UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN RIESGOS DE DESASTRES

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

"ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES Y HUMANOS QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA Y PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN EL SANTUARIO DEL GUAYCO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024"

AUTORES:
DIEGO REINALDO BAYAS CHACHA
GONZALO FERNANDO TRUJILLO PALOMINO

DIRECTOR
ING. MOISÉS ARREGUÍN SAMANO

GUARANDA – ECUADOR

2025

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES Y HUMANOS QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA Y PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN EL SANTUARIO DEL GUAYCO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por brindarme sabiduría y fortaleza a lo largo de mi vida y en especial en mi periodo de formación como profesional. De la misma forma a mis padres "Segundo Bayas" y "María Chacha" por su apoyo en cada momento y sacrificio incondicional.

Quiero expresar un agradecimiento a todos los docentes que conforman la Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres, por compartir su conocimiento, sabiduría y experiencia muy necesario para mi formación profesional, siempre les estaré agradecidos.

Diego Reinaldo Bayas Chacha

Agradezco a Dios por llenarme de fortaleza y sabiduría para culminar una de las etapas más significativas de mi vida. Mi más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar por haberme abierto sus puertas y brindado la oportunidad de culminar con éxito mis estudios.

A mis padres, Gonzalo Trujillo y Mariana Palomino, quiero expresar mi profunda gratitud por su apoyo incondicional y por la confianza que siempre me han brindado durante este proceso de formación humana y profesional. Gracias por enseñarme que con perseverancia todo es posible, y por ser los pilares que me han permitido alcanzar mis metas, convirtiéndome en una mejor persona.

Quiero extender mi agradecimiento a todos los docentes que hicieron posible la culminación de mi carrera. En especial, a los ingenieros que nos ayudaron en este trabajo de titulación: Ing. Numa Gaibor, Ing. Moisés Arreguin, e Ing. Luis Villacis. Ustedes han sido los mejores guías que he podido tener a lo largo de este proceso. Gracias por su paciencia, dedicación y por ser ejemplos a seguir en mi vida profesional.

Trujillo Palomino Gonzalo Fernando

DEDICATORIA

A Dios, por mantenerme siempre de pie ante los desafíos que se presentaron en mi vida cotidiana, por no rendirme ante los mismos desafíos y obstáculos.

A mis padres por brindarme su apoyo en cada momento, para mí son un motor fundamental para este logro, además de su sacrificio, entrega y amor que me brindan en cada momento de mi vida, es un ejemplo de valor el cual me inspiro a seguir adelante hasta finalizar mi carrera.

Diego Reinaldo Bayas Chacha

A Dios y a mis queridos padres, Gonzalo Trujillo y Mariana Palomino. En este día tan especial, quiero dedicarles estas palabras, como un humilde reflejo de la gratitud y el cariño que siento hacia ustedes.

Mamá, papá, su apoyo ha sido el faro que me ha guiado a lo largo de este proceso. Cada paso que he dado ha sido gracias a su amor incondicional y a la fortaleza que me brindan. A ti, mamá, gracias por ser mi pilar en todo momento, por estar siempre a mi lado, en las victorias y en las derrotas. Gracias por tu dedicación, por tus sacrificios y por tu paciencia, que me han permitido llegar hasta aquí.

Sé que no ha sido un camino sencillo, pero con su respaldo, he podido superar todos los obstáculos. Con ustedes a mi lado, no hay meta inalcanzable. Gracias por ser una parte esencial de mi vida, por cada sacrificio y por todo lo que me han dado. Estoy donde estoy gracias a ustedes.

Trujillo Palomino Gonzalo Fernando

Lo suscrito Ingeniero Moisés Arreguín Samano, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN,** docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que el Sr. **Bayas Chacha Diego Reinaldo,** portador de la cédula **0202568879 y** el Sr. **Trujillo Palomino Gonzalo Fernando**, portador de la cédula **0202342390**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres,** modalidad presencial, una vez revisado el documento **"Análisis de factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales en el santuario del Guayco, en el periodo septiembre - diciembre 2024"**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 22 de abril del 2025.

Atentamente.

Ing. Moisés Arreguín Samano.

Tutor del proyecto de investigación.

DERECHOS DE AUTOR

Nosotros **Bayas Chacha Diego Reinaldo** y **Trujillo Palomino Gonzalo Fernando** portadores de la Cédula de Identidad No **0202568879** y **0202342390** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **"ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES Y HUMANOS QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA Y PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN EL SANTUARIO DEL GUAYCO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024."**
Modalidad proyecto de investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Diego Reinaldo Bayas Chacha

Gonzalo Fernando Trujillo Palomino

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, 22 de abril del 2025.

Lo suscrito Ingeniero Moisés Arreguin Samano, Director del Proyecto de Investigación de Pre Grado de la carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: "ANÁLISIS DE FACTORES AMBIENTALES Y HUMANOS QUE INFLUYEN EN LA OCURRENCIA Y PROPAGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN EL SANTUARIO DEL GUAYCO, EN EL PERIODO SEPTIEMBRE - DICIEMBRE 2024"; realizado por los señores: **Diego Reinaldo Bayas Chacha y Gonzalo Fernando Trujillo Palomino** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad.

ING. MOISÉS ARREGUÍN SAMANO.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE PRE GRADO

ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN II

AGRADECIMIENTO III

DEDICATORIA IV

ÍNDICE DE CONTENIDO VIII

ÍNDICE DE TABLAS XII

ÍNDICE DE GRÁFICAS XIII

ÍNDICE DE FIGURAS XIV

ÍNDICE DE ANEXOS XV

INTRODUCCIÓN XVII

RESUMEN XIX

ABSTRACT XX

CAPÍTULO I. 1

FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 1

1.1. Planteamiento del Problema 1

1.2. Justificación 2

1.3. Objetivos: General y Específicos 3

1.3.1. Objetivo general 3

1.3.2. Objetivos específicos 3

1.4. Hipótesis 4

1.5. Variables 5

CAPÍTULO II. 7

MARCO TEÓRICO 7

2.1. Referencial o Georreferencial 7

2.2. Antecedentes 8

2.3. Científico 11

2.3.1. Incendio Forestal (definición) 11

2.3.2. Tipos de incendios forestales 12

2.3.3. Causas incendio forestal 13

2.3.4. Consecuencia de incendio forestal 15

2.3.5. Factores que influyen en los incendios forestales. 17

2.3.6. Metodologías para análisis de incendios 20

2.3.7. Medidas de prevención y control de incendios. 21

2.4. Legal 23

2.4.1. Constitución de la república del Ecuador 23

2.4.2. Código orgánico de ambiente (COA) 23

2.4.3. Ley Forestal y de Conservación de áreas naturales y vida silvestre 25

2.4.4. Código Orgánico Integral Penal (COIP) 26

2.4.5. Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD 27

2.5. Conceptual (glosario de términos) 28

CAPÍTULO III. 32

METODOLOGÍA 32

3.1. Tipo de Investigación 32

3.1.1. Descriptivo – Analítico 32

3.2.1. Mixto 32

3.3. Diseño de investigación 32

3.3.1. No experimental. 32

3.4. Métodos de Investigación 33

3.4.1. Deductivo. 33

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos 33

3.5.1. Recopilación de datos. 33

3.6. Universo, Población y Muestra 34

3.6.1. Población o universo. 34

3.7. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información 34

3.7.1. Caracterizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales. 34

3.7.2. Crear mapas con los factores ambientales y humanos para obtener las zonas con mayor susceptibilidad ante incendios forestales en el Santuario del Guayco. 36

3.7.3. Proponer medidas para mejorar la gestión y reducción del riesgo ante incendios forestales en el santuario del Guayco. 37

CAPÍTULO IV 39

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados 39

4.1.1. Resultado primer objetivo 39

4.1.2. Resultado segundo objetivo 58

4.1.3. Resultado tercer objetivo 69

CAPÍTULO V. 74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 74

5.1. CONCLUSIONES 74

5.2. RECOMENDACIONES 76

BIBLIOGRAFÍA 77

ANEXOS 84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 5

Tabla 2 Datos de la Temperatura mensual y anual de los diferentes puntos de control 41

Tabla 3 Datos de la Precipitación de los diferentes puntos de control 44

Tabla 4 Datos de la humedad relativa mensual y anual de diferentes puntos de control.....47

Tabla 5 Datos de la velocidad de viento mensual y anual de distintos puntos de control 50

Tabla 6 *Distribución áreas según tipo de cobertura y combustible* 52

Tabla 7 *Porcentaje de Superficie por cada Tipo de Combustible* 52

Tabla 8 Duración de Combustible 53

Tabla 9 Carga de Combustible.....54

Tabla 10 Datos históricos incendios Santuario del Guayco.....55

Tabla 11 Medidas para mejorar la Gestión y Reducción de Riesgos ante incendios forestales causado por turismo 69

Tabla 12 Medidas para mejorar la Gestión y Reducción de Riesgos ante incendios forestales causado por agricultores 70

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1 Variación de la Temperatura Mensual.....39

Gráfico 2 Variación de la precipitación 42

Gráfico 3 Variación de la Humedad Relativa Mensual 45

Gráfico 4 Comportamiento de la Velocidad de Viento Mensual.....48

Gráfico 5 Gráfico de Dispersión de la Duración del Combustible 53

Gráfico 6 *Gráfico de Dispersión de Pearson de Biomasa*.....54

Gráfico 7 Registro de Incendios Forestales mensual Período 2018-2024 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa de Ubicación Santuario del Guayco* 7

Figura 2 *Distribución puntos de control Santuario del Guayco* 35

Figura 3 *Temperatura mensual por cada punto de control* 40

Figura 4 Precipitación mensual por cada punto de control 43

Figura 5 Humedad Relativa mensual por cada punto de control 46

Figura 6 Velocidad del viento mensual por cada punto de control 49

Figura 7 *Tipo de cobertura en el Santuario el Guayco* 51

Figura 8 *Mapa Tipo de Combustible* 58

Figura 9 *Mapa Duración de Combustible* 59

Figura 10 *Mapa Carga de Combustible* 60

Figura 11 *Mapa Susceptibilidad de Vegetación a Incendios* 61

Figura 12 *Relieve Mapa de Pendientes* 62

Figura 13 *Mapa de Accesibilidad* 64

Figura 14 *Mapa de Amenaza a Incendios Forestales* 65

Figura 15 *Mapa de concentración de Incendio Forestales* 67

Figura 16 *Mapa de Propuesta para Señalización, Camping y Fogones para el Santuario del Guayco* 72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cronograma de (Gantt) 84

Anexo 2 Presupuesto Ejecutado 84

Anexo 3 Salida a campo para recolección de muestras 85

Anexo 4 Toma de datos de factores ambiental con Anemómetro 85

Anexo 5 Configuración de Anemómetro para toma de datos.....86

Anexo 6 Uso de Software ArcGIS para la elaboración de mapas 86

Anexo 7 Base de datos registro de incendios forestales, Santuario del Guayco 87

Anexo 8 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources ...88

Anexo 9 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2018).....90

Anexo 10 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2019).....91

Anexo 11 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2019).....92

Anexo 12 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2019).....93

Anexo 13 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2020).....94

Anexo 14 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (noviembre-2020) 95

Anexo 15 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2022).....96

Anexo 16 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Noviembre-2022).....97

Anexo 17 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Diciembre-2022).....98

Anexo 18 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2023).....99

Anexo 19 Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2024).....100

Anexo 20 Recursos entregados Gad Municipal del cantón Chimbo 101

Anexo 21 Recursos entregados Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo 101

Anexo 22 Recursos entregados Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural "La Magdalena" 101

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales en los últimos años se han dado en un sin número de veces en todo el mundo, a su vez se ha propagado o extendido por varios factores ambientales. (Cano Bogotá et al., 2023) menciona “el combustible formado por vegetación viva o muerta es muy determinante, para iniciar el fuego y su comportamiento, la meteorología condiciona la propagación de incendios forestales”. La ocurrencia de incendios forestales es debido al factor humano siendo un problema social. Según (Badia & Valldeperas, 2015), en la actualidad se crean fogatas con gran facilidad, siendo el ser humano quien genera fuego más que cualquier otro individuo o factor. En Ecuador, los incendios forestales producen severos impactos (Pazmiño, 2019). El Ministerio de Ambiente del Ecuador afirma que los incendios forestales arrasaron con 21.270 hectáreas en el 2012.

(Sánchez Castro, 2021) afirma que en la población de la provincia Bolívar - Guaranda concibe a los incendios forestales como un problema ambiental general, catalogándolo como un problema social. Entre las causas, se ha mencionado a la quema de residuos agrícolas, que se salen de control provocando incendios forestales. Según el (Chimbo G. M., 2024) indica que en el cerro Susanga del cantón San José de Chimbo fue afectado por un incendio consumiendo varias hectáreas. (Chimbo, 2024) asevera que en el Santuario del Guayco, ubicado en la parroquia La Magdalena del cantón Chimbo de la provincia de Bolívar, los incendios forestales son un problema recurrente, especialmente durante los meses más secos, cuando las condiciones son propicias para su propagación.

Con base en la información proporcionada por el Cuerpo de Bomberos del cantón San José de Chimbo en el año 2024[1], en el Santuario del Guayco se registraron un total de 17 eventos de incendios forestales: en 2018 se reportaron 3 incendios; en 2019 y 2020, 2 incendios;

[1] Com. Pers. Teniente coronel Patricio Espinoza jefe del cuerpo de Bomberos de San José de Chimbo. 12/07/2024

en 2022 se evidenció un incremento con 5 eventos; en 2023 se registraron 3; y en 2024 se reportaron 2 incendios. Con base a esto, el objetivo general de esta investigación fue analizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales, aplicando métodos cualitativos y cuantitativos.

RESUMEN

En esta investigación de análisis de factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales en el Santuario del Guayco. El objetivo principal de la investigación fue analizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Se planteó una metodología de enfoque mixto, alcance descriptivo analítico y diseño no experimental, tomando en cuenta la población total. Se caracterizaron factores ambientales y humanos mediante datos climatológicos obtenidos de NASA POWER y puntos de control distribuidos en el área. Se analizaron variables climatológicas. Se utilizó ArcGIS para mapear la cobertura vegetal y aplicar la metodología pro-cálculo, generando mapas de susceptibilidad y amenaza. Finalmente, se propusieron medidas de gestión, delimitando zonas, integrando rutas y señalización preventiva. El desarrollo teórico basado en la revisión de documentos académicos. Como resultado se obtuvo en primer caso la parte meteorológica influyen directamente en la propagación de incendios en los meses de agosto, septiembre y octubre siendo un factor para que el material combustible pierda humedad, por ende, se seca. La identificación de zonas susceptibles a incendios forestales requiere un análisis integrado de factores ambientales y humanos que influyen en la vulnerabilidad del territorio. Este estudio evalúa la predisposición a incendios en el Santuario del Guayco, considerando la carga de combustibles, la proximidad a vías de acceso y la interacción antrópica, con el objetivo de proponer medidas para la reducción del riesgo.

Palabras clave: factor humano, factor ambiental, ocurrencia, propagación, incendio forestal

ABSTRACT

This research analyzes the environmental and human factors that influence the occurrence and spread of forest fires in the Santuario del Guayco. The main objective was to analyze these influencing factors. A mixed-methods approach was adopted, with a descriptive-analytical scope and a non-experimental design, considering the entire population. Environmental and human factors were characterized using climatological data obtained from NASA POWER and control points distributed throughout the area. Climatological variables were analyzed. ArcGIS was used to map vegetation cover and apply the Pro-Cálculo methodology, generating susceptibility and hazard maps. Finally, management measures were proposed, including the delimitation of zones, the integration of access routes, and the installation of preventive signage. The theoretical framework was developed based on the review of academic documents. As a result, it was found that meteorological conditions directly influence fire propagation during the months of August, September, and October, contributing to fuel drying due to moisture loss. Identifying areas susceptible to forest fires requires an integrated analysis of the environmental and human factors that influence territorial vulnerability. This study assesses fire susceptibility in the Santuario del Guayco by considering fuel load, proximity to access roads, and human interaction, with the aim of proposing risk reduction measures.

Keywords: human factor, environmental factor, occurrence, spread, forest fire

CAPÍTULO I.

FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema

Los incendios forestales se han incrementado en las últimas décadas (Vizcarra & Cruz-Lozado, 2022) afirma que en los Andes el 80% de su ocurrencia tiene lugar en pastizales a diferencia de la amazonia donde los incendios se desarrollan principalmente en los bosques. Según (Galo Fabián Plaza Álvarez, 2022), en el Ecuador se produjeron alrededor de 4.642 incendios en el año 2020 y hasta finales de julio 2021 se registraban un total de 1.406 incendios forestales; mientras la (SNGR, 2023) desde 1 de enero de 2023 hasta mediados de octubre se registraron 3.003 incendios, cabe reconocer que estos incendios están influenciados por la interacción de factor humano.

Con base en (Camacho et al., 2021), la base de datos DESINVENTAR de 1970 a 2019, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias – SNGRE (2021), la provincia Bolívar presentó 114 incendios forestales, que evidencia una problemática en el territorio a nivel provincial. También, (Tenorio Tenorio & Abarca Coronado, 2022) afirma que durante el periodo 2001-2020 la provincia Bolívar fue una de las más afectadas por quema con 9.030 hectáreas; además, en épocas secas se obtuvo alrededor de 25.300 ha de áreas quemadas. Mientras (Sánchez Castro, 2021) señala que en los últimos años en la provincia Bolívar los incendios forestales se dan en los meses más secos (julio, agosto y septiembre).

Según (Chimbo, 2024), en el Santuario del Guayco, ubicado en la parroquia La Magdalena, los incendios forestales son un problema recurrente especialmente durante los meses más secos, cuando las condiciones son propicias para su propagación. Como señala (Carlos Muñoz Robles, 2018) tanto los factores humanos y ambientales contribuyen conjuntamente a crear un entorno favorable para la ocurrencia de incendios forestales. La

acción humana, mediante prácticas irresponsables como la quema incontrolada de desechos agrícolas o el manejo negligente del fuego en actividades recreativas, provoca incendios que frecuentemente escalan sin control. A esto se suma la escasa conciencia ambiental de la población, tanto local como visitante, así como la falta de conocimiento sobre medidas preventivas, lo que agrava aún más el problema.

Formulación del Problema

¿Cómo influyen los factores ambientales y humanos en la ocurrencia y propagación de incendios forestales en el Santuario del Guayco?

1.2. Justificación

El estudio de factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales, es muy importante. De acuerdo con (Bustamante et al., 2020) los incendios forestales representan una amenaza directa al medio ambiente, ponen en riesgo la naturaleza de los ecosistemas y biodiversidad. Comprender las causas de los incendios permitirá reducir significativamente el riesgo a tener efectos devastadores como pérdidas de ecosistemas de un territorio. Los resultados proporcionaran información detallada sobre los factores desencadenantes y facilitadores de la propagación de incendios forestales, lo que contribuirá a una mejor protección ambiental, la conservación de la biodiversidad, mejora la sostenibilidad y resiliencia ante incendios forestales.

De acuerdo con (Villamar Muñoz, 2020) en la Provincia Bolívar, el proyecto de incendios forestales, beneficiará a diferentes grupos que trabajan por el bien común de la provincia. Las autoridades locales podrán utilizar los resultados para la toma de decisiones en beneficio del territorio, brindando nuevas políticas y estrategias en prevención de incendios forestales. Los habitantes obtendrán conocimiento sobre el uso y manejo adecuado de fuego, quema de residuos agrícolas en zonas libre a riesgos evitando ser los causantes y podrán brindar protección directa ante incendios.

El Santuario del Guayco, ubicado en la parroquia La Magdalena, representa un ecosistema de alto valor ecológico cuya conservación requiere estrategias innovadoras para el manejo del fuego. Este estudio busca generar cambios fundamentales en la comprensión de los factores desencadenantes y facilitadores de incendios, con el fin de mejorar la protección del bosque, preservar su biodiversidad y fortalecer la sostenibilidad y resiliencia del área.

1.3.Objetivos: General y Específicos

1.3.1. Objetivo general

Analizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales en el Santuario del Guayco.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales.
- Crear mapas con los factores ambientales y humanos para obtener las zonas con mayor susceptibilidad ante incendios forestales en el Santuario del Guayco.
- Proponer medidas para mejorar la gestión y reducción del riesgo ante incendios forestales en el santuario del Guayco.

1.4. Hipótesis

En el Santuario del Guayco, algunos factores ambientales, como la combustión, la climatología, el relieve y la accesibilidad, podrían influir en la propagación de incendios forestales, mientras que otros factores podrían no tener un impacto significativo.

1.5. Variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTOS/ MEDICIÓN
Factor ambiental	Cualquier elemento o condición del medio ambiente que influye en la iniciación, propagación y comportamiento.	Duración de combustible	No combustibles. Áreas Urbanas. 100 horas (Predominio de árboles. 10 horas (Predominio de arbustos y hierbas). 1 hora (Predominio de Pastos).	Inspección visual
		Temperatura media anual (°C)	Nival (<1.5) Extremadamente frío (1.5-6) Muy frío (6-12) Frio (12-18) Templado (18-24) Cálido (>24)	Estación meteorológica
		Pendiente media (%)	0-7% 7-12% 12-25% 25-75% >75%	Software (ArcGIS)
			Árido (0-500) Pluvial (>7000) Muy húmedo (3000-7000)	

		Precipitación media anual (mm)	Húmedo (2000-3000) Seco (1000-2000) Muy seco (500-1000)	Estaciones meteorológicas
Factor humano	Refiere a cualquier responsabilidad o influencia sea directa o indirecta de las personas.	Distancia a la vía (Grosor del Buffer en metros)	Muy baja (más de 2000) Baja (1500-2000) Moderada (1000-1500) Alta (500-1000) Muy alta (0-500)	Imágenes satelitales
VARIABLE DEPENDIENTE	**DEFINICIÓN**	**INDICADOR**	**ESCALA**	**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN**
Ocurrencia de incendios forestales	Cantidad de veces que es producido un incendio forestal en el periodo	Frecuencia de incendios (anual)	< 10 incendios. Medio: Entre 10 y 20 Alto: > 20 incendios	Software ArcGIS
Propagación de incendios forestales	El proceso por el cual un incendio se propaga desde su punto de origen a diferentes zonas de un bosque.	Área afectada por el incendio (ha)	Bajo: < 37 hectáreas Medio: entre 37 - 56 hectáreas Alto: <56 hectáreas	Software ArcGIS

Fuente. Elaboración Propia.

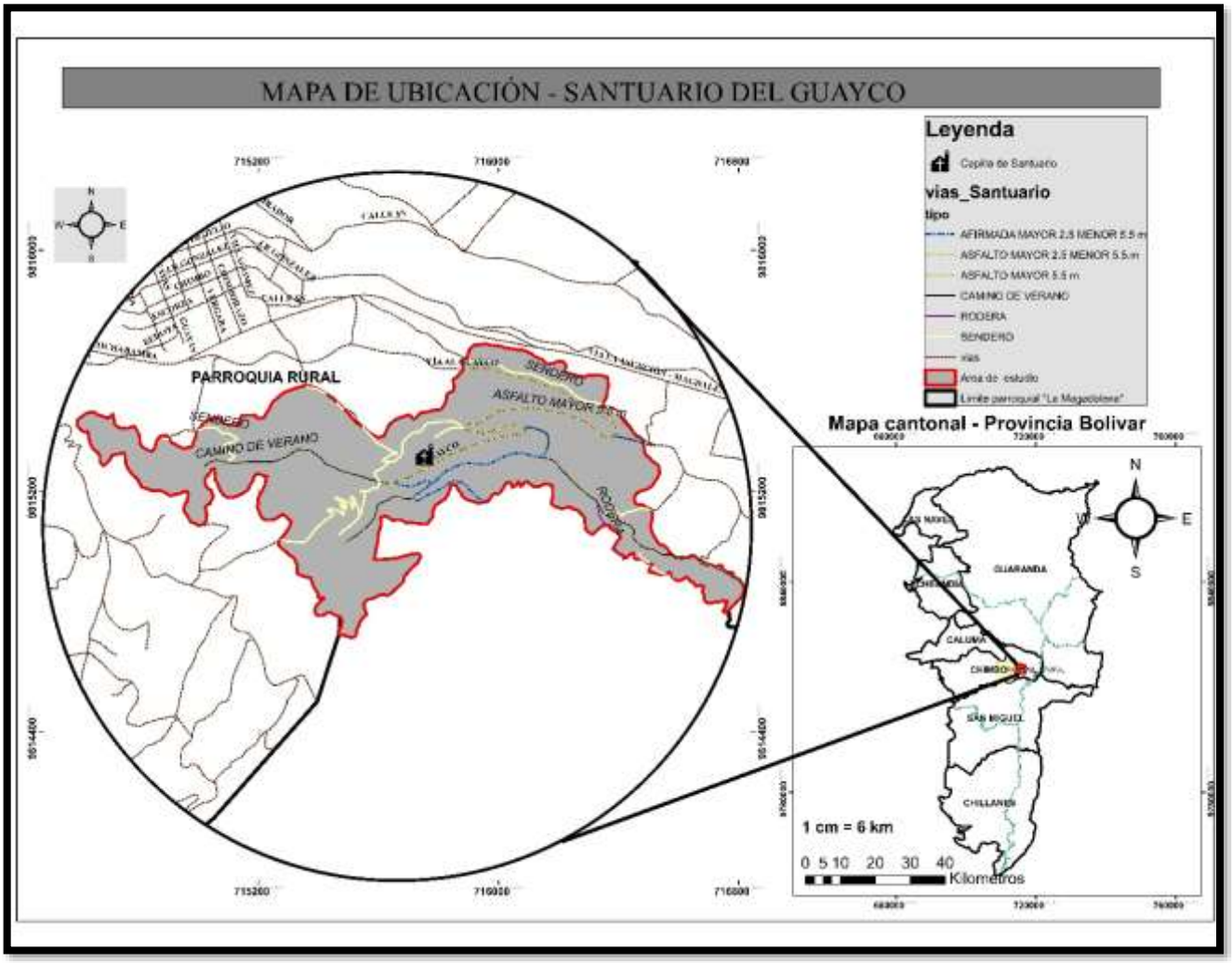
CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Referencial o Georreferencial

Figura 1

Mapa de Ubicación Santuario del Guayco



Nota. La figura muestra la zona boscosa del área de estudio, el cual está ubicado en el centro de la provincia Bolívar del cantón Chimbo, parroquia La Magdalena.
Fuente. Elaboración Propia

Según (Salinas, 2024) el santuario del Guayco está ubicado en la región interandina o Sierra a 5 kilómetros del cantón Chimbo de la provincia Bolívar, tiene una altitud: 2.518 metros sobre el nivel del mar-m.s.n.m.. Es el lugar más visitado de la provincia por su relevancia religiosa, cultural y su belleza natural. Sin embargo, la ubicación y características lo hacen vulnerable a incendios forestales (Echeverría Meléndez, 2019). La característica principal como la topografía boscosa que rodea el santuario, realizan actividades turísticas como: el camping y senderismo, incrementando el riesgo a incendios forestales. Sumado a ello el lugar recibe constante afluencia de visitantes, realizando actividades al aire libre y el uso agrícola intensivo del suelo generan condiciones propicias para la influencia y propagación de incendios, generalmente durante la temporada seca.

(Araque Sánchez, 2020) afirma que las actividades del santuario del Guayco son impulsadas por los turistas, pues con la llegada de miles de visitantes al lugar aumenta la probabilidad del riesgo a la ocurrencia de incendio forestal tal que a mayor presencia de personas en la zona aumenta la probabilidad de accidentes que desencadenen en incendios. Además, (Gaibor Villagómez, 2021) sostiene sobre la estructura del paisaje con zonas de vegetación densa, bosques de pino y pendientes pronunciadas, influyen directamente a la propagación de incendios forestales una vez que se han iniciado.

2.2. Antecedentes

El estudio Perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP (Flores-Garnica, 2021), así como los trabajos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2022), han abordado la problemática de los incendios forestales desde el enfoque del manejo integral del fuego. Como resultado, se han desarrollado diversas líneas de investigación, entre las que destacan: Evaluación de combustibles; ecología del fuego, comportamiento del fuego, zonificación de riesgos, impacto del cambio climático, dendropirocronología, perspectiva social.

Además, se ha planteado una estrategia de investigación integral que incluye la organización de esfuerzos, la formación de recursos humanos especializados y la transferencia de tecnología. Un aspecto clave es la integración del estudio del comportamiento del fuego con un análisis ecológico amplio, lo que demanda la participación de equipos interdisciplinarios para abordar la complejidad del fenómeno.

En este proceso, el INIFAP ha impulsado la capacitación y formación de profesionales mediante las siguientes estrategias: impartición de cursos especializados en temas relacionados con incendios forestales, realización de talleres prácticos, tanto en campo como en sesiones teóricas, apoyo a tesistas de licenciatura, maestría y doctorado en proyectos afines, integración de grupos de trabajo en proyectos de investigación colaborativa.

A pesar de los avances, el estudio concluye que aún existen retos importantes, como la consolidación de un marco de referencia integral sobre la problemática de los incendios forestales en México, el cual permita definir prioridades de investigación y orientar políticas públicas efectivas.

(Martín et al., 1998) sostiene que la incidencia de incendios forestales en España constituye un problema ambiental de primera magnitud. En el presente artículo se realiza un análisis del fenómeno a través del estudio de las estadísticas más recientes. Se evalúan igualmente los principales factores de incidencia y la situación de España en el contexto europeo. Se hace especial hincapié en los grandes incendios, que son los más catastróficos, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

(Castillo Soto et al., 2011) concluyen que la vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central - Se caracterizan los incendios forestales que afectan a la interfaz urbano-forestal en Valparaíso, mediante la construcción de un modelo y carta de vulnerabilidad y daño

potencial, que considera entre otros aspectos, las condiciones topográficas, ambientales, el factor humano y los daños producidos por la propagación del fuego.

(Arias-Muñoz et al., 2024) En Ecuador, alrededor de 11688,88 hectáreas de cobertura vegetal se perdieron en el 2023 producto de los 1495 incendios de cobertura vegetal (ICV) registrados. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar áreas susceptibles a ICV para el cantón Cotacachi en Ecuador y en sus dos zonas diferenciadas. Para evaluar la susceptibilidad a ICV en un entorno SIG se aplicaron los métodos multicriterio de Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) y Radio Frecuencia (RF). Para ello, se establecieron 11 factores clasificados en topográficos (altitud, pendiente del terreno, orientación del terreno), climáticos (precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial, déficit hídrico y velocidad del viento) y antrópicos (cobertura de suelo, cercanía a carreteras y cercanía a espacios agrícolas). Después, se obtuvieron los modelos espacialmente explícitos y los resultados fueron validados con la curva ROC y el área bajo la curva (AUC). Los resultados muestran que alrededor del 47% del territorio presenta peligro extremo a los ICV según el método multicriterio AHP y un 53% del cantón según el método RF, presentando una mayor concentración en la zona subtropical que en la zona andina. Los valores del rendimiento muestran que, después de comparar los modelos con información de focos de calor del sistema FIRMS-NASA del periodo 2000-2020, se obtuvo un AUC: 0,824 para el modelo AHP y un valor AUC: 0,902 para el modelo RF. Mientras que, al compararlo con los incendios históricos del periodo 2018-2020, se obtuvo un AUC: 0,748 para el modelo AHP y un valor AUC: 0,755 para el modelo RF. Finalmente, se concluye que los modelos multicriterio AHP y RF presentaron resultados y rendimientos similares con mínimas diferencias.

(Aldaz Sánchez & Cargua Villarreal, 2019) en su investigación “Amenaza de Incendios Forestales y Medidas de Reducción en la Microcuenca del río Chazo Juan,

provincia Bolívar", como parte del Proyecto de Investigación "Variabilidad Climática y su incidencia en las amenazas socio naturales en la Microcuenca del río Chazo Juan-Ecuador", ejecutado por la Universidad Estatal de Bolívar, tiene por objeto evaluar la amenaza de incendios forestales para el establecimiento de medidas de reducción en la microcuenca que forma parte de la cuenca alta del río Guayas, de gran importancia para el país. El trabajo se enmarca en el tipo de investigación no experimental, descriptiva y correlacional; se basó en información secundaria (estudios, información de instituciones técnicas, mapas bases, entre otras), y fuentes primarias como: encuestas de percepción a las familias localizadas en la microcuenca, así como, la observación de campo en la zona de afectación por incendios forestales en la zona de estudio durante el año 2018. La evaluación de la amenaza por incendios forestales se analizó mediante factores condicionantes (geomorfología, uso de suelo y cobertura vegetal, pendientes) y detonantes (viento y temperatura), que al ser ponderados permitieron establecer los índices y niveles de amenazas, predominando el nivel medio y alto de amenaza de incendios forestales en la zona de estudio. Resultados que fueron contrarrestados con los eventos que afectaron en el 2018 a la microcuenca. Finalmente se elaboró una propuesta con los lineamientos para la reducción de la amenaza, la misma que tendría viabilidad política, social, técnica, económica y ambiental.

2.3. Científico

2.3.1. Incendio Forestal (definición)

Los incendios forestales se han definido de diversas maneras y por distintos autores, teniendo en cuenta la gravedad de estos eventos.

(Peralta, 2010) describe como eventos no controlados que se desarrolla en un área forestal, arbustivas o vegetación natural. Estos eventos pueden abarcar desde pequeños brotes hasta grandes conflagraciones afectando extensas áreas. Estos incendios pueden ser provocados por causas naturales o antrópicas.

(Pausas, 2020) lo define como “un evento de combustión no planificado que afecta a los ecosistemas forestales. Se trata de un fuego originado por una fuente de ignición no controlada, como un rayo, una erupción volcánica o actividades humanas, esta arde en lo que se conoce como terreno forestal. Los ecosistemas forestales afectados pueden incluir bosques, pastizales, matorrales y otras áreas de vegetación, incluso tierras de cultivo”. también este autor menciona que un incendio forestal “es fuego que se extiende sin control humano, cuando se propaga dentro de la naturaleza se la denomina incendio forestal, por tanto, un incendio forestal no solamente hace referencia a bosques sino a cualquier tipo de ecosistema terrestre”.

(Domínguez Martín, 2008) coincide que un incendio forestal “es un fuego que se propaga sin control sobre materiales combustibles situadas en zonas forestales, es decir, sobre terrenos ocupados por especies vegetales forestales como árboles, arbustos o herbáceas, ya sean de origen natural o precedentes de plantaciones”.

(Prieto Galvis, 2017) aporta una definición distinta describiendo que “los incendios forestales se consideran procesos de combustión de alta intensidad que afectan diversos tipos y tamaños de vegetación en una zona geográfica específica. Este proceso es caracterizado por su gran potencial destructivo que consume rápidamente la biomasa, alterando significativamente el equilibrio ecológico”.

Finalmente, (Pérez Pineda, 2021) lo describe como “ una situación en la cual el fuego, independientemente de su origen, se propaga sobre una extensa área de cobertura vegetal, causando daños ecológicos”.

2.3.2. Tipos de incendios forestales

Existen diferentes tipos de incendios forestales, se clasifican según el origen y características de cada una de ellas.

Incendio superficial. Según (ProGIR, 2019) es ‘fuego que se propaga de forma horizontal, por la superficie del terreno, eliminado combustibles vivos y muertos, estos se encuentran a una altura de 1.5 metros desde la superficie del suelo’.

Incendios subterráneos. (Torres & María, 2019) afirma que ‘son de lenta propagación, sin embargo, son los más destructivos, pueden llegar a 2 metros de profundidad, dificultando el control y extinción. Afecta las raíces en la superficie del suelo’.

Incendios de copa. Según (Villers Ruíz, 2006), son ‘conocidos como incendios aéreos que se propagan por las copas de los árboles o arbustos, pero son pocos frecuentes’.

Interfaz urbano-forestal. (Alegría Tardón, 2020) sostiene que es generado por dinámicas que ocurren a los alrededores del límite urbano, dificultando el establecimiento, entre dos fronteras. Entrelazando la urbe y el paisaje natural en las cuales se encuentra el material combustible. También se conoce donde la parte forestal tiene contacto con edificaciones, interaccionan entre subsistemas territoriales el social/urbano y el natural/forestal.

2.3.3. Causas incendio forestal

Generalmente, los incendios forestales se originan por causas naturales y antrópicas. Según (Argentina.gob.ar, 2018) se han desarrollado de forma natural y antrópica. En causas naturales a menudo se mantienen, se dan por condiciones naturales como presencia de rayos, erupciones volcánicas y combustiones espontáneas, en lo antrópico cambia a lo largo del tiempo en diversas formas. A continuación, se describen las causas de incendios forestales por diferentes autores y estudios.

Causas naturales. Producidos como por caída de rayos y erupciones volcánicas, en varias ocasiones excede el calor más de lo habitual, temperaturas elevadas, la falta de precipitaciones, vegetación seca, facilitando la propagación del fuego fácilmente y la

concurrencia de elementos químicos como: oxígeno, calor y combustible (*Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*, 2020).

Los incendios forestales por causas naturales son influenciados por el cambio climático, lo que incrementa su incidencia. Sin embargo, la causa específica varía según la región y el tipo de ecosistema. En regiones mediterráneas como California, por ejemplo, los rayos son responsables de aproximadamente el 40% de los incendios. (Martín et al., 1998) señala otro factor importante en la causa y propagación de incendios forestales es el meteorológico, el viento es uno de los más influyentes al desplazar intensamente el aire caliente y las llamas, facilitando la expansión del fuego.

El factor común en los incendios forestales la presencia de grandes masas de vegetación y prolongados periodos de sequía. La vegetación tiene niveles de humedad inferiores a 30%, las plantas se secan emitiendo óxido de etileno a la atmósfera, el cual posee características combustibles y genera condiciones que incrementan el riesgo de incendio. (Pérez Pineda, 2021)

Causas antrópicas. (Idonella, 2020) los incendios se generan de forma intencional, por la ampliación de frontera agrícola y accidentes provocados por la negligencia de las personas. (Neger, 2021) describe el impacto a nivel mundial de las actividades antrópicas es por el mal uso de fuego, la quema de basura y fogatas.

Según (Pérez Soto et al., 2014) los incendios forestales se dan “principalmente por causas humanas, sea por accidente, negligencia e intencionalidad. En mayor parte los incendios se originan debido al uso inadecuado de fuego en prácticas agrícolas o silvícolas. En las comunidades rurales, la práctica tradicional, como la roza, tumba y quema, se utilizan para limpiar parcelas de malezas o residuos agrícolas, así llevando a aumentar el riesgo a incendios forestales.”

(Montaña Molina, 2020) añade que un incendio forestal “se propaga inicialmente en áreas con vegetación densa y de difícil acceso. Hoy en día, su frecuencia ha aumentado debido al cambio climático como los vientos fuertes facilitando la rápida expansión del fuego, así devastando la vegetación en su trayectoria”.

2.3.4. Consecuencia de incendio forestal

Los incendios forestales generan múltiples consecuencias y afectan a diferentes ámbitos. (Armenteras et al., 2020) señala que los incendios forestales “han ocasionado grandes daños y perjuicios en los ámbitos sociales, económicos y ecológicos, especialmente en las áreas con mayor potencial e incidencia”. A continuación, se presentan diversas consecuencias documentadas de diferentes estudios y autores.

Económica. (Peralta, 2010) las consecuencias de los incendios forestales incluyen daños económicos significativos, alteración de la calidad del suelo y perturbación de los ciclos hidrológicos. Estos impactos resultan serios problemas para la degradación de los ecosistemas y pérdida de biodiversidad.

Hidrológicas. (Domínguez Martín, 2008) destaca un impacto de un incendio forestal “ejerce básicamente sobre la hidrología causando daños al balance hídrico del suelo y variaciones en los regímenes de la escorrentía por la pérdida de cubierta vegetal. Cuando ocurre un incendio lo primero que se observa es la pérdida de cubierta vegetal, con ello pierde una importante función en la dinámica hídrica como la reducción en escorrentía superficial y la absorción del agua al suelo”.

(Pasos, 1998) un incendio forestal representa una intervención significativa en el bosque, con diversos impactos en su ciclo hidrológico. Estos efectos se clasifican según su influencia en la calidad y cantidad de agua disponible. Aspectos como la erosión, la sedimentación y el flujo de nutrientes están estrechamente relacionados con la calidad del agua, siendo todos estos factores agrupados bajo este contexto.

Suelo y vegetación. (Mesa Dávila, 2023) menciona que los incendios forestales "producen cambios significativos en las propiedades del suelo, así también en la estructura y reflectancia de la vegetación. Además, altera la composición química atmosférica y la calidad biofísica de los cuerpos de agua".

(Pasos, 1998) "Aunque existe la percepción de que la quema del suelo puede ser beneficiosa debido a la mineralización que se produce, los efectos adversos, como la erosión, escorrentía y lixiviación, superan con creces estos beneficios a largo plazo. Los aparentes beneficios inmediatos de la quema de vegetación son efímeros y no compensan los daños ecológicos y la degradación del suelo que se manifiestan posteriormente".

Biodiversidad. Un aspecto es el impacto en la biodiversidad, pues los animales, los insectos, incluyendo hongos se pierden durante un incendio forestal, sin embargo, son ellos mismos quien recoloniza dichas áreas. En cuanto a la afectación ecológica, se observa la contaminación por escorrentía, que contiene materiales tóxicos y peligrosos, afectando directamente al suelo y cuerpos de aguas. (Pérez Pineda, 2021)

Conservar la biodiversidad es muy importante para individuos de las presentes y futuras generaciones, especialmente a las comunidades locales, debido a su utilidad fundamental para la subsistencia diaria.

Ambiental y social. (Valenzuela & Bueno, 2012) advierte que "los daños del medio ambiente, por la eliminación de la cubierta vegetal conlleva a la pérdida de suelo fértil, avanza la erosión, desaparecen los ecosistemas, aumento de CO2 en la atmósfera, entre otros.

(Valenzuela & Bueno, 2012) también toma en cuenta que los incendios forestales "son los principales eventos que causan la reducción de bosques y conlleva a los suelos a ser más infértiles en todo el mundo. Además, con la producción de grandes fuentes de emisiones de carbono y otras partículas, el cual es emitida a la atmósfera contribuyen al calentamiento

global. Por otro lado, un incendio emite grandes cantidades de humo a la atmósfera el cual evita el desarrollo de una fotosíntesis normal en árboles y plantas".

Es necesario el trabajo para la protección de los ecosistemas y paisaje natural, con ello se podrá llevar a la conservación de flora y fauna. La importancia de la conservación del medio ambiente permitirá el cumplimiento del desarrollo de un ciclo de vida del hábitat natural. Teniendo en cuenta que una adecuada asociación de especies y hábitats a diferentes escalas da lugar a sistemas de vida que conforman los ecosistemas de manera efectiva. (Pasos, 1998)

En el estudio realizado toma en cuenta el cual importante es la no intervención sobre ecosistemas naturales como la flora y fauna, permitiendo que estos tengan un ciclo de vida natural como el deterioro, la conservación y surgimiento de nuevas vegetaciones muy necesario para mantener el equilibrio y ciclo de vida natural del ecosistema.

2.3.5. Factores que influyen en los incendios forestales.

La ocurrencia de incendios forestales se da por la combinación de varios factores sea ambiental o humano. A continuación, son presentados diferentes estudios realizados por distintos autores en el cual explican estos factores.

(Keeley et al., 2011) destaca la "influencia de una combinación de factores naturales y humano afectando tanto a la ocurrencia y la intensidad de estos eventos". La alta ocurrencia de incendios forestales, se dan por una serie de factores que son propios del lugar donde estos eventos suceden, el entorno físico y social, otros factores que explican el incremento de la ocurrencia de los incendios es el incremento de plantas en la superficie.

(Peña-Fernández, 2008) señala que "en el entorno físico actividades de recreación incrementando significativamente la presencia de seres humanos en zonas boscosas aumenta la probabilidad a la ocurrencia de un incendio forestal, y en el entorno social influyen factores como las actividades productivas, en la cual está basada actividad agrícola". Por medio del

estudio realizado los incendios forestales ocurren por dos factores: actividades de recreación en nuestro caso de estudio, actividades turísticas como camping, senderismo y otros. Por último, la parte social influyen a las actividades agrícolas, sin embargo, en ambos factores es un problema social la ocurrencia de incendios forestales, es decir negligencia en la parte turística y actividades uso de suelo causantes de los incendios forestales.

(Pérez-Verdín et al., 2013a) indica sobre "la ocurrencia de incendios depende de muchas variables climáticas y topográficas, que a su vez dependen de la variación temporal y generalmente no son aleatorias en su distribución espacial. En las estaciones típicamente húmedas, forman una cubierta vegetal densa y rica que, en última instancia, proporciona el combustible ideal para los incendios forestales".

Finalmente (Doblas-Miranda, 2013) advierte "el cambio climático y especialmente la variabilidad climática, pueden alterar el sistema de incendios forestales. El aumento de la sequía crónica aumenta el punto de inflamación de la vegetación y las sequías extremas ya que esto puede aumentar el riesgo de ignición y propagación del fuego cuando hay combustible disponible".

Factores climáticos y meteorológicos. Las variables más importantes que determinan en los periodos, ocurrencia y propagación de incendios forestales son:

Temperatura del aire. Estas temperaturas elevadas aceleran la evaporación de la vegetación y el suelo. Así la temperatura con una vegetación seca es más fácil a la propagación de incendios; sin embargo, ocurren de forma muy esporádica.

Humedad del aire. (Chuvieco et al., 1998) Cuando los niveles de humedad son bajos, la vegetación se seca, volviéndose más inflamable y propensa a arder rápidamente. La combinación de la baja humedad y la vegetación seca puede hacer que un incendio se propague de manera rápida.

Viento. (Guijarro Guzmán et al., 2004) uno de los factores que aumenta de oxígeno al fuego, favoreciendo al desarrollo y direcciona al fuego. Por otro lado, el viento acelera la desecación de la vegetación, lo cual hace que el fuego se propague rápidamente.

Precipitaciones. Es fundamental para explicar la magnitud de estos fenómenos, pues según (Franco Radín et al., 2019) los incendios más importantes se han producido durante semanas sin llover, es decir la temporada de incendio forestal coincide con los periodos de sequía. La ausencia de esta variable es crucial en la incidencia y propagación de incendios.

Factores topográficos. El estudio realizado (Julio A. & Giroz G., 1975) "afecta al comportamiento del fuego, principalmente en la expansión del fuego. Es decir, depende de este factor la expansión de un incendio forestal.

***Configuración*.** Especialmente influyen en las zonas donde existen viento y precipitaciones. La configuración o también conocida como forma de área afecta a otros factores climáticos como: temperatura y la humedad que influye en el comportamiento del fuego.

Exposición. Básicamente influye en la vegetación por alteración en el efecto de algunas variables climáticas como: la radiación solar, la evaporación y generalmente en el calentamiento de suelo y combustibles.

Altitud. Tiene incidencia sobre el comportamiento del fuego, además del efecto que produce la cantidad de oxígeno disponible.

Pendiente. Es el factor más importante ya que tiene mucha relación con la topografía, debido a que produce efecto en la corriente de aire caliente así puede incrementar violentamente la velocidad de propagación" (pág. 21)

Factores vegetaciones. Igualmente (Julio A. & Giroz G., 1975) menciona que los factores vegetaciones son "conocidos como combustibles forestales, tiene una influencia en el comportamiento del fuego. La cantidad, continuidad, la humedad y compatibilidad de estos

combustibles son determinantes. Es muy importante entender las características de los combustibles forestales es crucial para desarrollar programas efectivos de prevención y combate de incendios.

Combustibles forestales. Factor que influye en el comportamiento del fuego, sin embargo, puede ser controlado por el hombre, teniendo en cuenta la influencia de los combustibles en varios aspectos que caracteriza en el comportamiento del fuego, la descripción de ellos desde diferentes puntos de vista.

a.- cantidad de combustible. Representa el potencial de energía calórica que podría ser liberado en un incendio forestal y se basa principalmente en la cantidad de combustible presente en el área afectada.

b. calidad de combustible. De acuerdo a la especie u origen varía significativamente, en la capacidad de inflamabilidad, es importante tener en conocimiento entre combustibles vivos como tallos, hojas verdes y combustibles muertos las hojarasca y ramillas secas, generalmente los combustibles muertos ayudan para la propagación de incendios forestales". (pág. 21)

2.3.6. Metodologías para análisis de incendios

Implica el uso de modelos predictivos y sistemas de información geográficas (SIG) para así analizar la probabilidad de ocurrencia de un incendio. Estas herramientas permiten identificar áreas de alto riesgo y así planificar estrategias de prevención y respuesta.

Según (Mesa Dávila, 2023) "la aplicación de conjunto de técnicas utilizada para realizar una investigación eficiente en la cual se seleccionan otros productos como imágenes satelitales, ortofoto, la cual contemple la posibilidad de escalar a zonas cercanas con menor coberturas, el cual permite avanzar en el entendimiento del incendio forestal".

(Martínez Vega et al., 2007) desarrollo "un conjunto de métodos para cartografiar las zonas vulnerables ante incendios forestales, estos a su vez se apoyan en teledetección y

sistemas de información geográfica esta está asociada a la determinación del peligro y vulnerabilidad de recursos potencialmente afectados en el área de estudio". Con el uso de teledetección y sistemas de información geográfica es muy importante ya que proporciona información de la situación actual y cambios que se han realizado con el tiempo en una respectiva área, así se conoce las zonas más vulnerables y se tomara medidas de manera efectiva en caso de ocurrir un incendio forestal.

El autor (Gamboa et al., 2023) presenta una metodología que trata de desarrollar una evaluación multicriterio, para así identificar, mapear y priorizar áreas según el nivel de vulnerabilidad, con los resultados obtenidos se gestionará para la protección de áreas reduciendo o eliminando el material combustible el cual reducirá la intensidad del incendios en caso de ocurrir. El estudio presentado es muy importante la planificación, que pueda enfrentar a los problemas socioeconómicos e institucionales, además estas deben tener un compromiso para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos.

2.3.7. Medidas de prevención y control de incendios.

Distintos estudios por diferentes autores proponen diversas medidas para mitigar y controlar los incendios forestales a continuación:

Prevención y respuesta. Según (Agee & Skinner, 2005) "las estrategias de prevención y respuesta. La prevención se basa en la concienciación de los habitantes, el manejo forestal adecuado e implementar regulaciones estrictas. La respuesta implica el uso adecuado de equipos, desarrollo de planes de emergencia y coordinación de las autoridades". Para enfrentar a los incendios son necesarias la prevención y respuesta con una de las dos medidas regulará que el fuego se expanda, sin embargo, si se trabajan con ambas medidas la probabilidad de la propagación de incendios será nula.

Modificación de la carga de combustible. (Rodríguez et al., 2018) aborda diversas medidas encamina a la modificación de la carga de combustible y el comportamiento humano

dentro de las áreas que se encuentra amenazado, con el fin de reducir la incidencia, la propagación y la intensidad de los incendios forestales. Estas medidas toman en cuenta el uso de quemas controladas y la promoción de prácticas seguras en la comunidad. Por parte de las autoridades, es crucial fortalecer la vigilancia y respuesta rápida ante posibles incendios.

Capacitación y mantenimiento. Por su parte (Pérez-Verdín et al., 2013) da a conocer diferentes medidas, con las cuales se podrán reducir los efectos de los incendios forestales, por ejemplo, la capacitación a diferentes usuarios (agricultores, ganaderos, etc.), mantenimiento de senderos, rutas que faciliten el transporte de personal que combaten el fuego (bomberos) y la aplicación de señaléticas donde muestren la práctica de quemas controladas.

Protección. (Calderón Cedeño, 2022) determina que "la protección contra incendios forestales, tiene como principio básico promover y tener medidas adoptadas por parte de los habitantes del lugar que se encuentra en zona de riesgos. En estas medidas se tiene en cuenta el aseguramiento de las personas, los recursos que se encuentren asociados, teniendo en cuenta los principios en protección contra incendios como: la autoprotección, participación ciudadana e interés de las autoridades.

Se establece que las acciones que se deben tomar o seguir para la protección de incendios forestales son: prevención y mitigación, detección de fuego. Todas estas medidas son un conjunto de medidas destinadas para la intervención, detección para combatir el inicio y propagación del fuego". (pág. 7)

Medidas estructurales. Las medidas estructurales son muy importantes para el control y mitigación de los incendios forestales.

Según (Hayes, 2024) es importante la creación del espacio defendible, alrededor de propiedades para poder actuar de forma crucial, reduciendo la propagación del fuego y proporcionando a los cuerpos de bomberos un área más segura.

Medidas no estructurales. Para (Moena et al., 2021) con el plan de ordenamiento territorial, delimitando zonas de riesgo, áreas de protección ambiental y restringiendo actividades por el ser humano reducirá el riesgo ante un posible incendio forestal.

2.4. Legal

2.4.1. Constitución de la república del Ecuador

De acuerdo con lo establecido por la Constitución, la aplicación de la gestión de riesgos se aplicará de la siguiente forma:

Art 389. *"*El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad*".*

*Art 390. "*Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad".

2.4.2. Código orgánico de ambiente (COA)

Capítulo II

De las Facultades Ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados

Mediante el Art. 26.- "Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental" en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional a continuación.

4. “Elaborar planes, programas y proyectos para prevenir incendios forestales y riesgos que afectan a bosques y vegetación natural o bosques plantados”.

Art. 27.- “Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional”:

4. Prevenir y controlar incendios forestales que afectan a bosques y vegetación natural o plantaciones forestales”

Capítulo III

Marco Institucional Especial

Por medio del Art. 98.- “Atribuciones. Con relación a la gestión de las plantaciones forestales de producción con fines comerciales, le corresponde a la Autoridad Nacional de Agricultura, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional las siguientes atribuciones:

7. Dictar la normativa técnica para la prevención y el control de incendios forestales en plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción, de conformidad con la Estrategia Nacional de Incendios Forestales.”

Título II

De la Adaptación y Mitigación del Cambio Climático

Capítulo II

Medidas Mínimas para Adaptación y Mitigación

Art. 261.- "De las medidas mínimas. La Autoridad Ambiental Nacional, como ente rector, coordinará con las entidades intersectoriales priorizadas para el efecto y en base a las capacidades locales, lo siguiente:

3. La identificación de acciones de prevención y control de incendios en los diferentes ecosistemas".

Título III

De los Riesgos Originados por Eventos Naturales

Art. 273.- "De los riesgos originados por eventos naturales. La Autoridad Nacional a cargo de la Gestión de Riesgos será competente para la prevención de riesgos originados por eventos naturales tales como tsunamis, inundaciones, deslaves, incendios, entre otros. Esta Autoridad podrá categorizar las diversas partes de la zona costera en función de los riesgos y restringir e impedir el ejercicio de actividades en estas zonas".

2.4.3. Ley Forestal y de Conservación de áreas naturales y vida silvestre

Capítulo X

De la Protección Forestal

Mediante el Art. 57.- "El Ministerio del Ambiente prevendrá y controlará los incendios forestales, plagas, enfermedades y riesgos en general que puedan afectar a los bosques y vegetación natural.

Art. 58.- El Ministerio del Ambiente organizará campañas educativas para prevenir y combatir los incendios forestales, mediante conferencias en escuelas, colegios y centros públicos, proyección de películas y otras medidas similares.

Art. 59.- Los propietarios de bosques, los contratistas de aprovechamiento forestal y, en general, los poseedores, administradores y tenedores de bosques, están obligados a adoptar las medidas necesarias para prevenir o controlar los incendios o flagelos, plagas, enfermedades y perjuicios a los recursos forestales".

Título IV

De las Infracciones a la Presente ley y su Juzgamiento

Capítulo I

De las Infracciones y Penas

Por medio del Art. 79.- "Sin perjuicio de la acción penal correspondiente, quien provoque incendios de bosques o vegetación protectora, cause daños en ellos, destruya la vida silvestre o instigue la comisión de tales actos será multado con una cantidad equivalente de uno a diez salarios mínimos vitales generales".

2.4.4. Código Orgánico Integral Penal (COIP)

Capítulo Cuarto

Delitos Contra el Ambiente y la Naturaleza o Pacha Mama

Sección Primera

Delitos Contra la Biodiversidad

Art. 246.- "Incendios forestales y de vegetación. - La persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos o plantados, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

Se exceptúan las quemas agrícolas o domésticas realizadas por las comunidades o pequeños agricultores dentro de su territorio, de conformidad con la normativa ambiental vigente. Si estas quemas se vuelven incontrolables y causan incendios forestales, la persona será sancionada por delito culposo con pena privativa de libertad de tres a seis meses.

Si como consecuencia de este delito se produce la muerte de una o más personas, se sancionará con pena privativa de libertad de trece a dieciséis años.

Art. 247.- Delitos contra la flora y fauna silvestres.- La persona que cace, pesque, tale, capture, recolecte, extraiga, tenga, transporte, introduzca, almacene, trafique, provea, maltrate, se beneficie, permute o comercialice, especímenes o sus partes, sus elementos

constitutivos, productos y derivados, de flora o fauna silvestre terrestre, marina o acuática, de especies listadas como protegidas por la Autoridad Ambiental Nacional o por instrumentos o tratados internacionales ratificados por el Estado, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años.

Se aplicará el máximo de la pena prevista si concurre alguna de las siguientes circunstancias:

1. El hecho se cometa en período o zona de producción de semilla o de reproducción o de incubación, anidación, parto, crianza o crecimiento de las especies; o, en veda.

3. El hecho se realiza dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, áreas especiales para la conservación de la biodiversidad, patrimonio forestal nacional o en ecosistemas frágiles".

2.4.5. Código Orgánico de Organización Territorial, COOTAD

Capítulo III

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal

Sección Primera

Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones

Por medio los:

Art. 55.- "Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

m) Gestionar los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios

Capítulo IV Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales

Art. 140.- Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. - La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se

gestionarán de manera concurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley".

2.5. Conceptual (glosario de términos)

Agricultura de Tala y Quema. – Actividad de cortar y quemar vegetación para limpiar tierras.

Ambientales. - Relacionado con el entorno natural, incluyendo clima, vegetación, y geografía.

Amenaza. - Condiciones o factores que aumentan el riesgo de inicio, propagación e intensificación del fuego en áreas boscosas, afectando negativamente la biodiversidad.

Biodiversidad. – Diferentes especies de plantas naturales, animales y microorganismos que se encuentren en una determinada área.

Bosque denso. – Cuenta con una cobertura mayor a 75% de árboles sobre su superficie.

Clima. – Condiciones atmosféricas que predomina una región, donde incluye la precipitación, temperatura, viento, humedad que ayudan en la propagación de incendios.

Combustible. – Material inflamable, como ramas, hojas secas, árboles y pastos que propaga el fuego.

Degradación del suelo. – Pérdida de calidad del suelo debido a los incendios forestales.

Desarrollo Urbano. – Expansión de áreas residenciales, comerciales que pueden invadir zonas forestales y aumentar el riesgo de incendios.

Ecosistema. – Comunidad de organismos vivos en conjunto con su área, que interactúan como un sistema.

Educación ambiental. – Es un proceso de enseñar a las personas sobre la importancia de proteger el medio ambiente.

Emisiones de CO2. – Liberación de dióxido de carbono a la atmósfera.

Erosión. – Deterioro de la vegetación generalmente por intervención humana.

Factores humanos. - Actividades y acciones de las personas que influyen en la ocurrencia de incendios forestales.

Gestión del Combustible. – Prácticas de manejo de la vegetación para reducir la cantidad de material inflamable y reducir el riesgo de incendio.

Hábitat. – Área específica donde vive una especie.

Humedad. – Vapor de agua presente en la vegetación y aire que afecta en la inflamabilidad de los materiales.

Impacto Ambiental. – Efecto sobre el medio ambiente, sea por actividades humanas o naturales sobre ella.

Incendios forestales. - Eventos no controlados que afectan áreas forestales, arbustivas o de vegetación natural.

Inflamabilidad. – Capacidad de un material para encenderse.

Infraestructura. – Construcción de carreteras, viviendas u otras obras que pueden aumentar el riesgo de incendios.

Manejo Forestal. – Actividades para la gestión y conservación de bosques.

Mitigación. - Acciones para reducir el impacto y la severidad de los incendios forestales.

Negligencia. – Falta de cuidado o atención de actividades humanas que pueden provocar incendios.

Pérdida de biodiversidad. – Disminución de especies vegetales y animales debido a la intervención humana.

Precipitación. – Cantidad de lluvia que cae en un área específica que puede reducir el riesgo de incendios.

Prevención de Incendios. – Medidas y estrategias implementadas para reducir los incendios forestales.

Prevención. - Medidas para evitar la iniciación de incendios forestales.

Propagación. - Proceso mediante el cual un incendio se extiende desde su punto de origen.

Quemas controladas. – Fuego que se mantiene en completo control, sea para reducir el combustible o preparación de tierras.

Regeneración natural. - Proceso de recuperación del ecosistema de forma natural, sin intervención humana.

Resiliencia. - Capacidad por parte de un ecosistema para recuperarse de los efectos de un incendio forestal.

Restauración Ecológica. – Proceso que ayuda a la recuperación de un ecosistema que ha sido afectado o destruido por un incendio forestal.

Riesgo. - Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento adverso y las consecuencias negativas asociadas con ese evento.

Sostenibilidad. - Prácticas que permiten la conservación a largo plazo de los recursos naturales y ecosistemas.

Susceptibilidad. - Grado de vulnerabilidad de un área a la ocurrencia de incendios forestales.

Temperatura. – Es una medida de la cantidad de calor que tiene un cuerpo o un sistema.

Topografía. – Características físicas del terreno que influyen en la velocidad y dirección de la propagación del incendio.

Vegetación. - Conjunto de flora y fauna presente en un área determinada, que puede actuar como en incendios forestales.

Viento. – Corriente de aire en la atmósfera, producida por causas naturales.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Descriptivo – Analítico

Según Sampieri (2014), este estudio se enmarca dentro de un diseño descriptivo, ya que permite analizar en profundidad tanto los factores ambientales como humanos como sistemas clave que determinan la ocurrencia y propagación de incendios forestales. Este enfoque facilita la comprensión de las interacciones entre las variables consideradas en la investigación.

3.2. Enfoque de la investigación

3.2.1. Mixto

De acuerdo con Sampieri (2014), esta investigación adopta un enfoque metodológico mixto que integra el análisis descriptivo de datos cualitativos con variables cuantitativas clave como temperatura, pendiente y precipitación. Esta combinación permite enriquecer el estudio mediante interpretaciones cualitativas que facilitan una comprensión más integral de los fenómenos analizados.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. No experimental.

Para el desarrollo se realiza mediante método no experimental, según (Sampieri, 2014), no se realizarán modificaciones en las variables y se tomarán en cuenta datos naturales en tiempo determinado para su análisis. En el caso de estudio todos los factores son característicos en el lugar.

3.4. Métodos de Investigación

3.4.1. Deductivo.

la investigación emplea un método deductivo, permitiendo establecer hipótesis partiendo de teorías y conocimientos previos de los factores que influyen en la propagación de incendios. Estableciendo hipótesis permitirá tener mayor conocimiento de los factores humanos y ambientales influyen en la propagación de incendios forestales.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos

Para el desarrollo de esta investigación, se implementó un sistema integral de recolección de datos mediante diversas técnicas e instrumentos de investigación. El proceso metodológico incluyó: recopilación de datos primarios y secundarios sobre los factores ambientales y humanos asociados a incendios forestales, trabajo de campo con salidas sistemáticas para observación directa y medición in situ, revisión bibliográfica exhaustiva de fuentes especializadas y procesamiento digital mediante software especializado para análisis espacial y estadístico.

3.5.1. Recopilación de datos.

Fuente primaria. Se elaboro en el mismo tiempo de lo acontecido, originales sin ser transformadas por un ningún autor.

Documentos legales

Fotografías

Datos estadísticos

Salida a campo

Fuente secundaria. Son denominadas “historiográficas” son elaboradas a partir de fuentes primarias, sin embargo, cuentan como antecedentes.

Revisiones bibliográficas

Libros académicos

Revistas científicas

3.6. Universo, Población y Muestra

3.6.1. Población o universo.

El santuario del Guayco tiene un área de 0,74 km^2 con un total de 74 ha.

3.7. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

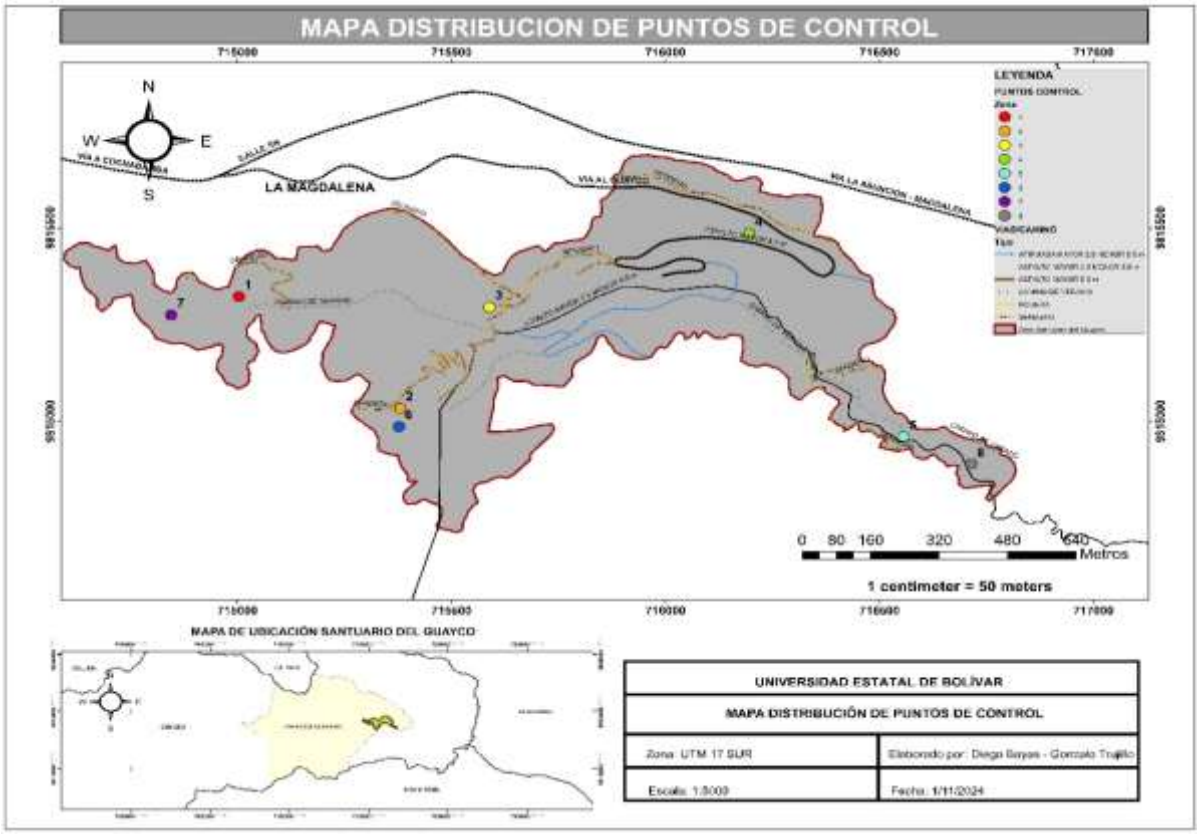
A continuación, se presenta el desarrollo y como se llevó a cabo las fuentes recopiladas.

3.7.1. Caracterizar los factores ambientales y humanos que influyen en la ocurrencia y propagación de incendios forestales.

Para el desarrollo del estudio, se aplicaron técnicas e instrumentos para la recolección de información. La obtención de datos sobre factores ambientales (como clima, vegetación y topografía) y humanos (actividades antropogénicas, uso de suelo) que influyen en incendios forestales requirió múltiples fuentes. El proceso metodológico incluyó: (1) recopilación de datos históricos de incendios y variables asociadas; (2) salidas de campo para verificación in situ y muestreo; (3) revisión bibliográfica de investigaciones previas; y (4) uso de software especializado (SIG, estadístico) para procesamiento y análisis. Esta combinación permitió integrar datos cuantitativos y cualitativos, asegurando una evaluación integral de las causas y patrones de incendios. La triangulación de métodos fortaleció la confiabilidad de los resultados, facilitando la identificación de relaciones entre variables ambientales, humanas y la ocurrencia de incendios. en la figura 2 se muestra el distribución de puntos de control de los factores climáticos:

Figura 2

Distribución puntos de control Santuario del Guayco



Fuente. Elaboración propia

La distribución de puntos de control permitió obtener datos mensuales de factores climáticos como temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento, lo que posibilitó caracterizar el comportamiento de estas variables. La información, recolectada desde la plataforma Prediction Of Worldwide Energy Resources (NASA POWER), fue procesada en el software Microsoft Excel mediante diversas técnicas: (1) generación de líneas de tendencia, (2) creación de gráficos de columnas/barras para comparar los factores climatológicos entre todos los puntos de control, y (3) aplicación de formato condicional para resaltar valores mínimos y máximos. Este proceso analítico permitió identificar y demostrar claramente los meses más secos y más lluviosos en el área de estudio.

Para conocer las características de combustibilidad se utilizó Sistemas de Información Geográfica (SIG) con el uso de software ArcGIS 10.5, se realizó una clasificación

supervisada, integro el método - Corine Land Cover Nivel-3 y salidas a campo para visualizar el tipo de cobertura en el Santuario del Guayco. Con el uso - Corine Land Cover Nivel3- se asignó valores a los diferentes tipos de cobertura como tipo de combustible, duración de combustible y carga de combustible en base a la metodología pro-cálculo. Con la base en los datos otorgados por el cuerpo de Bomberos San José de Chimbo y otras instituciones, se identificó el punto de incendio forestal mediante coordenadas geográficas.

El uso de software ArcGIS 10.5 realizó procedimientos, permitiendo identificar los incendios forestales en qué tipo de cobertura se originó: bosque denso, bosque fragmentado y pastos/hierbas. Una vez obtenido todos los datos, se procedió a calcular estadísticamente la relación entre los factores de combustible y la ocurrencia de incendios forestales, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (r), el cual cuantifica la relación lineal entre variables cuantitativas., clave para entender factores que influyen en los incendios forestales.

3.7.2. Crear mapas con los factores ambientales y humanos para obtener las zonas con mayor susceptibilidad ante incendios forestales en el Santuario del Guayco.

El uso de software de sistemas de información geográfica ArcGis, Global Mapper y SASPlanet procesarón datos de los factores ambientales y humanos.

Para los factores climatológicos, se trabajó con datos anuales que fueron integrados en una base de datos georreferenciada, donde cada variable recibió una ponderación según su influencia y se clasificó por nivel de amenaza. En cuanto a la combustibilidad, se realizó una clasificación supervisada de imágenes satelitales de alta resolución para identificar tipos de cobertura vegetal, generando capas vectoriales (shapes) con esta información. Todos los factores climatológicos y de combustibilidad fueron normalizados para homogenizar escalas. Este proceso permitió elaborar mapas temáticos mediante álgebra de mapas, incluyendo: (1) mapa de susceptibilidad de la vegetación (basado en combustibilidad) y (2) mapa de amenaza

contra incendios (combinando todos los factores ponderados). Los resultados proporcionaron una base cuantitativa para evaluar riesgos y priorizar áreas de intervención.

Para conocer la susceptibilidad de vegetación se utilizó la metodología pro- cálculo tomando en cuenta factores de combustibilidad como el tipo de combustible, duración de combustible y carga de combustible. Mientras tanto para obtener el nivel de amenaza ante incendios se tomó en cuenta el resultado de susceptibilidad de vegetación sumado factores como la temperatura, precipitación, relieve, frecuencia y accesibilidad.

Fórmula para susceptibilidad de vegetación contra incendios forestales.

$$SUSC = cal(t.combustible) + cal(d.combustible) + cal(c.combustible)$$

Fórmula para la amenaza contra incendios forestales.

$$Amenaza = \text{Susceptibilidad de la vegetación} * (0{,}30) + \text{Precipitación} * (0{,}25) + Temperatura * (0{,}25) + pendiente * (0{,}05) + frecuencia * (0{,}10) + \text{accesibilidad} * (0.05)$$

3.7.3. Proponer medidas para mejorar la gestión y reducción del riesgo ante incendios forestales en el santuario del Guayco.

La identificación de problemas causantes de los incendios forestales. Mediante el uso de Microsoft Word se organizó tablas, en el cual se describieron propuestas y acciones, proponiendo mejorar la gestión y reducción de riesgos ante incendios forestales.

Utilizar software ArcGIS 10.5, permitió delimitar zonas seguras para realizar fogatas o identificar nuevos puntos para la creación de fogones, mediante coordenadas se integró ubicación de señaléticas preventivas en el mapa digital y se delimitó zonas específicas para camping, basadas en criterio de seguridad donde se podrá controlar el flujo del personal de manera eficiente. El uso de Google My Maps permitió crear rutas el cual contienen datos como tiempo de recorrido de una persona de un punto a otro, necesario para asignación de rutas a guardabosques.

CAPÍTULO IV.

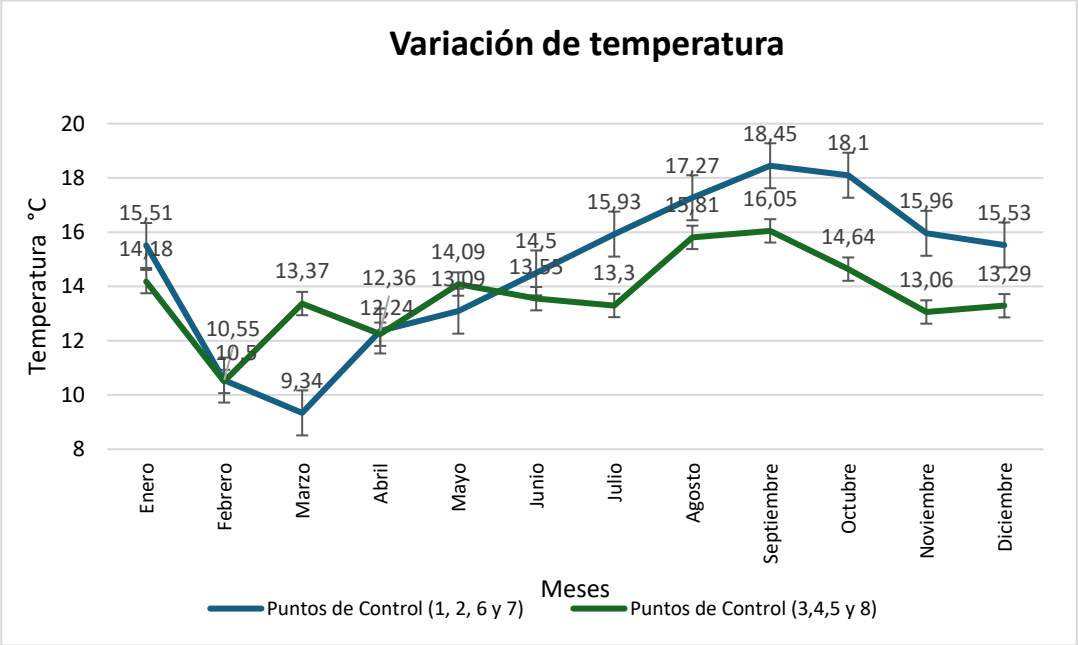
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

4.1.1. Resultado primer objetivo

Gráfico 1

Variación de la Temperatura Mensual



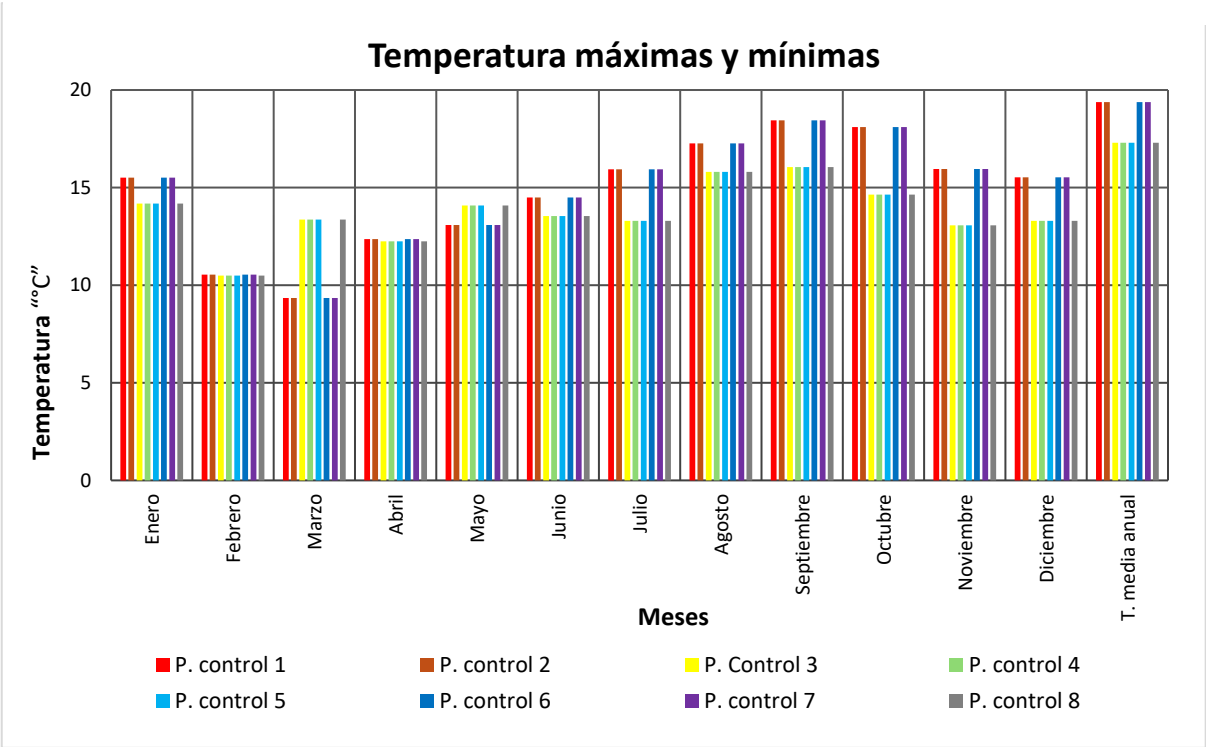
Nota. Comportamiento de temperatura mensual, tomando en cuenta que en la mayoría de puntos de control se registran datos similares como: puntos de control, 1, 2, 6, 7 (línea azul) y 3, 4, 5, 8 (línea verde). Además, en varios puntos de control se registran datos similares.

En grafico de variación de temperatura se observa una variación significativa en cada mes, enero la temperatura varia de 1,33 °C, febrero 0,05 °C, marzo 4,03 °C, abril 0,12 °C, mayo 1 °C, junio 0,95 °C, julio 2,63 °C, agosto 1,46 °C, septiembre 2,4 °C, octubre 3,36 °C, noviembre 2,9 °C y diciembre 2,24 °C, la variación se debe a la localización de cada punto de control en algunos puntos se encuentran bajo la exposición a los rayos del sol, lo cual la temperatura mayor y más vulnerable a la ocurrencia de incendio. A partir del mes de junio a noviembre evidencia meses con elevadas temperaturas siendo los meses septiembre y octubre donde muestran los valores más altos, alcanzado una temperatura de 18,45 C y 18,1 C a esto

se suma la presencia de visitantes (turistas) al santuario durante estos meses, convirtiéndolo en más vulnerable a incendios forestales.

Figura 3

Temperatura mensual por cada punto de control



Nota. Cada mes contiene datos de los 8 puntos de control, además de la temperatura media anual.

El análisis mensual de la temperatura en los ocho puntos de control, evidencia un comportamiento térmico diferenciado. El registro de temperaturas altas entre agosto y noviembre, con valores que casi alcanzan los 20 °C, este periodo coincide con épocas a mayor susceptibilidad a incendios, generalmente los puntos de control 1,2,6 y 7 a partir del mes de junio a diciembre se registran temperaturas más elevadas, a diferencia de los otros puntos de control, donde estos puntos se encuentran en zonas donde la humedad relativa perdura. En los meses de septiembre y octubre existe presencia de temperaturas más altas sumado a esto la presencia de visitantes al lugar, donde realizan actividades en zonas boscosas, lo cual hacen que estos periodos sean más vulnerables a sufrir incendios forestales.

Tabla 2

Datos de la Temperatura mensual y anual de los diferentes puntos de control

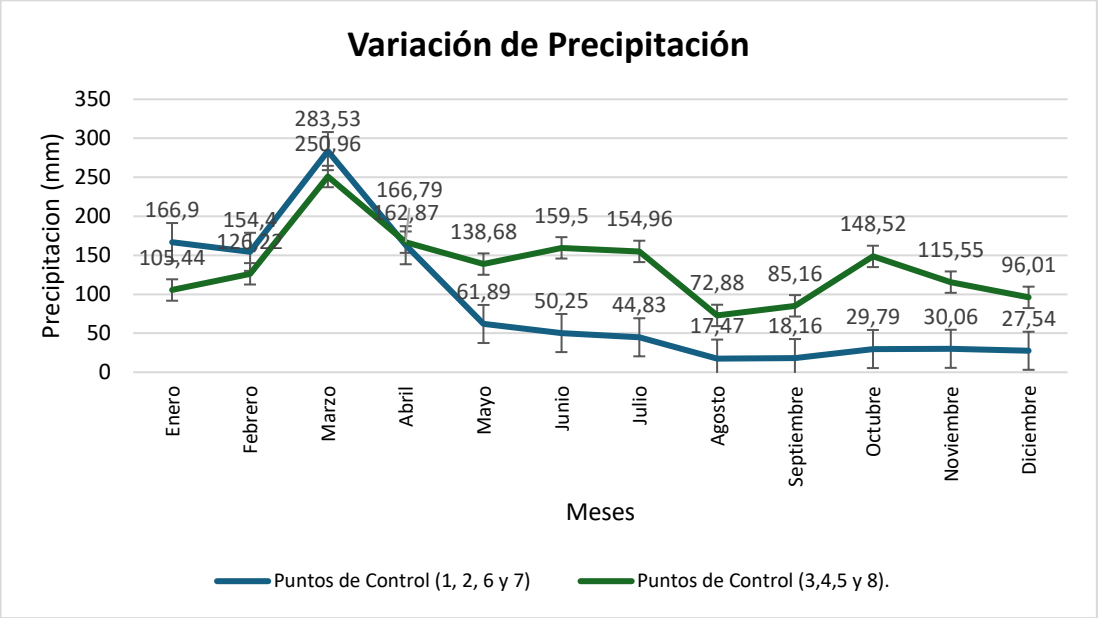
Meses/Puntos de control	Punto de control 1	Punto de control 2	Punto de control 3	Punto de control 4	Punto de control 5	Punto de control 6	Punto de control 7	Punto de control 8
Enero	15,51	15,51	14,18	14,18	14,18	15,51	15,51	14,18
Febrero	10,55	10,55	10,5	10,5	10,5	10,55	10,55	10,5
Marzo	9,34	9,34	13,37	13,37	13,37	9,34	9,34	13,37
Abril	12,36	12,36	12,24	12,24	12,24	12,36	12,36	12,24
Mayo	13,09	13,09	14,09	14,09	14,09	13,09	13,09	14,09
Junio	14,5	14,5	13,55	13,55	13,55	14,5	14,5	13,55
Julio	15,93	15,93	13,3	13,3	13,3	15,93	15,93	13,3
Agosto	17,27	17,27	15,81	15,81	15,81	17,27	17,27	15,81
Septiembre	18,45	18,45	16,05	16,05	16,05	18,45	18,45	16,05
Octubre	18,1	18,1	14,64	14,64	14,64	18,1	18,1	14,64
Noviembre	15,96	15,96	13,06	13,06	13,06	15,96	15,96	13,06
Diciembre	15,53	15,53	13,29	13,29	13,29	15,53	15,53	13,29
Temperatura media anual	19,38	19,38	17,3	17,3	17,3	19,38	19,38	17,3

Nota. Las temperaturas más bajas se pueden identificar de color verde, mientras que las temperaturas altas de color rojo.
Fuente. Prediction of Worldwide Energy Resource***)*** *(NASA, 1958)*

La temperatura mensual registrada en los ocho puntos de control tiene una variabilidad marcada. Se observan valores más bajos entre febrero y marzo, con medidas de hasta 9,34 °C, especialmente en los puntos 1, 2, 6 y 7, en donde el peligro a incendios forestales es menor. En contraste, septiembre registra las temperaturas más altas, alcanzando hasta 18,45 °C revirtiendo sus medidas, en los mismos puntos de control 1, 2, 6 y 7, sin embargo, durante este periodo refleja un entorno cambiante influyendo en la perdida de humedad y estado seco de material combustible, volviendo en periodos más vulnerables a ocurrencia de incendios forestal. La vulnerabilidad frente a incendios forestales no solo está determinada por las condiciones ambientales, sino también por la coincidencia temporal de la actividad humana con los periodos de mayor susceptibilidad térmica.

Gráfico 2

Variación de la precipitación

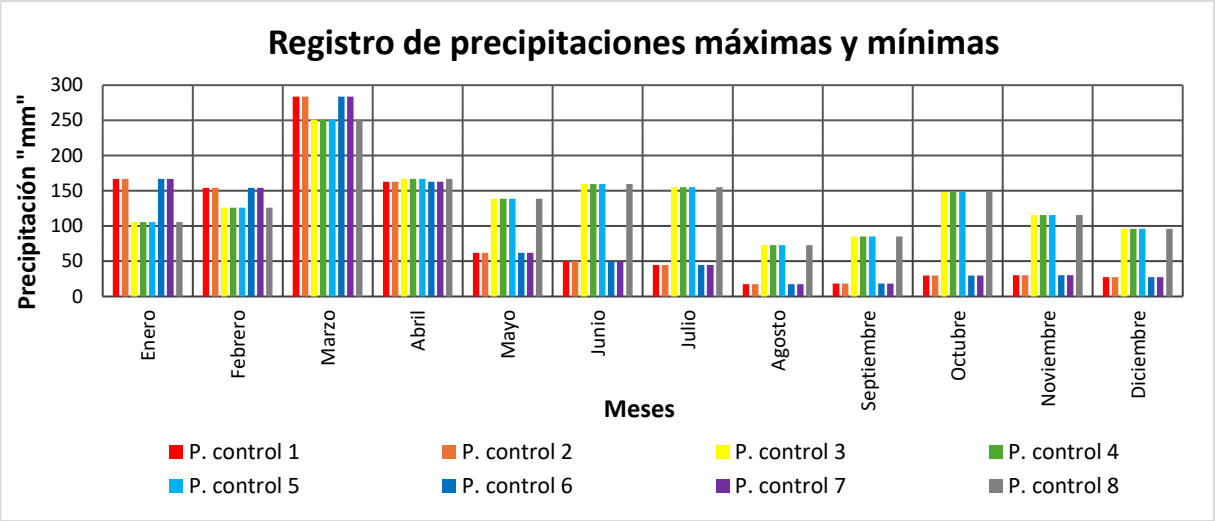


Nota. El gráfico muestra registros de precipitación de diferentes meses, sin embargo, en varios puntos de control se registran datos similares.

En grafico registra una variación significativa en cada mes, enero la precipitación varia de 61,46 mm, febrero 28,18 mm, marzo 32,57 mm, abril 3,92 mm, mayo 76,79 mm, junio 109,25 mm, julio 110,13 mm, agosto 55,41 mm, septiembre 67 mm, octubre 118,73 mm, noviembre 85,49 mm °C y diciembre 68,47 mm, la variación depende a la localización de cada punto de control en algunos puntos se encuentran bajo la presencia de árboles, lo cual, la precipitación es menor. En el grafico muestra la evolución mensual de las precipitaciones, en el cual se caracteriza que en los meses de menor precipitación se registraron en los meses de agosto y septiembre es decir meses más secos, a esto se suma la actividad humana en el área incrementa la vulnerabilidad a incendios forestales.

Figura 4

Precipitación mensual por cada punto de control



Nota. Cada mes contiene datos de los diferentes ocho puntos de control, donde se identifica de menor a mayores niveles de precipitación.

El análisis mensual de la precipitación en los ocho puntos de control, evidencia un comportamiento diferenciado. Se registran precipitaciones máximas más altas entre enero y abril, con valores que casi alcanzan los 200 mm, durante este periodo es menos probable la ocurrencia de incendio debido a que el material combustible se mantiene húmedo por las máximas precipitaciones, sin embargo en los entre los meses de agosto y diciembre las precipitaciones es menor, siendo los meses de agosto y septiembre donde las precipitaciones son más bajas a esto se suma la presencia de visitantes al lugar en estos dos meses, realizando actividades en zonas boscosas, lo cual lo hace más vulnerable a sufrir incendios forestales, por la falta de precipitaciones durante estos periodos, así el material combustible encontrándose menos húmedo y más seco.

Tabla 3

Datos de la Precipitación de los diferentes puntos de control

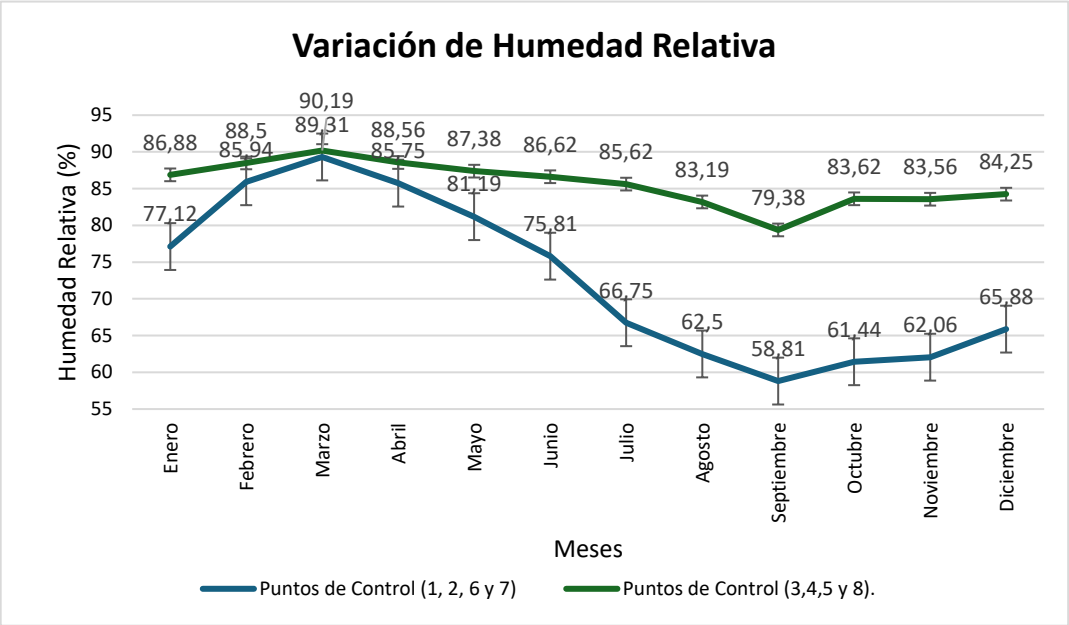
Meses/Puntos de control	**Punto de control 1**	**Punto de control 2**	**Punto de control 3**	**Punto de control 4**	**Punto de control 5**	**Punto de control 6**	**Punto de control 7**	**Punto de control 8**
Enero	166,9	166,9	105,44	105,44	105,44	166,9	166,9	105,44
Febrero	154,4	154,4	126,22	126,22	126,22	154,4	154,4	126,22
Marzo	283,53	283,53	250,96	250,96	250,96	283,53	283,53	250,96
Abril	162,87	162,87	166,79	166,79	166,79	162,87	162,87	166,79
Mayo	61,89	61,89	138,68	138,68	138,68	61,89	61,89	138,68
Junio	50,25	50,25	159,5	159,5	159,5	50,25	50,25	159,5
Julio	44,83	44,83	154,96	154,96	154,96	44,83	44,83	154,96
Agosto	17,47	17,47	72,88	72,88	72,88	17,47	17,47	72,88
Septiembre	18,16	18,16	85,16	85,16	85,16	18,16	18,16	85,16
Octubre	29,79	29,79	148,52	148,52	148,52	29,79	29,79	148,52
Noviembre	30,06	30,06	115,55	115,55	115,55	30,06	30,06	115,55
Diciembre	27,54	27,54	96,01	96,01	96,01	27,54	27,54	96,01
Precipitación media anual	1047,71	1047,71	1620,68	1620,68	1620,68	1047,71	1047,71	1620,68

Nota. Nivel de precipitación baja representada de color roja, nivel de precipitaciones altas representadas de color verde.
Fuente. Prediction of Worldwide Energy Resource (NASA, 1958)

En la tabla de precipitación muestra los niveles de precipitación. En los meses de enero a mayo, se puede observar niveles más altos de precipitación, la cual se identifica por los tonos de color verde, es decir, durante estos periodos, la humedad en la vegetación es mayor lo que reduce el riesgo a incendios forestales y hace que durante estos meses sea menos vulnerables a sufrir incendios forestales. Durante los meses de verano generalmente de julio a octubre, presentan niveles bajos de precipitación, los cuales están representados por tonos de color rojos, durante estos meses es característico en la zona el aumento de inflamabilidad en la vegetación, así misma disponibilidad de material combustible, el cual eleva el riesgo de incendios forestales. En la **tabla 3** evidencia los meses marcados de color rojo son, más vulnerables a sufrir incendios forestales.

Gráfico 3

Variación de la Humedad Relativa Mensual

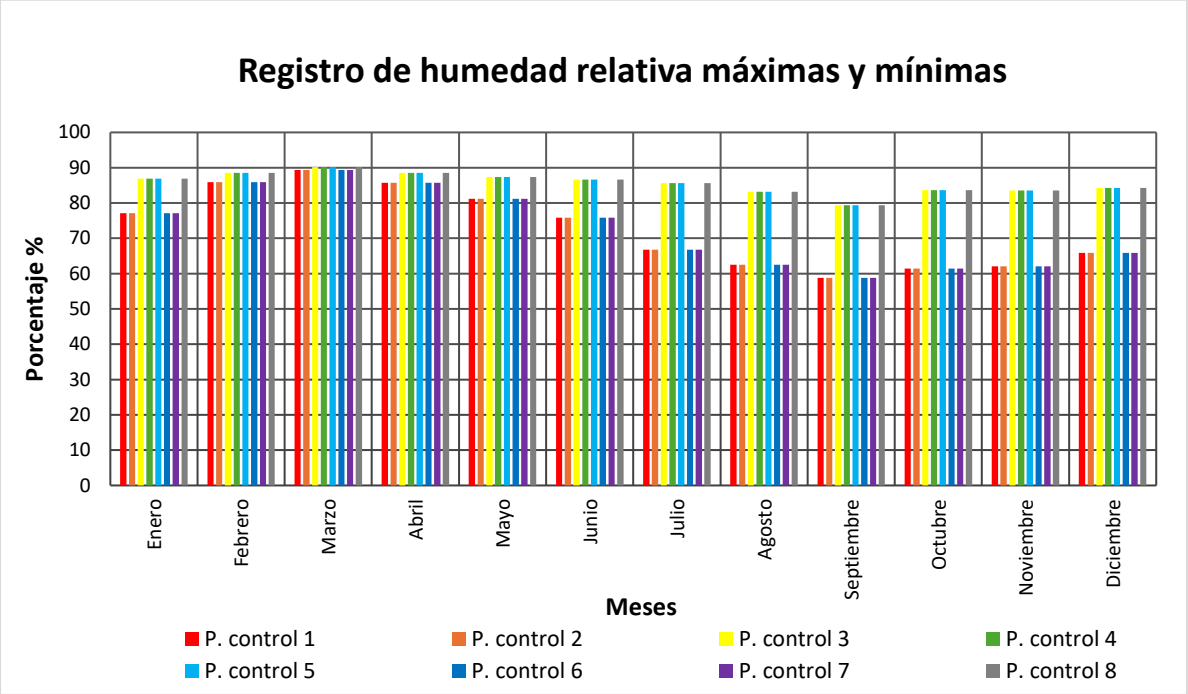


Nota. Datos de humedad relativa mensual de los puntos de control 1, 2, 6, 7 (línea azul) y 3, 4, 5, 8 (línea verde).

La gráfica muestra el comportamiento de la humedad relativa a través de los meses del año. Podemos observar los niveles más altos de humedad relativa presentes durante los primeros meses del año, enero a mayo respectivamente, alcanzando un pico máximo de 90,19%. Esto indica que, en estos meses, el aire contiene la mayor cantidad de vapor de agua, en lo cual existe la mayor humedad en el ambiente y vegetación. Sin embargo, en los meses de julio a octubre, es característico por tener niveles más bajos de humedad relativa alcanzando un mínimo 58,81%, lo cual, en esta época, el aire contiene la menor cantidad de vapor de agua, es decir menos disponibilidad de humedad en el ambiente y vegetación de la zona de estudio.

Figura 5

Humedad Relativa mensual por cada punto de control



Nota. Cada mes de enero a febrero contiene datos de humedad relativa de los diferentes ocho puntos de control.

En el gráfico de comparación de humedad relativa de los diferentes puntos de control de los meses del año se evidencia un patrón muy claro. En los primeros meses del año desde enero a mayo, la humedad relativa tiene la tendencia más alta alcanzando un nivel de 90%, en cambio, en los meses de julio a octubre la humedad relativa es baja llegando a un 60%, teniendo en cuenta estas variaciones son muy importantes para el riesgo de incendios forestales, se entiende que cuando la humedad relativa es muy alta, la vegetación es húmeda, es decir menor vulnerabilidad a incendios forestales, sin embargo cuando la humedad relativa es baja, la vegetación del área es más seca, por ende propensa a incendio forestal.

Tabla 4

Datos de la humedad relativa mensual y anual de diferentes puntos de control

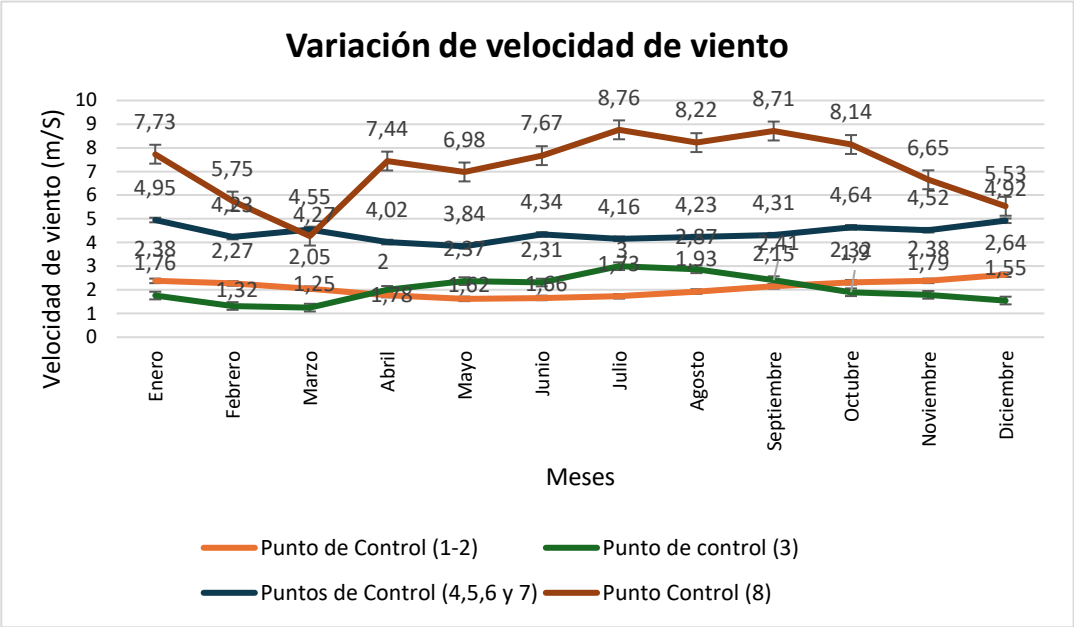
Meses/Puntos de control	Punto de control 1	Punto de control 2	Punto de control 3	Punto de control 4	Punto de control 5	Punto de control 6	Punto de control 7	Punto de control 8
Enero	77,12	77,12	86,88	86,88	86,88	77,12	77,12	86,88
Febrero	85,94	85,94	88,5	88,5	88,5	85,94	85,94	88,5
Marzo	89,31	89,31	90,19	90,19	90,19	89,31	89,31	90,19
Abril	85,75	85,75	88,56	88,56	88,56	85,75	85,75	88,56
Mayo	81,19	81,19	87,38	87,38	87,38	81,19	81,19	87,38
Junio	75,81	75,81	86,62	86,62	86,62	75,81	75,81	86,62
Julio	66,75	66,75	85,62	85,62	85,62	66,75	66,75	85,62
Agosto	62,5	62,5	83,19	83,19	83,19	62,5	62,5	83,19
Septiembre	58,81	58,81	79,38	79,38	79,38	58,81	58,81	79,38
Octubre	61,44	61,44	83,62	83,62	83,62	61,44	61,44	83,62
Noviembre	62,06	62,06	83,56	83,56	83,56	62,06	62,06	83,56
Diciembre	65,88	65,88	84,25	84,25	84,25	65,88	65,88	84,25
Humedad relativa	72,62	72,62	85,62	85,62	85,62	72,62	72,62	85,62

Nota. Nivel de humedad relativa baja representada de color rojo, nivel de humedad relativa alta representada de color verde.
Fuente. Prediction of Worldwide Energy Resource (NASA, 1958)

La tabla utiliza el código de colores para la representación de los niveles de humedad relativa. En el cual por medio de color verde representa las características de humedad relativa más alta, generalmente superior al 85%, lo cual reduce el riesgo de incendios forestales. El color rojo indica la humedad relativa más baja, por debajo del 75% sin embargo se toma en cuenta que cuando la humedad relativa desciende o es menor aumenta el riesgo a la propagación de incendios forestales.

Gráfico 4

Comportamiento de la Velocidad de Viento Mensual

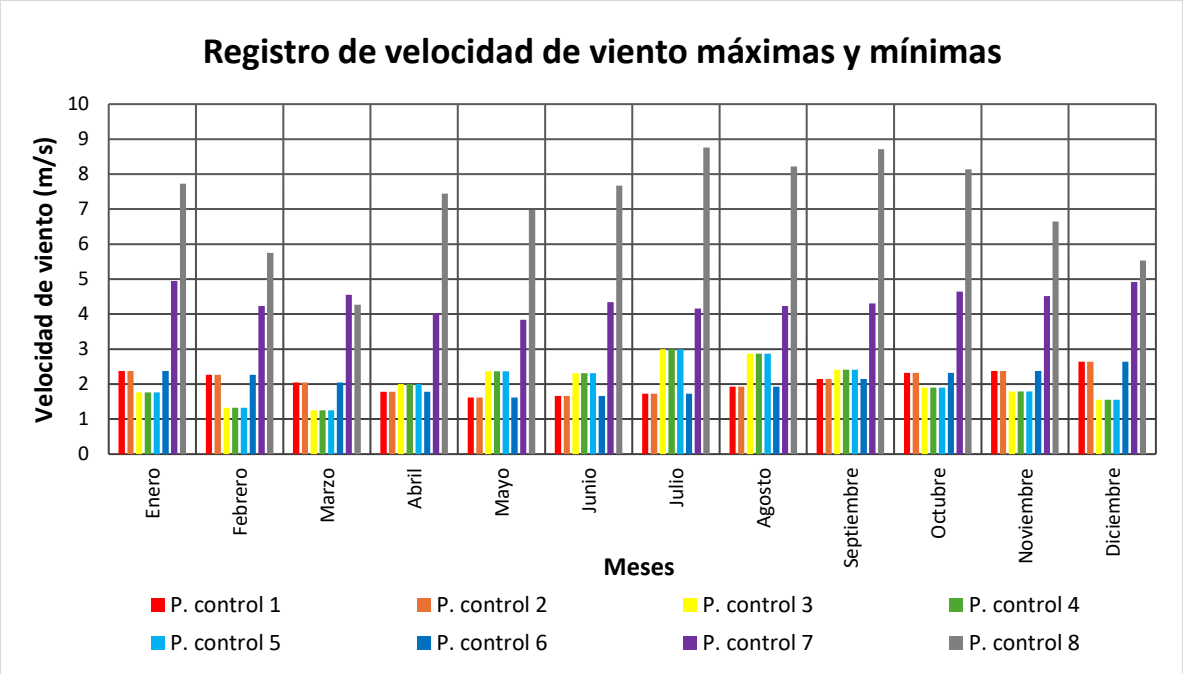


Nota. Comportamiento de la velocidad de viento de los puntos de control 1, 2, (línea anaranjada), 3, (línea verde) 4,5,6,7 (línea azul) y 8 (línea roja).

A lo largo del año se evidencia mediante la gráfica, uno de los factores la velocidad del viento presenta fluctuación, en sus diferentes puntos de control la velocidad del viento es diferente, sin embargo, se puede identificar que en los meses de julio, agosto y septiembre se caracteriza por tener mayor velocidad. Estas características de velocidad de viento tienen mucho que ver con la intensidad con la que se propagan los incendios forestales.

Figura 6

Velocidad del viento mensual por cada punto de control



Nota. Cada mes contiene 8 puntos de control, para conocer el comportamiento de la velocidad de viento en diferentes áreas.

Se realizó un análisis de la velocidad de viento en los diferentes puntos de control, de todos los meses del año, así tener la característica de este factor como es su comportamiento a través de los meses. La velocidad del viento a través del tiempo es muy diferente en los distintos puntos de control, los valores más altos se presentan en los puntos de control 7 y 8. La velocidad del viento presenta variaciones significativas entre los diferentes puntos de control y meses del año. En el gráfico nos muestra una clara diferencia en los distintos puntos de control, en los meses de verano, generalmente julio, agosto y septiembre se registran los valores muy altos de velocidad de viento. En los meses de diciembre, enero y febrero se registran velocidades menores con valores entre 4,25 y 5,75 m/s.

Tabla 5

Datos de la velocidad de viento mensual y anual de distintos puntos de control

Mes/Puntos de control	Puntos de control 1	Puntos de control 2	Puntos de control 3	Puntos de control 4	Puntos de control 5	Puntos de control 6	Puntos de control 7	Puntos de control 8
Enero	2,38	2,38	1,76	1,76	1,76	2,38	4,95	7,73
Febrero	2,27	2,27	1,32	1,32	1,32	2,27	4,23	5,75
Marzo	2,05	2,05	1,25	1,25	1,25	2,05	4,55	4,27
Abril	1,78	1,78	2	2	2	1,78	4,02	7,44
Mayo	1,62	1,62	2,37	2,37	2,37	1,62	3,84	6,98
Junio	1,66	1,66	2,31	2,31	2,31	1,66	4,34	7,67
Julio	1,73	1,73	3	3	3	1,73	4,16	8,76
Agosto	1,93	1,93	2,87	2,87	2,87	1,93	4,23	8,22
Septiembre	2,15	2,15	2,41	2,41	2,41	2,15	4,31	8,71
Octubre	2,32	2,32	1,9	1,9	1,9	2,32	4,64	8,14
Noviembre	2,38	2,38	1,79	1,79	1,79	2,38	4,52	6,65
Diciembre	2,64	2,64	1,55	1,55	1,55	2,64	4,92	5,53
Velocidad de viento	2,08	2,08	2,05	2,05	2,05	2,08	5,12	8,8

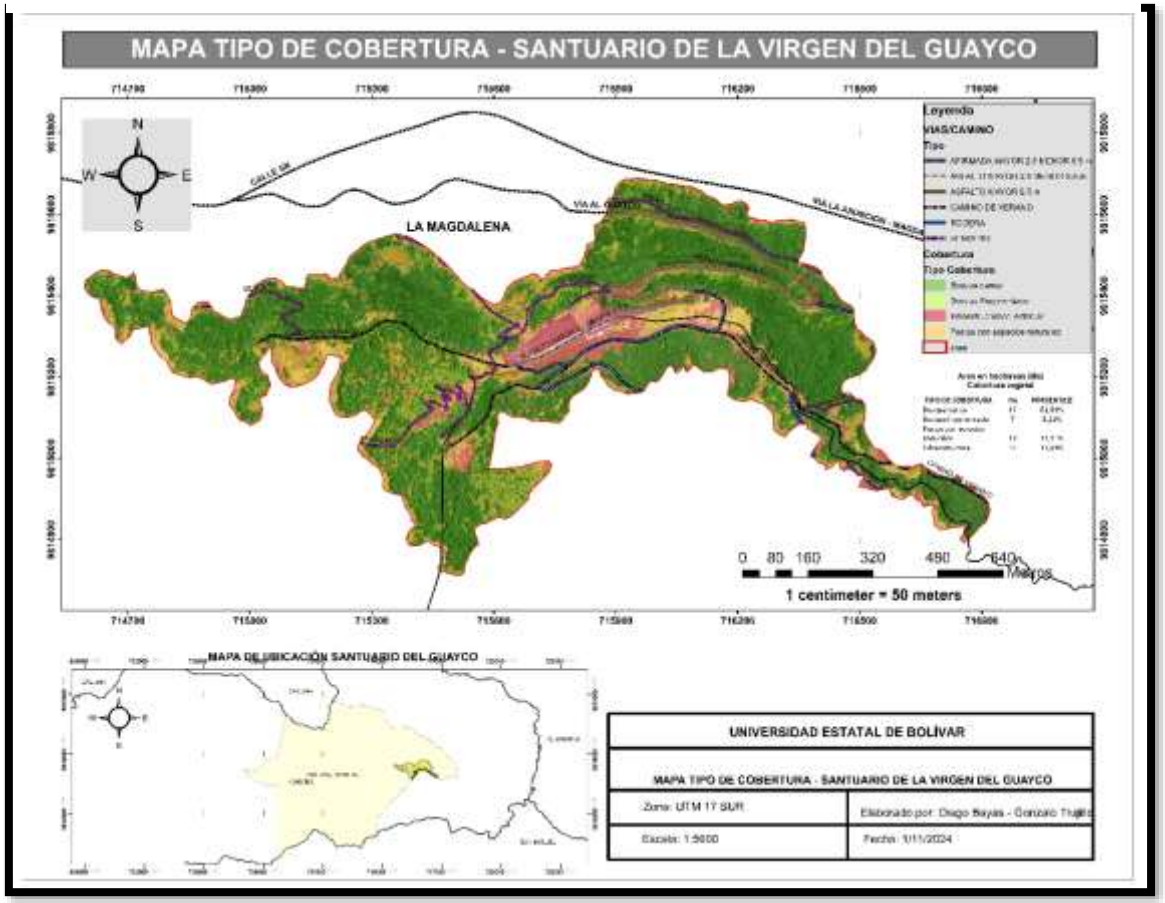
Nota. Velocidad de viento altas representadas de color rojo, mientras que velocidad de viento bajas representadas de color verde y velocidad de viento moderado representado color amarillo.
Fuente. Prediction of Worldwide Energy Resource *(NASA, 1958)*

Mediante la tabla de distribución, representa los diferentes niveles de velocidad de viento en los distintos puntos de control a través del tiempo, en donde se registran la velocidad de viento más altas son en los meses de julio y agosto, en donde también en los puntos de control 7 y 8 registran niveles más altos de la velocidad del viento. Como se observa los valores más altos son representados de color rojo, donde alcanza un máximo de 8,8 m/s siendo en el punto de control 8 en donde se registran valores más altos, los valores más bajos se registran en diciembre, enero y febrero, donde se registran menores velocidades, con valores entre 4,25 y 5,75 m/s.

Combustión

Figura 7

Tipo de cobertura en el Santuario el Guayco



Fuente. Elaboración Propia

En el área se caracteriza por tener tres tipos de coberturas diferentes en el cual predomina bosque denso con 47 hectáreas el cual se encuentra en categoría de amenaza baja por tener la presencia solo de árboles, seguido de pastos con espacios naturales ocupando 13 hectáreas el cual se encuentra bajo una categoría de amenaza muy alta, debido a la presencia de pastos/hierbas lugar donde el incendio se propaga de forma más rápida y bosque fragmentado el cual ocupa 7 hectáreas se encuentra bajo una categoría de amenaza baja, por tener la presencia solo de árboles y sus restos, además se cuentan con zonas artificiales que ocupa un total de 9 hectáreas, sin embargo esta no cuenta como tipo de cobertura.

Tipo de combustible predominante

En la zona de estudio se caracteriza por ser de diferentes tipos de combustibles predominantes derivados de diferentes coberturas de suelo. Los resultados obtenidos del área muestran a continuación.

Tabla 6

Distribución áreas según tipo de cobertura y combustible

TIPO DE COBERTURA	TIPO DE COMBUSTIBLE	Hectáreas
Bosque Denso	Árboles	47
Bosque Fragmentado	Árboles	7
Pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas	13
Infraestructura	Áreas Urbanas	9

Fuente. Elaboración Propia

Cálculo de porcentaje de cada área por tipo de combustible

$$\boldsymbol{Porcentaje} = \left(\frac{\text{Área de } \boldsymbol{c}\text{ada tip}\boldsymbol{o}}{\text{Área Total}}\right) * 100$$

$$\text{Á}\mathbf{rea}\ \boldsymbol{total}\ (\boldsymbol{ha}) = 47 + 7 + 13 + 9 = 76$$

Tabla 7

Porcentaje de Superficie por cada Tipo de Combustible

TIPO DE COMBUSTIBLE	Hectáreas	Porcentaje
Árboles	47	61,84
Árboles	7	9,21
Pastos/hierbas	13	17,11
Áreas Urbanas	9	11,84

Fuente. Elaboración Propia

El tipo de combustible rodeado de árboles es el que predomina en el área debido a la presencia de bosques densos y fragmentados en estas zonas son menos vulnerables a la ocurrencia y propagación de incendio debido a la presencia solo de árboles, los pastos en conjuntos con hierbas son de menor superficie en el área, sin embargo, son más vulnerables a

incendios forestales la propagación de fuego de manera rápida y estar expuesta a otros factores climatológicos. Finalmente, las áreas urbanas o zonas artificiales son de menor presencia sin embargo no son considerados como tipo de combustible por ende con una categoría de amenaza nula

Tabla 8

Duración de Combustible

TIPO DE COBERTURA	Duración combustible	Ocurrencia de Incendios
Bosque denso Bosque fragmentado	100 horas	12
Pastos con espacios naturales	1 hora	5
Infraestructura	Área Urbana	x

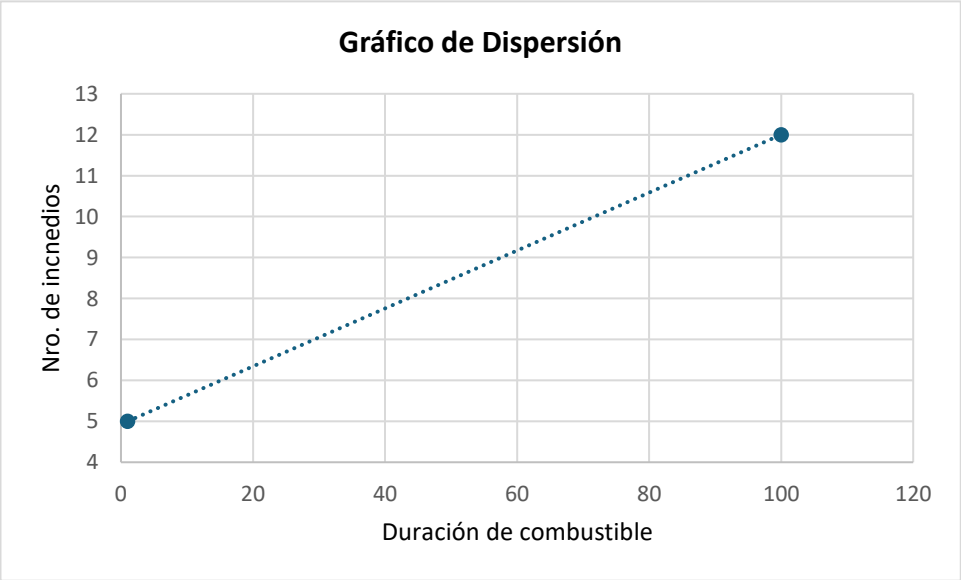
Fuente. Elaboración Propia

Cálculo de correlación de Pearson

$$r = \frac{Cov(X,Y)}{óx.óy} = \frac{173.25}{49{,}5 * 3{,}5} = 1$$

Gráfico 5

Gráfico de Dispersión de la Duración del Combustible



Fuente. Elaboración Propia

La correlación de Pearson entre la duración de combustible y ocurrencia de incendios es 1, es decir correlación positiva perfecta. Lo cual sugiere que a mayor duración de combustible tiene mayores números de incendios o el fuego se propaga más, ademas, donde la duración de combustible es menor la existencia de incendios es menor.

Tabla 9

Carga de Combustible

Tipo Cobertura	Biomasa(ton/ha)	Ocurrencia de Incendios
B. Denso	100	7
B. Fragmentado	100	5
Pastos con Espacios naturales	75	5
Infraestructura	Menos 1Ton/Ha	x

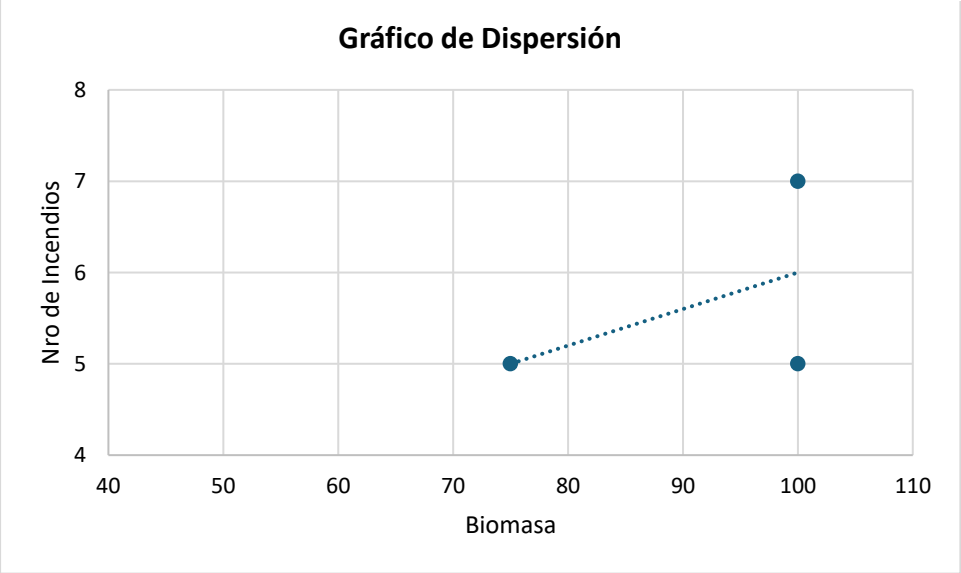
Fuente. Elaboración Propia

Cálculo de correlación de Pearson

$$r = \frac{Cov(X,Y)}{óx.óy} = \frac{5{,}56}{11{,}79 * 0{,}94} = 0{,}50$$

Gráfico 6

Gráfico de Dispersión de Pearson de Biomasa



Fuente. Elaboración Propia

La correlación de Pearson indica una relación lineal positiva moderada 0,50. Lo cual significa, a medida que la biomasa aumenta los números de incendios forestales son más o a mayor biomasa existe más material combustible, por ende, la propagación de incendio.

Tabla 10

Datos históricos incendios Santuario del Guayco

Año	Nro. Incendio	Causa-T/Humano	ni/C
2018	3	3	1
2019	2	2	1
2020	2	2	1
2022	5	5	1
2023	3	3	1
2024	2	2	1

Nota. Datos obtenidos Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo

$$\mathbf{Fi} = \frac{1}{\mathrm{a}} \sum_{1}^{\mathrm{a}} \mathrm{ni}$$

$$\mathbf{Fi} = \frac{1}{6}(3 + 2 + 2 + 5 + 3 + 2) = 2{,}83$$

Con el método aplicado a la base datos se obtuvo que frecuentemente los incendios forestales se dan 2,83 veces por cada año

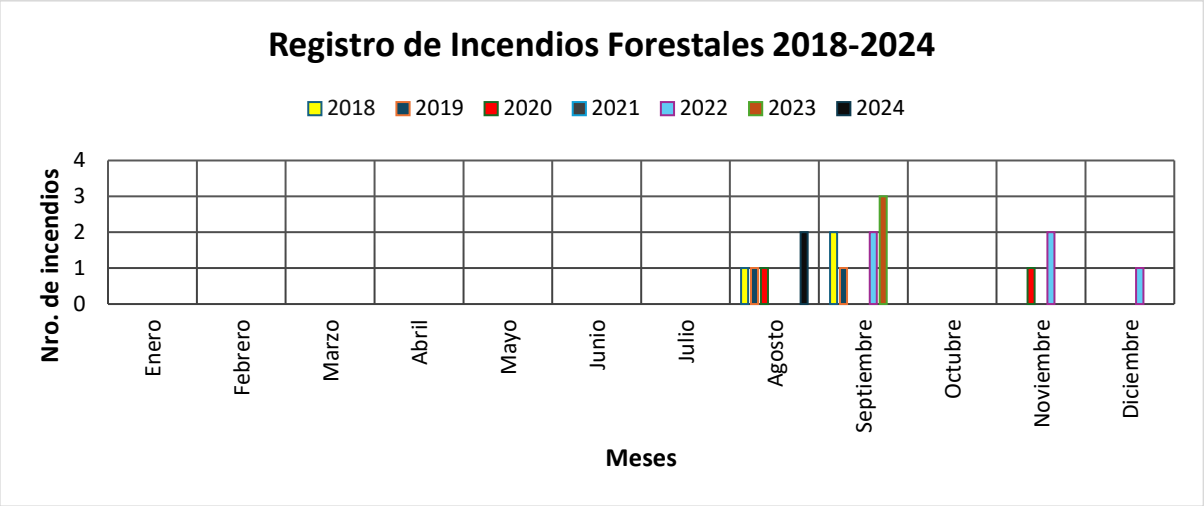
$$\boldsymbol{Ci} = \frac{1}{\mathrm{a}} \sum_{1}^{\mathrm{a}} \frac{\sum_{1}^{\mathrm{a}} \mathrm{Cnic}}{\mathrm{ni}}$$

$$\boldsymbol{Ci} = \frac{1}{1}(33 + 22 + 22 + 55 + 33 + 22) = 1$$

La ocurrencia de los incendios forestales en el santuario del Guayco generalmente son generados por factores humanos con un 100%, en el cual todos los incendios están relacionados por dicha causa.

Gráfico 7

Registro de Incendios Forestales mensual Período 2018-2024



Nota. Datos obtenidos Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo (2024)

Mediante Gráfico 7. evidencia que los incendios forestales en el Santuario del Guayco en los últimos 7 años se han dado en los meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre. En los meses agosto y septiembre coincide con las festividades el cual muchas personas de diferentes partes del país visitan el lugar, por ende, lo hace más vulnerable con el incremento de los turistas genera un mayor riesgo a incendios forestales. Durante este periodo miles de personas acuden al área del Santuario del Guayco en el cual realizan actividades como camping, realizando fogatas en zonas boscosas donde existe alta carga de material combustible.

Durante en los meses noviembre y diciembre, los incendios forestales se originan por la quema de desechos agrícolas, en estos meses los agricultores cercanos al área de estudio inician la preparación de terreno para realizar sus respectivas actividades agrícolas, la eliminación de desechos agrícolas los realiza mediante el uso de fuego. Sin embargo, en menor parte esta práctica se sale de control, propagándose en áreas cercanas y así generando incendios. La negligencia en ambos casos es crucial en la ocurrencia de incendios forestales. como la práctica turística y agrícola, además de la falta de medidas preventivas y manejo

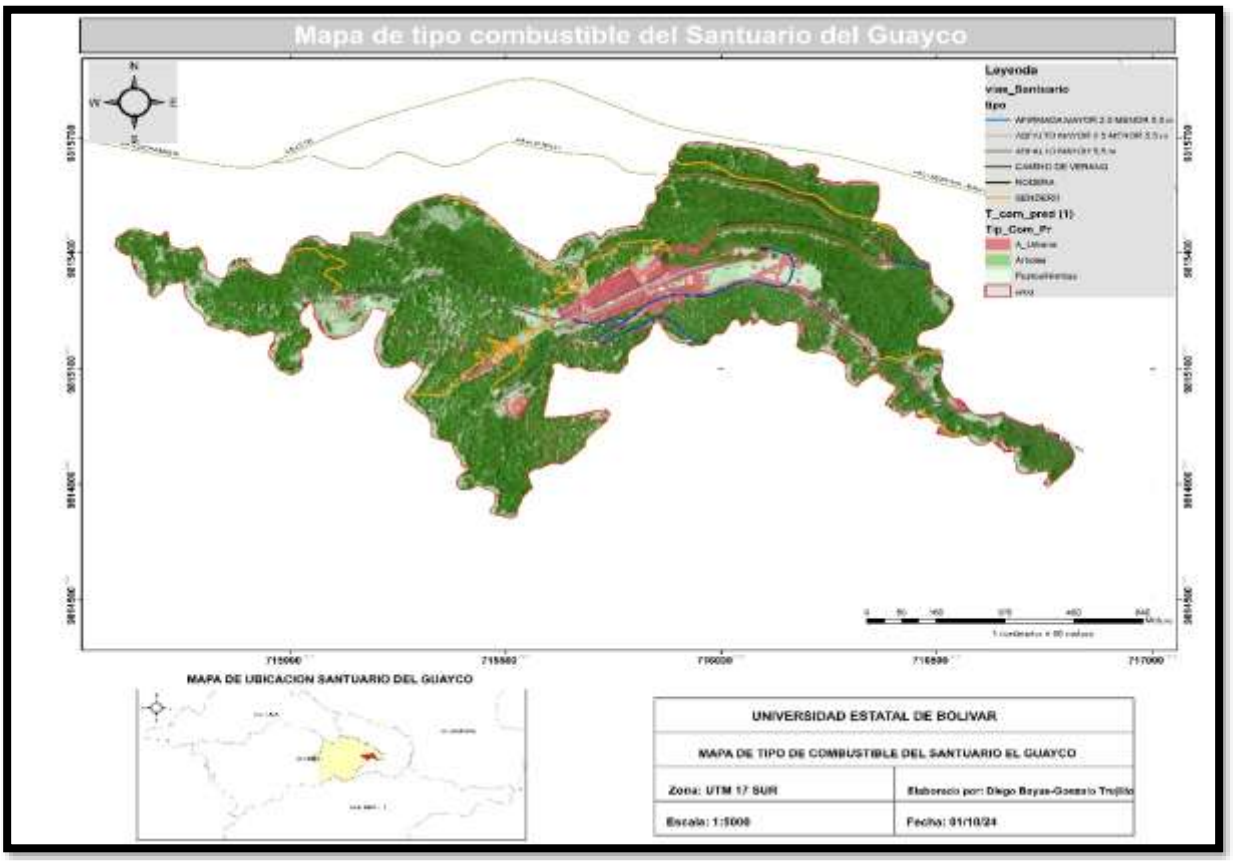
inadecuado del fuego hace más vulnerable al área a posibles incendios forestales. La falta de concientización y normativas más estrictas para reducir la vulnerabilidad a incendios contribuyen a que estos incidentes se repitan en cada momento.

4.1.2. Resultado segundo objetivo

En base a los factores que se consideran cada uno de ellos tiene nivel de amenaza y ponderación o calificación.

Figura 8

Mapa Tipo de Combustible

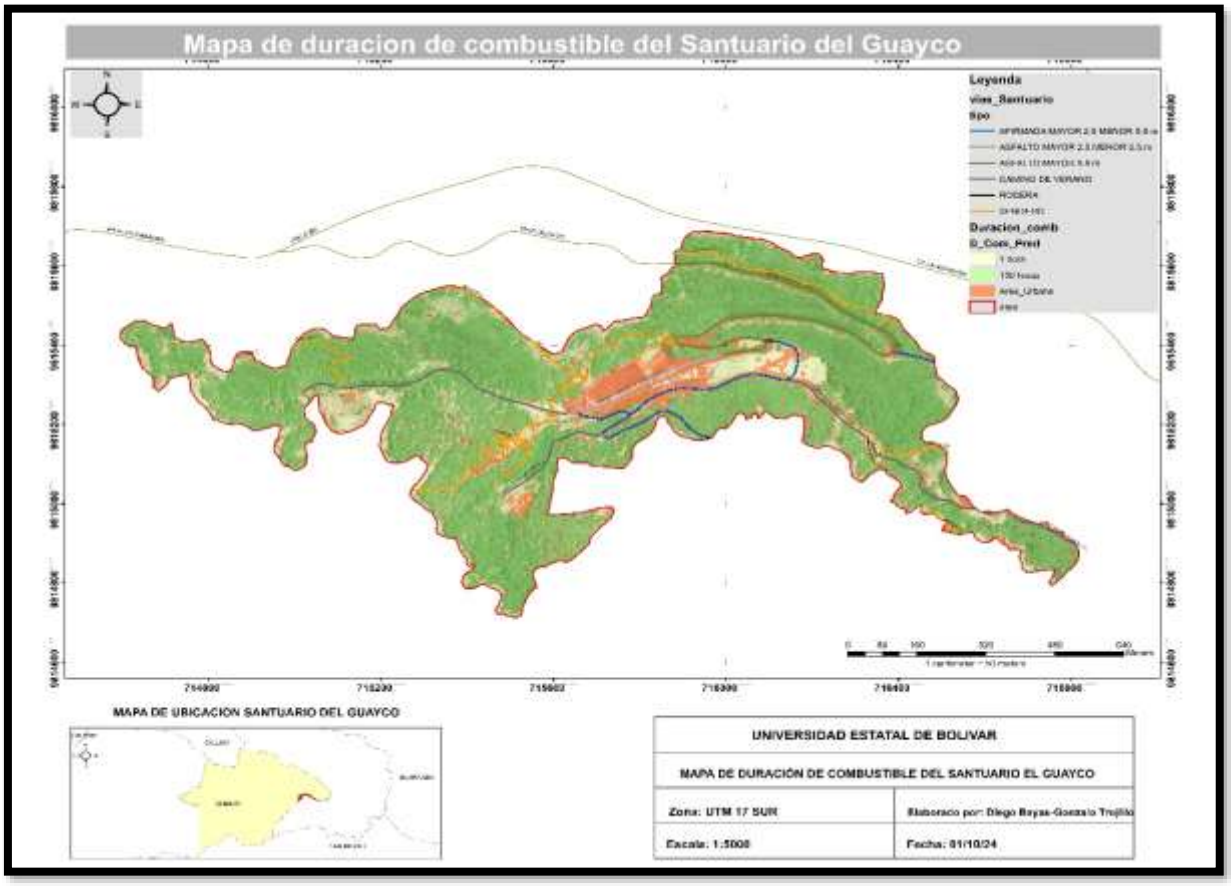


Fuente. Elaboración Propia

Mediante mapa tipo de combustible, se observa, que tipo de combustibilidad se distribuye en toda el área de estudio. El área urbana no considerado combustible no presenta amenaza, la presencia de árboles en mayor parte representa una amenaza media en caso de ocurrir un incendio esto debido a la presencia de un solo tipo de combustible ya que la fusión de varios sería mayor amenaza a incendio forestal y la presencia de pastos y hierbas representa una amenaza alta contra incendios, generalmente cuando estas se encuentran secas son uno de los tipos de combustible donde más se generan incendios forestales.

Figura 9

Mapa Duración de Combustible

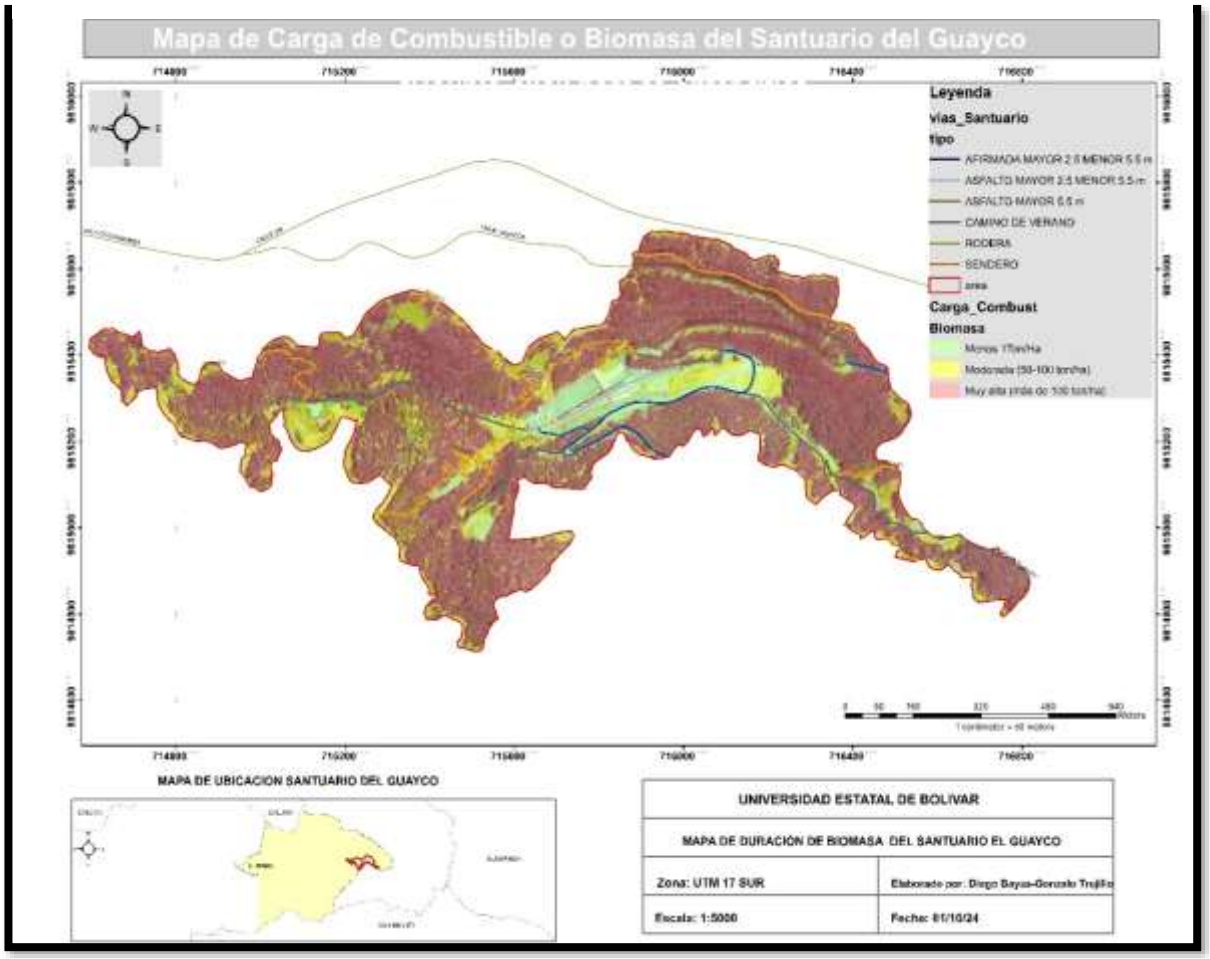


Fuente. Elaboración Propia

Mediante el mapa de duración de combustible se conoce diferentes áreas las cuales dependiendo de su tipo de cobertura el fuego se propaga de forma más rápida o más lento. En áreas artificiales no se define un tiempo establecido por ende no es considerado dentro de una categoría de amenaza por la inexistencia de material combustible, en las áreas identificadas de color amarillo encontramos la presencia de pastos y hierbas es muy común la expansión rápida de fuego es decir áreas con categorías de amenaza alta, en las áreas de color verde el fuego se consume más lentamente por la presencia de árboles presentado una categorizando amenaza baja.

Figura 10

Mapa Carga de Combustible



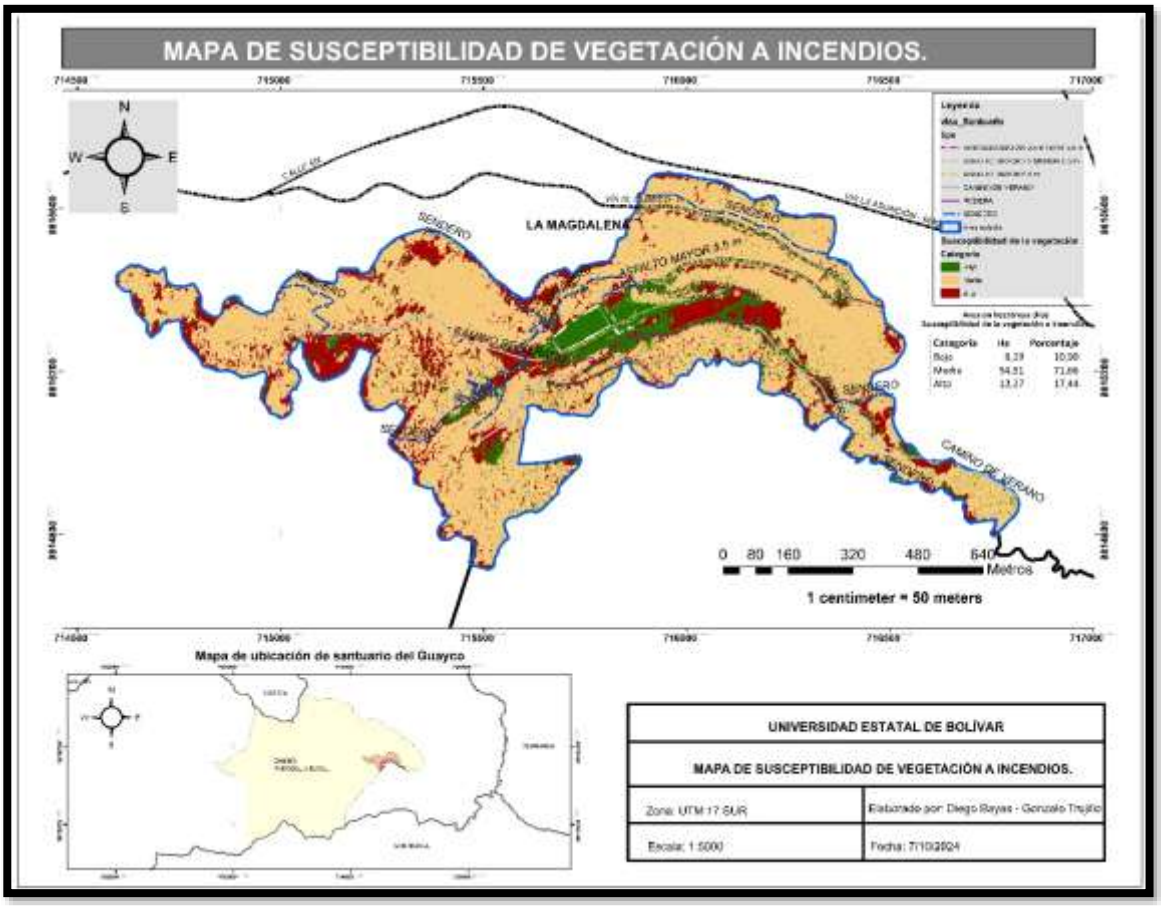
Fuente. Elaboración Propia

Dentro del área de estudio se encontró diferentes cargas de combustible (biomasa) menos de (1 ton/ha), (50-100 ton/ha) y más de (100 ton/ha). Estos factores son muy importantes para conocer el peligro de incendios forestales. Las zonas con menos carga de combustible se encuentran en zonas artificiales por ende menor riesgo de propagación de incendios, de (50-100 ton/ha) presentes en zonas con presencia de pastos y hierbas representando una amenaza moderada ya que la altura de fuego no sería muy alto finalmente a más de (100 ton/ha) en lugares donde existen la presencia de árboles en caso de llegar el fuego a este último especialmente a las copas de los árboles la propagación de incendios sería

a mayor escala sin embargo debemos tomar en cuenta que en el área de estudio donde se encuentra arboles no existe la presencia de arbustos solo árboles.

Figura 11

Mapa Susceptibilidad de Vegetación a Incendios



Fuente. Elaboración Propia

Análisis

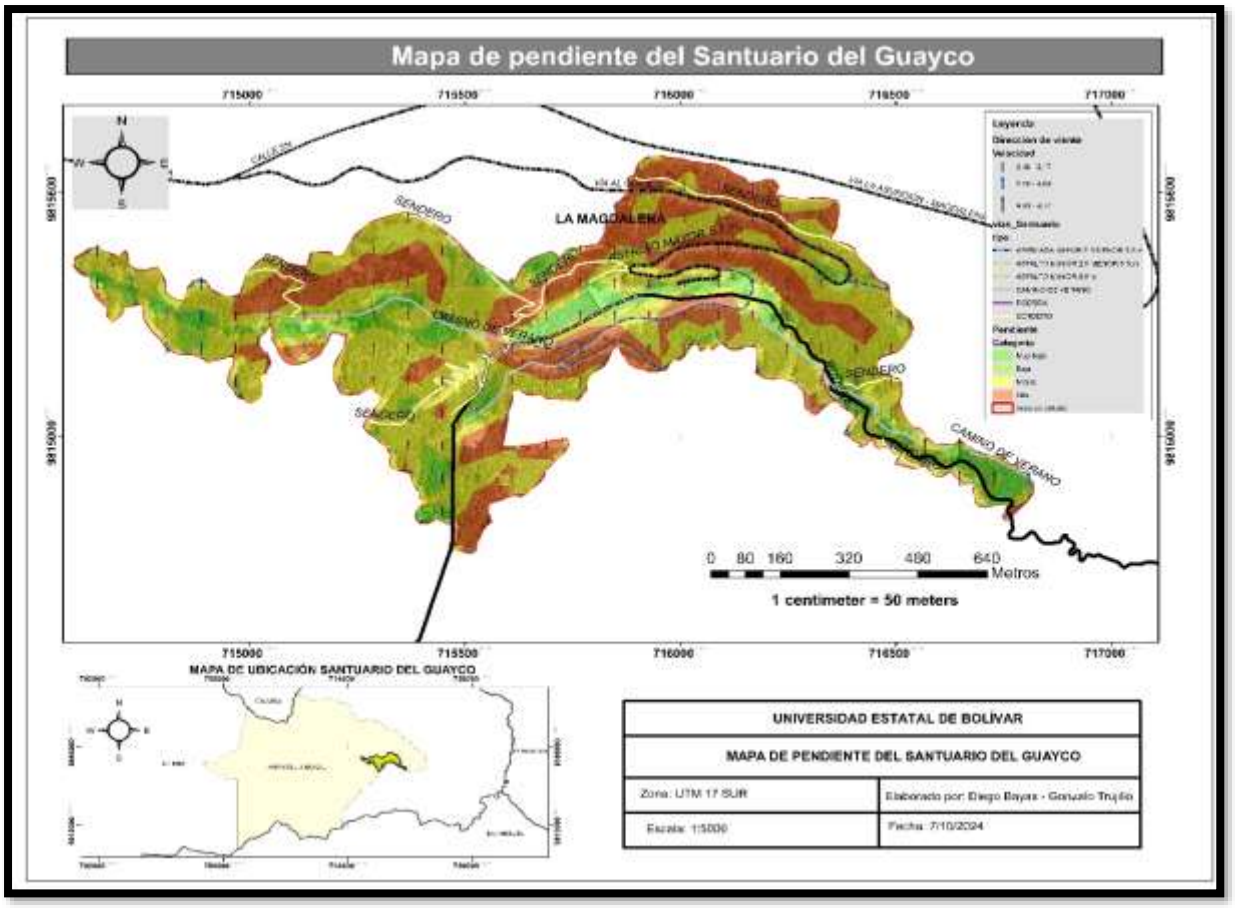
Dentro del área de estudio se utilizó varias herramientas para la recolección de información con la finalidad de obtener la susceptibilidad a incendios forestales en el Santuario del Guayco, el área se clasifica en tres categorías principales: baja, media y alta susceptibilidad. Para obtener este resultado se tomó en cuenta la calificación de cada variable de combustión como: tipo de combustible, duración de combustible y carga total de combustible en el cual se aplicó la siguiente fórmula.

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

Con la aplicación de la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados, en gran parte de la superficie se encuentra en una susceptibilidad media con un 71,66% (54,51 hectáreas), las zonas de alta susceptibilidad tienen una superficie de 17,44% del área con (13,27 hectáreas), las áreas con baja susceptibilidad, representa el 10,90% (8,29 hectáreas), generalmente se encuentran en áreas artificiales.

Figura 12

Relieve Mapa de Pendientes



Fuente. Elaboración Propia

Análisis

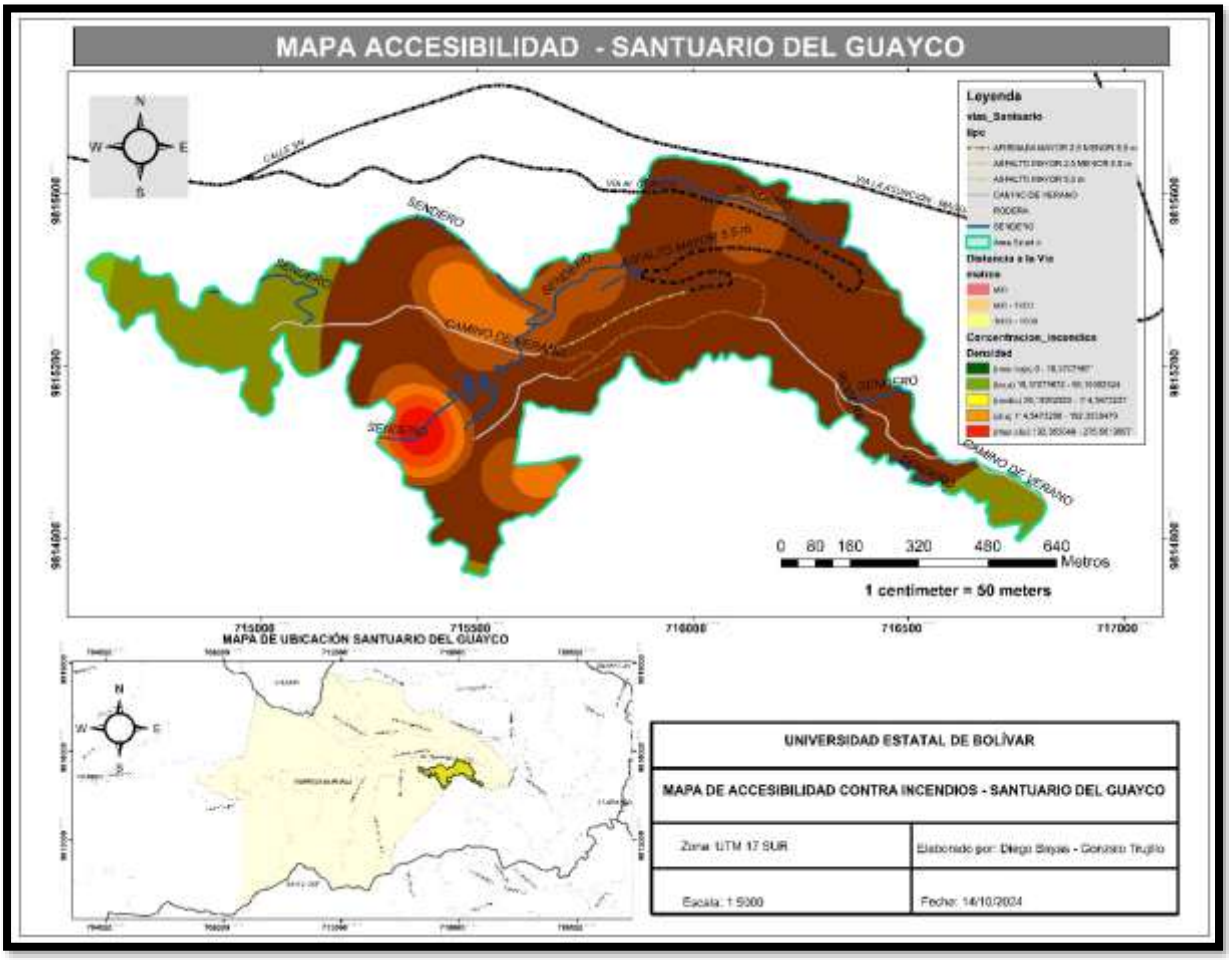
El mapa de pendiente se encuentra clasificado en cuatro categorías: muy baja, baja, media y alta. En la distribución del mapa se puede observar áreas con pendientes altas las cuales se encuentran principalmente cerca de áreas artificiales, lo que lo hace crítica para el análisis de riesgo, dado que esta forma de pendiente favorece a la propagación de incendios,

en este tipo de pendiente son más vulnerables debido a su característica como inclinación facilitando la propagación de incendio cuesta arriba, la pendiente media y baja abarca la mayor parte del área de estudio, en estas zonas depende de otros factores como la velocidad y dirección de viento que influyen en estas zonas y finalmente la pendiente baja estas áreas tienden a ser menos vulnerables ya que actuaría como un amortiguador en la dispersión de incendios forestal en caso de ocurrir.

Además, se observa la representación de la velocidad y dirección de viento, por un lado, la velocidad de viento, esta varía al **(Este)** en la parte baja de 4,69-8,77 m/s, al **(Oeste)** de 2,18-4,68, sin embargo, en gran parte del santuario tiene una velocidad de 2,08 a 2,17 m/s, en cuanto a la dirección de viento esta se mantiene en una sola dirección **(Norte).**

Figura 13

Mapa de Accesibilidad



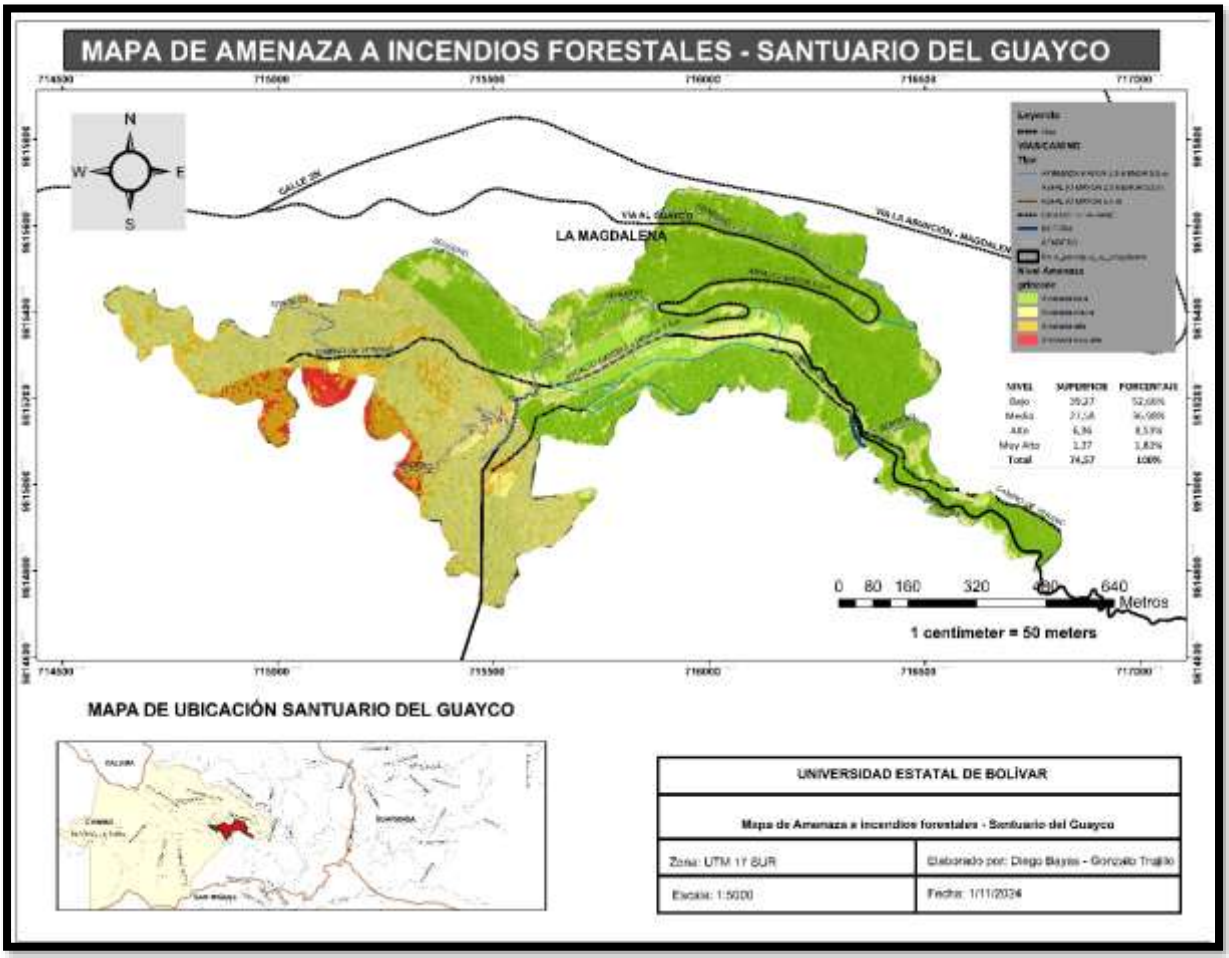
Fuente. Elaboración Propia

Análisis

La Accesibilidad contra incendios del Santuario del Guayco integra información importante como la distancia a las vías de acceso y densidad de concentración de incendios, esta información es relevante para la toma de decisiones logísticas en caso de una emergencia forestal. Las áreas cercanas a las vías principales, están representadas por colores más oscuros (0-500 metros) por el contrario más alejadas representados de color verde oscuro (500-1000) y verde (1000-1500). Sin embargo, la concentración de incendios, como se puede visualizar en el mapa, se ha dado en los sectores con alto nivel de acceso, además estas se encuentran cercano a senderos y caminos de verano lo cual lo hace más vulnerable y es más alta la probabilidad de que se produzca un incendio.

Figura 14

Mapa de Amenaza a Incendios Forestales



Fuente. Elaboración Propia

Análisis

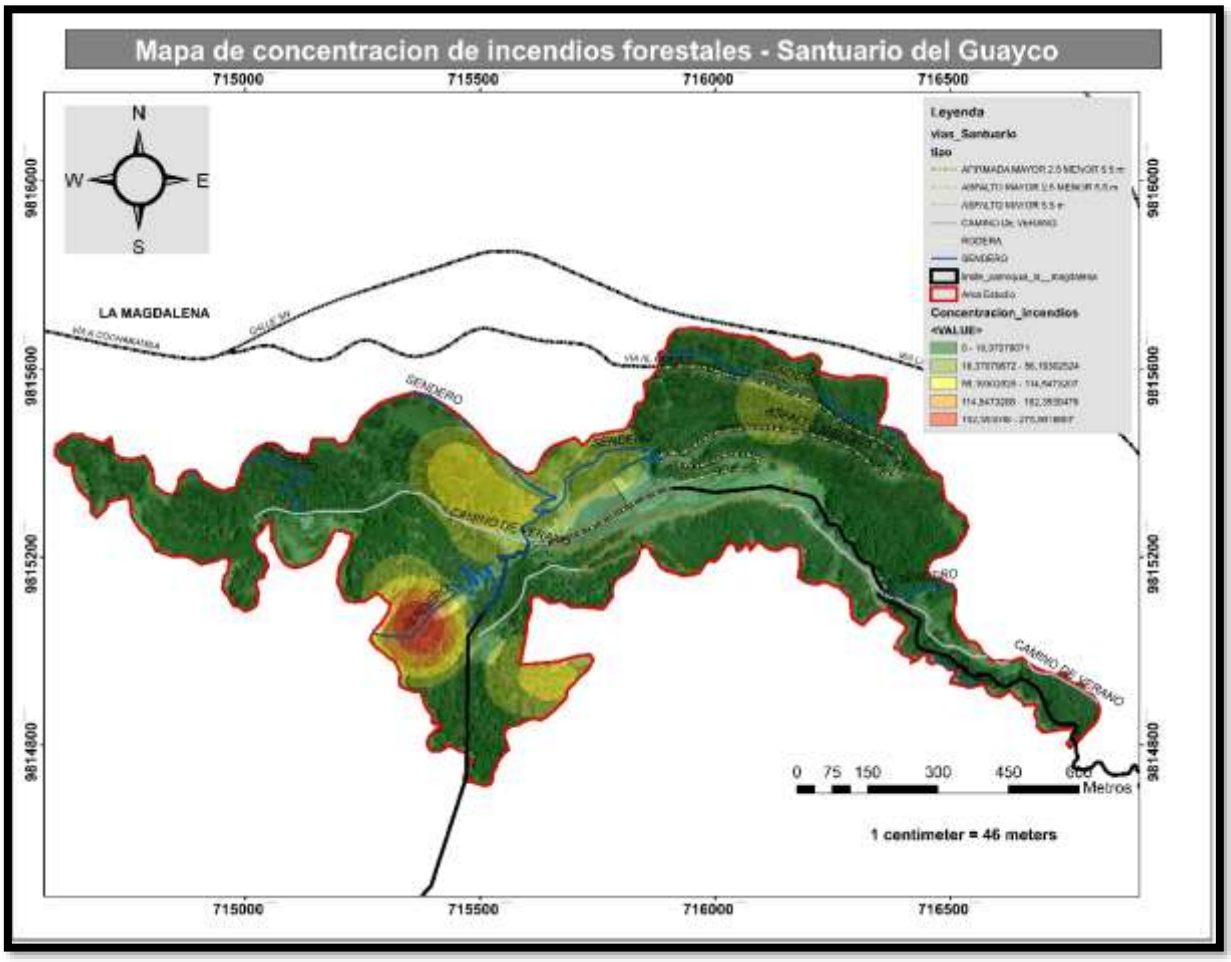
En el mapa representa diferentes áreas del Santuario del Guayco en el cual identifica los diferentes niveles de amenaza a incendios forestales: baja, media, alta y muy alta. Para la obtención de los resultados se tomó en cuenta todas las variables de la metodología Pro-Calculo como: combustión (susceptibilidad de la vegetación), precipitación, temperatura, pendiente y accesibilidad mediante el cual se aplicó la siguiente fórmula.

$$Amenaza = \text{Susceptibilidad de la vegetación} * (0{,}30) + \text{Precipitación} * (0{,}25) + Temperatura * (0{,}25) + pendiente * (0{,}05) + frecuencia * (0{,}10) + \text{accesibilidad} * (0.05)$$

Una vez aplicada la fórmula se obtuvieron los siguientes resultados con una amenaza baja se encuentra 39,27 ha correspondiente al 52,66% del área este nivel de amenaza cubre la mayor parte del Santuario del Guayco. La amenaza media abarca una total de 27,58 ha (36,98% superficie) representando el un tercio aproximado del área de estudio, por su extensión este nivel de amenaza desempeña un papel fundamental en la propagación de incendios. Las áreas con un nivel alto de amenaza, cubren 6,36 ha (8,53% de superficie), en este nivel incrementa notablemente la posibilidad de ocurrencia y propagación del fuego y finalmente con un nivel de amenaza muy alta el cual cubre el 1,37 ha, (1,83%) a pesar que este nivel de amenaza representa la menor parte de superficie, su proximidad a senderos o caminos lo convierten en zonas más vulnerables.

Figura 15

Mapa de concentración de Incendio Forestales



Fuente. Elaboración Propia

Con los registros de incendios forestales obtenidos del Cuerpo de Bombero San Jose de Chimbo se elaboró un mapa de concentración de incendios forestales se evidencia las áreas con mayor frecuencia de incendios se encuentran generalmente en donde se tiene accesibilidad es decir por donde existen caminos y senderos, el cual tiene mucha relación con el traslado de los turistas a diferentes partes del sector, las causas posiblemente fogatas encendidas en zonas inadecuadas, colillas de cigarros un mal manejo en el desecho inflamable.

Como se observa en el mapa los incendios forestales también se dan en áreas cercanas a terrenos donde se realizan actividades agrícolas. En estos puntos los incendios se propagan

por el uso de fuego para la eliminación de estos residuos, así generando focos de ignición, el cual con el inadecuado manejo se propaga hacia la vegetación del área de estudio. Uno de los puntos de concentración de incendios forestales se puede visualizar cercano a la entrada vía principal del santuario del Guayco el cual se originan por la presencia de personas que ingresan al sector además estos en ocasiones desechan de colilla de cigarros u otros factores generando incendios en el sector.

4.1.3. Resultado tercer objetivo

Tabla 11

Medidas para mejorar la Gestión y Reducción de Riesgos ante incendios forestales causado por turismo

Medidas para la Gestión y Reducción de riesgos en caso de Turismo				
Problemas a resolver	**Acciones**	**Tipo de colaboración que deben establecer los GADs y otras identidades.**	**Instrumentos que operativicen las acciones y tipo de colaboración.**	**Prioridad/periodo**
Riesgo de incendios forestales por actividades turísticas como camping y fogatas no controladas	**Delimitación de zonas para camping y fogatas:** Estas zonas permitidas para camping y fogatas, aseguran que solo se realicen fogatas en lugares habilitados “fogones".	**Los GADs parroquiales y cantonales:** Proporcionan recursos técnicos y logísticos para la delimitación de áreas. Además, podría brindar apoyo con guardabosques especialmente en periodos donde más ocurren incendios así facilita la implementación de normas.	• Elaboración de Mapas de ubicación de zonas delimitadas para camping y fogatas. • Identificación de las áreas donde se van a construir fogones. • Señalización adecuada (letreros) en zonas restringidas.	A mediano plazo (2-6 meses)
Falta de control en manejo de fuego como el mal uso de fogatas y campamentos	**Construcción de fogones y señalización:** Construcción de fogones en zonas donde exista más densidad a incendios forestales y colocación de señales en las zonas de alto riesgo.	**Los GADs:** En coordinación con entidades locales y la comunidad para la construcción de fogones y colocación señalética.	• Construcción de fogones en diferentes áreas específicas para campistas. • Colocación de letreros y señales informativas para la prevención de incendios generalmente	A largo plazo (6-12 meses)

			en zonas donde se pueden realizar fogatas.	
Vigilancia insuficiente para prevenir incendios forestales en zonas de alto riesgo	**Asignación de guardabosques nocturnos:** Asignar guardabosques para patrullajes nocturnos, para la prevención de fogatas en zonas no autorizadas.	**Los GADs:** En coordinación con entidades locales y la comunidad para la construcción de fogones y colocación de señaléticas.	• Planes de patrullajes asignando rutas a cada guardabosque. • Recorrido periódico en las zonas con más alto riesgo a incendios. • Informe diario sobre actividades de control.	Estacional (durante días festivos)

Nota. Mediante la tabla se muestran las medidas para una adecuada gestión y reducción de incendios forestales causados por los turistas que llegan al lugar.
Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 12

Medidas para mejorar la Gestión y Reducción de Riesgos ante incendios forestales causado por agricultores

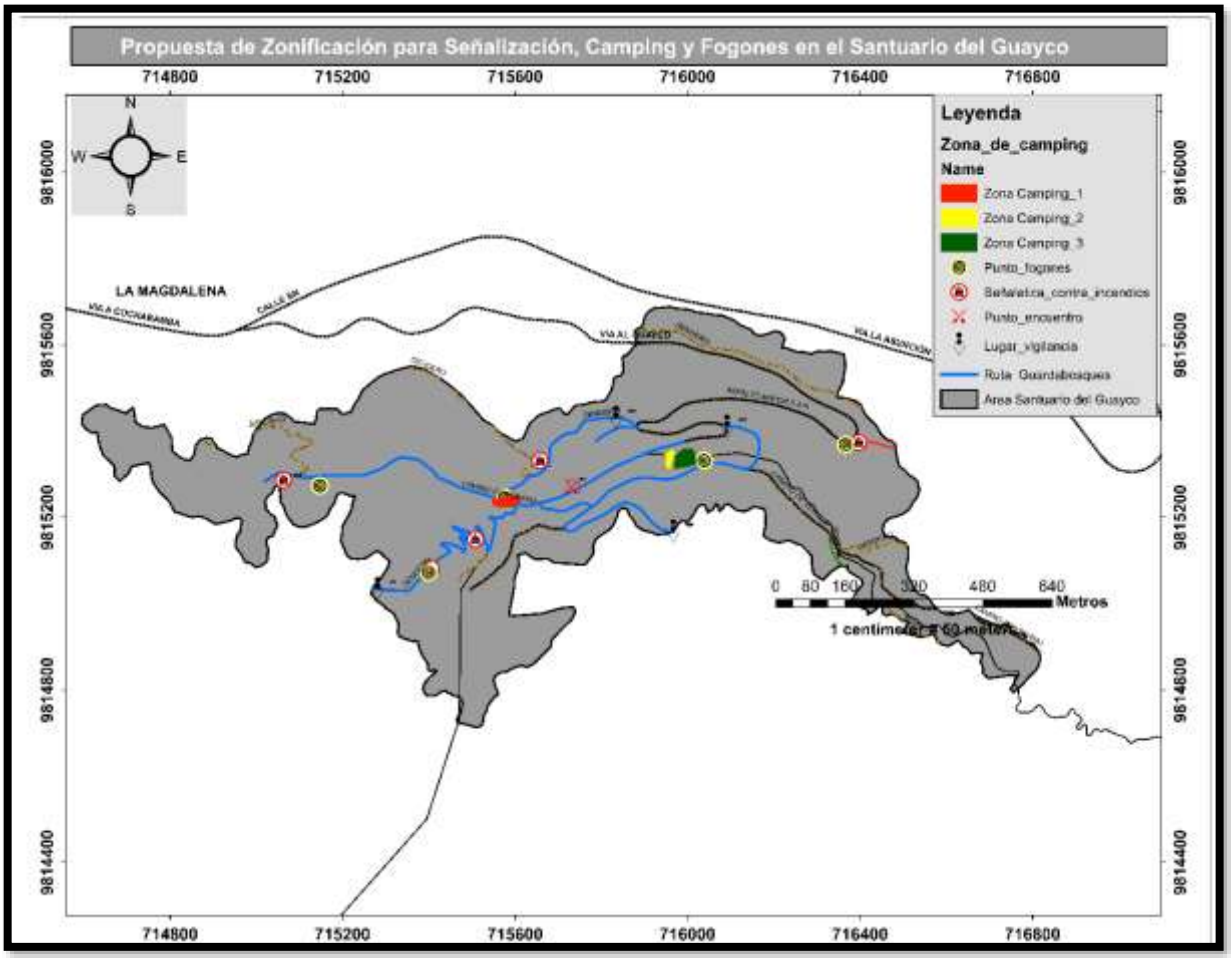
Medidas para la Gestión y Reducción de riesgos en caso de Agricultura				
Problemas a resolver	**Acciones**	**Tipo de colaboración que deben establecer los GADs y otras identidades.**	**Instrumentos que operativicen las acciones y tipo de colaboración.**	**Prioridad/periodo**
Quema de residuos agrícolas no controlados.	**Capacitación a los agricultores.** Evita que la quema de residuos agrícolas se realice cerca a los bosques además así reduciendo la posibilidad a la ocurrencia de un incendio forestal.	**Cuerpo de Bomberos:** Por medio de convenio entre Gads y Cuerpo de Bomberos realizar reuniones para establecer puntos en donde no se debería realizar la quema de residuos agrícolas.	• Asignación de señaléticas prohibiendo (encender fogatas cercanas al bosque de área de estudio). • Creación de un plan de comunicación mediante uso de tecnología	A mediano plazo (2-6 meses)

			(aplicaciones móviles) para reportar incendios de zonas cercanas al bosque del área	
Expansión agrícola dentro del área de estudio	**Delimitación del área.** Con el objetivo de proteger y prohibir las actividades de agricultores dentro del área de estudio.	**Los GADs parroquiales y cantonales.** Con su alianza se podrá mejorar la protección dentro del área de estudio, mejorando los datos cartográficos así reduciendo la vulnerabilidad a incendios forestales.	• Zonificación de áreas en donde se pueda realizar actividades agrícolas así mismo la prohibición de estas actividades.	Urgente (0-2 meses)
Escasez de herramientas para acumulación de residuos agrícolas en zonas menos vulnerables.	**Proporcionar herramientas.** Dotar de herramientas básicas a los agricultores como (machetes, rastrillos y palas) para la movilización de residuos agrícolas.	**Los GADs parroquiales y cantonales.** Financiar la compra de estas herramientas, así mismo facilitar la distribución a cada uno de los agricultores cercanos al área de estudio.	• Elaboración de mapas de zonificación donde muestran las zonas seguras para realizar la acumulación de residuos agrícolas.	Urgente (0-2 meses)

Nota. La tabla muestra medidas para una adecuada Gestión y Reducción de riesgos ante incendios forestales causados por agricultores.
Fuente. Elaboración Propia

Figura 16

Mapa de Propuesta para Señalización, Camping y Fogones para el Santuario del Guayco



Fuente. Elaboración propia

La figura, evidencia las propuestas orientadas a minimizar la vulnerabilidad ante incendios forestales en el Santuario del Guayco, en la cual se delimitan áreas importantes tanto en caso del turismo y prácticas agrícolas.

Para la gestión y reducción de riesgos para el turismo.

Zona de camping. - Tres zonas ubicadas en zonas estratégicas con espacios adecuados para visitantes, estas zonas evitarán el desorden y reducirá el impacto humano en áreas de amenaza contra incendios.

Puntos de fogones. - Promoverá el uso responsable del fuego además de reducir los riesgos a la propagación de incendios forestales.

Señalética preventiva. - La distribución de señaléticas generalmente en caminos y senderos además ayudar a concientizar y colaboración en prevención entre visitantes.

Vigilancia de Guardabosques. – Asignar puntos de vigilancia a cada guardabosque con su respectiva ruta de evacuación para una supervisión adecuada, además asignar un punto de encuentro coordina un retorno más seguro y facilita la comunicación en caso de ocurrir un incendio que no se pueda controlar.

Gestión y reducción de riesgos para las prácticas adecuadas de residuos agrícolas.

Acumulación de residuos agrícolas. - Asignar áreas en zonas más seguras para la acumulación de desechos agrícolas, permite en gran magnitud reduciría el riesgo a incendio forestales y un manejo adecuado de los desechos agrícolas.

Delimitación del área. - Al establecer límites se prohíbe las actividades agrícolas dentro de la zona, además se toma en cuenta el riesgo a realizar quema de residuos agrícolas cercanas a estos límites del área de estudio.

Proporción de herramientas. - Con el uso de herramientas como machetes, rastrillos y palas facilita la movilización de residuos agrícolas a zonas más seguras donde se podrá realizar su respectiva eliminación de estos, además estas herramientas facilitan el movimiento de estos residuos a zonas más seguras, así evita realizar prácticas de uso de fuego cercano al límite de área de estudio.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES

Caracterizar los factores ambientales y humanos permitió conocer cómo, durante los meses de agosto, septiembre y octubre alcanzan mayores temperaturas (18,45 °C) y menor precipitación (17,47 mm), siendo más favorable para que el material combustible pierda su humedad, por ende, se seca, además la velocidad de viento en los mismos meses alcanza hasta 8,71 m/s, la combinación de estos factores, hace que el fuego se propague de forma más fácil. A esto se suma la presencia de turistas en los mismos periodos vulnerables, además se asocian al periodo de preparación de terreno por parte de los agricultores que realizan actividades como quema de residuos agrícolas.

La metodología Pro- Cálculo para incendios forestales es aplicable con información de cada uno de los factores permitiendo conocer el nivel de vulnerabilidad y amenaza de cada uno de ellos, con el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mediante uso de fórmulas matemáticas mismas de la metodología, se conoció la susceptibilidad de la vegetación y la amenaza de incendios forestales. Categorizar las áreas del Santuario del Guayco en cuatro niveles de amenaza permite conocer las áreas más vulnerables del Santuario y bajo qué porcentaje se encuentra cada uno baja (52,66%), media (36,98%), alta (8,53%) y muy alta (1,83%).

La gestión y la reducción de riesgos ante incendios forestales requiere medidas específicas para la parte turística y prácticas agrícolas. Para el turismo, al delimitar zonas de camping, fogones, señaléticas preventivas y vigilar la zona con guardabosques generalmente en los meses de festividades. En la parte agrícola, establecer áreas para acumulación de residuos, proporcionar herramientas a agricultores y delimitar zonas que prohíban realizar

actividades agrícolas. Todas estas propuestas, en coordinación con GADs y otras entidades buscan minimizar la vulnerabilidad a la ocurrencia de incendios forestales.

5.2. RECOMENDACIONES

Implementar monitoreo con anticipación generalmente a los factores críticos como temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad de viento para conocer cuánto puede afectar estos factores en caso de un incendio forestal especialmente en los tres meses más secos de agosto, septiembre y octubre. También el desarrollo de estrategias en la gestión de riesgos de desastres incluyendo capacitación de la comunidad local.

Obtener zonas con mayor susceptibilidad y amenaza ante incendios forestales mediante el cual se buscará aplicar diferentes métodos para conocer las características de cada uno de los factores y llegar a una comparación, además contar con participación de las autoridades para acceder a equipos especializados como drones, que faciliten la captura de ortofotos y modelos digital de elevación de mejor resolución y así obtener datos de mejor calidad. Además de conocer con mejor calidad de detalle cada lugar en donde es más vulnerable ante incendios forestales en el Santuario del Guayco.

Para la implementación de medidas para una mejor gestión y reducción de riesgos ante incendios por factor ambiental y humano se recomienda. Desarrollar convenios entre instituciones entre GADs, Cuerpo de bomberos cantonal generalmente en los días que se reciben miles de visitantes y turistas, así promover de manera coordinada planes para reducir el riesgo ante incendios forestales. Fortalecer el uso de equipos tecnológicos para el monitoreo y detección de manera más rápida el incendio. Es muy necesario en caso de detectar un incendio forestal se pueda tomar medidas en etapas tempranas donde el fuego es fácil de controlar o extinguir.

BIBLIOGRAFÍA

Agee, J. K., & Skinner, C. N. (2005). Basic principles of forest fuel reduction treatments. *Forest Ecology and Management*, *211*(1), 83-96. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.034

Aldaz Sánchez, L. K., & Cargua Villarreal, H. A. (2019). *Amenaza de incendios forestales y medidas de reducción en la microcuenca del río Chazo Juan, provincia Bolívar* [bachelorThesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, Carrera de Administracion para desastres y Gestión del Riesgo]. https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3067

Alegría Tardón, R. E. (2020). *Estudio y evaluación del riesgo de incendios forestales en la interfaz urbano-forestal de las comunas que componen el Área Metropolitana de Valparaíso: Periodo 2000 - 2017*. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178619

Araque Sánchez, M. C. (2020). *Turismo religioso y desarrollo sostenible en el cantón San José de Chimbo—Provincia de Bolívar* [Thesis]. http://biblioteca.uteg.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1317

Arias-Muñoz, P., Chuma-Pomasqui, L., Cacuango, P. C., & 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

Armenteras, D., González, T. M., Vargas, J. O., Elizalde, M. C. M., & Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: Avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, *42*(1), Article 1. https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353

Badia, A., & Valldeperas, N. (2015). El valor histórico y estético del paisaje: Claves para entender la vulnerabilidad de la interfaz urbano-forestal frente a los incendios. *Scripta*

Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, 19. https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/15125

Bustamante, M., Gavito, M. E., Jiménez, A., Loboguerrero Rodriguez, A. M., Pérez, C., Torres, I., Suárez, M. L., & Vidal-Abarca, M. R. (2020). *Ecosistemas terrestres y acuáticos continentales. Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos – Informe RIOCCADAPT*. https://hdl.handle.net/10568/113133

Calderón Cedeño, S. V. (2022). *Análisis de la protección contra incendios forestales en Paján, Manabí, Ecuador* [bachelorThesis, Jijpijapa.UNESUM]. http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/3438

Camacho, A. P., Ilijama, M. V., Aroca, G. B., & Taco, L. V. (2021). Factores condicionantes y climáticos en la amenaza de incendio forestal de la microcuenca del Río Chazo Juan, Ecuador. *Journal of Science and Research*, *6*(4), Article 4. https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol6iss4.2021pp139

Cano Bogotá, M. F., Navarro Lizcano, V., & Santa Quintero, R. A. (2023). DISEÑO DE UN PICOSATÉLITE PARA EL MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE INCENDIOS FORESTALES. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, *10*(19), 127-133.

Castillo Soto, M., Julio A., G., & Quintanilla Pérez, V. (2011). Vulnerabilidad y daño potencial ocasionado por incendios en áreas de interfaz urbano-forestal, provincia de Valparaíso. Chile central. *Territorium, 18*, 247-254.

Chuvieco, E., Martín, M. P., Martínez, J., & Salas, F. J. (1998). *Geografía e Incendios Forestales*. https://digital.csic.es/handle/10261/6427

¿Cómo se originan los incendios? (2018, marzo 15). Argentina.gob.ar. https://www.argentina.gob.ar/seguridad/servicio-nacional-de-manejo-del-fuego/que-es-y-como-funciona-el-servicio-nacional-de-3

Doblas-Miranda, E. (2013). *Conservar Aprovechando. Cómo integrar el cambio global en la gestión de los montes españoles*.

Domínguez Martín, M. (2008). *DFGA_Fisica indice predictivo riesgo incendios*. /https://gredos.usal.es/bitstream/10366/19335/1/DFGA_Fisica%20indice%20predictivo%20riesgo%20incendios.pdf

Echeverría Meléndez, K. J. (2019). *Fiestas patronales y el turismo religioso en la virgen del Guayco en la Provincia De Bolívar* [bachelorThesis, BABAHOYO: UTB, 2019]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6938

Flores-Garnica, J. G. (2021). Antecedentes y perspectivas de la investigación en incendios forestales en el INIFAP. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *12*(SPE1), 91-119. https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iespecial-1.981

Franco Radín, C., Revert Ferrero, A., Mediavilla González, J., & Núñez Mora, J. Á. (2019). *Análisis estadístico de incendios forestales en la Comunitat Valenciana y modificación del índice de peligrosidad de incendios (PIF)*. https://repositorio.aemet.es/handle/20.500.11765/11035

Gaibor Villagómez, S. D. (2021). *Diseño arquitectónico de un equipamiento de alojamiento en el santuario de la Virgen del Guayco, provincia de Bolivar* [bachelorThesis, Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica]. https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/2475

Gamboa, G., Otero, I., Bueno, C., Arilla, E., Ballart, H., Camprubí, L., Canaleta, G., Tolosa, G., & Castellnou, M. (2023). Participatory multi-criteria evaluation of landscape

values to inform wildfire management. *Journal of Environmental Management*, *327*, 116762. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116762

Guijarro Guzmán, M., Hernando, C., Díez Galilea, C., & Madrigal Olmo, J. (2004). Modelización del comportamiento del fuego en los incendios forestales: Modelos empíricos de predicción de la velocidad de propagación desarrollados en túnel de viento. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, *18*, 269-274.

Hayes, C. (2024, abril 5). *How to Effectively Combat and Prevent Forest Fires – Forestry.com*. https://forestry.com/guides/how-to-effectively-combat-and-prevent-forest-fires/

idonella. (2020, noviembre 11). Causas y consecuencias de los incendios forestales. *Idonella*. https://www.idonella.com/cambio-climatico/causas-y-consecuencias-de-los-incendios-forestales/

Incendios Forestales – Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (s. f.). Recuperado 29 de junio de 2024, de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/incendios-forestales/

Julio A., G., & Giroz G., G. (1975). *Notas Sobre el Comportamiento del Fuego y su Aplicación en el Control de Incendios Forestales.* https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31877

Keeley, J., Bond, W., Bradstock, R., Pausas, J., & Rundel, P. (2011). Fire in Mediterranean Ecosystems; Ecology, Evolution and Management. *Fire in Mediterranean Ecosystems: Ecology, Evolution and Management*, 1-515. https://doi.org/10.1017/CBO9781139033091

Martín, M. P., Chuvieco, E., & Aguado, I. (1998). *La incidencia de los incendios forestales en España*. https://digital.csic.es/handle/10261/6428

Martínez Vega, J., Romero Calcerrada, R., & Echavarría Daspet, P. (2007). *Valoración paisajística y ecológica de la Comunidad de Madrid: Su integración en un índice sintético de riesgo de incendios forestales*. https://digital.csic.es/handle/10261/85374

Mesa Dávila, A. F. (2023). *Análisis de las variaciones espaciotemporales de la cobertura del suelo y su relación con la ocurrencia de incendios a partir del procesamiento de productos satelitales. Revisión e implementación de metodologías basadas en herramientas computacionales*. http://hdl.handle.net/1992/68889

Moena, R. G., Soto, M. E. C., & Zarricueta, R. T. (2021). Viviendas ubicadas en áreas de riesgo de incendios forestales de interfaz. Un análisis territorial y normativo desde Chile. *ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno*. https://doi.org/10.5821/ace.16.46.9523

Montaña Molina, D. C. (2020). *Sistema para transportar los elementos esenciales para un incendio forestal*. http://hdl.handle.net/1992/51117

Neger, C. (2021). Causas antrópicas de los incendios forestales en la sierra de los Tuxtlas, México. *Ciencia transdisciplinar para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad, 2021, ISBN 9789585327849, págs. 376-393*, 376-393. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8734799

Pausas, J. G. (2020). *Incendios forestales*. Los Libros De La Catarata.

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

Peña-Fernández, E. (2008). *Incremento de los Incendios Forestales en Bosques Naturales y Plantaciones Forestales en Chile*.

Peralta, J. C. M. (2010). Evaluación Del Riesgo Ante Incendios Forestales En La Cuenca Del Río Tempisque, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, *2*(45), 33-64.

Pérez Pineda, L. M. (2021). *Análisis cronológico y de riesgo por incendios forestales en páramos y bosques altoandinos en Colombia desde los años 70*. http://hdl.handle.net/1992/53828

Pérez Soto, F., Figueroa Hernández, E., & García Núñez, R. M. (2014). *Investigación en Matemáticas, economía y ciencIas sociales*. https://core.ac.uk/download/pdf/55531259.pdf

Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., & Salmerón-Macías, M. (2013a). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y bosques*, *19*(2), 37-58.

Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., & Salmerón-Macías, M. (2013b). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y bosques*, *19*(2), 37-58.

Prieto Galvis, Y. C. (2017). *Incidencia de los incendios forestales sobre la calidad de aire en la ciudad de Bogotá*. http://hdl.handle.net/1992/18220

ProGIR. (2019, marzo 19). *INCENDIO FORESTAL*. Progir. https://progir.wixsite.com/progir/post/incendio-forestal

Rodríguez, M. P. R., López, M. J. B., González, A. J., Andrade, G. A. P., & Toala, T. O. M. (2018). Programa de comunicación sobre prevención de incendios forestales en el cantón Paján, Manabí, Ecuador. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, *16*(31), Article 31. https://doi.org/10.15359/prne.16-31.6

Sánchez Castro, M. E. (2021). *Percepción social de los incendios forestales en el cantón Guaranda provincia de Bolívar Ecuador* [bachelorThesis]. http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/29063

Tenorio Tenorio, S. N., & Abarca Coronado, M. B. (2022). *Caracterización de los patrones de incendios forestales y su relación con factores climáticos en la Sierra Centro-*

Ecuador [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9657

Torres, M., & María, D. (2019). *Sistema de monitoreo y alerta temprana de incendios forestales, estructurales y cobertura vegetal en la ciudad de Santa Marta*. https://hdl.handle.net/20.500.12494/15677

Valenzuela, N. V. U., & Bueno, M. F. C. (2012). Incendios forestales: Principales consecuencias económicas y ambientales en Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo - RIAT*, *7*(1), Article 1. https://doi.org/10.4067/riatvol7iss1pp18-24%0718-235X

Villamar Muñoz, G. M. (2020). *Promoción turística y el desarrollo sociocultural en el cantón Echeandia año, 2019* [bachelorThesis, Babahoyo: UTB, 2020]. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/7926

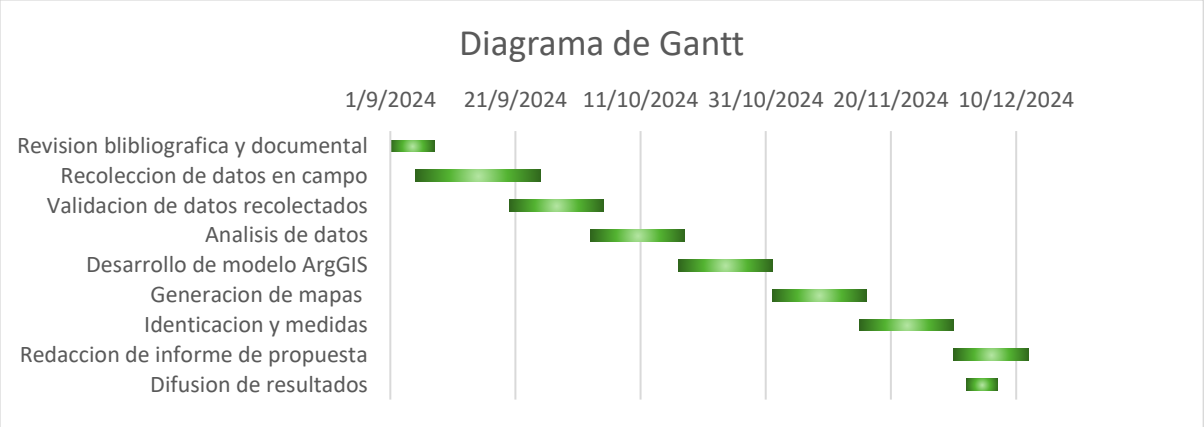
Villers Ruíz, M. de L. (2006). *Incendios forestales—Revista Ciencias*. https://www.revistacienciasunam.com/pt/54-revistas/revista-ciencias-81/350-incendios-forestales.html

Vizcarra, R. A. A., & Cruz-Lozado, J. D. L. (2022). INCREMENTO DE INCENDIOS FORESTALES EN AMÉRICA LATINA: PROBLEMÁTICA, CAUSAS E IMPACTOS EN LA BIODIVERSIDAD, 2005-2021.: INCREASE IN FOREST FIRES IN LATIN AMERICA: PROBLEMS, CAUSES AND IMPACTS ON BIODIVERSITY, 2005-2021. *Revista de Investigación Científica TSE DE*, *5*(1), Article 1.

ANEXOS

Anexo 1

Cronograma de (Gantt)



Fuente. Elaboración Propia

Anexo 2

Presupuesto Ejecutado

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo total (USD)
1	Alquiler GPS - Equipo de localización	Equipo SIG	1	100	100
2	Alquiler Dron - mapeo, ortofoto	Equipo SIG	1	300	300
3	Licencia - Software ArcGIS	Software SIG	1	200	200
4	Transporte	Viaje	1	50	50
5	libros	Libro	2	50	100
				Subtotal	750
			IVA	**IVA 15%**	112,5
				Costo Total	862,5

Fuente. Elaboración Propia

Anexo 3

Salida a campo para recolección de muestras



Fuente. Elaboración Propia

Anexo 4

Toma de datos de factores ambiental con Anemómetro



Fuente. Elaboración Propia

Anexo 5

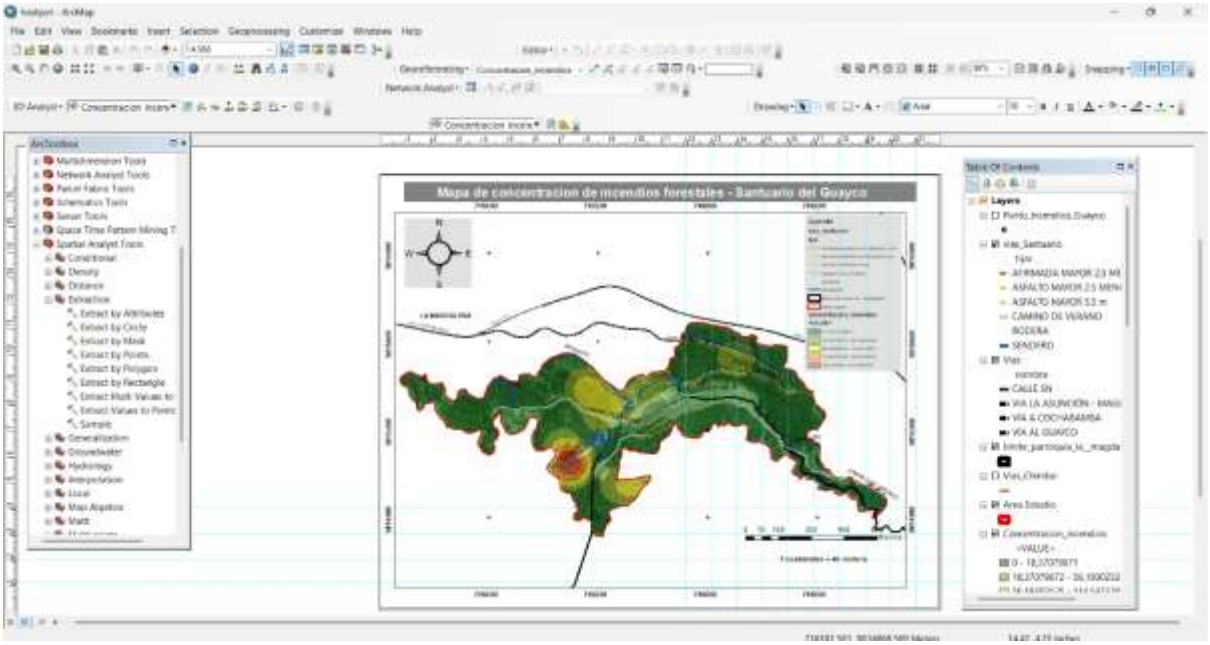
Configuración de Anemómetro para toma de datos



Fuente. Elaboración Propia

Anexo 6

Uso de Software ArcGIS para la elaboración de mapas



Fuente. Elaboración Propia

Anexo 7

Base de datos registro de incendios forestales, Santuario del Guayco

N.	FECHA y HORA SALIDA INGRESO	LLAMADA EL QUE AVISA	LUGAR	AREA QUEMADA TIPO DE VEGETACION	UNIDADES	PERSONAL	NOVEDAD	AÑO	x	y
1	10/8/2018							2018	715506.89	9815230.47
2	10/9/2018							2018	715623.23	9815363.84
3	16/9/2018							2018	715340.45	9815210.53
4	23/08/2019 06h:30	Sr. Gustavo Vega	EL GUAYCO	200 M DE BOSQUE DE PINO Y EUCALIPTO	AB1	DELTA 11,14	CONTROLADO CON AGUA	2019	715382.69	9815043.37
5	09/09/2019 10h05	911 de guaranda	EL GUAYCO	MEDIA CUADRA DE EUCALITY Y CYPRESS	AB1 Y T1	DELTA 11,14 ,2	CONTROLADO CON AGUA	2019	715358.94	9815010.25
6	1/8/2020	ECU 911	SECTOR EL GUAYCO		AB1	SRS CARRERA Y BARAHONA		2020	716131.35	9815524.23
7	9/11/2020	ECU 911	SECTOR EL GUAYCO		AB1	CARRERA Y MORA		2020	715370.15	9815045.40
8	4/9/2022	Sñ. J1	EL GUAYCO		AB1	CBO Carrera D	Se quema mas o menos unos 30 metros cadrados de ojarascas de pino	2022	715593.41	9814948.30
9	09/09/2022 ECU 911		EL GUAYCO		AB1	Carrera y Mora	Sequema mas o meno unos 50 metros de linderos -	2022	715696.53	9814934.92
10	9/12/2022	ECU 911	EL GUAYCO		AB1 Y M2	BARAHONA, MORA, Y CARRERA	500 METRO QUERMADO HOJAS DE PINO EN EL BOSQUE SECTOR DE LA CRUZ	2022	715352.02	9815056.09
11	20/11/2022	lic Alrcon	EL GUAYCO		ABI	CARRERA Y MORA 1	Se quemo unos 100 metros cuadrados de ojarasca de pino mas o menos	2022	715432.54	9815388.95
12	24/11/2022	LLAMA EL PADRE	EL GUAYCO		UR	MORA Y BARAHONA	SE QUERMA MEDIA CUADRA DE HOJARASCA DEL BOSQUE	2022	715758.44	9815412.52
13	8/9/2023	ECU 911	EL GUAYCO		T1 Y AB1	BARAHONA CARRERA Y MORA	SE CONSUMIO UN BUSQUE DE PINO Y EUCALITO MAS MALEZA 4 CUADRAS CONSUMIDAS	2023	715335.81	9815119.13
14	9/9/2023	PADRE DEL HUAYCO Y ECU-911	EL HUAYCO		AB1 y T1	GARCIA, MELENDRES y TOAZA	Se quemo 2 cuadras aproximadamente de bosque de eucalipto, pino y maleza.	2023	715399.36	9815045.33
15	10/9/2023	POLICIA	EL HUAYCO		AB1 y T1	GARCIA, MELENDRES y TOAZA	Se quemo unos 40 mtrs aproximadamente de bosque de eucalipto, pino y maleza	2023	715479.60	9815364.53
16	5/8/2024	AVISO POR EL SR. MAURICIO MARTINES	SECTOR DEL GUAYCO		T1	SGTO. GARCIA, SGTO. MELENDRES, BRO. TOAZA	SE CONTROLA UN INCENDIO FORESTAL EN EL SECTOR DE EL GUAYCO	2024	715628.62	9815318.13
17	22/8/2024	MORADOR	EL GUAYCO		AB1	SGTO. GARCIA Y SGTO MELENDRES	SE CONTROLO EL 10-4 CON AGUA, QUEMANDOSE UNOS 40 MTS DE BOSQUE Y MALESA	2024	715517.42	9815274.55

Fuente. Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo

Anexo 8

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources

-BEGIN HEADER-														
NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual														
Dates (month/day/year): 01/01/2019 through 12/31/2022														
Location: Latitude -1.6726 Longitude -79.0641														
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 939.06 meters														
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999														
Parameter(s):														
RH2M MERRA-2 Relative Humidity at 2 Meters (%)														
T2M_MAX MERRA-2 Temperature at 2 Meters Maximum (C)														
T2M_MIN MERRA-2 Temperature at 2 Meters Minimum (C)														
PRECTOTCORR MERRA-2 Precipitation Corrected (mm/day)														
PRECTOTCORR_SUM MERRA-2 Precipitation Corrected Sum (mm)														
-END HEADER-														
PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
RH2M	2019	81.25	86.94	88.62	87.38	84.88	78.94	70.44	59.62	58.31	63.62	68.62	69.19	74.75
RH2M	2020	76.19	84.0	86.94	82.69	75.25	69.94	66.56	60.38	62.5	65.31	67.62	75.69	72.75

RH2M	2021	86.38	88.81	88.31	86.19	81.12	79.56	70.94	63.62	62.38	66.25	68.69	73.94	76.25
RH2M	2022	77.12	85.94	89.31	85.75	81.19	75.81	66.75	62.5	58.81	61.44	62.06	65.88	72.62
T2M_MAX	2019	31.71	29.14	29.01	28.62	29.48	30.63	32.43	34.4	35.07	32.88	32.4	33.0	35.07
T2M_MAX	2020	33.72	30.32	29.23	29.44	31.96	31.8	32.71	34.3	33.12	34.33	32.15	30.87	34.33
T2M_MAX	2021	28.55	28.25	28.4	28.55	29.46	29.55	31.65	32.61	33.84	33.15	30.87	30.94	33.84
T2M_MAX	2022	31.8	27.93	27.08	29.23	29.36	29.67	31.79	33.05	34.12	34.55	32.17	31.69	34.55
T2M_MIN	2019	18.15	17.94	18.55	17.99	17.63	16.62	16.09	15.76	16.65	17.33	17.26	17.53	15.76
T2M_MIN	2020	16.76	18.31	18.18	17.88	17.26	16.98	16.06	15.09	16.64	16.94	16.43	17.52	15.09
T2M_MIN	2021	17.63	18.35	17.33	17.75	16.59	15.55	14.06	16.15	16.2	17.05	16.4	16.61	14.06
T2M_MIN	2022	16.3	17.38	17.74	16.87	16.27	15.17	15.86	15.78	15.68	16.44	16.21	16.15	15.17
PRECTOTCORR	2019	5.27	10.55	5.27	5.27	5.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.27
PRECTOTCORR	2020	5.27	5.27	5.27	5.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.27	0.0
PRECTOTCORR	2021	21.6	4.9	6.97	3.58	2.97	6.64	0.45	0.32	0.92	2.14	1.44	3.03	4.59
PRECTOTCORR	2022	5.38	5.51	9.15	5.43	2.0	1.68	1.45	0.56	0.61	0.96	1.0	0.89	2.87
PRECTOTCORR_SUM	2019	168.75	274.22	237.3	216.21	110.74	58.01	21.09	0.0	0.0	10.55	58.01	47.46	1202.34
PRECTOTCORR_SUM	2020	126.56	179.3	163.48	100.2	47.46	31.64	26.37	5.27	0.0	10.55	15.82	100.2	806.84
PRECTOTCORR_SUM	2021	669.73	137.11	216.21	107.39	91.94	199.14	13.92	9.79	27.7	66.36	43.1	93.91	1676.29
PRECTOTCORR_SUM	2022	166.9	154.4	283.53	162.87	61.89	50.25	44.83	17.47	18.16	29.79	30.06	27.54	1047.71

Fuente. (NASA, 1958) (Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 9

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2018)

Agosto 2018				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
22,85	6,36	85,75	2,47	89,31
23,42	1,09	85,19	2,31	94,69
23,46	3,64	82,19	1,83	115,25
23,01	1,33	86,25	1,63	111,5
23,64	0,22	84,75	1,4	86,56
23,82	2,99	83,44	3,08	85,81
24,54	2,34	82,69	4,02	90,06
24,72	3,85	83,62	4,84	92,69
24,61	11,95	83,62	6,87	92,94
24,59	5,56	80,81	6,01	93,88
24,14	2,2	81,88	4,19	96,44
23,72	0,67	83,12	3,77	96,88
23,54	0,01	80,81	2,64	107,62
23,15	1,4	84,94	2,28	95,31
23,67	2,05	84,38	2,89	89,06
24,26	4,44	83,69	4,26	89,75
23,87	0,58	83,81	3,69	88,31
24,28	0,54	79,62	2,69	104,44
24,3	0,49	81,12	2,38	87,5
24,14	8,27	83,25	3,51	85,94
23,71	13,85	85,38	3,89	90,88
23,9	8,79	83,69	3,44	88,31
24,01	0,91	81,5	2,6	100,5
23,87	0,65	80,38	2,45	90,38
24,22	3,88	81,56	3,55	91,75
24,07	7,56	81,94	4,47	93,31
23,92	4,1	81,88	3,83	90,5
24,19	0,5	82	3,27	96,75
24,03	0,02	80,94	2,85	110,5
23,96	0,03	81,06	2,3	85,19
23,92	1,44	81,12	2,18	84,31
23,92	**3,28**	**82,79**	**3,28**	**94,07**

Fuente. (NASA, 1958) (Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 10

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2019)

sept-19				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
23,65	0,51	80,88	1,93	104,81
23,96	0,17	83,31	2,44	93,5
24,6	3,93	80,69	3,62	94,25
23,98	4,21	82,62	4,23	99,38
24,45	1,14	78	3,48	98
24,14	0,07	64,94	2,37	115,5
23,87	0,06	68,25	1,98	95,62
24,62	0,26	77,75	3,11	97,75
24,33	0,14	82,44	3,3	97,75
24,56	0,14	80,94	3,44	97,81
24,34	1,67	77,94	3,02	103,25
23,34	0,7	81,75	1,91	109,38
23,25	1,48	80,88	1,61	152,75
22,06	4,57	86,69	1,07	154,81
22,9	1,4	84,38	1,26	183,31
23,08	4,03	86,44	1,2	135,94
24,18	2,41	80,75	1,5	88,12
24,69	0,02	78,56	2,88	81,56
24,44	0,06	79,5	3,23	94,88
25,19	0,65	77,25	3,71	95,69
24,36	2,92	81,19	3,45	92,56
24,44	1,46	81,12	3,47	85,81
24,73	0,07	77,81	2,39	102,12
25,18	0,39	79,38	2,73	102,44
24,62	0,09	79	2,66	86,62
23,91	1,97	83,06	1,68	132,88
24,3	0,42	78,69	1,45	154,75
24,26	1	80,69	1,37	147,44
23,86	11,46	83,19	1,62	159,44
24,37	0,18	83,38	1,6	163,19
24,12	**1,59**	**80,05**	**2,46**	**114,04**

Fuente. (NASA, 1958) (Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 11

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2019)

ago-19				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V, Viento (m)**	**Dirección**
23,52	0,01	82,69	2,44	113,12
23,22	3,05	82,5	2,09	100,31
22,98	9,14	85,81	4,02	101,62
23,3	15,09	85,88	5,25	98,88
23,64	0,17	82,75	3,97	95,38
23,76	0	80,31	3,07	94,56
23,76	0	82,38	3,47	93,06
23,69	0,51	82,56	4,32	96,69
23,47	0,1	82,88	3,68	94,88
23,84	1,78	82,19	3,97	96
24,23	0,76	82,5	4,28	100,62
24,1	0,42	82,06	3,93	99,12
24,36	6,27	83,19	4,98	95,88
23,58	8,63	83,94	5,77	97,81
22,36	0,98	81,44	4,42	102,62
23,57	0,45	77,75	3,25	104,88
23,26	0,05	81,19	2,16	103,69
23,98	0	79,31	2,39	91,81
23,47	3,43	84	3,42	90,25
23,77	1,21	84,06	3,84	93,88
24,22	1,24	81,75	4,26	96,5
24	2,87	84,06	3,94	101,38
24,75	0,68	82,75	4,65	98,75
25,09	4,81	82,12	4,1	99,62
24,64	0,44	81,62	3,03	97
24,98	0,41	81,88	3,79	97
25,17	8,79	81,69	4,1	95,06
24,7	11,46	83,88	4,51	92,25
24,48	0,18	77,56	3,19	101,88
24,18	0	73,62	2,75	95,31
23,8	0,05	79,19	2,77	92,25
23,93	**2,68**	**81,92**	**3,74**	**97,81**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 12

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2019)

septiembre 2019				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
24,23	0,04	80	2,79	95,56
24,17	0,05	79	2,2	93,19
24,57	0,39	80,38	2,32	89,75
23,92	1	82	3,33	90,81
24,15	0,23	80,19	3,02	96,75
24	1,71	80,75	3,34	96,62
24,13	2,28	79,75	3,06	91,38
25,17	0,91	74,06	3,41	90,75
23,94	0,23	76,94	3,31	89,88
23,72	0	80,06	2,12	106,06
23,88	0,9	81,88	2,39	89,38
23,84	2,37	81,75	3,33	97,44
24,87	3,25	79,56	4,2	95,5
24,68	1,12	80,38	3,41	103,81
24,54	0	79,31	2,98	93,62
24,37	0	73,94	2,25	104,38
24,01	4,45	78,06	1,98	118,56
22,74	0,98	84,31	1,37	173,62
22,94	0,33	84,19	1,59	217,56
22,04	1,45	86,69	1,69	92,62
23,56	0,09	78,62	2,88	93
23,65	0,18	70,88	2,12	107,5
23,01	8,16	81,56	2,42	107,81
24,35	0,75	79,69	2,85	111,38
24,33	0,03	79,31	2,39	102
24,74	0	75,94	1,94	101,94
23,55	0,06	78,12	1,72	109,56
23,3	0,72	83,75	1,32	142,56
23,83	1,23	81,94	1,36	185,44
23,1	4,96	83,56	1,2	212,81
23,9	**1,3**	**79,9**	**2,5**	**113,4**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 13

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2020)

ago-20				
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa %	V. Viento (m)	Dirección
24,59	0,47	81,62	3,46	102,5
24,92	0,05	78,62	3,04	101,25
23,87	0,02	83,56	3,41	95,25
24,87	0	73,94	3,56	103,75
23,62	0,52	78,06	3,63	97,19
23,83	0,71	82	3,43	97,88
24,15	0,6	82,31	4,52	94,44
24,46	0,08	81,62	3,85	94,31
24,05	0	80,44	3,75	91,94
23,94	0	80,25	2,69	87,94
23,5	0,2	83,06	1,2	100,69
23,62	0,12	82,19	1,75	102,88
23,28	5,41	83,94	2,04	75
23,59	0,58	85,56	1,7	87,62
23,46	0,01	80,94	2,56	99,44
23,66	0	73,56	2,24	107,75
23,09	0,12	73,62	1,2	157,25
21,73	0,37	83,88	0,73	169,56
22,14	4,74	84,62	0,84	137
22,26	6,39	84,88	2,01	84,25
21,83	7,57	85	3,23	84,88
22,87	0,82	79	2,48	108,31
22,57	0,05	74,25	1,83	106,56
22,15	0	77,44	1,27	122,81
22,06	0	80,25	1,55	89,25
22,2	0,06	78,19	2,11	92,75
21,94	0,69	77,69	2,96	91,88
22,32	0,53	80,5	1,94	75,5
22,91	2,37	78,94	1,64	146,38
22,9	0,3	76	1,2	144,06
23,21	0,21	79,12	2,25	78,12
23,21	**1,06**	**80,16**	**2,39**	**104,14**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 14

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (noviembre-2020)

Noviembre /2020				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
23,99	0	78,81	1,84	244,88
22,65	0	71,88	1,34	252,75
22,84	0	65,19	1,25	203,19
22,98	0,22	72,12	1,27	179,25
22,46	0,2	82,5	1,48	167
23,37	1,21	81,62	1,19	102,19
24,04	0,28	77	1,85	108,19
24,01	0,03	76	2,26	100,06
23,33	0,01	79,56	1,76	162,94
22,22	18,34	79,44	1,45	209
21,24	2,1	86,44	1,05	158,19
21,23	0,67	86,44	0,91	162,81
21,12	0,43	82	1,03	175,31
21,46	2,79	87,56	1,21	207,56
20,79	2,01	85,81	1,12	210,31
21,14	1,85	85,44	0,86	113,62
22,17	0,59	84,5	1,2	171,62
21,4	4,89	87	0,86	224,75
20,66	7,26	87,31	0,6	179,94
22,15	2	86,75	1	183,06
22,87	0,27	84,25	1,2	243,75
22,73	5,66	83,94	1,2	107,5
23,28	1,26	85,62	2,62	90,38
23,28	0,14	80,75	2,11	96,5
23,36	0,18	80,75	1,55	162,44
23,09	0,03	83,12	1,38	179,31
22,3	0,46	82,56	1,1	160
23,55	0,61	83,56	1,12	137,62
23,14	0,74	87,56	1,08	89,94
22,97	1,19	85,31	1,36	53,44
22,53	**1,85**	**82,03**	**1,34**	**161,25**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 15

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2022)

2022				
Promedio	septiembre			
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa %	V. Viento (m)	Dirección
23,19	0	82,38	1,82	116,88
23,44	2,79	84	2,26	102,19
24,14	6,48	84,56	3,6	99,44
24,41	1,12	81,62	4,3	97,56
24,46	0,38	77,19	4,72	95,12
24,93	3,87	73,81	4,38	101,81
23,44	1,79	81,19	2,5	91,56
22,76	0	81,06	1,81	89,75
23,53	0	75	2,49	88,81
24,05	0	81,19	3,87	99,06
23,53	0,05	82,25	3,31	111,25
23,58	1,27	80,38	1,65	106,88
23,55	7,68	76,19	1,23	162,75
23,49	1,18	81,94	1,54	111,88
23,9	13,14	81,75	2,38	87,06
22,73	6,94	82,12	2,34	77,56
23,09	2,14	83,56	2,12	116
23,28	0,03	74,69	2	122,12
22,89	0,2	78,94	1,84	126,75
22,68	0,95	79,56	2,09	102,81
23,19	0,45	76,62	2,07	106,31
23,55	2,33	70,31	1,45	123,88
23,57	4,87	79	2,16	107,06
23,11	8,37	85,56	2,2	114,94
23,92	5,19	79,94	1,57	77,62
24,05	0,01	77,38	2,3	99
24,04	0	75,06	2,8	116,12
23,51	0,81	75,75	2,12	125,69
23,2	2,83	77,06	1,64	144,25
23,93	14,29	81,31	1,84	95,25
23,57	**2,97**	**79,38**	**2,41**	**107,25**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 16

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Noviembre-2022)

2022				
Promedio	Noviembre			
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa %	V. Viento (m)	Dirección
23,42	2,52	82,06	1,87	100,81
23,48	5,58	85,06	3,79	104,12
22,91	0,84	83,62	2,27	146,19
23,11	0,59	82,94	1,91	172,12
22,57	7,03	84,75	1,6	217,12
23,05	0,67	83,06	1,1	157,44
23,59	3,31	79,94	1,84	174,5
22,86	1,06	82,56	1,38	165,19
22,06	1,06	86	1,52	213,5
21,65	2,54	84,25	0,95	187,62
21,77	0,74	84,44	1,19	181,31
21,9	4,42	84,88	1,38	203,88
22,19	23,96	81,75	1,4	207,5
22,32	9,02	82,38	1,03	122
22,38	7,28	85,5	2,71	88,25
23,48	7,41	83,12	2,95	111,88
23,12	2,18	83,5	1,79	136,75
24,08	0,65	80,38	1,54	149,19
23,46	4,87	85,5	1,49	140,12
22,92	7	86,12	1,6	172,81
22,73	1,05	85,06	1,77	204,75
22,75	7,99	85,5	1,98	221,5
23,14	3,74	81,06	1,83	208,5
23,31	0,61	82,88	1,51	213,19
23,28	1,66	85,06	1,74	140,31
23,01	2,71	83,88	2,1	161,5
22,62	1,54	84,44	1,84	170,44
22,81	1,56	82,44	2,05	211,56
21,99	0,39	83,5	1,82	237,88
22,18	2,13	82,69	1,86	248,81
22,80	**3,87**	**83,61**	**1,79**	**172,36**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 17

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Diciembre-2022)

2022				
Promedio	Diciembre			
Temperatura	Precipitación	Humedad Relativa %	V. Viento (m)	Dirección
21,98	9,35	85,25	2,31	243,31
21,92	12,39	85,62	1,59	242,94
22,33	1,21	87,5	1,4	199,75
22,13	1,7	85,06	2,11	224,06
22,6	4,19	82,19	1,45	222,69
22,62	4,9	81,38	1,41	155,94
21,58	3,15	85,81	1,4	160,12
21,8	0,47	85	0,94	177,44
22,1	6,02	86,69	1,52	82,62
22,17	6,12	85,75	2,04	101,12
21,56	0,28	85,88	1,92	94,69
22,77	0,04	82,31	1,57	120,44
22,61	8,25	85,69	1,99	92,5
23,52	3,79	85,06	2,39	101,75
23,35	0,59	84,75	2,37	120,56
23,12	0,79	84,31	1,93	158,5
22,47	1,6	85,38	1,3	122,81
22,73	4,88	85,69	1,09	167,19
23,14	0,45	84	0,92	110,88
23,5	0,05	85,06	1,63	79,5
22,75	0	84,5	1,7	118,31
23,63	0,24	83,75	1,55	109,38
23,91	2,73	82,5	1,57	146,94
23,58	2,32	83,5	1,25	162,06
22,19	2,46	83,62	1,04	167,25
22,28	1	81,25	1,45	127,06
23,26	0,45	79,19	1,21	178,38
23,4	0,19	79,75	1,53	192,5
23,55	0,4	79,94	0,88	163,12
22,24	11,27	89,62	1,27	143,31
21,48	4,13	85,69	1,3	206,56
22,65	**3,08**	**84,25**	**1,55**	**151,41**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 18

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (septiembre-2023)

	2023				
	Promedio				
septiembre	**Temperatura**	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
1/9/2023	24,93	0,12	84,06	2,27	99,88
2/9/2023	24,38	0,04	82,31	1,34	144,12
3/9/2023	23,9	9,99	80,62	0,91	126,25
4/9/2023	24,45	1,69	83,5	2,72	92,81
5/9/2023	24,96	1,87	82,69	4,77	91,56
6/9/2023	24,8	0,54	78,88	3,97	91,19
7/9/2023	25,18	0	74,75	2,4	111,44
8/9/2023	24,47	0,34	71,19	1,88	111,12
9/9/2023	24,27	0,77	80,69	2,21	103
10/9/2023	23,87	7,13	87,75	3,52	99,44
11/9/2023	25,08	2,77	81,69	3,62	99,94
12/9/2023	25,08	0,01	80,31	2,3	122,19
13/9/2023	25	2,93	80,19	1,45	121,5
14/9/2023	24,69	2,87	85,56	2,45	93
15/9/2023	25,17	3,25	83	3,95	93,62
16/9/2023	25,13	1,15	75,44	2,66	92,5
17/9/2023	25,51	0,05	78,19	2,58	107,69
18/9/2023	24,59	0,04	84,62	2,81	87,81
19/9/2023	25,58	0,86	80,88	3,8	89,75
20/9/2023	25,4	0,93	81,25	3,02	91,06
21/9/2023	25,59	0,99	79,25	2,84	108,5
22/9/2023	25,69	0,05	81,75	2,7	104,56
23/9/2023	25,23	0,23	82,81	2,25	92,5
24/9/2023	25,08	0,8	84,38	2,33	106,62
25/9/2023	25,23	2,6	85,06	2,28	96,56
26/9/2023	24,98	0,07	83,06	1,79	132,25
27/9/2023	24,48	1,88	82,31	1,31	128,25
28/9/2023	24,95	1,17	83,12	1,27	133,31
29/9/2023	25,35	1,47	83,81	1,97	99
30/9/2023	25,44	10,55	83,38	2,7	98,81
Promedio	**24,95**	**1,91**	**81,55**	**2,54**	**105,67**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 19

Bases de datos - NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources (Agosto-2024)

2024				
Promedio - Agosto				
Temperatura	**Precipitación**	**Humedad Relativa %**	**V. Viento (m)**	**Dirección**
22,05	2,73	84,44	3,2	96,75
21,89	2,7	86,88	1,93	90,44
21,56	5,01	84,62	1,67	80,81
21,37	11,96	89,06	1,91	84,06
21,57	9,7	88,12	2,23	88,38
21,65	8,15	87,81	1,93	105,5
21,55	6,66	86,62	1,55	98,06
21,38	1,61	81,69	2,08	87,94
21,05	3,33	86,81	2,38	90
21,43	11,31	87,94	2,26	98,06
21,83	16,56	86,12	2,22	104,69
22,59	9,55	85,38	3,87	97,5
22,46	2,59	84,31	3,82	96,69
21,98	2,79	84,75	3,36	96,19
22,29	4,75	84,81	4,65	96,75
22,33	5	85,06	4,34	96,19
22,4	5,92	84,56	3,84	98,62
22,23	2,6	81,69	3,67	93,62
22,63	0,7	80,25	3,59	97
21,81	8,41	86,19	3,49	101,31
21,78	5,71	84,81	3,5	99,5
21,76	4,07	83,44	2,45	107,31
21,61	5,23	83,56	2,6	98,69
21,36	4,75	83,25	2,84	98,88
22,01	0,15	77,75	3,48	96,75
22,5	5,51	82,75	4,43	97,12
21,92	1,59	82,88	3,75	93,56
22,37	1,91	81,25	3,82	91,06
22,83	0,4	76,06	4,21	93,81
22,96	0,04	69,06	3,71	103,12
21,95	0,16	72,69	2,47	104,06
21,97	**4,89**	**83,37**	**3,07**	**96,21**

Fuente. (NASA, 1958) Prediction of Worldwide Energy Resource

Anexo 20

Recursos entregados Gad Municipal del cantón Chimbo



12 de septiembre del 2024

Ingeniero José Luis Arteaga
Alcalde del Cantón San José de Chimbo

San José de Chimbo, Bolívar

Asunto: Solicitud de Registros de Incendios Forestales del Santuario del Guayco

Estimado Ingeniero Arteaga:

Me dirijo a usted en mi calidad de estudiantes de la Universidad Estatal de Bolívar para solicitar su valiosa colaboración en la obtención de registros de incendios forestales que han afectado el Santuario del Guayco. Esta información es fundamental para realizar un estudio de investigación necesaria para nuestra tesis.

Agradecemos de antemano su atención y colaboración en este asunto. Quedamos a la espera de su respuesta.

Atentamente:

Gonzalo Trujillo
estudiante

Diego Reyes
estudiante

Fuente. Gobierno Autónomo descentralizado del cantón San José de Chimbo

Anexo 21

Recursos entregados Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo



12 de septiembre del 2024

Teniente Coronel Patricio Espinoza
Jefe del Cuerpo de Bomberos del Cantón San José de Chimbo
San José de Chimbo, Bolívar

Asunto: Solicitud de Registros de Incendios Forestales en el Santuario del Guayco.

Estimado Teniente Coronel Espinoza:

Por la presente, me dirijo a usted con el fin de solicitar información sobre los registros de incendios forestales ocurridos en el Santuario del Guayco. Esta información es de vital importancia para realizar un estudio de investigación necesaria para nuestra tesis.

Agradecemos de antemano su colaboración y quedamos a la espera de su pronta respuesta.

Atentamente:

Gonzalo Trujillo
Estudiante

Diego Bayas
Estudiante

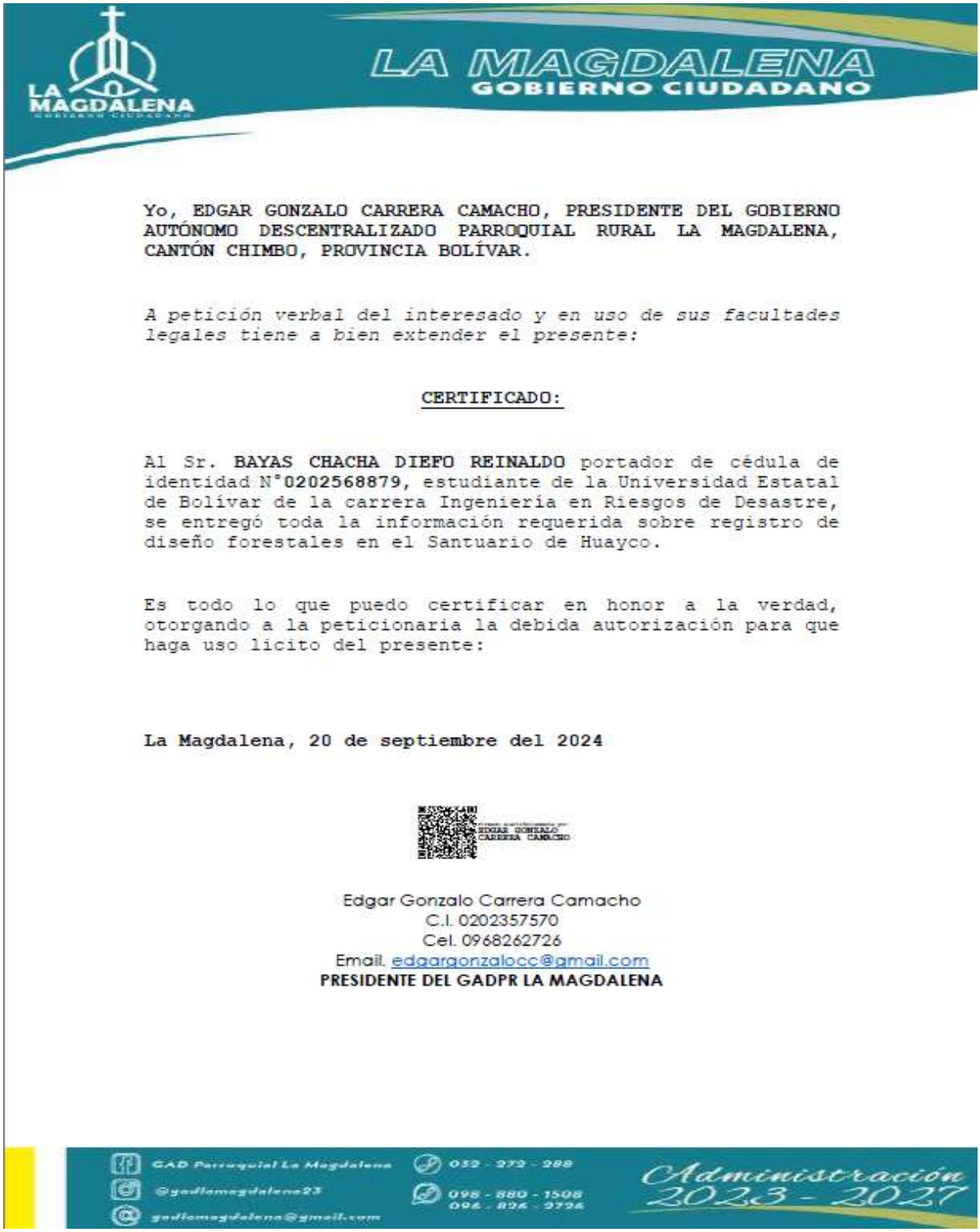
Correo: dicbayas@mailcs.ucb.edu.ec
Teléfono: [illegible]

CUERPO DE BOMBEROS DEL CANTÓN CHIMBO
RECIBIDO
12 SEP 2024
HORA
SECRETARIA

Fuente. Cuerpo de Bomberos San José de Chimbo

Anexo 22

Recursos entregados Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural "La Magdalena"



LA MAGDALENA
GOBIERNO CIUDADANO

Yo, EDGAR GONZALO CARRERA CAMACHO, PRESIDENTE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL LA MAGDALENA, CANTÓN CHIMBO, PROVINCIA BOLÍVAR.

A petición verbal del interesado y en uso de sus facultades legales tiene a bien extender el presente:

CERTIFICADO:

Al Sr. **BAYAS CHACHA DIEFO REINALDO** portador de cédula de identidad N°**0202568879**, estudiante de la Universidad Estatal de Bolívar de la carrera Ingeniería en Riesgos de Desastre, se entregó toda la información requerida sobre registro de diseño forestales en el Santuario de Huayco.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, otorgando a la peticionaria la debida autorización para que haga uso licito del presente:

La Magdalena, 20 de septiembre del 2024

EDGAR GONZALO CARRERA CAMACHO

Edgar Gonzalo Carrera Camacho
C.I. 0202357570
Cel. 0968262726
Email. edgargonzalocc@gmail.com
PRESIDENTE DEL GADPR LA MAGDALENA

GAD Parroquial La Magdalena
@gadlamagdalena23
gadlamagdalena@gmail.com
032 - 272 - 288
098 - 880 - 1508
096 - 826 - 9726
Administración 2023 - 2027

Fuente. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural "La Magdalena"