

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



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

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“ANÁLISIS DE LAS CAUSAS SOCIO AMBIENTALES DE LOS  
INCENDIOS HISTÓRICOS FORESTALES DEL CANTÓN IBARRA”**

**PLAN DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES:**

Favio Nicolas García Manosalvas

Mary Carmen Túquerres Ipiales

**DIRECTOR:**

Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

**Ibarra, julio 2024**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

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

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004448708		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	GARCÍA MANOSALVAS FAVIO NICOLAS		
<b>DIRECCIÓN:</b>	IBARRA		
<b>EMAIL:</b>	fngarciam@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06-2550073	<b>TELF. MOVIL</b>	0987856863

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1004915680		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	TÚQUERRES IPIALES MARY CARMEN		
<b>DIRECCIÓN:</b>	OTAVALO		
<b>EMAIL:</b>	mctuquerresi@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06-2923998	<b>TELF. MOVIL</b>	0985658942

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Análisis de las causas socio ambientales de los incendios históricos forestales del cantón Ibarra
<b>AUTORES:</b>	García Manosalvas Favio Nicolas Túquerres Ipiales Mary Carmen
<b>FECHA:</b>	01/07/2024
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<b>GRADO X                      POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

## 2. CONSTANCIAS

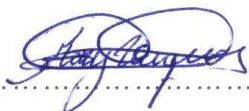
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 01 días, del mes de julio de 2024

### LOS AUTORES:



Nombre: García Manosalvas Favio Nicolas



Nombre: Túquerres Ipiales Mary Carmen

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN  
CURRICULAR**



Ibarra, 01 de julio de 2024

Ing. Darío Paúl Arias Muñoz MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Ing. DARÍO PAÚL ARIAS MUÑOZ MSc.

C.C.: 1002943544

## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR



El Comité Calificador del trabajo de Integración Curricular “ANÁLISIS DE LAS CAUSAS SOCIO AMBIENTALES DE LOS INCENDIOS HISTÓRICOS FORESTALES DEL CANTÓN IBARRA” elaborado por GARCÍA MANOSALVAS FAVIO NICOLAS & TÚQUERRES IPIALES MARY CARMEN, previo a la obtención del título de INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):  .....

Ing. DARÍO PAÚL ARIAS MUÑOZ MSc.

C.C.: 1002943544

(f):  .....

Ing. ELEONORA MELISSA LAYANA BAJAÑA MSc.

C.C.: 1204908436

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos a Dios por la fortaleza y amparo depositado en nuestro camino universitario.*

*A la Universidad Técnica del Norte por darnos el espacio adecuado para poder nutrirnos de conocimiento y plasmar nuestros sueños.*

*A nuestro director MSc. Paúl Arias y asesora MSc. Melissa Layana, por brindarnos su tiempo, sabiduría, conocimiento y experiencia en cada fase de nuestro trabajo.*

*A nuestros familiares por su absoluto apoyo y compromiso en nuestro crecimiento tanto como seres humanos como futuros profesionales.*

*A nuestros compañeros y amigos universitarios con quienes palpamos momentos llenos de alegría, tristeza, emoción, descontrol, momentos que quedarán marcados y serán recordados con el pasar de los años.*

*Una etapa culminada con éxito. ¡Gracias por todo!*

***García Manosalvas Favio Nicolas***

***Túquerres Ipiales Mary Carmen***

## DEDICATORIA

*A mis padres, dos grandes seres humanos quienes creen en mí, han depositado su esfuerzo y me han dado las herramientas para crecer académicamente. A mi padre **Juan** quien con palabras sabias, directas y claras me ha ilustrado la realidad a la que poco a poco tengo que encarar con el pasar del tiempo; a mi madre **Margot** por su dulzura, calidez y regocijo al demostrarme lo bonito del proceso de la vida. Sus palabras me han llevado y me llevarán a grandes cosas. ¡Los amo!*

*A mis hermanos, compañeros de aprendizaje: **Scarlet**, por su apoyo, amor y por enseñarme su sagacidad, fortaleza y esfuerzo en alcanzar un objetivo; **Franco**, por su amor, sensibilidad y por ilustrarme su gran coraje y valentía en afrontar las cosas que se presentan en la vida. ¡Los amo hermanos!*

*A mi querida amiga **Shelita**, por brindarme su ayuda y apoyo incondicional en las actividades que he realizado.*

*A mi compañera de estudio y amiga **Mary**, por compartir momentos de estudio y de gozo que quedarán inmortalizados.*

*A mi amigo **Max** y su fundación **Latitud**, por su enorme ayuda en todo mi proceso educativo, sin duda, su accionar ayudó a un joven a cumplir una meta más.*

*Las palabras quedan cortas para expresar mi inmensa gratitud, en general el cumplimiento de esta etapa de mi vida se la dedico a toda mi familia, amigos y cada una de las personas que intervinieron en el proceso y directa e indirectamente me apoyaron en el mismo.*

**Favio Nicolas García Manosalvas**

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar este trabajo a las cuatro personas más importantes en mi vida, mami, Luiggy, Jairo y Maicol, quiero hacerles saber que estoy profundamente agradecida por todos sus esfuerzos conmigo, admito que no he sido la mejor hija y hermana, pero, valoro mucho y espero algún día poder devolver con creces todo lo que me han dado, sé que quizás nunca será suficiente, pero estoy agradecida con ustedes por haberme dado todo lo que necesité y en varias ocasiones hasta más de lo que merecía, gracias por esperarme hasta altas horas de la noche, por cada llamada para saber si ya llegaba a casa, por cada vez que se despertaron temprano para dejarme en la parada y evitar que llegue tarde (casi nunca funciono) o para recogerme en la noche sin importar la hora, gracias por apoyarme en mis giras, deberes y proyectos, por estar ahí, con una palabra o con un chiste, amo mucho y admiro las personas que son, para mí, el mejor ejemplo en mi vida, tienen que saber que cada vez que tuve oportunidad de hablar de ustedes con mis amigos lo hice con amor y orgullo. Para el resto de mi familia, mis hermanas, mi Sara, mis sobrinos y mi cuñado, gracias por pensar que soy la persona más inteligente del mundo, también a mi papá por apoyarme, a mis amigos Anderson por ayudarme a hacer mi primer herbario, nunca hubiera sacado la carrera adelante sin tus tutorías, a mi colega Favio, gracias por ser mi compañero de tesis y buen amigo, disfrute hacer cada corrección contigo y a mi Aisha, gracias por decirme que estas orgullosa de mí, a mi grupo de amigos más cercanos, gracias por hacer de la universidad y mi vida más divertida, por estar en mis momentos más tristes, los quiero mucho y los valoro mucho.*

**Mary Carmen Túquerres Ipiales**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

### Contenido

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte .....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	3
1.3. Objetivos .....	4
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
1.4. Preguntas directrices .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Incendios forestales .....	5
<i>2.1.1. Tipos .....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2. Fases.....</i>	<i>6</i>
<i>2.1.3. Factores climáticos que inciden en los incendios .....</i>	<i>7</i>
2.1.3.1. Temperatura.....	7
2.1.3.2. Precipitación.....	7
2.1.3.3. Estacionalidad .....	7
2.1.3.4. Calentamiento Global.....	7
2.1.3.5. Incidencia de rayos.....	8
<i>2.1.4. Factores sociales que inciden en los incendios.....</i>	<i>8</i>
2.1.4.1. Actividad agrícola y ganadera .....	8
2.1.4.2. Impacto cultural.....	8
<i>2.1.5. Consecuencias de los incendios forestales.....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.6. Comportamiento histórico de los incendios forestales .....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.7. Estrategias de prevención y mitigación de incendios .....</i>	<i>9</i>
2.2. Marco legal.....	10
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>12</b>
3.1. Descripción del área de estudio.....	12
3.2. Metodología .....	14
<i>3.2.1. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los incendios forestales en el</i> <i>cantón Ibarra.....</i>	<i>14</i>
3.2.1.1. Probabilidad de ocurrencia según la estacionalidad.....	15

3.2.1.2. Probabilidad de ocurrencia por espacios geográficos políticos administrativos del cantón: Nivel parroquial.....	15
3.2.1.3. Probabilidad de ocurrencia por espacios geográficos naturales del cantón: Cobertura de suelo y tipos de pendientes .....	15
3.2.2. <i>Análisis de las causas socio ambientales que han provocado la ignición en el cantón Ibarra</i> .....	16
3.2.2.1. Análisis de resultados .....	20
3.2.2.2. Triangulación de la información .....	20
3.2.3. <i>Propuesta de estrategias de prevención para futuros incendios forestales</i> .....	21
3.2.3.1. Realización de la matriz FODA .....	21
3.3. Materiales y equipos.....	24
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
4.1. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los incendios forestales en el cantón Ibarra .....	25
4.1.1. <i>Cálculo de probabilidad por estacionalidad.....</i>	25
4.1.2. <i>Cálculo de probabilidad por distribución geográfica</i> .....	30
4.1.3. <i>Cálculo de probabilidad por cobertura vegetal.....</i>	30
4.1.4. <i>Cálculo de probabilidad por tipo de relieve</i> .....	32
4.2. Determinación de las causas socioambientales que han provocado incendios forestales.	34
4.3. Propuesta de estrategias de prevención y mitigación para futuros incendios forestales en el cantón Ibarra.....	41
4.3.1. <i>Estrategia 1: Monitoreo y alerta temprana de incendios forestales en zonas de alto riesgo de ocurrencia.....</i>	43
4.3.2. <i>Estrategia 2: Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego.....</i>	43
4.3.3. <i>Estrategia 3: Reforestación con especies nativas en zonas degradadas por incendios forestales</i> .....	44
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
5.1. Conclusiones .....	45
5.2. Recomendaciones.....	46
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de incendios .....	6
<b>Tabla 2.</b> Fases de los incendios forestales .....	6
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de pendientes para el cantón Ibarra .....	16
<b>Tabla 4.</b> Causas socio ambientales .....	18
<b>Tabla 5.</b> Matriz FODA .....	22
<b>Tabla 6.</b> Materiales y equipo de investigación .....	24
<b>Tabla 7.</b> Probabilidad de ocurrencia de incendios en época lluviosa y época seca (2010-2022) .....	26
<b>Tabla 8.</b> Probabilidad diaria de ocurrencia de incendios forestales (2010-2022) .....	28
<b>Tabla 9.</b> Probabilidad de ocurrencia de incendios por cobertura vegetal (2015) .....	31
<b>Tabla 10.</b> Probabilidad de ocurrencia de incendios por tipo de relieve .....	33
<b>Tabla 11.</b> Análisis de las causas socio ambientales.....	35
<b>Tabla 12.</b> Test de Mann Kendall .....	39
<b>Tabla 13.</b> Análisis FODA.....	41
<b>Tabla 14.</b> Cruce de las variables FODA.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Marco legal del proyecto de investigación .....	11
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación del área de estudio .....	13
<b>Figura 3.</b> Climograma del cantón Ibarra .....	14
<b>Figura 4.</b> Flujograma de la metodología .....	23
<b>Figura 5.</b> Número de incendios ocurridos durante los años (2010-2022) .....	25
<b>Figura 6.</b> Probabilidad de incendios por ubicación parroquial (2010-2022) .....	30
<b>Figura 7.</b> Probabilidad de incendios según la cobertura y uso de suelo (2015) .....	31
<b>Figura 8.</b> Probabilidad de incendios según el tipo de relieve.....	32
<b>Figura 9.</b> Tendencia de datos de precipitación en Ibarra.....	37
<b>Figura 10.</b> Tendencia de datos de precipitación en Otavalo.....	38
<b>Figura 11.</b> Tendencia de datos de precipitación en Atuntaqui.....	38

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de conocer las causas socio ambientales precursoras de los incendios forestales para proponer estrategias de prevención y mitigación. En el cantón Ibarra se han suscitado incendios forestales de manera recurrente, hasta el año 2022 se tiene un registro de 488 eventos causados por factores climáticos, físicos y sociales propios del territorio. La probabilidad de ocurrencia en conjunto con un análisis de percepción aplicado a la población permitió obtener la sensibilidad de ciertas zonas del cantón en valores porcentuales, mismos que permitieron proponer estrategias más puntuales para combatir los futuros siniestros. Los resultados mostraron que la época seca es una temporada con un promedio de 13.39% de que se produzca un incendio dadas las condiciones climáticas extremas, además, factores como las pendientes entre 5% a 25% de inclinación, la cobertura vegetal arbustiva en conjunto con actividades como quemas agrícolas incontroladas realizadas en septiembre, mes húmedo con alta probabilidad mensual de ocurrencia (31.76%) y el incorrecto depósito de desechos son agravantes que favorecen a las igniciones tanto en los centros urbanos como en los sectores rurales del cantón. Debido a la vulnerabilidad a la que está expuesta el cantón, se prevé necesarias las estrategias de reforestación, refuerzo de las campañas ambientales existentes y el incentivo de buenas prácticas agrícolas y ganaderas.

**Palabras clave:** incendios, cobertura vegetal, pendientes, estrategias, probabilidad, quemas agrícolas.

## ABSTRACT

The present investigation was developed with the aim of understanding the socio-environmental causes of forest fires in order to propose prevention and mitigation strategies. In the Ibarra canton, forest fires have occurred recurrently. The record through 2022 includes 488 events caused by climatic, physical and social factors typical of the territory. For probability of occurrence, on the whole, a perception analysis was applied to the population. This made it possible to obtain sensitivity percentage values of certain areas of the canton, and thereby propose more specific strategies to combat future disasters. The results showed that the dry season, given its extreme climatic conditions, had an average forest fire occurrence of 13.39%. In addition, other aggravating factors precipitate fires both in urban centers and in the rural sectors of the canton, such as slope inclinations between 5% to 25%, shrubby vegetation cover in conjunction with activities such as uncontrolled agricultural burning carried out in September, a wet month with high monthly probability of occurrence (31.76%), and incorrect deposit of waste. Due to the vulnerability to which the canton is exposed, reforestation strategies, reinforcement of existing environmental campaigns, and incentives for good agricultural and livestock practices are expected to be necessary.

**Key words:** fires, vegetation cover, slopes, strategies, probability, agricultural burning.

# CAPÍTULO I.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

Un incendio es fuego que se propaga sin control, cuando este acontece en la naturaleza afecta negativamente a las propiedades del suelo, alterando a cualquier tipo de ecosistema terrestre, se extiende por factores como las especies vegetales que residen en el entorno, u otros como el viento, temperatura o tipo de suelo (Zhofre et al., 2019). Este proceso gradual de quema modifica a los procesos ecológicos; tomando a consideración la extensión y profundidad que pueda llegar a alcanzar, los daños se visualizan de la siguiente manera: un fuego que alcance la superficie afecta netamente al hábito herbáceo, si se damnifica el estrato arbóreo se habla del fuego de copas y finalmente si el fuego alcanza el subsuelo se abre paso al sistema radical de la planta (Mataix-Solera & Guerrero, 2007).

Los incendios forestales pueden darse por origen natural, agentes como el relieve terrestre, condiciones climáticas y el material combustible, el último aludiendo al mismo entorno vegetal, la magnitud puede verse alterada si se da una combinación directa de estos. Por otro lado, si el bosque ha acumulado vegetación seca a través de los tiempos, la acción de un rayo en el área será motivo del siniestro, debido a que, la excesiva cantidad de calor emitida en la zona va evaporizando progresivamente el agua concentrada en un árbol, y de la mano de otro factor ya mencionado se da paso a la ignición (Couto et al., 2020).

Según Muñoz (2000) la actividad antrópica es la que más prevalece en el problema, ya sea, por negligencia relacionada a la quema controlada o incluso provocado por la falta de empatía hacia la naturaleza, este último siendo más nocivo y dificultoso de extinguirlo, puesto que, al verse netamente asociado con la mentalidad del hombre, este indaga respecto a los momentos más favorables, es decir, épocas o vientos adecuados para llevar a cabo su actividad, dentro de esta causa, se encuentran los posibles conflictos de índole laboral o personal, en otras palabras, venganza por disconformidades. Respecto a la quema controlada, acciones como la quema de rastrojos o la adecuación de áreas para el ganado sin monitoreo provocan que el fuego tome desenfrenadamente el área.

Los incendios forestales son responsables de la más grande pérdida de cobertura arbórea en el planeta, alteran la vegetación, modifican la estructura del suelo y sus propiedades, además

de la perturbación para la micro y macrofauna del suelo. Además, se toma en cuenta la vulnerabilidad a la que son expuestas las comunidades e infraestructura de importancia que se encuentran próximas al sitio donde se genera este tipo de desastres. Todo este conjunto de situaciones son clave para determinar la intensidad que ha tenido un incendio (Ulibarry, 2017)

En varias partes del mundo se ha evidenciado una disminución de la vegetación por el consumo de los fuegos abrasadores, a pesar de que las pérdidas pueden depender de las características de las especies presentes y del área. Flores Quiroz et al. (2023) en su estudio denominó a estas singularidades como grado de inflamabilidad; los árboles muertos, hojas secas o tallos y troncos leñosos hacen que la zona sea más susceptible a pérdidas totales de su densidad o, por otro lado, que el grado de inflamabilidad sea menor y que le provea al entorno de una protección “anti-incendios”.

Las altas temperaturas pueden hacer que se pierdan ciertos componentes químicos que aportan significativamente a la tasa de fertilidad, tales como, K, C, P, entre otros. Como fue demostrado por Salim et al. (2022) en su investigación realizada en los pastizales de Brasil, los resultados concluyeron que entre las consecuencias de incendios no controlados se produce la reducción en riqueza y abundancia de especies vegetales, alteración de fertilidad y la invasión de plantas exóticas. En cuanto a la perturbación de los hábitats los efectos para la macro y microfauna de una misma área incendiada las consecuencias no son iguales, depende de muchos factores, entre estos, los hábitos de cada especie.

Para Souza et al. (2023) la disponibilidad de alimento en las zonas post-incendio influyen significativamente respecto a la ocupación del área para mamíferos grandes, a pesar de que este resultado difiere del tipo de mamífero presente siendo carnívoros o herbívoros. Respecto a las poblaciones de organismos más pequeños como los insectos, la disminución de su número de ejemplares poco tiempo después de una perturbación se ve afectada con la muerte, no obstante, a largo plazo las poblaciones pueden duplicar su número o repoblar la zona con nuevos insectos que toleren las nuevas condiciones del hábitat (Arellano & Castillo-Gm nuevevara, 2014).

Para Ecuador la cifra de incendios forestales han sido devastadoras, hasta la fecha se han registrado 994 incendios con una pérdida de 5060.94 Ha a nivel nacional según los datos del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (2022); añaden que, la incidencia de estos sucesos ambientales tiende a ser mayores en época seca. Las pérdidas de diversidad no son las únicas consecuencias que se presentan dentro del país a raíz de esta problemática, sino que, para las autoridades ambientales esto también refleja un enorme gasto económico (Cueva



Toalombo et al., 2021). Por ese motivo, se han desarrollado varios estudios en Ecuador donde se evalúa el peligro de incendios forestales y sus principales condicionantes ambientales, climáticos y sociales (Anrango et al., 2020; Arias-Muñoz, Cabrera-García, et al., 2024; Arias-Muñoz, Chuma-Pomasqui, et al., 2024; Arias-Muñoz et al., 2020; Estacio & Narváez, 2012; Pazmiño, 2019; Ramos-Rodríguez et al., 2021; Reyes Bueno & Balcázar Gallegos, 2021).

Para Pazmiño (2019) las causas de los incendios forestales en la zona de los Andes están estrechamente relacionados con las épocas climáticas que se presentan en el territorio, se identificó que en los meses julio, agosto y septiembre que corresponden a la época seca, existe un mayor riesgo de que se produzcan incendios forestales, así mismo, recalca que la responsabilidad recae en su mayoría a las malas prácticas agrícolas, piromanía e irresponsabilidad de los ciudadanos.

## **1.2. Problema de investigación y justificación**

Los incendios forestales se han vuelto un problema ambiental, económico y social importante en las últimas décadas debido al crecimiento de actividades como la agricultura, ganadería, conversión de tierras y urbanización (Cárdenas, 2013). Además, la quema de combustibles naturales como hierbas, hojarasca o pastos para la limpieza de cultivos también contribuye a este problema.

El problema de los incendios forestales ha llevado al acrecentamiento del interés y preocupación respecto a temas asociados con el cambio climático y la pérdida de biodiversidad vegetal o animal, pese a que estos sucesos pueden darse de manera natural donde la mayoría de las veces las poblaciones logran regularse de manera positiva, la cuestión nace cuando existe intervención humana junto a la negligencia y la falta de indagación referente a temas de mitigación y prevención, hecho que trae consigo alteraciones a nivel del ser vivo y entorno (Muñoz, 2000; Aguirre Mejía et al., 2018).

Las causas de un incendio no pueden ser analizadas por separado, ya que resultan de un conjunto de componentes de distinta índole (Chuvienco & Congalton, 1989). Realizar un análisis estadístico de las variables socioambientales representa una herramienta que complementa el estudio y mejora el manejo de incendios que se tiene actualmente dentro de la provincia. Obtener información sobre las causas de los incendios en el cantón ayudará a prevenir futuros riesgos y a mantener el equilibrio ecológico entre la población y la naturaleza.

Por otro lado, la correcta creación de planes de prevención contra incendios depende de la calidad de los datos manejados, es así como este estudio pretende contribuir a la formación de

una base de datos más robusta que facilite con el desarrollo de acciones de prevención. Para Ramos-Rodríguez et al. (2020) reconocer los factores que originan incendios es importante para mejorar la toma de decisiones y planes de contingencia que reduzcan la vulnerabilidad de la comunidad y del medio ambiente.

Gracias a los datos proporcionados por la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos se reconoce que más de un incendio forestal aconteció cerca del sector urbano, por lo que, es indispensable conocer la opinión de la comunidad ibarreña respecto a si se percibe o no la problemática, por lo tanto, este estudio proporciona una nueva perspectiva sobre los impactos de los incendios, incluyendo su desarrollo, la adaptación de la población y las posibles medidas de prevención y remediación en el futuro.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Evaluar las causas socioambientales precursoras de los incendios históricos forestales en el cantón Ibarra para proponer estrategias de prevención y mitigación.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Establecer la probabilidad de ocurrencia de los incendios históricos forestales en el cantón Ibarra.
- Determinar las causas socioambientales que han provocado los incendios forestales mediante un análisis de percepción.
- Proponer estrategias de prevención y mitigación para futuros incendios forestales en el cantón Ibarra.

### **1.4. Preguntas directrices**

- ¿Qué factores socioambientales han tenido gran ocurrencia en los incendios forestales?
- ¿Bajo qué circunstancias y escenarios han sucedido o se pueden seguir dando incendios forestales?
- ¿Qué estrategias se puede aplicar para prevenir o mitigar los daños ocasionados en el ecosistema por los incendios forestales?

## CAPÍTULO II.

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### **2.1. Incendios forestales**

Los ecosistemas forestales son clave para mantener el equilibrio en el medio ambiente gracias a las interacciones entre sus componentes. Su importancia radica en los servicios ecosistémicos que brinda a la población y a los seres vivos (Ghobadi et al., 2012). Balvanera (2012), menciona que existen tres tipos, los recursos naturales, los servicios que ayudan a regular las condiciones de vida y los servicios culturales. El fuego es un proceso de combustión que se produce por altas temperaturas y se mantiene por la cantidad de calor suficiente para mantener su temperatura mínima de ignición (Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales (FPRL), 2014).

Entonces, se le llama “incendio forestal” cuando el fuego ha alcanzado de manera descontrolada la capa vegetal de la tierra, extendiéndose en espacio y tiempo (Comisión Nacional Forestal, 2010), es considerado como la mayor amenaza para la conservación y desarrollo de la biodiversidad dentro de los biomas presentes en el planeta, en consecuencia, cualquier tipo de ecosistema puede ser afectado (Ghobadi et al., 2012). Pese a las consecuencias negativas que se derivan de la presencia de los incendios, se debe tomar en cuenta la relación fuego-bosque y como este permite la germinación, la sucesión ecológica, la eliminación de malezas, entre otros (CONAFOR, 2010).

##### **2.1.1. Tipos**

Se pueden distinguir tres tipos de incendios forestales de acuerdo con su forma de propagación, la tabla (1) muestra las características de cada uno de ellos.

**Tabla 1.** *Tipos de incendios*

<b>Tipo</b>	<b>Concepto</b>
<b>Incendios superficiales</b>	Se propagan de manera horizontal sobre el área de terreno afectada, no suelen ser tan arrasadores, pues, la altura de sus llamas no supera el metro y medio. Este tipo de incendios se caracteriza por hacer combustión con la vegetación presente, como, hojas, ramas, troncos, arbustos, entre otros.
<b>Incendios subterráneos</b>	Inicia debajo del suelo, por lo que, no se puede percibir la presencia de llamas o acumulación de humos. Principalmente afecta a las raíces de la vegetación.
<b>Incendios de copa</b>	Este tipo de incendio es considerado el más grave, ya que, su propagación en forma vertical le permite alcanzar las copas de los árboles y después incrementar sus llamas con el viento.

*Nota:* Información tomada de Comisión Nacional Forestal (2010)

### **2.1.2. Fases**

Se logran identificar tres fases principales durante el proceso que se lleva a cabo en un incendio forestal, mismas que son detalladas en la tabla (2).

**Tabla 2.** *Fases de los incendios forestales*

<b>Fase</b>	<b>Características</b>
<b>Preignición</b>	El material combustible logra las condiciones de temperatura necesarias para que se desarrolle la ignición. A su vez, se enmarcan a dos procesos más, el precalentamiento y el pirólisis.
<b>Combustión</b>	Inicia con la ignición, en esta fase se produce la liberación de energía a modo de luz y calor en forma de chispas o brasas que se comienzan a mover por el área, esta etapa define la potencia del incendio, el cual puede llegar a ser arrasador o con poca intensidad.
<b>Extinción</b>	La combustión se termina debido a que el calor y el combustible se han agotado y se considera que el fuego se ha extinto.

*Nota:* Información tomada de Keller & Blodgett (2004)

### **2.1.3. Factores climáticos que inciden en los incendios**

Según Dentoni & Muñoz (2008) la distribución y propagación de incendios forestales se encuentra asociada a condiciones de aspecto climático como la temperatura, el viento, la precipitación, humedad relativa, déficit hídrico y evapotranspiración potencial, que en conjunto alteran el comportamiento de la ignición.

#### **2.1.3.1. Temperatura**

Afecta directamente en la combustión y difusión del incendio, puesto que, la cantidad de calor necesaria para incrementar la temperatura del agente combustible, se sujeta a la temperatura existente en un inicio y a la temperatura que alberga el aire alrededor del agente, por otro lado, esta condición también influye de manera indirecta, a raíz de la influencia sobre otros factores como el viento o la humedad del combustible, los cuales moderan la expansión de la ignición (Mataix-Solera & Guerrero, 2007).

#### **2.1.3.2. Precipitación**

Hace referencia a la caída de agua en cualquier forma desde la atmósfera hacia la superficie terrestre, se encarga de dar humedad al agente combustible, en este caso el material vegetal, dicho esto, existe un nivel de dificultad y facilidad de propagación del fuego, si la cobertura vegetal se encuentra húmeda, una vez que se inicie la ignición su expansión será mínima o nula, por otro lado, si la precipitación ocurre al momento del incendio, será una variable que ayudará a la disminución de la incineración (Dentoni & Muñoz, 2008).

#### **2.1.3.3. Estacionalidad**

Según Varela & Ron (2018) Ecuador se localiza sobre la línea ecuatorial, por ende, presenta escasa estacionalidad a lo largo del año, existen dos temporadas definidas: lluviosa o invierno y seca o verano, la duración de estas varían según la región. La región Costa presenta época lluviosa de diciembre a mayo, y época seca entre junio y noviembre; en los Andes o Sierra, la temporada lluviosa se extiende de octubre a mayo, mientras que la seca de junio a septiembre; en la Amazonía norte, la época lluviosa es de marzo a noviembre, por otro lado, la época seca se sitúa en los meses de diciembre, enero y febrero, el resto de la región Amazónica sostiene un patrón estacional semejante a la zona Andina.

#### **2.1.3.4. Calentamiento Global**

Los incendios forestales son uno de los principales motores de producción de gases nocivos para el ambiente, mismos que incitan directamente al calentamiento global, es decir, se da un incremento gradual de la temperatura del planeta, de esta manera se crea un ciclo en donde los

entornos forestales al verse envueltos en un ambiente con niveles altos de calor y con factores de propagación de fuego, se vuelven vulnerables ante posibles nuevos siniestros (Martínez et al., 2015).

#### **2.1.3.5. Incidencia de rayos**

Los rayos actúan como componentes naturales de las causas de los incendios forestales, estos son el resultado de descargas eléctricas de energía que se aíslan en las nubes como cargas, seguidamente, por la ruptura de estas cuando son opuestas, es decir, negativas y positivas, se da paso a corrientes continuas de transferencia de energía, mismas que llegan de inmediato a la superficie de la tierra y al estar en contacto directo con la cobertura vegetal, se da la ignición (Pacheco et al., 2009).

### **2.1.4. Factores sociales que inciden en los incendios**

#### **2.1.4.1. Actividad agrícola y ganadera**

El ser humano necesita de la agricultura y ganadería para poder persistir, por ende, a través del tiempo el fuego ha sido promotor de estas actividades por las facilidades que ofrece, como la quema a gran escala de materia vegetal deteriorada, apertura de espacio, entre otros aspectos (Mataix-Solera & Guerrero, 2007).

La mayoría de los incendios forestales se dan por intencionalidad, el agricultor hace uso del fuego en la quema de rastrojos, en la eliminación de restos de podas, quema extendida de matorral, o simplemente lo usa para descartar masas forestales que no proporcionan bien alguno (Muñoz, 2000). Por otro lado, en la actividad ganadera es utilizado como método de rebrote de pastos, generando un acondicionamiento de la vegetación para el ganado.

#### **2.1.4.2. Impacto cultural**

Desde las culturas precolombinas hasta las comunidades que actualmente aún resguardan aquel conocimiento tradicional, utilizan el fuego con la ideología del modelamiento del ambiente, abren espacios en zonas de vegetación para establecer sus cultivos, estos espacios son conocidos como “claros”, además, hacen uso de las llamas para la renovación de pastizales en potreros, así reducir o eliminar ectoparásitos. Existe una arraigada mentalidad de respeto y aspecto sagrado, en donde, sujetan la idea de que el humo de las quemas produce lluvia, inclusive realizan esta práctica basada en la creencia de que al elevarse el humo es una forma de acercarse a su Dios (Pantoja, 2008).

### ***2.1.5. Consecuencias de los incendios forestales***

El suceso de un incendio forestal en cualquier zona desencadena de manera inevitable una serie de acontecimientos perjudiciales. Según Estacio & Narváez (2012) para los sectores naturales las consecuencias se reflejan mediante pérdidas de varios de sus componentes, tales como, hábitats, territorio, especies vegetales, animales, alteración de los elementos de la atmósfera, servicios ecosistémicos, entre otros.

Sin embargo, las afectaciones no solo deterioran el estado medioambiental, si no que, se perciben en otras áreas como la salud, enfermedades como la alteración de las vías respiratorias, dolores cardiovasculares, y problemas visuales son el resultado de la exposición a las partículas y gases que se emiten durante la combustión (Sandoval et al., 2019).

### ***2.1.6. Comportamiento histórico de los incendios forestales***

Conocer el comportamiento histórico de los incendios se ha convertido en una herramienta que permite analizar las características y funcionamiento de los incendios forestales. Este análisis es posible gracias al apoyo de dos fuentes, en primer lugar, la disposición de datos oficiales y legales que se tenga en la administración encargada del registro de incendios, donde estén reflejados datos de extensión, frecuencia y distribución, por otro lado, se puede tomar en cuenta también a las publicaciones de la prensa (Gómez, 1999).

La recopilación de información de los incendios históricos permite la elaboración de una matriz que ayudaría en la prevención y mitigación de los incendios forestales, dado que es un fenómeno estrechamente relacionado con variables espaciales y temporales, este puede repetirse en futuras ocasiones de manera similar, por lo tanto, contribuye en la toma de decisiones preventivas. Ramos et al (2022), añade que las variables más importantes para un programa de prevención son las causas, época del suceso, lugar de ocurrencia y la extensión del área quemada. Entender los parámetros de los incendios es la base para la predicción del comportamiento del fuego y la creación de un plan de prevención, mitigación o extinción (Villers, 2006).

### ***2.1.7. Estrategias de prevención y mitigación de incendios***

Se trata de una serie actividades que conduzcan a soluciones con enfoques de carácter económico, social y ambiental a fin de que se logre la mitigación de los impactos generados en los ecosistemas y la población en general a causa de los incendios forestales (Ascoli et al., 2023). Analizar el papel del ser humano en la ocurrencia de incendios ayuda a establecer estrategias mitigatorias y a proponer acciones preventivas, esta última es la más adecuada, ya

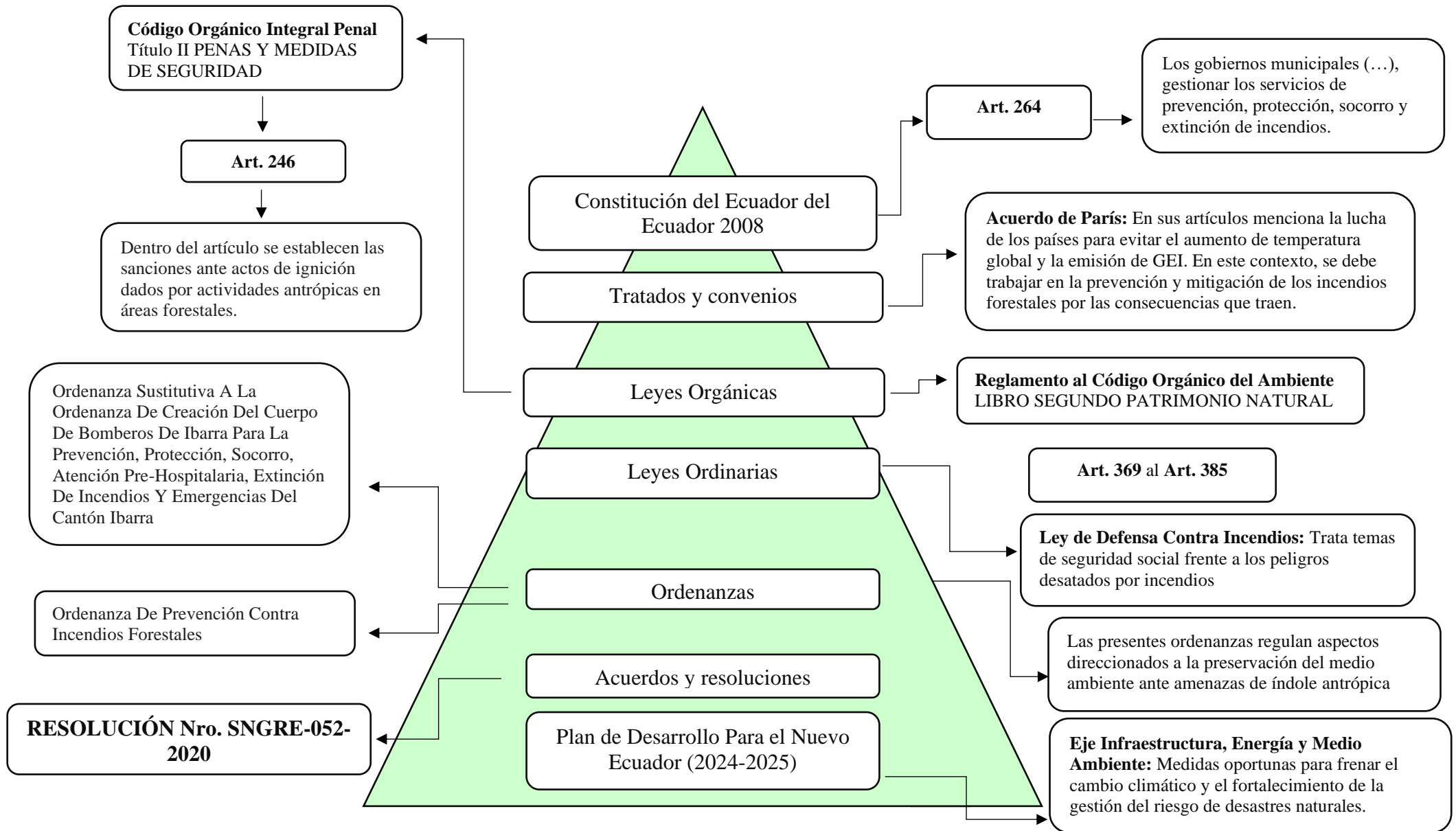
que, la prevención reduce de forma gradual la vulnerabilidad ante pérdidas dentro y fuera de las comunidades, debido a que la amenaza de incendios forestales es reducida casi en su totalidad cuando la toma de decisiones es correcta (Casagrande et al., 2018).

## **2.2. Marco legal**

El sustento legal de la presente investigación sobre los incendios históricos forestales en el cantón Ibarra se establece bajo una normativa reguladora del Estado. Para ello, se realzan distintos componentes de la pirámide de Kelsen respecto al ámbito nacional y el enfoque del proyecto.



**Figura 1. Marco legal del proyecto de investigación**



## **CAPÍTULO III.**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Descripción del área de estudio**

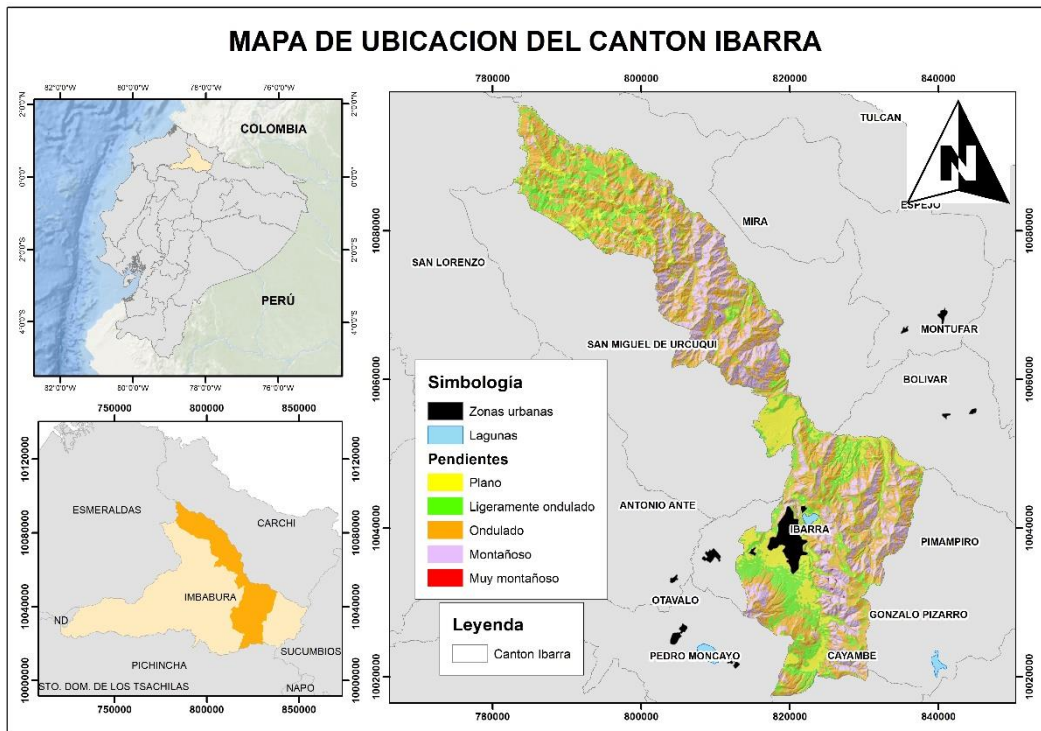
De acuerdo con la Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra (2015-2023) la capital de Imbabura se halla en la zona norte de la sierra ecuatoriana en el interior de las cuencas hidrográficas del río Mira y Esmeraldas. Posee una extensión de 1 162.22 km<sup>2</sup> aproximadamente y se encuentra sobre los 2 225 m s.n.m, Ibarra está conformada por cinco parroquias urbanas y siete parroquias rurales, según datos extraídos del censo realizado en el año 2010 la población ibarreña tiene un total de 181 175 habitantes quienes han logrado desarrollarse en distintos ámbitos políticos, económicos, sociales y culturales.

Existe una alta diversidad cultural, pues, se halla una variedad de grupos étnicos en el territorio como el pueblo Natabuela, afro ecuatorianos e indígenas Otavalo, la mayoría se dedica a actividades económicas ganaderas y agrícolas como la producción de café o por otro lado a la elaboración de artículos artesanales, lo cual ha ido estableciéndose como un icono que caracteriza a su gente dentro del país (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2021).

- **Ubicación y Acceso**

El cantón Ibarra se encuentra geográficamente ubicada en las coordenadas 10'041.000 norte y 820.000 oeste (centro de la ciudad). Está limitado al norte con la provincia del Carchi, al Oeste con cantones vecinos como Antonio Ante y Otavalo, al Este con el cantón Pimampiro y al Sur con la provincia de Pichincha (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2021).

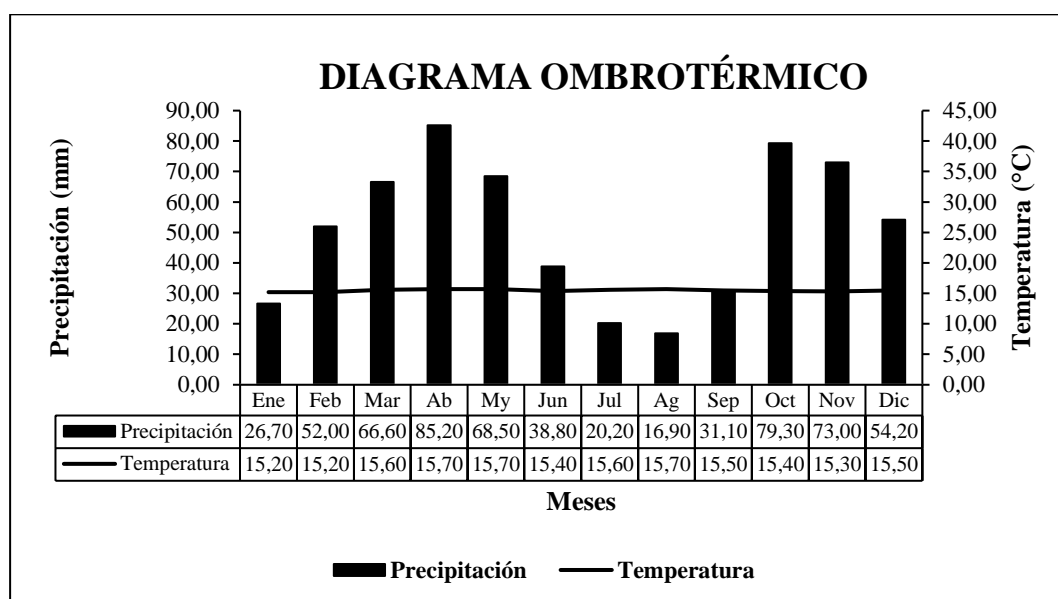
**Figura 2.** Mapa de ubicación del área de estudio



**Nota:** Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

Por su ubicación cercana a la línea ecuatorial sus estaciones tienden a ser de veranos un poco difíciles de definir, la temperatura media oscila entre 15°C y 16 °C, por lo que se le atribuye un tipo de clima cálido y templado, en el cual las precipitaciones tienden a llegar a los 85 mm mensuales. El Ecuador presenta dos épocas estacionarias marcadas por la distribución anual de las precipitaciones dadas. La información climática fue obtenida del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en relación con las 4 estaciones meteorológicas que se ubican en el cantón Ibarra, mismas que son Ambuquí, Pablo Arenas, Ibarra, Zuleta. Para el cantón Ibarra la época lluviosa se presenta entre los meses febrero, marzo, abril, mayo, junio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, así mismo, la época seca se establece en los meses julio, agosto y enero.

**Figura 3.** *Climograma del cantón Ibarra*



*Nota:* Climograma modificado con base a datos del INAMHI

### 3.2. Metodología

#### 3.2.1. *Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los incendios forestales en el cantón Ibarra*

La metodología se encaminó a una serie de procesos direccionados a establecer la probabilidad de ocurrencia de los incendios forestales. Según McWethy et al. (2018) para reconocer aspectos sobre la actividad de los incendios, es necesario valorar variables a nivel local y regional. Estas variables figuran las condiciones climáticas que predominan en la inflamabilidad de una zona, mismas que son, temperatura, precipitación, cobertura del suelo y la distribución de incendios naturales y antrópicos, además de factores meteorológicos cruciales, mismos que alteran el comportamiento de estas igniciones.

La probabilidad de ocurrencia se determinó con el cálculo de la probabilidad simple (Ecuación 1). La probabilidad simple hace alusión a la cantidad de veces que acontece un evento, esto en relación con la cantidad de elementos o factores que intervienen en este (Westreicher, 2020). En este sentido, se determinó la probabilidad de ocurrencia geográfica a través de probabilidad de incendios por parroquias, para conocer la distribución política administrativa. Sin embargo, para conocer la distribución según condiciones naturales se consideró: tipo de cobertura de suelo y tipo de pendientes.

$$P(A) = \frac{\text{Número de resultados favorables a A}}{\text{Cantidad total de combinaciones}} \quad (1)$$

### **3.2.1.1. Probabilidad de ocurrencia según la estacionalidad**

Para obtener la probabilidad de ocurrencia de incendios de acuerdo con la estacionalidad, se elaboraron dos matrices, una para registrar los incendios ocurridos en los meses de época seca y otra para la época lluviosa. Los datos se ordenaron de acuerdo con el número de eventos acontecidos en cada mes durante los 13 años de registro. Para obtener la probabilidad mensual, primero se contabilizaron el total de incendios ocurridos desde el año 2010 hasta el año 2018 sin importar la época, por otro lado, se sumaron los incendios suscitados en cada mes.

La probabilidad de ocurrencia mensual se obtuvo dividiendo el número de incendios acontecidos en cada mes sobre el total de incendios registrados, multiplicado por cien para obtener el valor en porcentajes. Así mismo, se realizó un promedio de las probabilidades tanto de época seca como de época lluviosa para obtener un valor general en ambos casos. Para mejorar la propuesta de estrategias de mitigación y prevención se vio indispensable el cálculo de probabilidad diaria, esta se realizó en base al número de incendios originados diariamente sobre el número de días que contiene el mes.

### **3.2.1.2. Probabilidad de ocurrencia por espacios geográficos políticos administrativos del cantón: Nivel parroquial**

Para identificar la parroquia con mayor incidencia de incendios forestales, se utilizó el software ArcMap de licencia temporal para establecer los puntos de ocurrencia de incendios dentro del cantón Ibarra hasta el año 2022. Los datos respecto a los antecedentes históricos de los incendios forestales suscitados en el cantón Ibarra dentro del tiempo 2010-2018 fueron adquiridos en la Secretaría de Gestión de Riesgos y Emergencias de Imbabura, consecutivamente se realizó la base de datos mencionada anteriormente.

Estos registros fueron contabilizados de acuerdo con la parroquia y con ayuda de una matriz en donde se procedió a realizar los cálculos con base a la fórmula (1), en donde se constató información de incendios forestales, en conjunto con datos relacionados con cobertura vegetal y pendiente del terreno.

### **3.2.1.3. Probabilidad de ocurrencia por espacios geográficos naturales del cantón: Cobertura de suelo y tipos de pendientes**

En primer lugar, para lograr establecer los tipos de cobertura de suelo, se utilizaron imágenes satelitales correspondientes al satélite Landsat 8, las cuales fueron descargadas desde la plataforma *Earth Explorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Siguiendo la metodología aplicada por Arias-Muñoz et al., (2024) se trabajó con un total de 1 100 puntos corroborados en *Google*

*Earth* que corresponden a las áreas de entrenamiento, dichos puntos se usaron en las siguientes proporciones, 70% para crear el modelo cartográfico (770 puntos) y 30% para la validación (330 puntos), se establecieron ocho categorías de cobertura y uso de suelo las cuales son, área urbana, cultivos, bosques, vegetación arbustiva, páramo, pastizal y cuerpos de agua.

Finalmente, la validación se realizó con el análisis estadístico de precisión global (PG) con apoyo de una matriz de confusión, realizada con la calculadora de confusión disponible de manera libre en la red propuesta por Marco Vanetti (2007), se obtuvo el índice “Kappa” con un valor de 0.72 lo cual determinó el grado de concordancia entre las variables categóricas, la precisión global comparó la información de las cobertura vegetales interpretas por el satélite y la cobertura vegetal interpretada en campo.

En segundo lugar, se identificó el relieve según el tipo de pendiente presente en el territorio, para identificar la inclinación en cada celda de una superficie de ráster (DEM) se requirió usar la herramienta Slope del software ArcMap. Si el valor de la pendiente es menor la característica del terreno estudiado tiende a ser planar, de otro modo, valores superiores indican que el terreno tiene características de ser empinado (Burrough y McDonell, 1998).

El ráster con las pendientes de salida se cuantificará en unidades de porcentaje, sosteniendo de esta manera seis niveles de susceptibilidad, los cuales son expuestos en la tabla (3). Finalmente, los registros históricos de los incendios forestales fueron contabilizados de acuerdo con el tipo de cobertura de suelo y el tipo de pendiente, con base a la formula (1).

**Tabla 3.** *Clasificación de pendientes para el cantón Ibarra*

<b>Clase</b>	<b>Pendientes (%)</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Relieve</b>
1	0 - 5	Muy bajo	Plano
2	5 - 12	Bajo	Ligeramente ondulado
3	12 - 25	Medio	Ondulado
4	25 - 50	Medio	Montañoso
5	50 - 70	Alto	Muy montañoso
6	> 70	Muy alto	Escarpado

*Nota.* Tabla modifica del (Instituto Espacial Ecuatoriano-Ministerio de Agricultura)

### **3.2.2. Análisis de las causas socio ambientales que han provocado la ignición en el cantón Ibarra**

Se analizaron las causas socio ambientales partiendo de dos factores claves para el estudio, el ambiental y el social, estos permiten abarcar todos los aspectos que podrían o no estar

relacionados con la existencia de incendios forestales dentro del cantón. Para favorecer la recolección de datos y el análisis de estos se estableció una variable dependiente (*existencia de incendios forestales*) frente a seis variables independientes (*nivel de educación, quemas agrícolas sin control, incidencia de rayos o relámpagos, basura en terrenos o quebradas, cambio climático y conocimiento sobre las sanciones legales*).

Para la recolección de datos sobre la percepción social, se utilizó una encuesta cuya estructura estuvo direccionada a la formulación de preguntas con el objetivo de conocer el nivel de conocimiento que tiene la población respecto a las causas de los incendios históricos forestales del cantón Ibarra. Las preguntas aplicadas a la población se indican en la tabla (4).

**Tabla 4.** *Causas socio ambientales*

<b>Tipo de factor</b>	<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Pregunta utilizada</b>
Ninguno	Existencia de incendios	Dependiente	¿Conoce usted si en su sector han existido incendios forestales en los últimos años?
Social	Nivel de educación	Independiente	¿Cuál es su nivel de educación?
Social	Quemas agrícolas que se fueron de control	Independiente	¿Conoce usted si en su sector han existido quemas agrícolas que se fueron de control y ocasionaron incendios forestales?
Ambiental	Rayo o relámpago causa un incendio forestal	Independiente	¿Ha observado usted que un rayo o relámpago cause un incendio forestal en su sector o comunidad?
Ambiental	La basura en terrenos o en quebradas propaga un incendio forestal	Independiente	¿Conoce usted si la basura en terrenos o en quebradas ha propagado o extendido un incendio forestal en su sector o comunidad?
Ambiental	El cambio climático es un factor que ocasiona más incendios forestales	Independiente	¿Considera usted que el “cambio climático” es un factor que ocasiona más incendios forestales?
Social	Conocimiento sobre las sanciones legales a las personas que causan incendios forestales	Independiente	¿Conoce usted sobre las sanciones legales existentes a las personas que causan incendios forestales?

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)



Al instrumento se le realizó una prueba de verificación con una muestra de personas cercanas, esto para examinar de que las preguntas estén correctamente formuladas y entendibles. Además, se validó el instrumento aplicando la prueba Alfa de Cronbach, esta es una medida de consistencia interna de elementos dentro de un cuestionario, que evalúa la confiabilidad de este, analizando si estos ítems se encuentran correlacionados (Oviedo & Campo-Arias, 2005).

Según Bowman et al (2009) la validación cuantitativa permite realizar el análisis factorial para apreciar semejanzas y oposiciones entre la particularidad de las preguntas. La encuesta arrojó un valor de 0.699 de Alfa de Cronbach, sin embargo, 0.7 es el valor mínimo aceptable para validar la consistencia interna del instrumento. Para este caso la validación se basó en autores como Arias & Ordóñez (2023) quienes afirman que ante la falta de estudios en el territorio que brinden referencias de un mejor instrumento es posible considerar este valor como aceptable.

Una vez delimitadas las áreas con mayor vulnerabilidad a incendios forestales dentro del cantón Ibarra, se procedió a cuantificar la muestra representativa de la población a encuestar. Se utilizó la fórmula estadística mencionada a continuación.

$$n = \frac{(Z^2 pqN)}{(Ne^2 + Z^2 pq)} \quad (2)$$

En donde:

n: muestra

N: población

Z: nivel de confianza (90%)

p: probabilidad de ocurrencia (lo adecuado es emplear una probabilidad de ocurrencia del 50%)

q: probabilidad de no ocurrencia (se utilizó un 50% como contrapartida al anterior elemento)

e: grado de error que puede darse en los resultados (normalmente se utiliza un grado de error del 5% o 10%)

Se acudió a campo, domicilios y zonas laborales de los pobladores para ejecutar la encuesta. Una vez culminado con el 100% de la muestra se llenaron los datos en una matriz para que sean contabilizados y analizados, consecutivamente se los validó para poder reproducirlos en

gráficas estadísticas como histogramas de frecuencia, gráficos de sectores circulares y gráficos de barras, finalmente se interpretó toda la información obtenida.

El resultado obtenido en la estimación respecto a la proporción de la población a encuestar fue de 96 personas, bajo un muestreo no probabilístico; debido que, se tomó a consideración aspectos condicionantes como el acceso a las parroquias rurales, la disponibilidad de las personas y conveniencia de selección del encuestado, similar a lo que mencionan los autores Otzen & Manterola (2017) estos autores afirman que la técnica de muestreo no probabilístico permite seleccionar casos accesibles que acepten ser incluidos. Se acudió a campo, domicilios y zonas laborales de los pobladores para ejecutar la encuesta. Una vez culminado con el 100% de la muestra se llenarán los datos en una matriz para que sean contabilizados y analizados

### **3.2.2.1. Análisis de resultados**

Los resultados que se obtuvieron después de la aplicación de la encuesta fueron analizados a través de la aplicación de estadística descriptiva e inferencial. El análisis inferencial se empleó mediante la relación estadística de las variables independientes con la variable dependiente identificadas (tabla 4). De este modo, se utilizó el coeficiente estadístico V de Crammer, porque se estableció la relación entre la variable dependiente que tiene categorías de tipo nominal y las variables independientes que tuvieron categorías de tipo ordinal. Las hipótesis planteadas para analizar la presentación son:

*Ho: No existe relación entre las variables estudiadas.*

*Ha: Existe relación entre las variables estudiadas.*

### **3.2.2.2. Triangulación de la información**

Para validar la información obtenida de la percepción de la población se utilizó la técnica de triangulación de la información. Por ese motivo, se utilizó información bibliográfica, entrevistas a actores claves y búsqueda de información meteorológica para el área del estudio. Dado que la población considera al cambio climático como un factor no relevante en la ocurrencia de incendios forestales se vio necesario realizar un análisis de tendencia en las precipitaciones de los años 1988 a 2018, se consideró las estaciones meteorológicas de Ibarra, Atuntaqui y Otavalo por su cercanía entre ellas, para una comparación y percepción de cambio.

Para el análisis del cambio climático se empleó la prueba de Mann-Kendall y se partió de dos hipótesis, una hipótesis nula ( $H_0$ ), que plantea que los datos de precipitación no siguen una tendencia, lo que no evidencia variabilidad climática y otra hipótesis alterna ( $H_a$ ) en la que se

manifiesta que los datos de la serie temporal indican variabilidad climática porque siguen una tendencia. Según Koudahe et al (2017) la prueba Mann-Kendall es un test no paramétrico que compara los datos que componen una misma serie temporal en orden secuencial. Para explicar los resultados se toma a consideración valores de significancia inferiores a 0.05.

### ***3.2.3. Propuesta de estrategias de prevención para futuros incendios forestales***

La matriz FODA fue aplicada de acuerdo con los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2. El FODA es una técnica que se usa para identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que, en su conjunto, diagnostican la situación interna y externa actual del objeto de estudio, en función de ello se toma decisiones o posibles estrategias acorde a los objetivos de la investigación (Sarli et al., 2015).

Se realizó el cruce de variables FODA, dando como resultado las combinaciones FA (estrategias defensivas), FO (estrategias ofensivas), DA (estrategias de supervivencia), DO (estrategias adaptativas). De esta manera se permitió entrelazar oportunidades en beneficio del entorno que estén direccionadas a enfrentar las posibles amenazas, con apoyo de fortalezas y así tratar de mitigar las debilidades existentes en el estudio (Posso, 2011).

#### **3.2.3.1. Realización de la matriz FODA**

Se examina las fortalezas y debilidades como factores internos, así como, oportunidades y amenazas como elementos externos. Se indica dicho proceso en la tabla (5).

**Tabla 5. Matriz FODA**

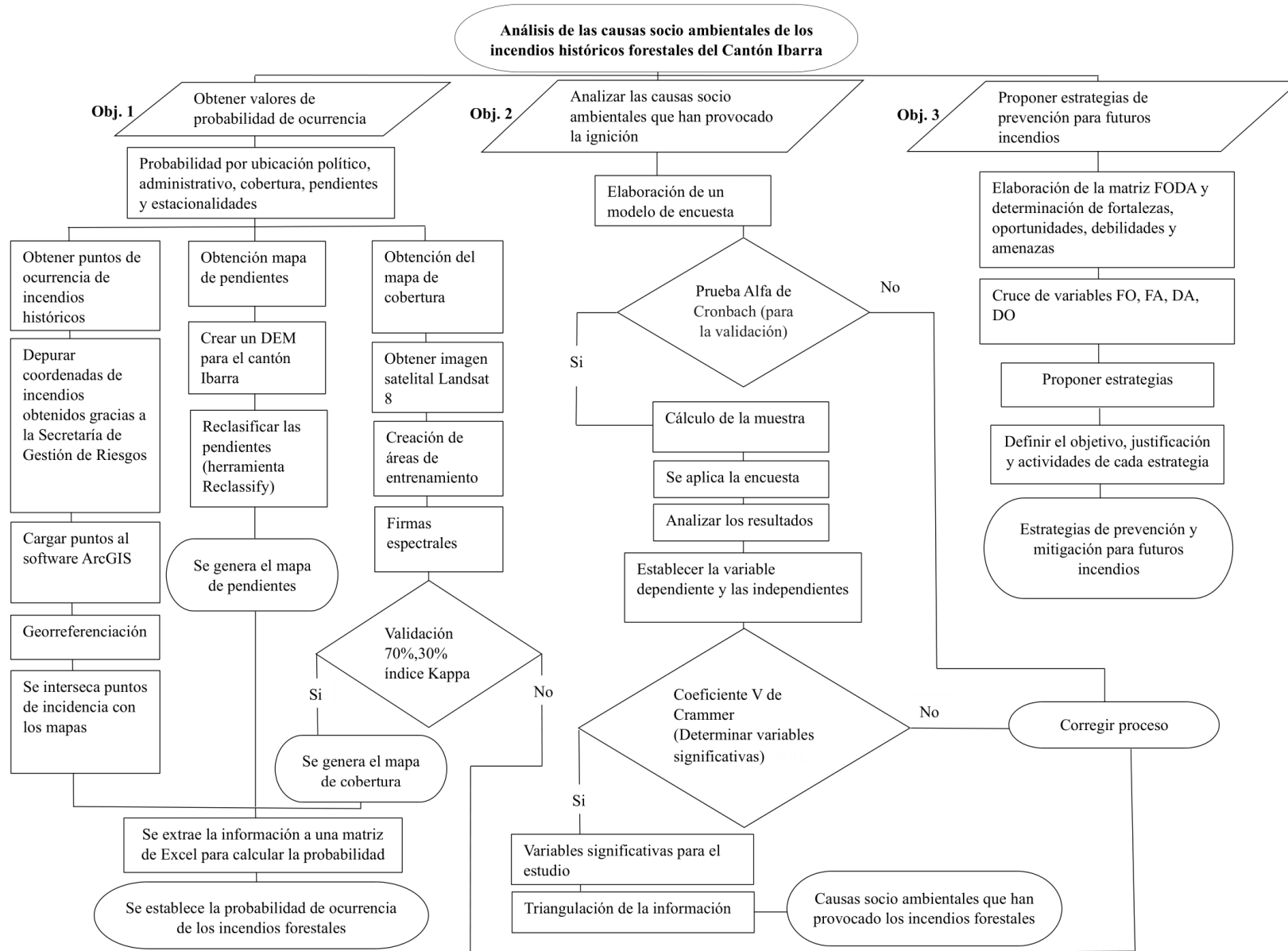
<b>Matriz FODA</b>		
	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
	Transformación en el medio social, económico, político y tecnológico.	Oposición al cambio.
	Tecnologías y procesos productivos nuevos.	Competencia.
	Un mercado con nuevas necesidades.	Muchos obstáculos.
<b>FORTALEZAS</b>		
Nuevos recursos Ventajas naturales Ventajas que sobresalen	Estrategias ofensivas: Aprovechar las fortalezas para sacarle provecho a las oportunidades.	Estrategias defensivas: Usar las fortalezas para minimizar las amenazas.
<b>DEBILIDADES</b>		
Escasez de recursos Desventajas	Estrategias adaptativas: Confrontar a las debilidades con el uso de oportunidades	Estrategias de supervivencia: Reducir debilidades y evitar las amenazas.

*Nota:* Tomado de Nikulin & Becker (2015)

- **Planteamiento de estrategias**

Una vez analizada la matriz FODA y el cruce de sus variables respecto a los resultados obtenidos con nuestra investigación, se plantearon estrategias direccionadas al monitoreo temprano de un posible inicio de ignición, recuperación progresiva con elementos naturales y sobre todo se formuló acciones con el fin de generar una cultura preventiva y de concientización ante este siniestro (Rosero & Osorio, 2013).

**Figura 4. Flujograma de la metodología**



### 3.3. Materiales y equipos

**Tabla 6.** *Materiales y equipo de investigación*

<b>Materiales/Equipo</b>	<b>Proceso/Actividad</b>
Navegador GPS	Toma de puntos en el área de estudio
Computadora	Descarga de imágenes y proceso de digitalización
Libreta de campo	Toma de apuntes o aspectos importantes
Impresora	Impresión de mapas de ubicación
Software's (ArcGIS 10.5; Microsoft office 2008; IBM SPSS Statistics)	Análisis, creación y validación de datos

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2023)

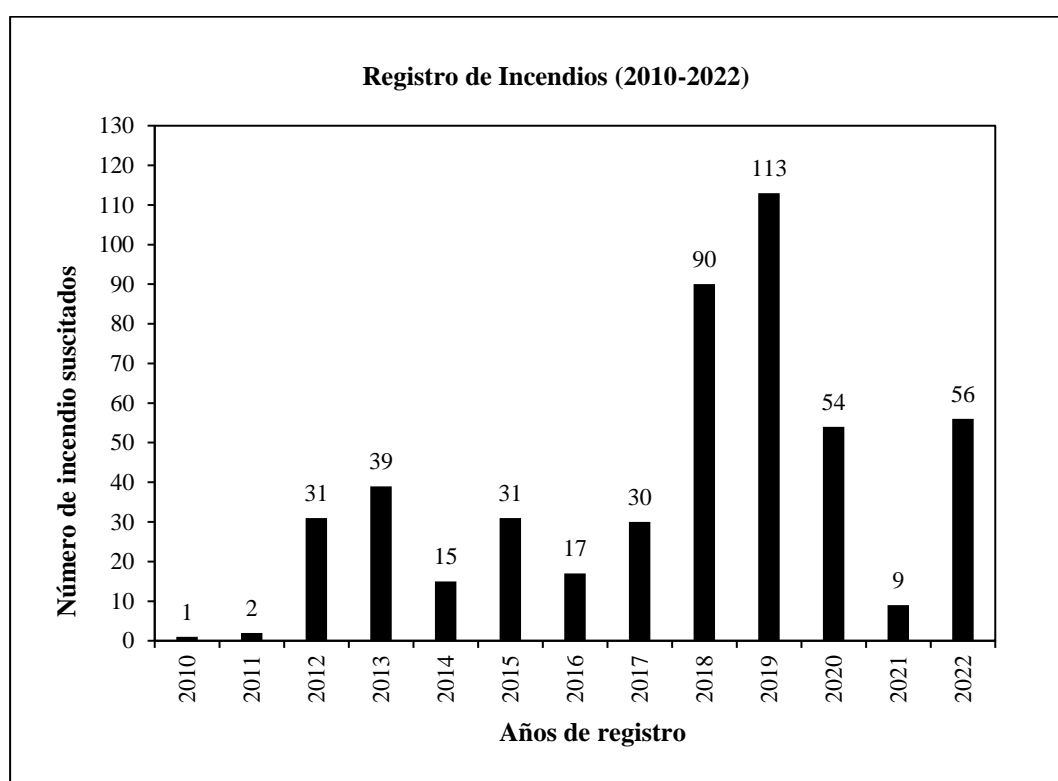
## CAPÍTULO IV.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Determinación de la probabilidad de ocurrencia de los incendios forestales en el cantón Ibarra

Los datos proporcionados por la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos indicaron que desde el 2010 hasta el 2022 se han suscitado un total de 488 incendios forestales en distintas partes del cantón. En la figura (5) se muestra el total de incendios ocurridos anualmente.

**Figura 5.** *Número de incendios ocurridos durante los años (2010-2022)*



*Nota:* Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

##### 4.1.1. Cálculo de probabilidad por estacionalidad

Para calcular la probabilidad de ocurrencia en las dos estacionalidades del Ecuador (época seca y época lluviosa) se elaboró una matriz donde se registró la ocurrencia de incendios mensualmente. La tabla (7) refleja los resultados obtenidos.

**Tabla 7. Probabilidad de ocurrencia de incendios en época lluviosa y época seca (2010-2022)**

<b>Probabilidad mensual (época lluviosa)</b>															
<b>AÑOS/MESES</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Total, incendios registrados por mes</b>	<b>% Probabilidad</b>
<b>FEBRERO</b>	0	0	0	1	2	0	1	0	2	1	1	0	0	8	1.64
<b>MARZO</b>	0	0	0	1	0	0	1	0	4	1	3	0	0	10	2.05
<b>ABRIL</b>	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	4	0.82
<b>MAYO</b>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	6	1.23
<b>JUNIO</b>	0	0	2	3	0	1	0	0	1	1	0	0	0	8	1.64
<b>SEPTIEMBRE</b>	0	0	9	19	4	16	2	11	23	38	6	5	22	155	31.76
<b>OCTUBRE</b>	1	0	5	2	0	0	3	3	25	4	12	0	15	70	14.34
<b>NOVIEMBRE</b>	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	8	0	4	18	3.69
<b>DICIEMBRE</b>	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	1	7	13	2.66
<b>Probabilidad mensual (época seca)</b>															
<b>ENERO</b>	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	8	1.64
<b>JULIO</b>	0	0	3	5	2	7	1	7	6	11	1	2	1	46	9.43
<b>AGOSTO</b>	0	1	10	7	5	7	8	5	22	52	17	1	7	142	29.10

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)



El promedio de probabilidad de ocurrencia de incendios para la época lluviosa es relativamente más bajo que en la época seca, considerando que la primera es alrededor de un 6.65% y para la segunda es de 13.39%. Esto haría entrever que, en los meses de época seca, enero, julio y agosto, existe más probabilidad de que ocurra incendios que en el resto de los meses lluviosos. Sin embargo, al evaluar la probabilidad mensual se encontró que, únicamente agosto se encuentra entre los meses con más predisposición a ocurrencia de incendios forestales (29.10%). De hecho, agosto es el segundo mes más susceptible, ya que el mes con más predisposición a este tipo de incendios es septiembre, un mes húmedo, con un 31.76%.

Adicional a esto, se presentan los datos del cálculo de la probabilidad diaria de todos los meses con la finalidad de que los resultados obtenidos mejoren las propuestas de prevención y alerta de incendios forestales, los resultados son presentados en la tabla (8).

**Tabla 8.** Probabilidad diaria de ocurrencia de incendios forestales (2010-2022)

<b>AÑOS/MESES</b>	<b># días</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>Probabilidad diaria de incendios</b>
<b>ENERO</b>	31	0.00	3.23	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	12.90	3.23	0.00	0.00	1.99
<b>FEBRERO</b>	28	0.00	0.00	0.00	3.57	7.14	0.00	3.57	0.00	7.14	3.57	3.57	0.00	0.00	2.20
<b>MARZO</b>	31	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	3.23	0.00	12.90	3.23	9.68	0.00	0.00	2.48
<b>ABRIL</b>	30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	0.00	0.00	3.33	3.33	0.00	3.33	0.00	0.00	1.03
<b>MAYO</b>	31	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	12.90	0.00	0.00	1.49
<b>JUNIO</b>	30	0.00	0.00	6.67	10.00	0.00	3.33	0.00	0.00	3.33	3.33	0.00	0.00	0.00	2.05
<b>JULIO</b>	31	0.00	0.00	9.68	16.13	6.45	22.58	3.23	22.58	19.35	35.48	3.23	6.45	3.23	11.41
<b>AGOSTO</b>	31	0.00	3.23	32.26	22.58	16.13	22.58	25.81	16.13	70.97	167.74	54.84	3.23	22.58	35.24
<b>SEPTIEMBRE</b>	30	0.00	0.00	30.00	63.33	13.33	53.33	6.67	36.67	76.67	126.67	20.00	16.67	73.33	39.74
<b>OCTUBRE</b>	31	3.23	0.00	16.13	6.45	0.00	0.00	9.68	9.68	80.65	12.90	38.71	0.00	48.39	17.37
<b>NOVIEMBRE</b>	30	0.00	0.00	3.33	0.00	0.00	0.00	3.33	3.33	6.67	3.33	26.67	0.00	13.33	4.62
<b>DICIEMBRE</b>	31	0.00	0.00	0.00	0.00	3.23	0.00	0.00	6.45	6.45	0.00	0.00	3.23	22.58	3.23

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)

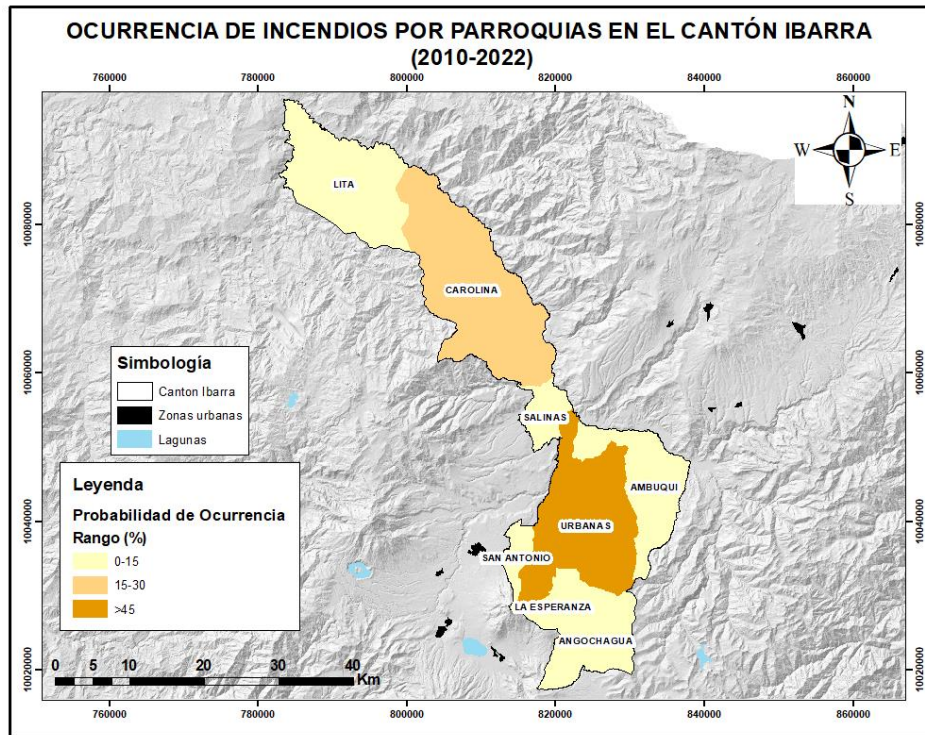
Se consideran los meses de agosto y septiembre puesto que sus valores de probabilidad mensual son de los más altos, estos meses representan una temporada clave para tomar acciones preventivas en cuanto a los incendios forestales. Entonces, en base a los valores de probabilidad diaria, siendo 35.24% y 39.74% respectivamente, se puede concluir que 1 de cada 3 días el cantón puede sufrir un incendio forestal.

Kirchmeier-Young et al. (2019) mencionan que las temperaturas extremas y las sequías aumentan de manera sustancial las condiciones cálidas, estas son responsables de elevar el riesgo de un incendio forestal, y que, la propagación y el área afectada por el fuego puede verse alterada. Esto explicaría porque el 40% de incendios que han sido registrados en los últimos años se han suscitado en la estacionalidad seca, tomando a consideración que esta tiene una duración relativamente más corta y está caracterizada por bajas temperaturas con escasas precipitaciones (Varela & Ron, 2022).

#### 4.1.2. Cálculo de probabilidad por distribución geográfica

El siguiente mapa muestra la distribución de puntos de ocurrencia de los incendios forestales en las parroquias del cantón.

**Figura 6.** Probabilidad de incendios por ubicación parroquial (2010-2022)



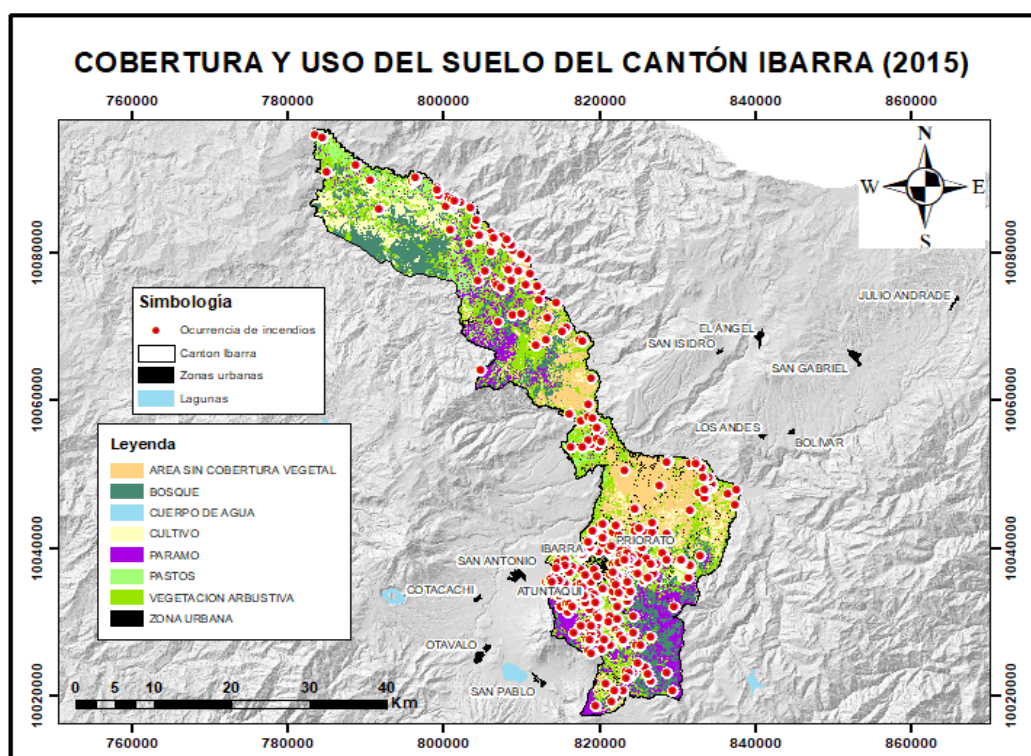
*Nota:* Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

Se analizó la probabilidad de ocurrencia de incendios de las parroquias del cantón Ibarra, donde se muestra que el porcentaje más alto corresponde al casco urbano (45.3%). Respecto a la zona rural es la parroquia La Carolina la cual presenta mayor incidencia (19.9%), esto puede indicar que la cercanía a la zona urbana eleva el riesgo de que se suscite un incendio debido al elevado número poblacional, concluyendo que las actividades antrópicas están relacionadas con los incendios forestales.

#### 4.1.3. Cálculo de probabilidad por cobertura vegetal

A continuación, el mapa muestra la distribución de puntos de ocurrencia de los incendios forestales según las clases de cobertura vegetal que posee el cantón.

**Figura 7. Probabilidad de incendios según la cobertura y uso de suelo (2015)**



*Nota:* Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

Se han establecido ocho clases de cobertura vegetal, se realizó el conteo de incendios suscitados en cada uno de ellos con lo cual se calculó la probabilidad simple, los resultados se muestran en la tabla (9).

**Tabla 9. Probabilidad de ocurrencia de incendios por cobertura vegetal (2015)**

Cobertura del suelo	Número de incendios	Probabilidad
Sin cobertura vegetal	89	18.24
Bosque	44	9.02
Cultivo	56	11.48
Páramo	51	10.45
Pastos	14	2.87
Vegetación arbustiva	180	36.89
Zona urbana	54	11.07
<b>TOTAL</b>	<b>488</b>	<b>100</b>

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)

Los porcentajes de probabilidad apuntan a los tipos de cobertura del suelo más propensas a sufrir un incendio. Para la vegetación arbustiva, zona urbana y zonas sin vegetación los resultados fueron 36.89%, 11.07% y 18.24% respectivamente. Por otro lado, los pastos

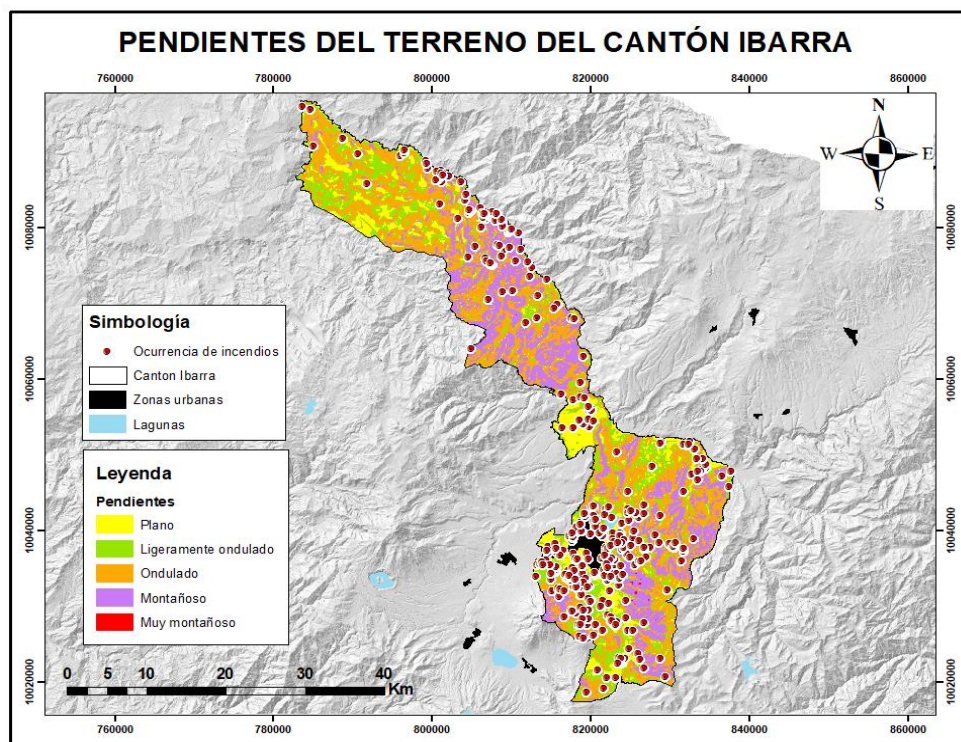
presentan el resultado más bajo 2.87%. Finalmente, la cobertura de páramo, bosques y cultivos mantienen un promedio de probabilidad de 10.31%.

Esto puede deberse a que, a diferencia de los bosques o páramos, la vegetación arbustiva por sus características puede perder humedad de forma más rápida en épocas secas, convirtiéndose en un combustible perfecto para la ignición (Martínez et al., 2010). Además, el nivel de biomasa de los arbustos es un factor determinante en la cantidad de combustible y carga, lo que puede aumentar la liberación de calor y, en consecuencia, generar incendios más intensos (Villers, 2006).

#### 4.1.4. Cálculo de probabilidad por tipo de relieve

Se muestra la distribución de puntos de ocurrencia de los incendios forestales según el tipo de pendiente del terreno.

**Figura 8.** Probabilidad de incendios según el tipo de relieve



*Nota:* Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

Dentro del cantón se aprecian solo cinco clases de relieve, conociendo que el porcentaje máximo de pendiente no sobrepasa el 60% no se tomó en cuenta al relieve de tipo escarpado. Los resultados del conteo de incendios y cálculo de probabilidad se pueden apreciar en la tabla 10.

**Tabla 10.** Probabilidad de ocurrencia de incendios por tipo de relieve

Tipo de Relieve	Número de incendios	Probabilidad
Plano	118	24.18
Ligeramente ondulado	163	33.40
Ondulado	144	29.51
Montañoso	63	12.91
Muy montañoso	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>488</b>	<b>100</b>

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)

Un relieve que va de ligeramente ondulado a ondulado presenta el resultado mayor en cuanto a la probabilidad de incidencia; un 33.40% y 29.51% indica que dentro del cantón Ibarra los incendios forestales son más propensos a suceder en aquellas zonas con pendientes de 5% a 12% y 12% a 25%, así mismo, para pendientes mayores no se obtuvo registro de incendios por lo que el valor de la probabilidad es cero. Sin embargo, no se descarta la presencia de estos eventos en años anteriores a los del registro, por lo tanto, se considera a los relieves montañosos como menos propensos a sufrir incendios, con una probabilidad de 12.91%.

Para Villers (2006) las características topográficas del suelo influyen en la ocurrencia de incendios, ya que determinan la cantidad de radiación solar y viento que recibe un área según la exposición de la ladera. En el estudio de Holden et al. (2009) se observó que los incendios severos son más propensos en zonas con pendientes pronunciadas (>16%) con elevaciones elevadas y con valores extremos respecto a las cargas de calor, esto explicaría por que el mayor número de incendios en el cantón ocurren en un tipo de relieve que va desde ligeramente ondulado a ondulado en época seca.

Para Arias et al. (2024) la incidencia de los incendios forestales se incrementa cuando las pendientes son más pronunciadas, esto debido a que la inclinación del terreno favorece a la acumulación de calor debido a que asciende el aire caliente, esto reafirmaría los resultados obtenidos en cuanto a la probabilidad calculada según el tipo de relieve. Además, en su estudio se considera la cercanía a las carreteras como un factor que influye directamente con la aparición de incendios, esto debido a que se desarrollan más actividades humanas en zonas que cuentan con vías de acceso, y finalmente, mencionan que el 82% del cantón es susceptible a sufrir un incendio forestal debido a que la cobertura del cantón está compuesta mayoritariamente por material vegetal, como bosques, vegetación arbustiva, pastos, etc.

La probabilidad de ocurrencia de incendios forestales para el cantón Ibarra es mayor en zonas con pendientes onduladas y con vegetación arbustiva. Además, se percibe que el porcentaje de probabilidad aumenta cuando existe una cercanía a centros poblados. Factores climáticos como las altas temperaturas y bajas precipitaciones (propias de la estación seca) son causantes de incendios en forma natural, ya que, se modifica la carga de combustibilidad del entorno. Sin embargo, las actividades antrópicas alteran los patrones naturales causando igniciones más severas incluso en la época lluviosa.

#### **4.2. Determinación de las causas socioambientales que han provocado incendios forestales**

- **Análisis de las causas socio ambientales percibidas**

Los resultados que se obtuvieron en el análisis con el coeficiente de relación estadística V de Cramer se presentan en la tabla 11.



**Tabla 11.** *Análisis de las causas socio ambientales*

<b>V. dependiente</b>	<b>V. independiente</b>	<b>Causa</b>	<b>V de Cramer</b>	<b>Nivel de significancia</b>	<b>Porcentaje de conocimiento</b>	<b>Relación</b>
<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	Nivel de educación	Social	0.256	0.179	66.67	No presenta relación
<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	Quemas agrícolas que se fueron de control	Social	0.546	0.000	51.04	Existe relación
<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	Rayo o relámpago causa un incendio forestal	Ambiental	0.222	0.316	22.92	No presenta relación

---

<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	La basura en terrenos o en quebradas propaga un incendio forestal	Social	0.431	0.001	55.21	Existe relación
<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	El cambio climático es un factor que ocasiona más incendios forestales	Ambiental	0.251	0.196	83.33	No presenta relación
<b>Existencia de incendios forestales en el sector</b>	Conocimiento sobre las sanciones legales a las personas que causan incendios forestales	Social	0.376	0.009	59.38	Existe relación

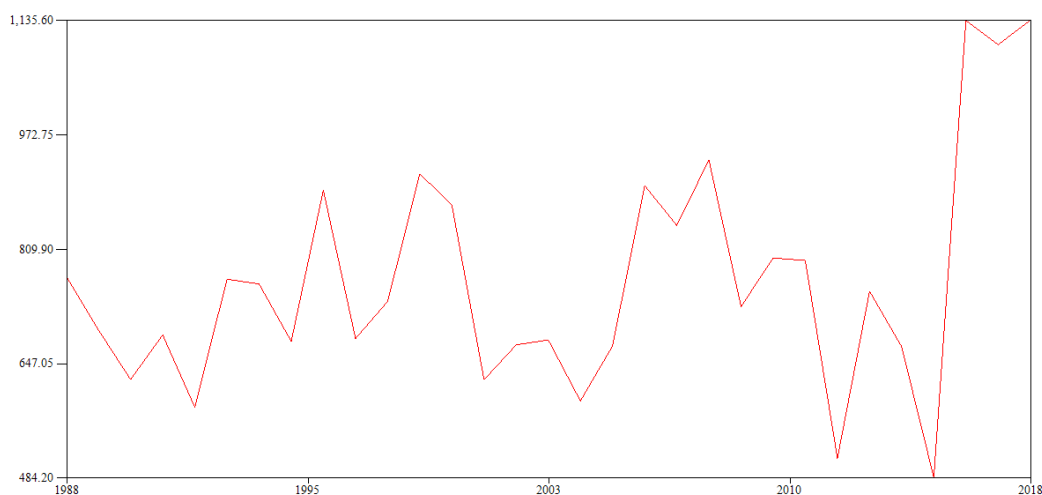
---

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)

Para las variables: nivel de educación, incidencia de rayos o relámpagos y cambio climático se obtiene valores de significancia mayores a 0.05; por lo tanto, son consideradas no significativas para el estudio, al no presentar relación significativa con la presencia de incendios forestales. De hecho, que, la población no percibida al cambio climático como factor causal de los incendios forestales, se relaciona con lo encontrado en los datos de precipitaciones para el período 1988-2018. En un análisis en las estaciones Atuntaqui, Otavalo e Ibarra se encontró que la precipitación no presenta tendencia estadística de acuerdo con el test de Mann-Kendall (Figuras 9, 10 y 11) y tabla 12. De esta forma se acepta la hipótesis nula, es decir, no existe una tendencia significativa de precipitación, descartando una variabilidad climática.

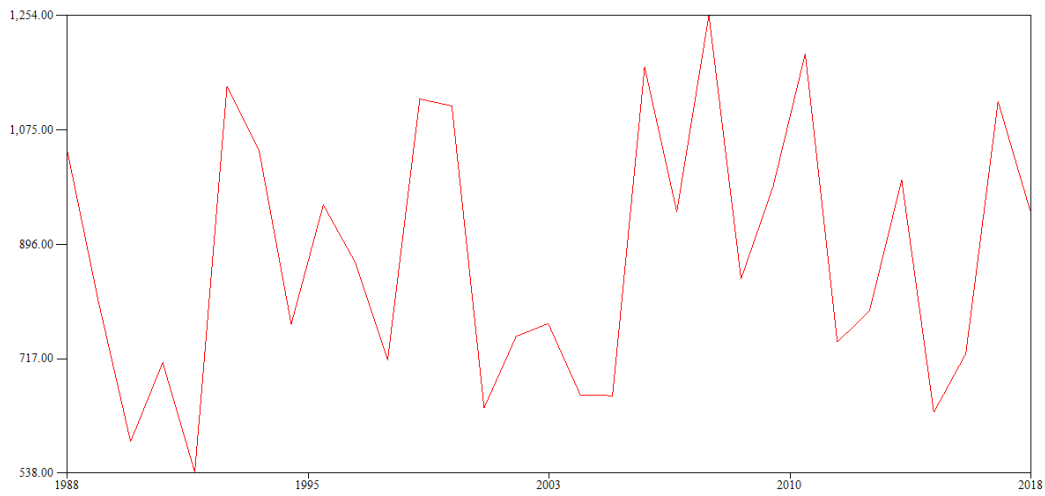
La tendencia de las precipitaciones en el cantón Ibarra para un periodo de 30 años se presenta a continuación en las figuras 9, 10 y 11.

**Figura 9.** *Tendencia de datos de precipitación en Ibarra*



**Nota:** Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

**Figura 10.** *Tendencia de datos de precipitación en Otavalo*



**Nota:** Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

**Figura 11.** *Tendencia de datos de precipitación en Atuntaqui*



**Nota:** Figura elaborada por García & Túquerres (2024)

Para la interpretación de los resultados arrojados por el test de Mann Kendall, se plantearon las siguientes hipótesis:

*H<sub>0</sub>* = No existe una tendencia creciente o decreciente de precipitación.

*H<sub>a</sub>* = Existe una tendencia creciente o decreciente de los datos de precipitación.

Los valores de significancia para cada estación meteorológica se presentan en la tabla 12.

**Tabla 12. Test de Mann Kendall**

<b>Estación</b>	<b>Test de Mann Kendall (Total S Score)</b>	<b>Nivel de significancia (0.05)</b>	<b>Resultado</b>
Otavalo	39	0.646	No significativa
Atuntaqui	43	0.714	No significativa
Ibarra	61	1.02	No significativa

*Nota:* Tabla elaborada por García & Túquerres (2024)

Las tres estaciones meteorológicas presentan valores de significancia superiores al valor crítico (0.05), de esta forma se acepta la hipótesis nula. Es decir, no existe una tendencia significativa de precipitación, descartando una variabilidad climática. Esto explicaría porque la población no relaciona el cambio climático con la ocurrencia de un incendio forestal en el cantón Ibarra.

Por otro lado, las causas socio ambientales percibidas que presentan relación con la manifestación y/o presencia de incendios forestales son las quemas agrícolas que se fueron de control, basura en terrenos o en quebradas y el conocimiento de las sanciones legales para personas que causen incendios forestales.

#### **a. Quemas agrícolas que se fueron de control**

El 51.04% de encuestados conocen la relación entre las quemas agrícolas fuera de control y la incidencia de los incendios forestales. Esto se debe a las quemas agrícolas empleadas para preparar el terreno, similar a lo que menciona el autor Muñoz (2000) en su estudio de las quemas incontroladas como causa de incendios forestales. Uso de fuego para la quema de rastrojos, eliminación de restos de podas y la utilización de este como técnica para el rebrote de pastos, son las actividades que desempeña la población rural; una población con un gran porcentaje de envejecimiento, dando como consecuencia menor control y cuidado de las actividades que ejecutan.

Gracias a la triangulación de información obtenida de fuentes externas se puede corroborar este resultado, pues mediante comunicación personal de moradores del sector rural se explicó que en septiembre se celebra una de las fiestas más importantes desde el punto de vista andino el “Killa Raymi”, esta festividad indica el inicio del ciclo del cultivo, la fertilidad de los suelos y la bondad de la Pachamama, quien permitiría abastecer los terrenos con granos durante todo

el año. Dentro del proceso de siembra se tiene la preparación de terrenos, donde, acuden a prácticas agrícolas poco adecuadas para la eliminación de rastrojos como el uso de ganado y la quema de estos, esto explicaría porque el mes de septiembre tiene una alta probabilidad de ocurrencia de incendios, pese a pertenecer a la época lluviosa.

#### **b. La basura en terrenos o en quebradas propaga un incendio forestal**

El 55.21% de las personas encuestadas conocen la relación entre la basura en terrenos o en quebradas y la existencia o propagación de incendios forestales en el sector. Al tratarse de espacios abiertos es fácil que camiones o personas vayan a dejar basura y escombros, existiendo acumulación no autorizada de residuos sólidos, lo cual se convierte en una amenaza. Estos datos se triangulan con información bibliográfica, donde se explica que las acumulaciones de distintos materiales de desechos, reunidos o dispersos, pueden ser combustible considerado como un agravante o propagador de los incendios forestales (Casanova, 2018).

#### **c. Conocimiento sobre las sanciones legales a las personas que causan incendios forestales**

El 59.38% de la población encuestada conoce acerca del tema. Pese a que las personas entrevistadas entienden sobre las sanciones ante la ocurrencia de un incendio forestal de origen intencionado o accidental, las actividades agrícolas y ganaderas siguen dándose sin control. Estos datos se triangularon con información bibliográfica y, de hecho, este comportamiento puede ser sustentado con el estudio Análisis jurídico de los daños ambientales causados por los pirómanos en la provincia de Pichincha cantón Quito año 2015, el cual menciona que las personas hacen uso de los elementos de la naturaleza para realizar actividades que satisfagan sus necesidades, al punto de ignorar los daños al medio ambiente (Torres, 2016).

Pese a ser el primer país sudamericano de incorporar el derecho a la Pachamama en la Constitución, se ha visto vulnerados los derechos al medio ambiente en varias ocasiones, ya que, según el Código Orgánico Integral Penal en su artículo 246 establece las sanciones legales correspondientes para quienes provoquen directa o indirectamente incendios forestales, delito que será sancionado de uno a tres años de privación de la libertad; sus agravantes pueden extender la sentencia. Sin embargo, dentro del cantón Ibarra la mayoría de los casos han quedado impunes, motivo por el cual la sociedad ignora la ley.

Por otro lado, al tratarse de áreas alejadas de la urbanización y de las miradas de las autoridades, el pirómano estará en constante desmán, similar a lo que menciona el autor Vargas

(2017) en su estudio Incendios forestales en Quito: acción humana o acción de la naturaleza. Donde se afirma que los pirómanos son personas con trastornos psicológicos o enfermedades mentales que tienen conocimientos especializados del fuego, llegando a provocar incendios forestales.

### 4.3. Propuesta de estrategias de prevención y mitigación para futuros incendios forestales en el cantón Ibarra

Se establecen tres estrategias oportunas para la mitigación y prevención de incendios forestales, basadas en el análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del estudio.

- **Matriz FODA**

Los resultados se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13.** *Análisis FODA*

<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>
<b>F1.</b> Se conoce las causas socioambientales precursoras de incendios forestales.	<b>O1.</b> Predisposición de la población para recibir educación ambiental.
<b>F2.</b> Disposición del Cuerpo de Bomberos y la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos ante incendios forestales.	<b>O2.</b> Instituciones educativas y entidades gubernamentales que apoyan programas de educación ambiental.
<b>F3.</b> Identificación de zonas vulnerables a un incendio forestal.	<b>O3.</b> Normativa legal vigente que apoya a temas relacionados con el medio ambiente.
<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>D1.</b> Malas prácticas agrícolas y ganaderas.	<b>A1.</b> Zonas propensas a incendios forestales de difícil acceso.
<b>D2.</b> Uso de quebradas y terrenos como depósitos para residuos domésticos.	<b>A2.</b> Falta de control y regulación en las zonas rurales del cantón.
<b>D3.</b> Pérdidas de vegetación.	<b>A3.</b> Presencia de pirómanos.

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)

- **Identificación de estrategias**

Tomando en cuenta los factores sociales y ambientales, en conjunto con los resultados del análisis FODA se propone las siguientes estrategias que mitiguen y prevengan los incendios forestales en el cantón.

**Tabla 14.** *Cruce de las variables FODA*

<b>Criterios</b>	<b>Variables</b>	<b>Estrategias</b>
<b>Fortalezas y Amenazas</b>	<b>F3.</b> Identificación de zonas vulnerables a un incendio forestal.	Monitoreo y alerta temprana de incendios forestales en zonas de alto riesgo de ocurrencia.
	<b>A3.</b> Presencia de pirómanos. <b>F4.</b> Identificación de las zonas más susceptibles a un incendio forestal. <b>A3.</b> Zonas propensas a incendios forestales de difícil acceso.	Monitoreo y alerta temprana de incendios forestales en zonas de alto riesgo de ocurrencia.
<b>Fortalezas y Oportunidades</b>	<b>F1.</b> Se conoce las causas socioambientales precursoras de incendios forestales. <b>O1.</b> Predisposición de la población para recibir educación ambiental.	Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego.
	<b>F2.</b> Disposición del Cuerpo de Bomberos y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos ante incendios forestales. <b>O2.</b> Instituciones educativas y entidades gubernamentales que apoyan programas de educación ambiental.	Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego.
<b>Debilidades y Amenazas</b>	<b>D1.</b> Malas prácticas agrícolas y ganaderas. <b>A1.</b> Zonas propensas a incendios forestales de difícil acceso.	Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego.
	<b>D2.</b> Uso de quebradas y terrenos como depósitos para residuos domésticos. <b>A2.</b> Falta de control y regulación en las zonas rurales del cantón.	Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego.
<b>Debilidades y Oportunidades</b>	<b>D1.</b> Malas prácticas agrícolas y ganaderas. <b>O3.</b> Normativa legal vigente que apoya a temas relacionados con el medio ambiente.	Monitoreo y alerta temprana de incendios forestales en zonas de alto riesgo de ocurrencia.
	<b>D3.</b> Pérdidas de vegetación. <b>O2.</b> Instituciones educativas y entidades gubernamentales que apoyan programas de educación ambiental.	Reforestación con especies nativas en zonas degradadas por incendios forestales.

*Nota:* Matriz elaborada por García & Túquerres (2024)



#### ***4.3.1. Estrategia 1: Monitoreo y alerta temprana de incendios forestales en zonas de alto riesgo de ocurrencia***

Con esta estrategia se pretende tener control de un incendio forestal en sus primeras etapas o antes de que se dé la ignición; dentro del área de estudio y el análisis de percepción realizado con los moradores, se observó que las causas de un incendio forestal están relacionadas con actividades humanas como las quemas agrícolas. Para Herrera (2018) es importante trabajar con la comunidad, puesto que, son los principales afectados, además, es en la sociedad donde recae la responsabilidad de romper el círculo vicioso de las emergencias.

##### ***Objetivo:***

Monitorear las quemas agrícolas en zonas vulnerables a incendios forestales.

##### ***Actividades:***

- Monitoreo continuo de las quemas agrícolas en los meses de siembra como agosto y septiembre; esta actividad puede realizarse con el apoyo del cuerpo de bomberos.
- Capacitación a los agricultores y ganaderos de la tercera edad sobre las quemas controladas, en apoyo de instituciones educativas como es la Universidad Técnica del Norte.
- Creación de brigadas de emergencia con miembros jóvenes de la comunidad.
- Simulacros ante un posible incendio forestal en el sector.

#### ***4.3.2. Estrategia 2: Fortalecimiento de las campañas de educación, concientización ambiental y manejo del fuego***

En base al mapa de probabilidad se visualizó que la zona más susceptible a sufrir un incendio forestal es la urbe del cantón, lo que puede estar relacionado con la densidad poblacional, por tal razón se cree necesaria la formación de una población con consciencia ambiental. Para Ondurria & Pinto (2004) los problemas ambientales no son solucionados de manera puntual, dado que, los valores en la sociedad y el conocimiento acerca de cómo extinguir un incendio de forma rápida, ayuda a que los daños se minimicen.

Además, gracias a la investigación de percepción aplicada en moradores del sector, se obtuvo información que justifica la presente estrategia. La mayoría de los encuestados desconoce temas relacionados con el calentamiento global, las buenas prácticas agrícolas y las sanciones legales, por lo cual, se recomienda iniciar talleres de capacitación que eduquen a la población respecto a dichos temas.

**Objetivo:**

Realizar talleres dinámicos con la población y las entidades autorizadas que traten temas relacionados al manejo de incendios, educación ambiental y buenas prácticas agrícolas.

**Actividades:**

- Campañas de educación ambiental bilingüe (español-kichwa) para llegar a las comunidades indígenas.
- Publicitar la fiesta andina “Killa Raymi” con mensajes de respeto y buenas prácticas agrícolas.
- Incentivar a la creación de una cooperativa de reciclaje en las comunidades, que ofrezcan reconocimientos direccionados a los actores propositivos del cambio.

**4.3.3. Estrategia 3: Reforestación con especies nativas en zonas degradadas por incendios forestales**

Hasta el 2023 en el catón se han registrado 239.5 hectáreas afectadas por el fuego según información proporcionada por la Secretaria Nacional de Gestión Riesgos, estas áreas muestran pérdidas de cobertura vegetal. La reforestación puede ayudar a recuperar la biodiversidad y los paisajes perdidos a causa de este disturbio, pese que algunos sectores se han regenerado por si solos, el proceso de reforestación también implica el seguimiento de la sucesión ecológica para evitar plagas en el nuevo bosque (Vanegas, 2016).

**Objetivo:**

Crear un programa de reforestación con especies nativas en zonas degradadas por incendios forestales.

**Actividades:**

- Reforestar las zonas degradadas con especies nativas como *Tecoma stans L.*
- Optar por reforestaciones intercaladas para recuperar la biodiversidad de las zonas degradadas con especies como *Delostoma rosei*.

## CAPÍTULO V.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Hasta el año 2022 dentro del cantón se han registrado 488 incendios forestales en varios sectores, los cálculos reflejan que la probabilidad de que se suscite un nuevo incendio forestal se debe a condiciones climáticas, físicas y sociales del área de estudio, es así como se puede concluir que las zonas con porcentajes de pendientes entre 5% y 25%, cuya cobertura vegetal sea de tipo arbustiva son más propensas a incendiarse.

La organización territorial del cantón es un factor influyente en la presencia de incendios, dado que la acumulación de centros poblados incrementa las malas prácticas ambientales que pueden desencadenar el siniestro, esto se refleja en la probabilidad de ocurrencia por ubicación parroquial, en donde el casco urbano y la parroquia La Carolina obtuvieron los porcentajes más altos 45.3% y 19.9% respectivamente.

La urbanización desorganizada permite que en zonas alejadas de la urbe no existan regularizaciones ambientales eficientes por parte de las autoridades competentes, de este modo, se practican actividades como las quemas incontroladas y el incorrecto depósito de desechos domésticos, prácticas que son precursoras de los incendios forestales según los datos obtenidos en este estudio.

En relación con la probabilidad de ocurrencia por estacionalidad, se concluye que pese a que en la época seca el porcentaje de incidencia es mayor (13.39%) dentro de la época húmeda, septiembre es el mes con más predisposición a sufrir un incendio (31.76%), esto a causa de las actividades agrícolas que se derivan de las prácticas andinas en festividades como el “Killa Raymi”.

Finalmente, se puede afirmar que todo el cantón es propenso a sufrir un incendio en el futuro al menos una vez por mes, esto, independientemente de las condiciones climáticas y físicas del sector, por lo tanto, es importante que las sanciones legales para quienes originen incendios forestales sean rigurosas, en la actualidad no son suficientes para detener estas prácticas negativas, el desconocimiento de la población respecto a temas ambientales provocaría un incremento de incendios antrópicos, por tal razón, para erradicar dicha problemática se cree que las estrategias de educación ambiental, talleres en las comunidades de sensibilización y brigadas

de reforestación pueden ayudar a manejar el fuego en etapas tempranas y evitar que sucedan en el futuro.

## **5.2. Recomendaciones**

La toma de datos climáticos en las distintas estaciones meteorológicas es deficiente, por lo que se recomienda trabajar con datos de estaciones aproximadas al área de estudio para futuros trabajos e investigaciones.

Los incendios forestales son un tema de afectación social, natural y económico productivo, por lo cual, se recomienda la realización de más investigaciones por parte de los gobiernos autónomos en conjunto con la población afectada. De esta manera se lograría una concientización y adquisición de un mayor conocimiento en relación con la mitigación de estos siniestros.

Zonificar la parte alta de la cuenca para establecer un límite adecuado, donde los cultivos y el ganado no representen un peligro para la vegetación frágil como bosques, páramos y áreas protegidas que se encuentran dentro del cantón, la “Loma de Guayabillas” y el “Área Protegida Autónoma Descentralizada Taita Imbabura”.

## REFERENCIAS

- Aguirre Mejía, G., Aguirre Mejía, P., & Arias-Muñoz, P. A. (2018). Percepciones sobre el efecto de los incendios forestales en el turismo sustentable de la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapa, Ecuador. *Sustentabilidad (es)*, 9, 68-84.
- Anrango, S., Chingal, M., & Arias-Muñoz, P. (2020). Zonificación de Cobertura Vegetal Propensa a Incendios en el Cantón Ibarra: Una Mirada al Centro Poblado Más Grande de la Cuenca del Río Mira. En *Riesgos Naturales en la cuenca del río Mira. Variabilidad del clima, deslizamientos, incendios y vulnerabilidad volcánica* (Aguirre, Patricia (Editora), pp. 57-74). Cuvillier Verlag.
- Arellano, L., & Castillo-Guevara, C. (2014). Efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 854–865. <https://doi.org/10.7550/rmb.41756>
- Arias-Muñoz, P., Cabrera-García, S., & Jácome-Aguirre, G. (2024). A Multicriteria Geographic Information System Analysis of Wildfire Susceptibility in the Andean Region: A Case Study in Ibarra, Ecuador. *Fire* 2024, Vol. 7, Page 81, 7(3), 81. <https://doi.org/10.3390/FIRE7030081>
- Arias-Muñoz, P., Chuma-Pomasqui, L., Coronado Cacuango, P., & Jácome-Aguirre, G. (2024). Susceptibilidad para incendios de cubierta vegetal: Una evaluación desde los métodos multicriterio y radiofrecuencia (Cantón Cotacachi, Ecuador). *Cuadernos de Investigación Geográfica*. <https://doi.org/10.18172/cig.5867>
- Arias-Muñoz, P., Encarnación, G., Díaz, A., & Herrera, F. (2020). Zonificación de Áreas Propensas a Incendios de Cobertura Vegetal en la Subcuenca del Río Mataquí ubicada en la Provincia Imbabura. En *Riesgos Naturales en la cuenca del río Mira. Variabilidad del clima, deslizamientos, incendios y vulnerabilidad volcánica* (Aguirre, Patricia (Editora), pp.41-56). Cuvillier Verlag. <https://sustentabilidadyambiente.files.wordpress.com/2020/12/riesgos-naturales-en-la-cuenca-del-rio-mira.pdf>
- Arias-Muñoz, P., & Ordóñez, E. (2023). Factores que reflejan la seguridad hídrica en las comunidades rurales del cantón Cotacachi-Ecuador y su relación con los conflictos por el

agua. *Revista Universitaria de Geografía*, 32(1), 71–90.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.52292/j.rug.2022.31.1.0033.0052>

Arias-Muñoz, P., Saz, M., & Escolano, S. (2024). Tendencias de cambio de usos y coberturas de suelo en la cuenca hidrográfica media-alta del río Mira en Ecuador.  
<https://doi.org/10.14198/INGEO.25248>

Ascoli, D., Plana, E., Oggioni, S. D., Tomao, A., Colónico, M., Corona, P., Giannino, F., Moreno, M., Xanthopoulos, G., Kaoukis, K., Athanasiou, M., Colaço, M. C., Rego, F., Sequeira, A. C., Acácio, V., Serra, M., & Barbati, A. (2023). Fire-smart solutions for sustainable wildfire risk prevention: Bottom-up initiatives meet top-down policies under EU green deal. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 92, 103715.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103715>

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *ECOSISTEMAS REVISTA CIENTÍFICA DE ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE*, 21.  
<http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=709>

Bowman, D., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W., Carlson, J., Cochrane, M., DeFries, R., Doyle, J., Harrison, S., Johnston, F., Keeley, J., Krawchuk, M., Kull, C., Marston, B., Moritz, M., Prentice, C., Roos, C., Scott, A., Swetnam, T., ... Pyne, S. (2009). Fire in the earth system. *Science*, 324(5926), 481–484. <https://doi.org/10.1126/science.1163886>

Cárdenas, P. (2013). La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección en el Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3, 140–149.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5124793>

Casagrande, A., Cavieres, A., Gilabert, H., León, J., Robert, A., Arana, M., & Espejo, S. (2018). *Prevención de incendios forestales: propuestas para una mirada más efectiva e integral*.  
[http://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1542636387TABLA1\\_TEMPORADA2018\\_01.xls](http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1542636387TABLA1_TEMPORADA2018_01.xls)

Casanova, P. (2018). Modelo de protección ante incendios forestales en áreas naturales y áreas de interfaz: precordillera de la comuna de la florida, región metropolitana, Chile. *Revista Chile Forestal*, 25–46.  
[https://www.academia.edu/download/63886788/Informe\\_Analisis\\_de\\_Riesgo\\_de\\_Incendio\\_Forestal\\_en\\_la\\_Precordillera\\_de\\_la\\_Comuna\\_de\\_La\\_Florida\\_201820200710-26314-15q5h2i.pdf](https://www.academia.edu/download/63886788/Informe_Analisis_de_Riesgo_de_Incendio_Forestal_en_la_Precordillera_de_la_Comuna_de_La_Florida_201820200710-26314-15q5h2i.pdf)

- Chingal, C., & Anrango, A. (2019). *Zonificación de cobertura vegetal propensa a incendios en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura* [Universidad Técnica del Norte]. file:///C:/Users/AME/Downloads/03%20RNR%20331%20TRABAJO%20GRADO.pdf
- Chuvieco, E., & Congalton, R. G. (1989). Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29(2), 147–159. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(89\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(89)90023-0)
- Comision Nacional Forestal (CONAFOR). (2010). *Incendios forestales. Guía práctica para comunicadores*.  
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- Couto, F. T., Iakunin, M., Salgado, R., Pinto, P., Viegas, T., & Pinty, J. P. (2020). Lightning modelling for the research of forest fire ignition in Portugal. *Atmospheric Research*, 242. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSRES.2020.104993>
- Cueva Toalombo, J., Caiza, E., & Salguero, M. (2021). *Valoración social económica ambiental de los incendios forestales*. 609–614. <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/153/438>
- Dentoni, M., & Muñoz, M. (2008). Sistemas de evaluación de peligro de incendios. *Sitio Argentino de Producción Animal: Buenos Aires*.
- Estacio, J., & Narváez, N. (2012). Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): Conocimiento e intervención pública del riesgo. *Letras Verdes FLACSO - Ecuador*, 27–52. [www.flacsoandes.org/letrasverdes](http://www.flacsoandes.org/letrasverdes)
- Flores Quiroz, N., Gibson, L., Conradie, W. S., Ryan, P., Heydenrych, R., Moran, A., van Straten, A., & Walls, R. (2023). Analysis of the 2017 Knysna fires disaster with emphasis on fire spread, home losses and the influence of vegetation and weather conditions: A South African case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103618>
- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales (FPRL). (2014). *Naturaleza del Fuego*.
- Ghobadi, G. J., Gholizadeh, B., & Dashliburun, O. M. (2012). Forest Fire Risk Zone Mapping From GeographicInformation System in Northern Forests of Iran(Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. [www.ijagcs.com](http://www.ijagcs.com)

- Gómez, J. (1999). *Los incendios forestales históricos. Contexto socioeconómico y marco legislativo.*
- Herrera, K. (2018). *SISTEMA MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE INCENDIOS FORESTALES, ESTRUCTURALES Y COBERTURA VEGETAL EN LA.*
- Holden, Z. A., Morgan, P., & Evans, J. S. (2009). A predictive model of burn severity based on 20-year satellite-inferred burn severity data in a large southwestern US wilderness area. *Forest Ecology and Management*, 258(11), 2399–2406. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.08.017>
- Keller, E., & Blodgett, R. (2004). *Riesgos Naturales Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes* (M. Romo & M. Caicoya, Eds.).
- Kirchmeier-Young, M. C., Gillett, N. P., Zwiers, F. W., Cannon, A. J., & Anslow, F. S. (2019). Attribution of the Influence of Human-Induced Climate Change on an Extreme Fire Season. *Earth's Future*, 7(1), 2–10. <https://doi.org/10.1029/2018EF001050>
- Koudahe, K., Kayode, A. J., Samson, A. O., Adebola, A. A., & Djaman, K. (2017). *Trend Analysis in Standardized Precipitation Index and Standardized Anomaly Index in the Context of Climate Change in Southern Togo.* 7, 401–423. <https://doi.org/10.4236/acs.2017.74030>
- Martínez, G., Hernández, M., Díaz, J., & Camacho, J. (2015). Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011). *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(29), 93–107. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322015000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000300007)
- Martínez-González, F., Sosa-Pérez, F., & Ortiz-Medel, J. (2010). Comportamiento de la humedad del suelo con diferente cobertura vegetal en la Cuenca La Esperanza. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 1(4), 89–103. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222010000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222010000400005&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Mataix-Solera, J., & Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. *Researchgate.Net*, 7–9. [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-Solera/publication/229187257\\_Efectos\\_de\\_los\\_incendios\\_forestales\\_en\\_las\\_propiedad](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedad)



s\_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000/Efectos-de-los-incendios-forestales-en-las-propiedades-edaficas.pdf

- McWethy, D., Pauchard, A., García, R., Holz, A., González, M., Veblen, T., Stahl, J., & Currey, B. (2018). Landscape drivers of recent fire activity (2001-2017) in south-central Chile. *PLOS ONE*, *13*(8). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0201195>
- Muñoz, R. (2000). Las quemadas incontroladas como causa de incendios forestales. *Cuadernos de La Sociedad Española de Ciencias Forestales*, *16*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6931078.pdf>
- Nikulin, C., & Becker, G. (2015). Una metodología Sistémica y creativa para la gestión estratégica: Caso de Estudio Región de Atacama-Chile A Systematic and Creative Methodology to Drive Strategic Management: Chilean Case Study in Atacama-Region. *In J. Technol. Manag. Innov*, *10*(1). <http://www.jotmi.org>
- Ondurria, D. V., & Pinto, P. M. (2004). LA EDUCACIÓN COMO HERRAMIENTA FUNDAMENTAL EN LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES. In *TABANQUE* (Vol. 18).
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, *35*(1), 227–232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Oviedo, H. C., & Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, *34*(4), 572–580. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0034-74502005000400009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0034-74502005000400009&script=sci_arttext)
- Pacheco, C., Aguado, I., & Solana, H. (2009). *Análisis de ocurrencia de incendios forestales causados por rayo en la España Peninsular*. 232–249. <http://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/169>
- Pantoja, V. (2008). Las dos caras del fuego: Invitando a reflexionar sobre la “cara buena” y la “cara mala” del fuego. *The Nature Conservancy*. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36561854/12876973-Las-Dos-Caras-del-Fuego-Invitando-a-reflexionar-sobre-la-cara-buena-y-la-cara-mala-del-fuego-libre.pdf?1423423355=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLas\\_dos\\_caras\\_del\\_fuego.pdf&Expires=1687657570&Signature=P3h6OqvP9AkT929oxmSfhNUUCMTlaUV34SIf3xf-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36561854/12876973-Las-Dos-Caras-del-Fuego-Invitando-a-reflexionar-sobre-la-cara-buena-y-la-cara-mala-del-fuego-libre.pdf?1423423355=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLas_dos_caras_del_fuego.pdf&Expires=1687657570&Signature=P3h6OqvP9AkT929oxmSfhNUUCMTlaUV34SIf3xf-)

xNWItFRwCMBlw-  
gadHzcBT1IuPE499soMOfiHfXS6kvRsBroelwu7SfkluleaSFwzdM~8PR5rfjQbN2~o  
NwD-b9gXCp6QKSgYwdwowLzAPEZmIcP7FqUSgc~Hp3aUtZE-  
QKQRW1q3EvzQ~UUb5ikiG7DnL3mk8805JA5GHNYfeA3fGymKAetPIeNGT0oaoK  
VaGU1rSkxg-WBQ-  
NvGQxAxg0CUIAQwShvRb138PIY~AvftlBw~IHJ7Eg7AYLVXUFO~6aVy-  
QgNnuJ3Xe9GpH7yzkFuCbS-VW6KWU6-JL9WmBrmQ\_\_&Key-Pair-  
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Pazmiño, D. (2019). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 7(1), 10–18. <https://doi.org/10.29166/REVFIG.V1I1.1800>

Posso, M. A. (2011). *Proyectos, tesis y marco lógico* (EDICIONES 13). <https://bibliotecadigital.utn.edu.ec/download/files/original/03613a3254e2b8316b7317c605816c2a182c2698.pdf>

Ramos-Rodríguez, M. P., García-Castro, H. J., França Tetto, A., Carlos Batista, A., Manrique-Toala, T. O., & Estévez-Valdés, I. (2021). Ocurrencia de incendios forestales en el cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador (2012-2018). *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 9(3), 322-339. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2310-34692021000300322&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692021000300322&lng=es&tlng=es).

Ramos, M., Gras, R., Estevez, I., Manrique, T., Tapia, M., Jimenez, A., Cantos, B., Espinales, G., González, C., Lizame, J., Lozada, J., Martínez, A., Mendoza, M., Montalvo, X., Escobar, M., Rodriguez, K., Vélez, I., Zambrano, K., & Calderón, S. (2022). *Investigaciones sobre el comportamiento historico de los incendios forestales* (1era ed.). <https://mawil.us/wp-content/uploads/2022/09/investigaciones-sobre-el-comportamiento-historico-de-los-incendios-forestales.pdf>

Ramos-Rodríguez, M. P., Medranda-Mendieta, J. A., Manrique-Toala, T. O., Grás-Rodríguez, R., Estévez-Valdés, I., Ramos-Rodríguez, M. P., Medranda-Mendieta, J. A., Manrique-Toala, T. O., Grás-Rodríguez, R., & Estévez-Valdés, I. (2020). Comportamiento histórico de los incendios forestales en el Cantón Rocafuerte, provincia Manabí, Ecuador, en el periodo 2016 - 2019. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 17(41), 37–46. <https://doi.org/10.18845/RFMK.V17I41.5282>

- Reyes Bueno, F., & Balcázar Gallegos, C. (2021). Factores que inciden en la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 11(1), 50-60. <https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.2634>
- Rosero, J., & Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5, 59–67. <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/130/115>
- Salim, I. S. H., Reis, A. F. S., Welker, C. A. D., & Scotti, M. R. (2022). Fire shifts the soil fertility and the vegetation composition in a natural high-altitude grassland in Brazil. *Environmental Challenges*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100638>
- Sandoval, B., Reyes, T., & Oyarzún, M. (2019). Mecanismos de los efectos nocivos para la salud de la contaminación atmosférica proveniente de incendios forestales. *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*.
- Sarli, R., González, S., & Ayres, N. (2015). Análisis FODA. Una herramienta necesaria. *Revista de La Facultad de Odontología. UNCuyo*, 9(1), 17–20. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/84474714/sarlirfo-912015-libre.pdf?1650380685=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis\\_FODA\\_Swot\\_analysis.pdf&Expires=1717711317&Signature=F4N6x0hPp4tn3LsgkqcuOLiSb7mXrR9aveydrW~vsT4~zQ8hUs2zt9CB6HI-TD-7yuZq1IvDdUOPG32jnLU8UAjj-yMsdkl-YmaREk~dKhKuWwkPdz2wz4m2ZwvEtpdbbShgh49HsOj8-JEAALIJVsrAsDFf8pVhvBZG-trNBOXe2aLe3PsRWf1WN~Ma-xDKJAZ34f~L-dn~7VmXJsWoleVTOak2FaQur8m4mwoblfl1yUeGlhe6HudgGJ2hlpFS0oefNm4lF7H1z2zfSjL0paKGjVvyi3R5AOarmn9Cswp-YzVM-veQVRu-YOYtHZKK8zE~tWvaQFzdAwZpOFs9xCw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/84474714/sarlirfo-912015-libre.pdf?1650380685=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAnalisis_FODA_Swot_analysis.pdf&Expires=1717711317&Signature=F4N6x0hPp4tn3LsgkqcuOLiSb7mXrR9aveydrW~vsT4~zQ8hUs2zt9CB6HI-TD-7yuZq1IvDdUOPG32jnLU8UAjj-yMsdkl-YmaREk~dKhKuWwkPdz2wz4m2ZwvEtpdbbShgh49HsOj8-JEAALIJVsrAsDFf8pVhvBZG-trNBOXe2aLe3PsRWf1WN~Ma-xDKJAZ34f~L-dn~7VmXJsWoleVTOak2FaQur8m4mwoblfl1yUeGlhe6HudgGJ2hlpFS0oefNm4lF7H1z2zfSjL0paKGjVvyi3R5AOarmn9Cswp-YzVM-veQVRu-YOYtHZKK8zE~tWvaQFzdAwZpOFs9xCw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2022). *Informe de Situación No. 07 de Incendios Forestales a nivel Nacional 2022*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/10/SITREP-No-07-Incendios-Forestales-01012022-a-03102022rv.pdf#:~:text=Desde%20el%2001%20de%20enero%20del%202022%20hasta%20la%20fecha,debido%20a%20la%20C3%A9poca%20seca.>

- Souza, C. V., Lourenço, Á., & Vieira, E. M. (2023). Species-Specific Responses of Medium and Large Mammals to Fire Regime Attributes in a Fire-Prone Neotropical Savanna. *Fire*, 6(3), 110. <https://doi.org/10.3390/fire6030110>
- Torres, S. (2016). *ANÁLISIS JURÍDICO DE LOS DAÑOS AMBIENTALES CAUSADOS POR LOS PIRÓMANOS EN LA PROVINCIA DE PICHINCHA CANTÓN QUITO AÑO 2015* [Universidad Central del Ecuador]. file:///C:/Users/AME/Downloads/T-UCE-0013-Ab-124.pdf
- Ulibarry, P. (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna. *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile/ BCN*.
- Vanegas, M. (2016). *Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias*.
- Varela, A., & Ron, S. (2018). *Geografía y clima del Ecuador*. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. <https://bioweb.bio/geografiaClima.html>
- Varela, A., & Ron, S. (2022). *Geografía y Clima del Ecuador*. <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>
- Vargas, J. (2017). *INCENDIOS FORESTALES EN QUITO: ACCIÓN HUMANA O ACCIÓN DE LA NATURALEZA* [Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. file:///C:/Users/AME/Downloads/UPS-QT12106%20(2).pdf
- Villers, M. (2006). *Incendios forestales*.
- Villers, M. de L. (2006). INCENDIOS FORESTALES. *Ciencias* . <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408110.pdf>
- Westreicher. (2020). *Probabilidad*. Economipedia.
- Zhofre, A., Muñoz, L., Muñoz, J., & Sarango Cobos, J. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador. *Revista Indexada Bosques Latitud Cero*, 9(2), 101–114. [https://drive.google.com/file/d/1qs\\_AuVzW2wZT7ZaItuXKytznSimMUI1/view](https://drive.google.com/file/d/1qs_AuVzW2wZT7ZaItuXKytznSimMUI1/view)

## ANEXOS

### Anexo 1

Formato de la encuesta realizada a la población de las diferentes parroquias rurales del cantón Ibarra

### ENCUESTA

**Objetivo:** El objetivo de la presente encuesta es identificar las causas sociales de los incendios forestales y la encuesta es totalmente anónima

- ✓ Género M ( ) F ( )
- ✓ Edad ( )
- ✓ Educación No tiene ( ) Primaria ( ) Secundaria sin finalizar ( ) Secundaria finalizada ( ) Universitaria ( ) Postgrado ( )
- ✓ ¿A qué tipo de actividades se dedica usted? Agricultura ( ) Ganadera ( ) Comercio ( ) Construcción ( ) Servidor Público ( ) Empleado Privado ( ) Otro ( )
- ✓ ¿A qué tipo de actividades se dedica principalmente su familia? Agricultura ( ) Ganadera ( ) Comercio ( ) Construcción ( ) Servidor Público ( ) Empleado Privado ( ) Otro ( )
- ✓ ¿Es usted cabeza de familia? SI\_\_\_NO\_\_\_

#### 1. Sabe usted que es un incendio forestal.

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )  
Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

#### 2. ¿Conoce usted los peligros de los incendios forestales? Cite algún peligro que conozca.

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )  
Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

Peligro \_\_\_\_\_

#### 3. ¿Conoce usted que en las coberturas vegetales tienen combustibilidad? (es decir que cada cobertura vegetal puede quemarse de forma distinta).

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )  
Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**4. Conoce usted que cada cobertura vegetal tiene una posibilidad de ignición (es decir de prenderse).**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**5. Conoce Usted, si en su sector han existido incendios forestales en los últimos años.**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**6. Conoce Usted, si en su sector se han realizado quemas agrícolas para atraer las lluvias.**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**7. Conoce Usted, si en su sector se han realizado quemas agrícolas para “mantener las costumbres enseñadas por sus antepasados”**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**8. Conoce Usted, si en su sector se han realizado quemas agrícolas para “preparar el terreno para la próxima siembra”.**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**9. Conoce usted alguna otra razón por la que se realiza quemas agrícolas en su sector.**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**10. Conoce usted si en su sector han existido quemas agrícolas que se fueron de control y ocasionaron incendios forestales.**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**11. ¿Ha observado usted que un rayo o relámpago cause un incendio forestal en su sector o comunidad?**

Desconocía totalmente ( )    Desconocía parcialmente ( )    Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( )    Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**12. Conoce Usted si la basura en terrenos o en quebradas ha propagado o extendido un incendio forestal, en su sector o comunidad.**

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**13. Considera usted que el “cambio climático” es un factor que ocasiona más incendios forestales.**

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**14. Conoce usted sobre las sanciones legales existentes a las personas que causan incendios forestales.**

Desconocía totalmente ( ) Desconocía parcialmente ( ) Ni conocía ni desconocía ( )

Algo Conocía ( ) Sabía/conocía totalmente del tema ( )

**15. Estaría de acuerdo con que se definen las zonas de riesgo de incendio forestal en su comunidad o sector.**

Totalmente en desacuerdo ( ) Parcialmente en desacuerdo ( ) Ni de acuerdo ni desacuerdo

( ) Parcialmente de acuerdo ( ) Totalmente de acuerdo ( )

**16. Estaría de acuerdo con que existan capacitaciones sobre el procedimiento adecuado para el control de quemas agrícolas.**

Totalmente en desacuerdo ( ) Parcialmente en desacuerdo ( ) Ni de acuerdo ni desacuerdo

( ) Parcialmente de acuerdo ( ) Totalmente de acuerdo ( )

## **Anexo 2**

Quemas agrícolas no controladas en la parroquia Ambuquí



*Fotografía propia*

## **Anexo 3**

Secuelas de un incendio forestal en la parroquia La Carolina



*Fotografía propia*



## **Anexo 4**

Entrevista: agricultores de la zona

- ¿Sus cultivos y cosechas están basados en los calendarios andinos?
- ¿Cuál es el proceso de cultivo y cosecha?
- ¿Considera que las prácticas andinas son importantes para usted y su familia?
- ¿Quién le enseñó todo lo que conoce respecto al manejo de los cultivos?