6.8. Inventario de combustibles forestales después de la quema**

Después de haber realizado las quemas prescritas, se evaluó la carga de combustible forestal restante con la misma metodología del acápite 3.6.1, el mismo que se utilizó para cuantificar antes de la quema en las parcelas instaladas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Características físicas y químicas del suelo

Los resultados de las propiedades físicas y químicas del suelo se las obtuvo del laboratorio del INIAP de Santa Catalina cuyo análisis constan en el Anexo 5.

A continuación, se presentan los principales elementos químicos del suelo, antes y después de la quema prescrita. Tabla 4.

**Tabla 4 Elementos químicos en el suelo con porcentaje de variación**

*Elementos químicos en el suelo con porcentaje de variación*

<b>Elemento</b>	<b>Valor antes quema</b>	<b>Valor después quema</b>	<b>Variación (%)</b>
<b>pH</b>	6.15	6.59	+ 7.15
<b>Nitrógeno (N) (ppm)</b>	250	258	+ 3.20
<b>Fósforo (P) (ppm)</b>	20	31	+ 55
<b>Azufre (S) (ppm)</b>	6.50	20	+ 207.69
<b>Boro (B) (ppm)</b>	0.12	0.36	+ 200
<b>Potasio (K) (meq/100g)</b>	0.95	1.24	+ 30.52
<b>Calcio (Ca)(meq/100g)</b>	19.36	20.25	+ 4.59
<b>Magnesio (Mg) (meq/100g)</b>	1.68	2.06	+ 22.61
<b>Zinc (Zn) (ppm)</b>	6.30	6.50	+ 3.17
<b>Cobre (Cu) (ppm)</b>	5.40	4.80	- 11.11
<b>Hierro (ppm)</b>	1146	912	- 20.41
<b>Manganeso (Mn) (ppm)</b>	6.90	7.60	+ 10.14

Fuente: INIAP (2021)

El valor del pH pasó de ligeramente ácido a prácticamente neutro. Durán (2015) tuvo la misma variación debido al aporte de cationes provenientes de las cenizas, en quemas prescritas de un bosque de pino en la comunidad Yateras.

El nitrógeno (N), en función a los estudios quema y posterior a la quema, no tuvo una alta variación, a diferencia, en la investigación de Úbeda *et al.* (2009) realizada Catalunya,

donde el porcentaje disminuyó, eso se debe posiblemente a la reducida temperatura de volatilidad de este elemento, que es aproximadamente de 200°C.

El fósforo (P) y el potasio (K) aumentaron las concentraciones, en contraste con Novais *et al.*, (2017), en la quema en hilera también tuvo un aumento de esos elementos, el aumento de P está relacionado posiblemente con la formación de cenizas, y el aumento de K está asociada al movimiento de las partículas durante la quema.

En las actividades de la quema y después de la quema, el azufre (S) y el boro (B), fueron los elementos con mayor variación, información contrastada con Certini (2005) que afirma que el anión (SO<sub>4</sub>)<sup>2-</sup> aumenta considerablemente en el suelo después de una quema, y el B es fácilmente soluble en el suelo.

Así mismo, los valores del calcio (Ca), magnesio (Mg) aumentaron, a diferencia de Martínez *et al.* (2004) que no encuentra una alteración significativa de estos elementos después de la quema, debido sobre todo a los cationes de Ca y Mg que no son volatizados durante un incendio.

En cuanto a la concentración, el zinc (Zn) y manganeso (Mn) aumentó la ppm porcentualmente, en tanto que para cobre (Cu) y el hierro (Fe) disminuyó. En la investigación de Capulín *et al.* (2018) realizado en Zacualtipán, México, encontraron variaciones similares, mencionan que son producto del pH del suelo y la acumulación de esos elementos en las cenizas después de la quema.

Se presentan los resultados del análisis físico del suelo antes y después de la quema. Tabla 5.

**Tabla 5 Características físicas del suelo antes y después de quema prescrita**

*Características físicas del suelo antes y después de quema prescrita*

<b>Característica</b>	<b>Valor antes quema</b>	<b>Valor después quema</b>	<b>Clase textural antes quema</b>	<b>Clase textural después quema</b>
<b>Arena %</b>	53	53	Franco - Arenoso	Franco - Arenoso
<b>Limo %</b>	31	29		
<b>Arcilla %</b>	16	18		
<b>Materia Orgánica %</b>	14.5	10.8		

Fuente: INIAP (2021)

La clase textural antes y después de la quema se mantiene como franco – arenoso. En tanto que, Afif y Oliveira (2016), no encuentran diferencias significativas después de realizar quemas prescritas.

Las cantidades de materia orgánica (MO) quema y posquema, descendieron en un 3.7%. Así mismo Martínez et al. (2004) menciona en su trabajo que la cantidad de (MO) al pasar un año de la quema fue significativamente inferior y afirma que la (MO) quemada es liberada en forma de óxidos o carbonatos.

#### **4.2 Caracterización de la vegetación antes y después de la quema**

En el área de estudio se encontró 30 especies: una especie forestal, ocho de arbustos y 21 de hierbas, distribuidas en 16 familias, 30 géneros. *Schedonorus lanatus* (Kunth) Roem. & Schult. predomina en el área, a diferencia de *Barnadesia arborea* Kunth que se encontró la menor cantidad de individuos en un rango altitudinal de 3400 a 3460 msnm. Una composición florística diferente se encuentra en la investigación de Jaramillo y Herrera (2016), con 25 familias, 53 géneros y 66 especies de plantas, en una extensión de 590 ha y un rango altitudinal de 3850 a 4384 msnm. Esta diferencia de especies posiblemente se deba a que son rangos altitudinales con diferentes tipos de cobertura.

Se obtuvo el índice de diversidad de Shannon antes de la quema siendo de 2.69, según la interpretación demuestra una diversidad normal, en la investigación de Aguilar *et al.* (2016), se toma en cuenta el páramo llamado El Robledal, donde obtiene un Índice de Shannon – Wiener de 2.8, valores similares obtenidos en la presente investigación por ser ecosistemas parecidos. Sin embargo, estos datos estarían sujetos a comparación en al menos, dos a tres años post incendio. Tabla 6.



**Tabla 6**

Caracterización de la vegetación antes de la quema

Vegetación antes de la quema					
Forestal (50 m <sup>2</sup> )		Arbustos (50 m <sup>2</sup> )		Herbáceas (2 m <sup>2</sup> )	
Antes	Especie	Antes	Especie	Antes	Especie
22	<i>Pinus radiata</i> D. Don	5	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	178	<i>Geranium sibbaldioides</i> Benth.
		14	<i>Lupinus pubescens</i> Benth.	130	<i>Hypochaeris radicata</i> L.
		5	<i>Chuquiraga jussieui</i> J.F. Gmel.	57	<i>Plantago australis</i> Lam.
		4	<i>Monnina crassifolia</i> (Bonp.) Kunth	19	<i>Hypericum laricifolium</i> Juss.
		3	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	47	<i>Galium triflorum</i> Michx.
		9	<i>Dalea coerulea</i> Barneby	29	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.
		2	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Dest.) Triana	248	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth
		2	<i>Barnadesia arborea</i> Kunth	226	<i>Taraxacum officinale</i> L.
				14	<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth
				69	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth
				20	<i>Cirsium vulgare</i> Kunth
				118	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.
				362	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flügge
				444	<i>Schedonorus lanatus</i> (Kunth) Roem. & Schult.
				67	<i>Bidens andicola</i> Kunth
				69	<i>Arcytophyllum thymifolium</i> (Ruiz & Pav.) Standl.

Vegetación antes de la quema					
Forestal (50 m <sup>2</sup> )		Arbustos (50 m <sup>2</sup> )		Herbáceas (2 m <sup>2</sup> )	
Antes	Especie	Antes	Especie	Antes	Especie
				342	<i>Alchemilla orbiculata</i> Ruiz & Pav.
				18	<i>Lamourouxia virgata</i> Kunth
				43	<i>Dorobaea pimpinellifolia</i> (Kunth) B.Nord
				17	<i>Valeriana rigida</i> Ruiz & Pav.
				73	<i>Festuca andicola</i> Kunth
<b>22</b>	Total	44	Total	2590	Total

Después de la quema prescrita se obtiene la misma composición florística, la diferencia está en el número total de individuos, se reduce desde 2590 unidades a 650 unidades, esto representa una disminución del 74.90% de individuos, porque necesariamente el combustible vivo se debe quemar bajo condiciones físicas favorables, la parte radicular de la planta permanece intacta para su consecuente regeneración. En tanto que, Saavedra (2015), obtuvo un valor del 76.5% de sobrevivencia en zonas con la presencia de pino, bajo condiciones ecosistémicas similares.

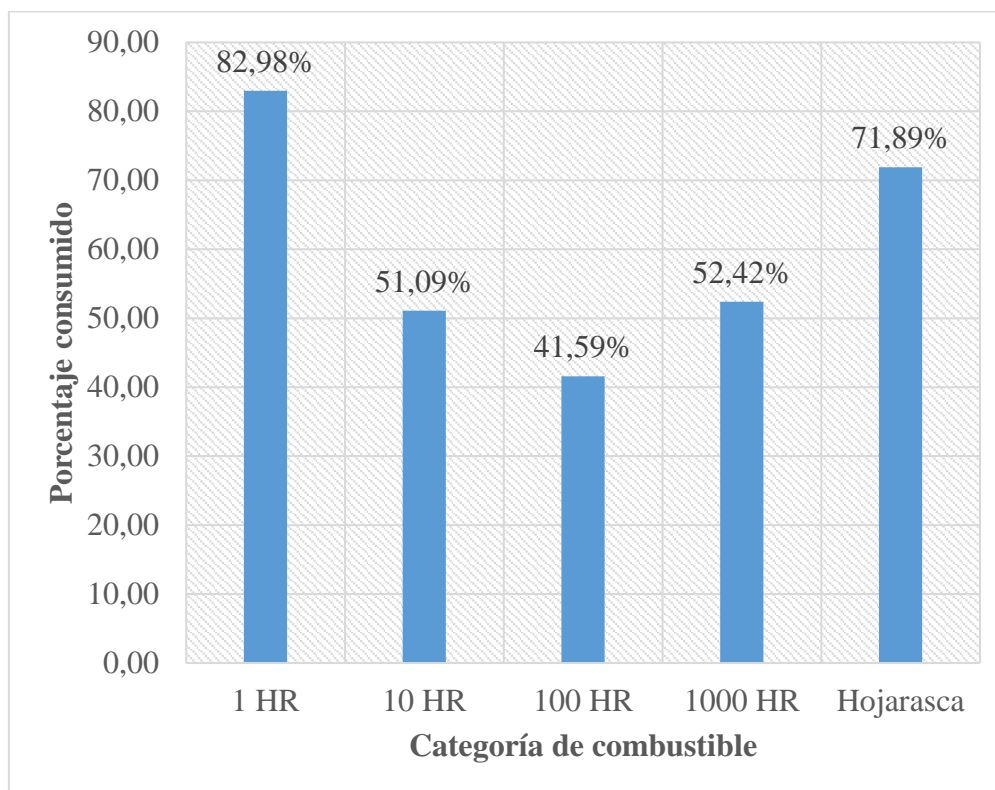
La especie herbácea *Schedonorus lanatus* (Kunth) Roem. & Schult antes y después de la quema, no tuvo un impacto considerable entre los individuos evaluados. Así mismo, en las especies arbustivas; durante el fuego; en relación a la especie forestal *Pinus radiata* D. Don. no existió reducción de dicha especie por efecto de la quema, por lo tanto, no causa impacto ambiental negativo. Saavedra (2015), obtiene una afectación de la especie con alturas menores a un metro. Posiblemente se deba a una intensidad de fuego mayor que la obtenida en la presente investigación. Huasasquiche y Kómetter (2018), menciona algunas especies forestales adaptadas al fuego, por ejemplo, *Berberis saxicola* Lechl., *Verbesina ochroleucotricha* Sagást., *Cedrela* sp., *Escallonia resinosa* (Ruiz & Pav.) Pers., *Myrsine manglilla* (Dombey ex Lam.) R. Br., *Weinmania* sp., *Vallea stipularis* L. f., *Alnus acuminata* Kunth.

### 4.3 Condiciones de combustible antes y después de la quema

El mayor porcentaje de combustible que se consumió después de la quema corresponde a la categoría de 1 HR (Figura 10) se debe a que el punto de inflamación de esta categoría de combustible es muy bajo, hace que la velocidad de propagación sea más rápida y requiera más combustible para continuar con la ignición, en el estudio de Kunst *et al.*, (2012) realizado en un pastizal se consumió la carga total de combustible fino. Esta diferencia en el consumo de la carga se deba posiblemente a las diferencias meteorológicas entre los estudios.

**Figura 10**

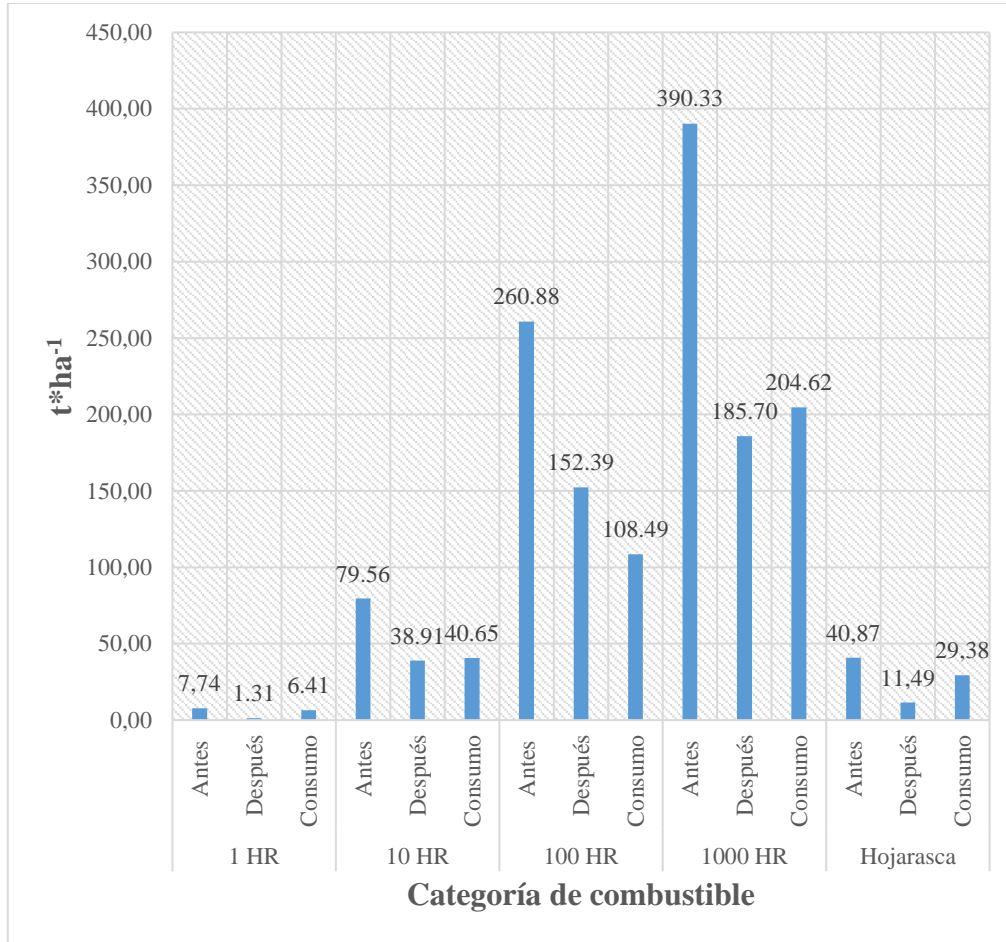
*Combustible consumido por categoría de combustible*



Se visualiza en la Figura 11 que el efecto del fuego fue diferente en las cinco categorías de combustibles, para 100 HR y 1000HR no existe un alto consumo, porque la humedad de este material fue alta, por lo tanto, no hubo gran intensidad calórica para consumir estos desechos del aprovechamiento, al igual que en la investigación de Cal y Trinidad (2006) obtienen que las categorías antes mencionadas fueron las que menos se consumieron, seguramente porque hubo un error al momento de aleatorizar los sitios de muestreo así, lo mencionan en su trabajo investigativo.

**Figura 11**

*Efectos de las quemas prescritas*



#### 4.4 Eficacia de las técnicas de ignición

Se presentan los resultados del análisis de covarianza, se comprueba que existe normalidad y homocedasticidad, las diferencias entre los tratamientos en las categorías de combustibles de: 1 HR, 10 HR, 100 HR, 1000 HR y hojarasca. Tabla 7.

**Tabla 7***Análisis de covarianza por categoría de combustible*

	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>	<b>p-valor</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
				^Tukey 5%		
<b>1 HR</b>	0.94	7.46	0.9720	A	A	A
<b>10 HR</b>	0.7	23.65	0.0449	A	A	
				B		B
<b>100 HR</b>	0.90	20.08	0.0098		A	
				B		B
<b>1000 HR</b>	0.82	20.57	0.0331	A	A	
					B	B
<b>Hojarasca</b>	0.23	20.54	0.557	A	A	A

R<sup>2</sup> Aj: Coeficiente de determinación ajustado, CV: Coeficiente de Variación, T2: Tratamiento 2, T1: Tratamiento 1, T3: Tratamiento 3

Se observa que no existe diferencias significativas en el consumo entre los tratamientos para los combustibles de 1 HR y hojarasca, el mismo resultado se evidencia en Rodríguez-Trejo *et al.* (2020) donde no encuentran diferencias entre la quema en contra y quema a favor en combustibles de pastizal, seguramente se deba al consumo uniforme producto del comportamiento del fuego. Así mismo, Rubio (2017) afirma que los pastos dominan la propagación horizontal del fuego. En tanto que, PROMIF (2015a) sustenta que los combustibles finos ganan o pierden humedad con facilidad por ello son altamente inflamables.

Mediante el análisis de covarianza se determina que para los combustibles de 10 HR, el mejor tratamiento fue las fajas a favor con tres líneas de ignición (T3), seguramente porque las líneas cubren toda el área y hace que la intensidad calórica en la parcela sea mayor. Rodríguez-Trejo *et al.* (2018) no encuentra diferencias entre los tratamientos, debido a que las condiciones meteorológicas son diferentes, menciona una velocidad de viento de 3.97 km/h, una temperatura de 31.2 °C y la humedad relativa en 52 %; mientras en la presente investigación se obtuvo una velocidad de viento de 8 km/h, una temperatura de 18 °C y la humedad relativa en 35 %, esto hace que el comportamiento del fuego sea diferente y como

menciona Rodríguez-Trejo *et al.* (2018) que en las parcelas con combustibles más grueso entra en juego el contenido de humedad, densidad y contenido de minerales.

En los combustibles de 100 HR el tratamiento que mayor consumo tuvo fue las fajas a favor con tres líneas de ignición (T3), la quema se realiza relativamente en toda el área. Rodríguez-Trejo *et al.* (2018) usa dos técnicas de ignición: quema en contra y quema a favor, no encuentra diferencias entre estas. Se puede ver en la Figura 10 que en general esta categoría tuvo un menor consumo, al ser combustibles regulares necesitan mayor calor para pre secarse y empezar la combustión, Blanco *et al.* (2008) afirman que la sostenibilidad del fuego en estos combustibles es más dependiente de la compactibilidad.

En la categoría de 1000 HR, la mejor técnica de ignición son las fajas a favor con tres líneas de ignición (T3), así mismo es parecida en consumo al tratamiento de Quema en puntos (T2), en concordancia a Flores y Benavides (1995) encuentra que los cambios más notables son el las quemas a favor, seguramente porque tiene más superficie para hacer contacto con el fuego, y después de haberse encendido se consume en forma de carbón, así afirma Vega *et al.* (2000), menciona que un mayor espesor significa un nivel de aireación más alto, por lo tanto, el rendimiento en combustión es mejor.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La aplicación de los tratamientos influyó de manera significativa en las propiedades físicas y químicas del suelo. Los valores en la mayoría de los casos aumentaron después de realizar la quema prescrita, debido al aporte de material residual.
- Después de realizar la práctica de quema, se determinó que no existe variaciones en el índice de diversidad. La variación en la composición florística requiere de un tiempo prolongado para poder observar los cambios referentes a la sucesión natural.
- Las cargas de combustibles fueron altas, y se redujeron considerablemente después de la quema, para la categoría de 1 HR y hojarasca no existe influencia de la técnica de ignición en la cantidad de combustible consumido. Para los combustibles de 10 HR, 100 HR y 1000 HR se evidencia que existe un mayor consumo con la técnica de fajas a favor con tres líneas de ignición.

#### 5.2. Recomendaciones

- Realizar más investigaciones en la zona sobre el manejo integral del fuego y poder obtener datos de las interacciones del fuego y el ecosistema
- Capacitar sobre la metodología usada a los brigadistas para facilitar los procesos de ignición y evitar accidentes.
- Realizar la evaluación del cambio de diversidad luego de un periodo de por lo menos dos a tres años para evaluar el efecto de la quema en la recuperación de la vegetación natural.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afif, E., y Oliveira, P. (2016). Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Invest Agrar: Sist Recur For*, 15(3), 262-270. doi: [https://www.researchgate.net/publication/28251683\\_Efectos\\_del\\_fuego\\_prescrito\\_sobre\\_matorral\\_en\\_las\\_propiedades\\_del\\_suelo](https://www.researchgate.net/publication/28251683_Efectos_del_fuego_prescrito_sobre_matorral_en_las_propiedades_del_suelo)
- AGROCALIDAD. (2018). Instructivo INT/SFA/10, Muestreo para análisis de suelo. Laboratorio de suelos, foliares y agua. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/agua8.pdf>
- Aguilar, M., Isaacs, P., y Núñez, O. (2016). Ecológica del fuego y caracterización ecológica general de áreas afectadas por incendios de la cobertura vegetal en el Maciso de Iguaque, Villa de Leyva, Boyacá. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt*, 1-173. doi: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9720>
- Aguirre, N., Torres, J., Velasco-Linares, P. (2013). *Guía para la Restauración Ecológica en los Páramos del Antisana. Fondo para la Protección del Agua-FONAG*. Quito-Ecuador. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/07/Gu%C3%ADa-Metodol%C3%B3gica-restauracion-p%C3%A1ramos.pdf>
- Aguirre, F. (2001). *Manual de formación de incendios forestales para cuadrillas. Gobierno de Aragón*, 2ª edición revisada. ISBN: 84-7753-865-4 [https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL\\_INCENDIOS\\_CUADRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98](https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL_INCENDIOS_CUADRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98)
- Badii, M., Castillo, J., y Wong, A. (2017). Uso de Análisis de Covarianza (ANCOVA) en investigación científica. *Innovaciones De Negocios*, 5(9). <https://doi.org/10.29105/rinn5.9-3>
- Bernardo, I. (2018). Estimación del comportamiento del fuego en quemada controlada en la hacienda experimental de Ngongoinga (huambo, angola). *Revista digital de Medio Ambiente “Ojeando la agenda”*. 52. <https://mirevistadigital.files.wordpress.com/2018/08/comportamentofuego.pdf>



- Blanco, J., García, D., Castellnou, M., Molina, D., Grillo, F., Pous, E. (2008). Curso básico de incendios forestales. Univesitat de Lleida. [http://www.amasquefa.com/uploads/CursoBasicoIF\\_1\\_121.pdf](http://www.amasquefa.com/uploads/CursoBasicoIF_1_121.pdf)
- Boulandier, J., Esparza, F., Garayoa, J., Orta, C., Anitua, P. (2001). *Manual de extinción de incendios forestales*. Bomberos de Navarra. [http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros\\_documentos/forestal1.pdf](http://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/forestal1.pdf)
- Cal, J y Trinidad, M. (2006). Uso del fuego en el manejo de combustibles forestales en la sierra Zapalinamé [Tesis de pregrado, Universidad autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/897>
- Calleja, B., López, B., Méndez, J., Ríos, J., Gutiérrez, E., (2020). Tamaño de muestra para estimar cargas de combustible en bosque de encino en la región Montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(57). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i57.617>
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecología*, 143, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Chavarría, F. (2011). Edafología I. Universidad de Caldas. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Chávez, A., Xelhuanzi, J., Rubio, E., Díaz, J., y Flores, J. (2017). Actualización del sistema para el cálculo de combustibles forestales (SICCO v3.0). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8 (44). <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i44.109>
- Chávez, A., Xelhuanzi, J., Rubio, E., Díaz, J., Flores, H. y Orozco, C. (2016). Caracterización de cargas de combustibles forestales para el manejo de reservorios de carbono y la contribución al cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 13(2) 2589-2600. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7nspe13/2007-0934-remexca-7-spe13-2589.pdf>
- [CODA] Código Orgánico Ambiental. (2019). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito, Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador [CRE]. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Quito
- Capulín, J., Suárez, A., Rodríguez, R, Mateo, J., Razo, R., Islas, M. (2018). Influence of fire on soil and vegetation properties in two contrasting forest sites in Central México.

*Ciencia e investigación agraria*, 45(2), 128-137.  
<https://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i2.1798>

Díaz, E., Gonzales, M., Jiménez, J., Treviño, E., Ávila, D. (2012). Caracterización de combustibles forestales mediante un muestreo directo en plantaciones forestales. *General technical report*, PSW-GTR-245. 426 – 436.  
[https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw\\_gtr245/es/psw\\_gtr245\\_426.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_426.pdf)

Durán, F. (2015). Efecto de dos técnicas de quemas prescritas sobre especies de hongos ectomicorrízicos en un bosque natural de *Pinus cubensis* Griseb. Tesis doctoral, Universidad de Pinar del Río.  
<https://rc.upr.edu.cu/bitstream/DICT/2175/1/Francisco%20Dur%C3%A1n%20Manual.pdf>

Estrada, I., y Ángeles, E. (2007, enero). Evaluación de combustibles forestales en el Parque Nacional “El Chico”, Hidalgo. *Ecología y biodiversidad, claves de la prevención*. - Evaluación de combustibles Forestales.  
[https://www.researchgate.net/publication/305851390\\_Ecologia\\_y\\_biodiversidad\\_claves\\_de\\_la\\_prevenccion-Evaluacion\\_de\\_combustibles\\_Forestales-Estrada\\_Contreras\\_y\\_Angeles\\_Cervantes\\_Evaluacion\\_de\\_combustibles\\_forestales\\_en\\_el](https://www.researchgate.net/publication/305851390_Ecologia_y_biodiversidad_claves_de_la_prevenccion-Evaluacion_de_combustibles_Forestales-Estrada_Contreras_y_Angeles_Cervantes_Evaluacion_de_combustibles_forestales_en_el)

Gisbert, J., Ibáñez, S., Moreno, H. (2010). La textura del suelo. Universidad Politécnica de Valencia, *Producción Vegetal*. <https://riunet.upv.es/handle/10251/7775>

Flores, J., Xelhuantzi, J., Chávez, A. (2010). Monitoreo del comportamiento del fuego en una quema controlada en un rodal de pino-encino. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 16 (1), 49-59.  
<https://revistas.chapingo.mx/forestales/?section=articles&subsec=issues&numero=63&articulo=665>

Flores J., y Benavides, J. (1995). Efecto de las quemas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 20 (77), México.  
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1025/2345>

[GAD Parroquial Angochagua] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural De Angochagua. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial, Gobierno Autónomo

Descentralizado Parroquial Rural De Angochagua.

<https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Parroquial/PDOT%20ANGOCHAGUA.pdf>

Garrido, R., Carreira, R., Iglesias, R. (2016). *Defensa y Prevención de incendios forestales*. Editorial Síntesis, S.A. <https://www.sintesis.com/data/indices/9788490773062.pdf>

Grillo, F., Días, D., Caamaño, J. (s.f.). *Curso nivel II, Incendios Forestales, Manejo del Fuego*. Grupo de acción forestal. <https://docplayer.es/72165157-Curso-nivel-ii-incendios-forestales-manejo-del-fuego.html>

Gobierno Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito, Ecuador: Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008.

Hauenstein, E., González, M., Peña-Cortés, F., Muñoz-Pedrerros, A. (2002). Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de tolten (ix region, chile). *Revista Gayana Bot*, 59 (2). <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432002000200006>

Huwasquiche, J., y Kómetter, R. (2018). Saberes comunales e incendios forestales en la mancomunidad Saywite Choquequirao Ampay - Apurímac – Perú. Programa Bosques Andinos. <https://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2018/02/SABERES-3F1.pdf>

[INIFAP] Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2011). Monitoreo Del Comportamiento Del Fuego En Quemadas Prescritas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/handle/123456789/3449>

Jaramillo. B., y Herrera, W. (2016). *Plan de desarrollo turístico para la zona de amortiguamiento del páramo de Muertepungo*. [Tesis de grado. Carrera de Turismo Ecológico. Universidad Central del Ecuador]. 177 p. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10300>

Kunst, C., Ledesma, R., Bravo, S., Defossé, G., Godoy, J., y Navarrete, V. (2012). Comportamiento del fuego en un pastizal del sitio ecológico ‘media loma’, región chaqueña occidental (Argentina). *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(1), 70-77. doi: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86423614012.pdf>

- Martínez, L., Ramos, M., Castillo, I., Bonilla, M., Sotolongo, R. (2004). Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de *Pinus Tropicalis* Morelet, en cuba. *Revista Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 10 (1), 31-35. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62910105>
- [MAG] Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Manual de prevención de incendios forestales en plantaciones comerciales y sistemas agroforestales productivos. Subsecretaría de producción forestal.
- Minervini, M., Morrás, H., Taboada, M. (2018). Efectos del fuego en la matriz del suelo: Consecuencias sobre las propiedades físicas y mineralógicas. *Ecología Austral*, 28(1), 001-156. <https://doi.org/10.25260/EA.18.28.1.0.127>
- Molina, D. (2000). Planes de quemas controladas. Cuadernos de la SECF, 9, 265-279. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6931104>
- Moreno, J. (2010). Impactos sobre los riesgos naturales de origen climático, Riesgo de incendios forestales. Impactos del cambio climático en España. [https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/12\\_3\\_riesgos\\_naturales\\_2\\_tcm38-178505.pdf](https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/12_3_riesgos_naturales_2_tcm38-178505.pdf)
- Morfín, J., Jardel, E., Michel, J. (2012). *Caracterización y cuantificación de combustibles forestales*. Comisión Nacional Forestal, Universidad de Guadalajara. México. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=459>
- Moscovich, F., Ivandic, F., Besold, L. (2014). *Manual de incendios forestales y manejo del fuego*. Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/5780>
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2009). Norma oficial mexicana NOM-015 SEMARNAT/SAGARPA 2007. <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3331/1/nom-015-semarnat-sagarpa-2007.pdf>
- Novais, D., Meira da Silva, J., Carneiro, P., Silva, F., y Zea, J. (2017). Impacto del uso de los incendios en propiedades químicas y físicas de los suelos semiáridos Paraíba. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v13i3.872>

- [PROMIF] Proyecto Manejo Integrado del Fuego. (2015a). Metodología de investigación de causas que provocan los incendios forestales. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2902/Technical/INVESTIGACION%20DE%20CAUSAS%20DE%20OCURRENCIA%20DE%20INCENDIOS%20FORESTALES.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2902/Technical/INVESTIGACION%20DE%20CAUSAS%20DE%20OCURRENCIA%20DE%20INCENDIOS%20FORESTALES.pdf)
- [PROMIF] Proyecto Manejo Integrado del Fuego. (2015b). Curso de evaluación, cuantificación y manejo de combustibles forestales en plantaciones forestales. [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2902/Technical/Manual%20del%20participante%20CURSO%20MANEJO%20COMBUSTIBLES%20PAN%20F.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2902/Technical/Manual%20del%20participante%20CURSO%20MANEJO%20COMBUSTIBLES%20PAN%20F.pdf)
- Ramos, M., Albán, D., Jiménez, A., Mero, O., Tenencio, M. (2018). Planificación de una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis*, Linn F. *Revista cubana ciencias forestales*, 6 (2). <http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/325/>
- Rentería, J. (2004). Desarrollo de modelos para el control de combustibles en el manejo de ecosistemas forestales en Durango, México. [Tesis doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/5804>
- Rodríguez-Trejo, D., Martínez-Muñoz, P., Pulido-Luna, J., Martínez-Lara, P., Cruz-López, J. (2020). Combustibles, comportamiento del fuego y emisiones en un pastizal y una sabana artificiales en Chiapas. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 641-654. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n2/0034-7744-rbt-68-02-641.pdf>
- Rodríguez-Trejo, D., Martínez-Muñoz, P., Pulido-Luna, J., Martínez-Lara, P., Cruz-López, J. (2019). *Instructivo de quemas prescritas para el manejo integral del fuego en el municipio de Villaflores y la Reserva de la Biosfera La Sepultura*, Chiapas. Universidad Autónoma Chapingo, SEMARNAT, CONAFOR, CONANP. [http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/Instructivo\\_de\\_quemas.pdf](http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/Instructivo_de_quemas.pdf)
- Rodríguez-Trejo, D., Pulido-Luna, J., Martínez-Muñoz, P., Martínez-Lara, P., Monjarás-Vega, N. (2018). Análisis comparativo de quemas prescritas aplicadas a encinares tropicales. *Revista AGROCIENCIA*, 52(6). <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1704>
- Rubio, P. (2017). *Iniciación a las quemas y a la piroecología*. Bubok Publishing S.L. [https://distritoforestal.es/images/Biblioteca/IniciacionalasquemasPRUBIO\\_ligero.pdf](https://distritoforestal.es/images/Biblioteca/IniciacionalasquemasPRUBIO_ligero.pdf)

- Ruiz, A. (2009). Introducción al comportamiento del fuego. Instituto de Biodiversidad Agraria y Desarrollo Rural, 5, 15-19. <http://hdl.handle.net/10347/3814>
- Saavedra, O. (2015). *Determinación y evaluación del impacto de las quemas prescritas sobre sistemas vegetales pino-encino en las cuencas de Pasabien y Río Hondo, Zacapa, Guatemala*. Proyecto FODECYT No. 072-2012. [vahttp://168.234.106.70/library/images/7/7f/FODECYT\\_2012.72.pdf](http://168.234.106.70/library/images/7/7f/FODECYT_2012.72.pdf)
- Sadeghian, K. (2010). La materia orgánica: Componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. *Cenicafé*. 61. <https://biblioteca.cenicafe.org/jspui/bitstream/10778/1113/3/libroMO.pdf>
- Somarriva, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas* (CATIE) Volumen 6, número 23, páginas 72-74 <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6079?show=full>
- [SENPLADES] Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Quito, Ecuador.
- Tituaña, M., Nicolalde, L. (2019). Aprovechamiento de plantaciones forestales en Imbabura. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 8 (2), 98-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7153080>
- Úbeda, X., Outeiro, L., Pereira, P. y Miguel, A., (2009). *Estudios sobre las consecuencias del fuego en las propiedades del suelo y la erosión en Catalunya. Investigaciones del GRAM* (Grup de Recerca Ambiental Mediterrània). Universitat de València. ISBN: 978-84-370-7653-9 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3255116>
- Vega, J., Cuiñas, P., Fontúrbel, M., Fernández, C. (2000). Planificar la prescripción para reducir combustibles y disminuir el impacto sobre el suelo en las quemas prescritas. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. 9. ISSN 1575-2410. págs. 189-198. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6931096>
- Velázquez, (2017). Servicios de consultoría para elaborar un estudio sobre manejo del fuego con enfoque al control y combate de plantas invasoras en México. Consultoría: SDC-32-2016. [https://procurement-notices.undp.org/view\\_notice.cfm?notice\\_id=25699](https://procurement-notices.undp.org/view_notice.cfm?notice_id=25699)



## ANEXOS

### Anexo 1. Carta de autorización

**COMUNA COCHAS  
LA MERCED**

Acuerdo Ministerial 113 del 25 de agosto del 2011  
**PARROQUIA ANGOCHAGUA - CANTÓN IBARRA**



Ibarra, 10 de septiembre del 2020

### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo Wilson Rodrigo Lechon Sandoval, con documento de Ciudadanía N° 1003757521 en calidad de Presidente de la comuna Cochass, ubicada en la parroquia de Angochagua, cantón Ibarra, provincia de Imbabura emito la autorización, al Sr. Lenin Fernando Garrido Aguilar, con Cédula de Ciudadanía N° 1002562872, en calidad de estudiante de la Carrera de Ingeniería Forestal en la Universidad Técnica del Norte, realizar los trabajos pertinentes para la realización de una Quema Prescrita como parte de las actividades de la propuesta de titulación.

Sin más por el momento, suscribo el documento.

Atentamente,




Sr. Wilson Rodrigo Lechon Sandoval  
**PRESIDENTE DE LA COMUNA COCHAS**

Panamericana Zuleta - Vía San Pablo Km 10 1/2  
093 931 6361 098 686 5155  
comunacochas@yahoo.com

 /ComunaCochas  
 @ComunaCochas  
 093 931 6361

## Anexo 2. Permiso de quema prescrita, primera hoja



Ministerio del Ambiente, Agua  
y Transición Ecológica

Oficio Nro. MAAE-DZI-2021-1057-O  
Ibarra, 30 de junio de 2021

**Asunto:** PERMISO PARA LA EJECUCIÓN DE QUEMA PRESCRITA (PQ-2021-001)

Señor  
Lenin Fernando Garrido Aguilar  
En su Despacho

De mi consideración:

Mediante oficio sin número, suscrito por el señor Garrido Aguilar Lenin Fernando con CI. 100256287-2, e ingresado a esta Cartera de Estado con referencia N° MAAE-DZI-2021-2197-E de fecha 29 de junio de 2021, se solicita: Autorización para realizar una quema prescrita en predio ubicado en el sector Cochas, parroquia Angochagua, cantón Ibarra, provincia Imbabura, en el marco de la investigación denominada "Evaluación de técnicas de ignición en residuos de aprovechamiento forestal en cochas, provincia Imbabura", con autoría de mi persona Lenin Fernando Garrido Aguilar y como director de investigación Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs. Adjuntando a la solicitud la siguiente documentación: 1) Investigación aprobada por la Universidad Técnica del Norte, 2) Autorización de la comunidad, 3) Plan de quema prescrita, 4) Mapa de evacuación, 5) Plan de socialización.

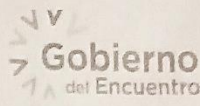
Al respecto, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, a través de la Oficina Técnica Ibarra de la Dirección Zonal 1 Imbabura, de conformidad con lo que establece el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente Art. 384, Lit. c) correspondiente a Autorizaciones de uso del fuego en "*Actividades de investigación científica vinculada con proyectos debidamente aprobados por la Autoridad Nacional de Investigación*"; Lit. d) "*En actividades relacionadas con formación y entrenamiento de bomberos y brigadistas forestales en materia de quemas controladas, quemas prescritas y control de incendios forestales, previa aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional*", confiere el presente **PERMISO PARA EJECUCIÓN DE QUEMA PRESCRITA**, de código PQ-2021-001 al señor GARRIDO AGULAR LENIN FERNANDO, con un plazo de duración de 2 días, desde la fecha de su expedición, para que en sujeción del respectivo Plan de Quema, proceda con la ejecución de las actividades inherentes a la quema prescrita, en el predio de interés ubicado en el sector **COCHAS**, parroquia **ANGOCHAGUA**, cantón **IBARRA**, provincia **IMBABURA**.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,


Dirección: Pedro Muncayo 6-46 y Shiroñ Itabur  
Código Postal: 100139 / Ibarra - Ecuador • Teléfono: (593) 07 255-5299 Ext. 2610  
www.ambiente.gob.ec

membrado por Quijue


 **Gobierno** del Encuentro | Juntos lo logramos 1/2



### Anexo 3. Permiso de quema prescrita, segunda hoja

 Ministerio del Ambiente, Agua  
y Transición Ecológica

Oficio Nro. MAAE-DZI-2021-1057-O  
Ibarra, 30 de junio de 2021

  
Ing. Juan Carlos Orbe Cardenas  
**ANALISTA TÉCNICO EN DEMARCACIÓN**

Referencias:  
- MAAE-DZI-2021-2197-E

Anexos:  
- carta\_de\_autorización\_para\_la\_quema\_prescrita\_en\_la\_comunidad\_de\_cochas.pdf  
- plan\_de\_quema\_prescrita\_en\_cochas\_maac.pdf  
- plan\_de\_socialización\_quema\_prescrita\_en\_la\_comunidad\_de\_cochas.pdf  
- mapa\_de\_evacuación\_maac.pdf  
- solicitud\_de\_quema\_prescrita.pdf

Copia:  
Señora Magíster  
Verónica Marisol Pozo Andrade  
**Especialista en Patrimonio Natural 3**

Señor Ingeniero  
Rolendio Bolívar Montenegro Verdugo  
**Responsable de la Oficina Técnica Ibarra**

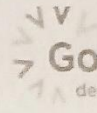
Señor Ingeniero  
Juan Carlos Orbe Cardenas  
**Analista Técnico en Demarcación**

Señor Ingeniero  
José Fernando Trejo Cuasquer  
**Especialista Forestal Provincial**

jt

Dirección: Pedro Mancayo 6-46 y Simón Bolívar  
Código Postal: 100150 / Ibarra - Ecuador • Teléfono: (593 6) 295-5399 Ext. 2613  
www.ambiente.gob.ec

creado por Quijuz

 **Gobierno** | Juntos  
del Encuentro | lo logramos

**Anexo 4.** Ventana de prescripción

Fecha planificada: 30 de Junio 2021		Fecha real: 30 de Junio 2021		
Hora planificada de inicio: 08H00		Hora real: 08H15		
Duración prevista: 7 horas		Duración real: 7 horas		
<b>Valores del intervalo</b>	<b>Bajo</b>	<b>Deseado</b>	<b>Alto</b>	<b>Real</b>
<b>Variables</b>				
Temperatura °C	14	13	22	18
Humedad relativa %	30	40	50	35
Velocidad del viento, Km/h	5	10	15	8
Cubierta de nubes, %	20	40	80	80
CH combustible 1 HR	5	10	15	6
CH combustible 10 HR	5	10	15	6
CH combustible 100 HR	12	22	32	10
CH combustible 1000 HR	12	22	32	10
CH combustible herbáceo vivo	45	75	90	23
CH del humus (número de días sin llover)	1	3	4	5
<b>Comportamiento del fuego</b>		<b>Rango aceptable</b>		
De conducción: a favor por fajas, a favor por puntos	Al principio: a favor por fajas y puntos, complemento, por flancos.			
Velocidad de propagación, m/min	0,6	1	2	4

# Anexo 5. Análisis de suelo antes y después de la quema prescrita

MC-LASPA-2201-01



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS**  
 Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutigagua.  
 Tífs. (02) 3007284 / (02)2504240  
 Mail: laboratorio\_dsa@iniap.gob.ec



## INFORME DE ENSAYO No: 22-0109

**NOMBRE DEL CLIENTE:** Garrido Aguilar Lenin Fernando  
**PETICIONARIO:** Garrido Aguilar Lenin Fernando  
**EMPRESA/INSTITUCIÓN:** Garrido Aguilar Lenin Fernando  
**DIRECCIÓN:** Ibarra

**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:** 08/02/2022 14:14  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 14/02/2022  
**FECHA DE EMISIÓN:** 18/02/2022  
 S 4

Análisis	pH	N	P	S	B	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases meq/100g	MO %	CO.* %	Textura (%)			IDENTIFICACIÓN
																			Arena	Limo	Arcilla	
22-0280	6.15	L Ac 250	A 20	M 6.5	B 0.12	A 0.95	A 19.36	A 1.68	A 6.3	M 5.4	A 11.46	A 6.9	M 11.54	A 1.76	22.08	21.99	14.5	A	53	31	16	FRANCO-ARENOSO
22-0281	6.59	P N 258	A 31	A 20	M 0.36	B 1.24	A 20.25	A 2.06	A 6.5	M 4.8	A 9.12	A 7.6	M 9.84	A 1.66	17.95	23.55	10.8	A	53	29	18	FRANCO-ARENOSO

Análisis	AHH*	AI*	Na*	C.E.	N. Total	N-NO3*	K H2O*	P H2O*	Ci*	IDENTIFICACION

\* Ensayos no solicitados por el cliente

**METODOLOGIA USADA**

pH = Suelo-Agua (1:2.5) | P K Ca Mg = Olen Modified  
 S,B = Fosfato de Calcio | Cu Fe Mn Zn = Olen Modified  
 B = Curcuma

**INTERPRETACION**

pH = Elemento  
 Ac = Acido | N = Neutro | B = Bajo  
 LAc = Liger. Acido | LAI = Liger. Alcalino | M = Medio  
 PN = Pnac. Neutro | AI = Alcalino | A = Alto  
 RC = Requieren Cal | T = Tóxico (Boro)

**ABREVIATURAS**

CE = Conductividad Eléctrica  
 M.O. = Materia Orgánica

**METODOLOGIA USADA**

C.E. = Pasta Saturada  
 M.O. = Dicromato de Potasio  
 AHH = Titrulación NaOH

**INTERPRETACION**

AH, AI y Na	C.E.	M.O. y CI
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Mty Salin
T = Tóxico		A = Medio
		A = Alto



**JOSE ALONSO LUCERO MALATAY**

**LABORATORISTA**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

\* Opiniones de interpretación, etc. que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.



**IVAN RODRIGO SAMANIEGO MALGUA**

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**



**Anexo 6. Presencia del Cuerpo de Bomberos de Ibarra**



**Anexo fotográfico**

**Anexo 7. Colaboradores de MAATE, PASF, Angochagua y LBREMIF**





**Anexo 8.** Estimación de la velocidad del fuego



**Anexo 9.** Líneas de defensa en la quema prescrita



**Anexo 9.** Combustible antes



**Anexo 10.** Combustible después





**Anexo 11.** Monitoreo nocturno de Quema prescrita



**Anexo 12.** Supervivencia de *Calamagrostis intermedia* (J. Presl) Steud



**Anexo 13.** Caracterización de la vegetación



**Anexo 14.** Establecimiento de las líneas de muestreo





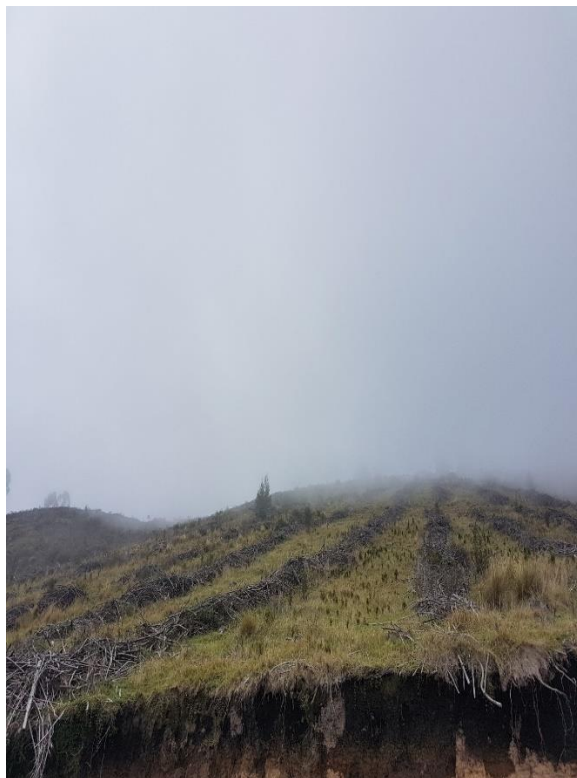
**Anexo 15.** Conteo de los individuos por transecto



**Anexo 16.** Briefing de quema prescrita



**Anexo 17.** Área de investigación antes de la quema prescrita



**Anexo 18.** Mapas de quema prescrita

