



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL**

### **“ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA E INCENDIOS FORESTALES EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO DURANTE EL PERÍODO 2015-2019”**

**Trabajo de titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** ANNA PAMELA YUNGAN MENDOZA

**DIRECTOR:** ING. MIGUEL ÁNGEL GUALLPA CALVA

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Anna Pamela Yungan Mendoza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Anna Pamela Yungan Mendoza, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular: el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de septiembre del 2021



**Anna Pamela Yungan Mendoza**




**094244554-5**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA E INCENDIOS FORESTALES EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO DURANTE EL PERÍODO 2015-2019**, realizado por la señorita: **ANNA PAMELA YUNGAN MENDOZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de tribunal de trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

|  | <b>FIRMA</b>  | <b>FECHA</b> |
|--|---|--------------|
| Ing. Jonny Israel Guaiña Yungan<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>            | <br>JONNY ISRAEL<br>GUAINA<br>YUNGAN  | 2021/09/17   |
| Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva<br><b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b> | <br>MIGUEL<br>ANGEL<br>GUALLPA<br>CALVA   | 2021/09/17   |
| Ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla<br><b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>         | <br>Firmado electrónicamente por:<br><b>HERNAN ERIBERTO<br/>CHAMORRO SEVILLA</b> | 2021/09/17   |

## **DEDICATORIA**

A mi madre, Luisa Mendoza, el pilar fundamental de mi vida, por ser ejemplo de perseverancia y superación, por apoyarme en todo momento, por sus valores, consejos, por haberme apoyado y motivado a ser una profesional, pero sobre todo por su gran amor incondicional.

A mi padre, Luis Yungan, que desde el cielo contempla cada uno de mis pasos, a ti padre querido dedico en especial este trabajo tu más que nadie sabe del esfuerzo de mi mamá y mío para conseguirlo.

A mis hermanos y sobrinas; en especial a Nelson y Jesenia, a quienes considero mis segundos padres, que a pesar de la distancia siempre me dieron su amor y apoyo.

Con mucho cariño para Rubén por su amor, amistad, consejos, ánimo y compañía por estar conmigo en todo momento.

A mis amigas y hermanas de corazón, Vianka y Keily por brindarme su apoyo siempre que lo necesite, cariño, consejos, risas y por compartir grandes y gratos momentos a mi lado a lo largo de la carrera y sobre todo por enseñarme lo valioso de la amistad.

A cada uno de ustedes, con Amor.

*Anna Pamela*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios, por la fuerza y sabiduría brindada durante cada etapa de mi vida y quien hace posible que hoy pueda cumplir esta importante meta académica.

A mi madre y hermanos, por estar siempre a mi lado y sobre todo por ser la principal fuente de inspiración para culminar con éxito mi carrera universitaria.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a toda la Carrera de Ingeniería Forestal, a mis profesores por sus aportes académicos importantes para mi formación profesional.

A los Ingenieros Miguel Gualpa como director de tesis y Hernán Chamorro como asesor, por la colaboración, asesoramiento y correcciones que me han brindado, permitiendo que este trabajo de investigación llegara a un buen término.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Víctor Espinoza, por ser el mentor y guía durante todo este proceso, por su tiempo, paciencia y conocimientos brindados, quien, con su colaboración permitió facilitar el desarrollo de este proyecto de titulación.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |       |
|--|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                      | xi    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                     | xii   |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS.....                                    | xiii  |
| ÍNDICE DE MAPAS.....                                       | xiv   |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....                                      | xv    |
| RESUMEN.....   | xvii  |
| SUMMARY.....   | xviii |
| INTRODUCCIÓN.....  | 1     |
| PROBLEMA.....  | 2     |
| JUSTIFICACIÓN.....   | 3     |
| OBJETIVOS.....   | 4     |
| OBJETIVO GENERAL.....                                      | 4     |
| OBJETIVO ESPECÍFICOS.....                                  | 4     |
| HIPÓTESIS.....   | 4     |
| HIPÓTESIS NULA.....  | 4     |
| HIPÓTESIS ALTERNANTE.....                                  | 4     |
| CAPÍTULO I.....  | 5     |
| 1. MARCO TEÓRICO.....                                      | 5     |
| 1.1 Incendio Forestal.....                                 | 5     |
| 1.2 La combustión en los incendios forestales.....         | 6     |
| 1.3 Propagación del calor de los Incendios Forestales..... | 7     |
| 1.4 Morfología y partes de un Incendio Forestal.....       | 8     |
| 1.5 Tipo de Incendios Forestales.....                      | 10    |
| 1.6 Niveles de incendio.....                               | 11    |
| 1.7 Manejo del fuego.....                                  | 11    |
| 1.7.1 Componentes del manejo del fuego.....                | 12    |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| 1.7.1.1     | <i>Prevención</i> .....  | 12        |
| 1.7.1.2     | <i>Pre-supresión</i> .....   | 12        |
| 1.7.1.3     | <i>Combate</i> 12  |           |
| 1.7.1.4     | <i>Uso del fuego</i> .....   | 13        |
| <b>1.8</b>  | <b>Manejo Integral del fuego</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>1.9</b>  | <b>Quema controlada y quema prescrita</b> .....  | <b>14</b> |
| <b>1.10</b> | <b>Factores que influyen en el comportamiento de los Incendios Forestales</b> .....    | <b>14</b> |
| 1.10.1      | <i>Factores de combustible</i> .....   | 14        |
| 1.10.2      | <i>Factores topográficos</i> .....   | 15        |
| 1.10.3      | <i>Factores meteorológicos</i> .....   | 15        |
| 1.10.3.1    | <i>Temperatura</i> .....   | 15        |
| 1.10.3.2    | <i>Humedad relativa</i> .....  | 16        |
| 1.10.3.3    | <i>Precipitación</i> .....   | 16        |
| 1.10.3.4    | <i>Viento</i> 17   |           |
| <b>1.11</b> | <b>Efectos de los incendios forestales</b> .....                                       | <b>17</b> |
| 1.11.1      | <i>Sobre la vegetación</i> .....   | 17        |
| 1.11.2      | <i>Sobre las masas forestales</i> .....  | 17        |
| 1.11.3      | <i>Sobre el suelo</i> .....  | 18        |
| 1.11.4      | <i>Sobre la fauna</i> .....  | 18        |
| <b>1.12</b> | <b>Situación actual de los incendios forestales en Ecuador</b> .....                   | <b>19</b> |
| <b>1.13</b> | <b>Legislación sobre incendios forestales en Ecuador</b> .....                         | <b>20</b> |
| 1.13.1      | <i>Constitución de la República del Ecuador</i> .....                                  | 20        |
| 1.13.2      | <i>Código Orgánico del Ambiente</i> .....  | 20        |
| 1.13.3      | <i>Reglamento al Código Orgánico el Ambiente</i> .....                                 | 21        |
| 1.13.4      | <i>Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización</i> ..... | 22        |
| 1.13.5      | <i>Ley de Defensa contra incendios</i> .....   | 23        |
| 1.13.6      | <i>Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios</i> .....        | 23        |
| 1.13.7      | <i>Código Orgánico Integral Penal</i> .....  | 23        |
| <b>1.14</b> | <b>Comportamiento histórico de los incendios</b> .....                                 | <b>23</b> |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.15 Estadística de incendios forestales .....</b>   | <b>24</b> |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>2 MARCO METODOLÓGICO.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>2.1 Caracterización del área de estudio.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>2.2 Materiales, recursos, software.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>2.2.1 Materiales .....</b>   | <b>27</b> |
| <b>2.2.2 Recursos.....</b>  | <b>27</b> |
| <b>2.2.3 Software .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.3 Metodología .....</b>  | <b>28</b> |
| <b>2.3.1 Recopilación y verificación de información de incendios forestales y variables meteorológicas.....</b> | <b>28</b> |
| <b>2.3.1.1 Incendios Forestales .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>2.3.1.2 Variables meteorológicas.....</b>  | <b>28</b> |
| <b>2.3.2 Llenado de datos faltantes.....</b>  | <b>29</b> |
| <b>2.3.3 Correlación entre las variables .....</b>  | <b>29</b> |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>3.1 Resultados descriptivos.....</b>   | <b>30</b> |
| <b>3.1.1 Análisis descriptivo de las variables meteorológicas.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>3.1.1.1 Análisis diario de las variables.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>3.1.1.2 Análisis de las variables a través de los meses .....</b>  | <b>32</b> |
| <b>3.1.2 Análisis descriptivo de los incendios forestales .....</b>   | <b>33</b> |
| <b>3.1.2.1 Distribución de las ocurrencias de incendios según las localidades.....</b>                          | <b>33</b> |
| <b>3.1.2.2 Distribución a través del período de años .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>3.1.2.3 Distribución de incendios y cobertura vegetal quemada a través de los meses del año .....</b>        | <b>34</b> |
| <b>3.2 Relación de los incendios forestales, temperatura, humedad relativa y precipitación</b>                  | <b>36</b> |
| <b>3.2.1 Distribución de las variables meteorológicas y ocurrencia de incendios forestales ....</b>             | <b>36</b> |
| <b>3.2.2 Análisis de Correlación.....</b>   | <b>37</b> |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>CONCLUSIONES.....</b>    | <b>39</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b> | <b>40</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>         |           |
| <b>ANEXOS</b>               |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1-1:</b> Niveles de incendios forestales.....  | 11 |
| <b>Tabla 1-2:</b> Pisos climáticos presentes en las parroquias del cantón Riobamba.....   | 27 |
| <b>Tabla 2-2:</b> Interpretación de los valores de las correlaciones de Spearman.....   | 29 |
| <b>Tabla 1-3:</b> Estadísticos descriptivos de las variables temperatura, humedad relativa y precipitación. Estación Agrometeorológica ESPOCH (2015 – 2019) ..... | 32 |
| <b>Tabla 2-3:</b> Distribución de los incendios por parroquias en Riobamba (2015 – 2019).....   | 33 |
| <b>Tabla 3-3:</b> Distribución anual de incendios y cobertura quemada en el Cantón Riobamba.....  | 34 |
| <b>Tabla 4-3:</b> Ocurrencia mensual de incendios y áreas quemadas en el Cantón Riobamba (2015-2019) .....  | 35 |
| <b>Tabla 5-3:</b> Correlación entre incendios forestales y variables meteorológicas .....   | 38 |
| <b>Tabla 6-3:</b> Correlación entre incendios forestales y variables meteorológicas considerando la época de incendios .....                                      | 38 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1-1:</b> Triángulo de fuego .....   | 6  |
| <b>Figura 2-1:</b> Formas de cómo se propaga el fuego: radiación, conducción, convección .....  | 7  |
| <b>Figura 3-1:</b> Formas de un incendio forestal. a) Incendio circular. b) Incendio elíptico.<br>c) Incendio de forma irregular..... | 8  |
| .....   | 9  |
| <b>Figura 4-1:</b> Diferentes partes que conforman un incendio forestal.....  | 9  |
| <b>Figura 5-1:</b> Tipos de incendios. 1. Incendios superficiales, 2. Incendio de copa, 3. Incendio de subsuelo.....                  | 10 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 1-3:</b> Gráficos de secuencia de las temperaturas, humedad relativa y precipitación en la Estación Agrometeorológica ESPOCH (2015 – 2019) ..... | 31 |
| <b>Gráfico 2-3:</b> Medias mensuales de la ocurrencia de incendios y cobertura vegetal quemada en el Cantón Riobamba (2015 – 2019) .....                    | 34 |
| <b>Gráfico 3-3:</b> Medias mensuales de ocurrencias de incendios, temperatura, humedad relativa y precipitación en el Cantón Riobamba (2015 – 2019).....    | 37 |

## ÍNDICE DE MAPAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Mapa 1-2:</b> Localización del área de estudio..... | 25 |
| <b>Mapa 2-2:</b> Límites del Cantón Riobamba .....     | 26 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** INCENDIOS FORESTALES DE CHIMBORAZO DEL 2013 AL 2016

**ANEXO B:** SOLICITUD BASE DE DATOS DE INCENDIOS FORESTALES OCURRIDOS EN EL CANTÓN RIOBAMBA DEL 2015 A 2019 A LA SECRETARÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS Y MINISTERIO DEL AMBIENTE

**ANEXO C:** FORMATO DE BASE DE DATOS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS DEL CANTÓN RIOBAMBA DEL 2015 A 2019

## ÍNDICE DE ABREVIATURA

**°C:** grados Celsius

**mm:** milímetros

**Ha:** hectáreas

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**MAE:** Ministerio del Ambiente

**SGR:** Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias

**GADPCH:** Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo

**CONAF:** Corporación Nacional Forestal



## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue estudiar la variabilidad climática e incendios forestales en el Cantón Riobamba para el período 2015 a 2019, para lo cual se procedió analizar la información climatológica de la estación agrometeorológica de la ESPOCH y determinar la relación estadística entre incendios forestales y las variables meteorológicas de temperatura del aire, humedad relativa y precipitación. Se llevó a cabo un análisis descriptivo diario y mensual de las variables meteorológicas y para las variables de incendios forestales un análisis mensual, anual y por localidades, la relación entre las variables se determinó a través del coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5%. El procesamiento de datos se realizó mediante Microsoft Excel y el análisis estadístico con el programa informático IBM SPSS Statistic versión 22. Los resultados muestran que la distribución anual de las variables meteorológicas tiene relación directa o inversa con la distribución de las ocurrencias de incendios y la cobertura vegetal quemada en el Cantón. Independientemente de lo anterior, las correlaciones entre variables meteorológicas e incendios forestales fueron muy bajas. No obstante, es posible demostrar que el mes de septiembre es el más propicio para la ocurrencia de los incendios forestales, para explorar futuras líneas de investigación se plante registrar todo tipo de datos para obtener información precisa y así mejorar la prevención de los mismos.

**Palabras Clave:** <PREVENCIÓN DE INCENDIOS>, <ESTADÍSTICAS DE INCENDIOS>, <MANEJO INTEGRADO DEL FUEGO>, <COMBUSTIBLE FORESTAL DISPONIBLE>, <FACTORES METEOROLÓGICOS>.

LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente  
por LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
Nombre de  
reconocimiento (DN):  
c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=06027669  
74, cn=LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.10.26  
11:23:35 -0500'



1977-DBRA-UTP-2021

## **SUMMARY**

The objective of this research was to study climate variability and forest fires in Riobamba Canton for the period 2015 to 2019, climatological information from the agrometeorological station of the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo was analyzed and determined the statistical relationship between forest fires and the meteorological variables of air temperature, relative humidity and precipitation. A daily and monthly descriptive analysis of the meteorological variables and for the forest fire variables, a monthly, annual and locality, the relationship between the variables was determined by means of the nonparametric correlation coefficient of Spearman's, considering a 5% probability of significance. Data processing was carried out using Microsoft Excel and statistical analysis with the IBM SPSS Statistic software version 22. The results showed that the annual distribution of meteorological variables has a direct or inverse relationship with the distribution of fire occurrences and vegetation cover burned in the canton. Regardless of the above, the correlations between meteorological variables and forest fires were very low. September is the most favorable month for the occurrence of forest fires. In order to explore future lines of research, it is necessary to record all types of data to obtain accurate information and thus improve the prevention of forest fires.

**Key words:** <FIRE PREVENTION>, <FIRE STATISTICS>, <INTEGRATED FIRE MANAGEMENT>, <AVAILABLE FOREST FUEL>, <METEOROLOGICAL FACTORS>

## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

Los incendios forestales son un elemento medioambiental significativo, de carácter global que influye en la vegetación, biodiversidad, reservas de carbono y cambios en el uso de suelo. Sin embargo, no todos los incendios forestales son iguales, los ecosistemas expuestos a regímenes de incendio por fuera de su rango histórico de variabilidad tienden a volverse vulnerables y sufrir alteraciones irreversibles. A nivel mundial tanto el número de incendios forestales como las superficies quemadas van aumentando de manera acelerada en las últimas décadas, debido al cambio climático, al aumento de la población, uso tradicional del fuego, entre otras razones (Aponte, et al., 2016; Boschetti, et al., 2015; Ramos y Cabrera, 2011: pp.42-53).

A nivel internacional entre 2003 y 2012, aproximadamente 67 millones de hectáreas de tierras forestales se quemaron anualmente, mayormente en las regiones tropicales de Sudamérica y África. En Sudamérica, un promedio de 72 millones de hectáreas se quemó al año, de las cuales 35 millones de hectáreas eran tierras forestales. En Ecuador los incendios forestales han ocasionado la pérdida de 4.861,19 hectáreas de cobertura vegetal, en 480 eventos registrados. Las provincias que reportan la mayor afectación por incendios forestales son: Guayas, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Loja (Lierop, et al., 2015: pp.78-88; SNGR, 2020a; Estacio y Narváez, 2012).

En la Región Interandina se ha estimado que la temporada de incendios forestales abarca el período julio-noviembre, sin embargo, los meses más críticos son julio, agosto y septiembre, en la Costa e islas Galápagos, los incendios forestales ocurren en los meses de enero a mayo. En 2020, se quemaron 901 hectáreas de cobertura vegetal en Chimborazo, siendo la provincia más afectada del país en cuanto a incendios forestales. Solo en Riobamba, en el mes de noviembre, 357 hectáreas fueron devastadas en dos incendios en la parroquia San Juan, en los sectores Shobol Llin Llin y Ganquis Cuinquiloma. La cifra convierte a Chimborazo en la provincia con el índice más alto de afectación por incendios forestales, por encima de Pichincha con 872, seguida Loja con 655 y Azuay con 581 (SGR, 2020b; SADMQ, 2013).

Para planear acciones de prevención se debe saber el comportamiento de los incendios forestales, esto permite conocer dónde, cuándo y porqué ocurrieron. La estadística referente a incendios forestales es importante en la planificación de la lucha contra incendios. Partiendo de los resultados que proporciona estos muestran hechos o situaciones que son difíciles de observar y cuantificar en el día a día, pero que exigen solución. Asimismo, esta permite crear una extensa base de datos, que constituye una herramienta básica e indispensable, tanto en la prevención como en extinción de incendios (Soares, et al., 2017; Magrama,2012).

A pesar de que muchos de los incendios forestales tienen origen antrópico, sin embargo, no todos los incendios muestran el mismo comportamiento. Esto se debe porque tanto la ocurrencia como la propagación, muchas veces dependen de las condiciones meteorológicas. La posibilidad y la frecuencia de ocurrencia de los incendios forestales están relacionadas a dichas condiciones, y conocer alguna de estas variables meteorológicas es de gran importancia para la prevención. A través de estas variables se pueden identificar los días y épocas de mayor probabilidad de ocurrencia de incendios y así se pueden tomar medidas técnicas y administrativas para reducir el potencial de daños por el fuego (Soares, et al., 2017: p.215).

## **PROBLEMA**

En los últimos años el Ecuador de acuerdo a informes del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos, informa que a partir del año 2008 se ha presentado un incremento en la cantidad de incendios forestales específicamente en los meses de julio, agosto y septiembre considerados época seca. Eventos que se presenta indistintamente de la ubicación geografía y altitud, y en todo el territorio. Esta situación ha obligado al gobierno a incrementar la capacidad operativa en personal y recursos para el control de estos incidentes, de la misma manera ha generado una gran cantidad de gastos referente al equipamiento necesario para cada una de las unidades de respuesta.

En el caso de la provincia de Chimborazo se mantiene como una de las provincias más afectadas en número de incendios, esto de acuerdo a la informe remitido a la ESPOCH por la SGR se comparte en el Anexo A, el Cantón Riobamba presenta el mayor número de incendios a nivel provincial afectando principalmente a los páramos que son considerados ecológicamente y económicamente muy importantes debido a su alto endemismo y por prestar servicios ambientales como la captura de carbono y columnas productoras de recursos hidrológicos.

Es por ello que es necesario que la carrera de ingeniería forestal contribuya con trabajos de investigación que busquen la reducción de los incendios forestales y a través de los resultados de estas investigaciones contribuir a la implementación del enfoque del manejo integral del fuego (MIF) en el cantón Riobamba y de esta forma permita identificar e implementar practicas alternativas para uso del fuego en el territorio del cantón Riobamba con el propósito de conservar el ambiente.

## **JUSTIFICACIÓN**

La provincia de Chimborazo se ha convertido en una de las provincias con mayor índice de incendios forestales del Ecuador y dentro de esta provincia el Cantón Riobamba se ha convertido en uno de los más afectados con 1.133,95 hectáreas consumidas por el fuego afectando principalmente a las dimensiones de desarrollo económicos, social y conservación ambiental del cantón Riobamba y sus parroquias rurales.

De acuerdo a los reportes del ECU 911 y el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos y Emergencias en el cantón Riobamba al igual de lo que ocurre en el Ecuador el 90% de los incendios forestales son provocados por el hombre y se piensan que están directamente relacionados con el manejo de los desechos de cultivos como quema de pastos, malezas previas a las temporadas de siembra. Convirtiéndose todos los años en un problema latente que afecta directamente al ecosistema y especialmente a las zonas de amortiguamiento del cantón con la Reserva de Producción Faunística del Chimborazo.

Unos de los principales aspectos que hay que considerar para la presente investigación es la variabilidad de las causas que producen los incendios forestales. Además, la escasa información sobre el análisis de los factores meteorológicos que pueden incidir directamente en la ocurrencia de los mismos crea la necesidad de iniciar un estudio de su relación con estos eventos. Un claro ejemplo es el comportamiento de la temperatura, humedad y la precipitación que influyen directamente en la velocidad de propagación del fuego por lo que en correspondencia con todo lo planteado anteriormente la presente investigación se desarrolló con el objetivo de estudiar la variabilidad climática e incendios forestales en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo durante el período 2015-2019.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Estudiar la variabilidad climática e incendios forestales en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo durante el período 2015-2019.

### **OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Analizar la información climatológica de la estación agrometeorológica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Determinar las relaciones existentes entre las variables: temperatura, humedad relativa, precipitación e incendios forestales en el Cantón Riobamba durante el período 2015-2019.

### **HIPÓTESIS**

#### **HIPÓTESIS NULA**

Las diferentes variables climáticas estudiadas no influyen en los incendios forestales en el Cantón Riobamba durante el período 2015 - 2019.

#### **HIPÓTESIS ALTERNANTE**

Al menos una de las variables climáticas estudiadas influye en los incendios forestales en el Cantón Riobamba durante el período 2015 - 2019.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Incendio Forestal

Los incendios forestales se producen por la combustión de la vegetación del territorio a partir de un fuego originado por causas naturales o humanas. Se entiende por incendio forestal a la propagación no controlada del fuego sobre la vegetación que encuentra a su paso (árboles, arbustos, pastos y/o cultivos). Aunque a menudo se usa de forma indistinta fuego e incendio, el primero es el elemento y el otro una expresión del mismo, así como se diferencia la nieve de los aludes o el agua de las inundaciones. El tipo de combustible permite diferenciar los fuegos/incendios urbanos de los forestales e incluso los de tipo agrícola, cuando afectan únicamente campos de cultivo (Plana, et al., 2016 citado en Montalvo, 2020: p.5).

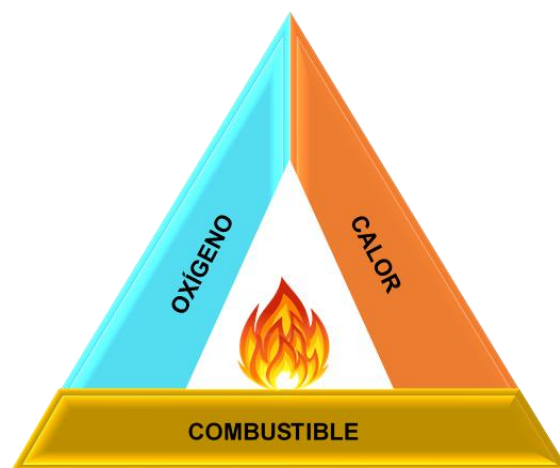
FAO (1986), define al incendio forestal como el fuego que ocurre sobre vegetación silvestre excepto los fuegos bajo prescripción. Esta definición es utilizada, por otros autores, aunque en ocasiones tratan de amplificar dicha definición, determinando por ejemplo que son fuegos que sin ningún control queman tierras cubiertas en su totalidad o en parte por cualquier cobertura forestal, u otra vegetación inflamable.

Dentro del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, se entiende por incendio forestal *al fuego que se extiende sin control sobre todo tipo de vegetación natural o plantada, en áreas naturales o rurales, producido por la acción del ser humano o causado por la naturaleza; ocasionando serios daños ambientales, climáticos, económicos y sociales, en detrimento del patrimonio natural. No se consideran incendios forestales las quemadas controladas para la eliminación de residuos agrícolas y quemadas prescritas* (MAE, 2019: p.142).

## 1.2 La combustión en los incendios forestales

La combustión es un proceso físico – químico que consiste en la oxidación a altas temperaturas de sustancias, combustible con el oxígeno, desapareciendo en el proceso y dando como resultado final nuevas sustancias que consiste mayormente en sales minerales (cenizas). Para que esta reacción se realice en condiciones normales en los bosques es necesario calor Para que se lleve a cabo la combustión se necesita 3 elementos: combustible, oxígeno y calor, estos 3 conforman el triángulo de fuego como lo muestra la figura 1-1. (Pico, 2018: p.7).

El oxígeno es el componente oxidante de la reacción y que hace posible la combustión, normalmente se encuentra en la atmosfera, con una proporción del 21%. Para romper el balance del triángulo del fuego diferente estudios han demostrado que es suficiente con reducirlo al 15%. El calor es una forma de energía que permite al combustible y oxígeno reaccionar en un tiempo y espacio determinado dicho calor es distribuido por una fuente determinada que, en el caso de los incendios forestales, corresponden con las causas de su origen y el combustible es cualquier sustancia que en presencia de oxígeno y en determinada temperatura es capaz de arder, y es el fundamental para la propagación y ocurrencia del fuego. Todo lo que se encuentre en el bosque es combustible.

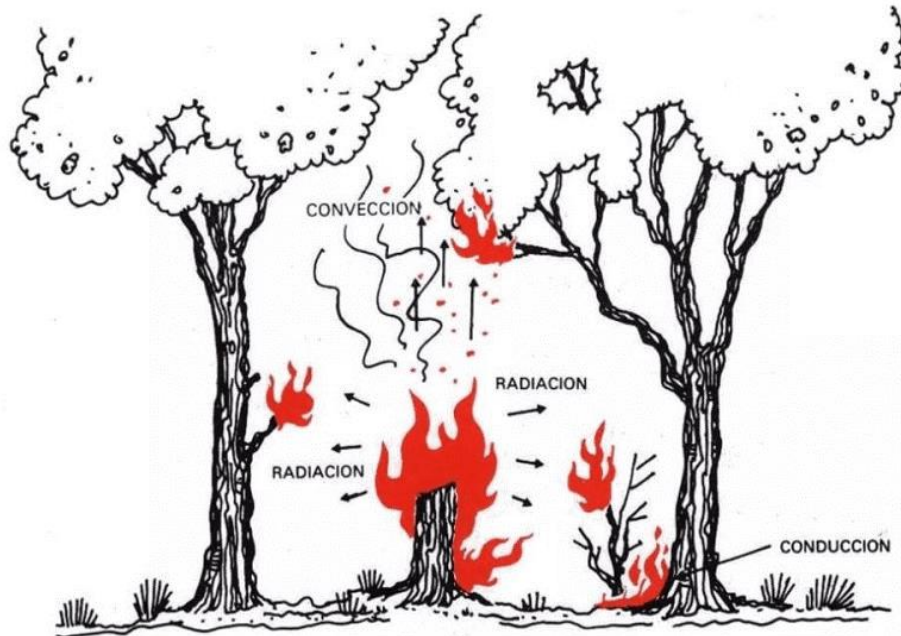


**Figura 1-1:** Triángulo de fuego

Realizado por: Yungan Mendoza, Anna, 2021.



### 1.3 Propagación del calor de los Incendios Forestales

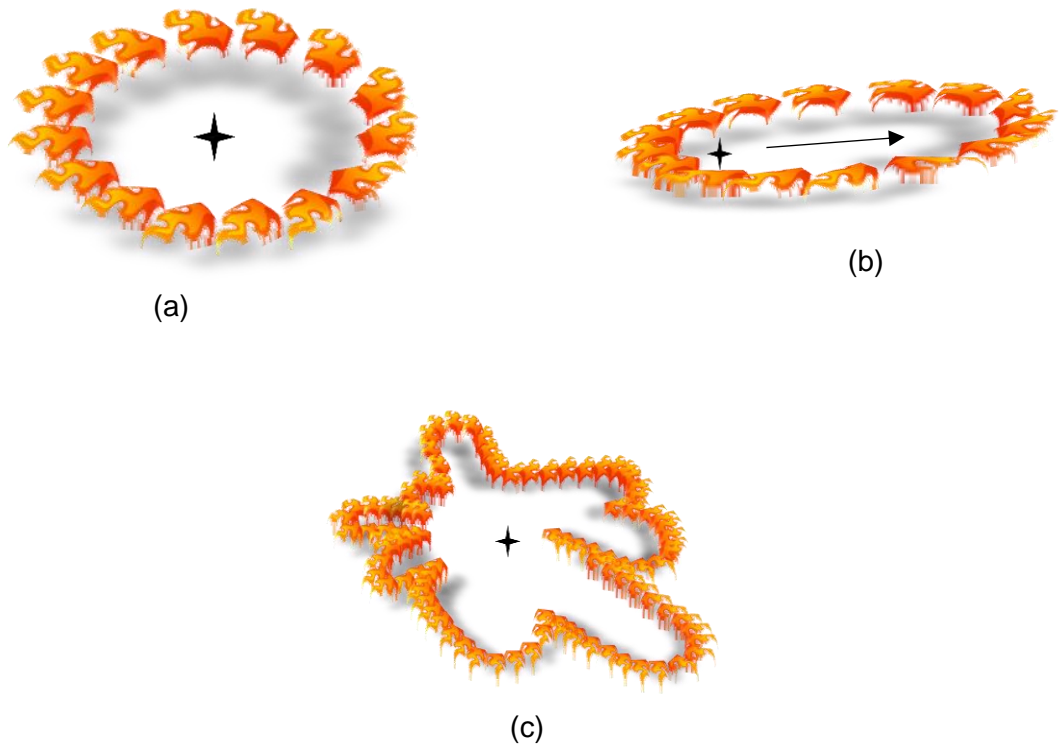


**Figura 2-1:** Formas de cómo se propaga el fuego: radiación, conducción, convección  
Fuente: ICONA, 1993

La propagación de los incendios forestales suele iniciarse en un foco o punto y el fuego se propaga y se expande, esto se debe a la radiación, conducción y convección, como se observa en la figura 2-1. La conducción se da por la transferencia de calor de un cuerpo a otro mediante contacto por un cuerpo sólido, el calor transferido depende de la conductividad térmica de los materiales a través de los cuales está conduciendo el calor y del área del medio conductor. La radiación propaga el calor a través del espacio por medio de ondas de calor en línea recta y en todas direcciones, a la velocidad de la luz y sin desplazar el aire, desde su origen hasta encontrarse con algún material y la convección es la transmisión de energía calorífica por medio de masas de fluidos, el aire caliente sube porque pesa menos que el frío; el aire frío va a llenar el vacío dejado por el aire caliente que está ascendiendo, aunque las corrientes de aire pueden llevarlo en cualquier dirección (Calderón, 2016: p.4).

## 1.4 Morfología y partes de un Incendio Forestal

Los incendios forestales pueden desarrollarse de diferentes formas geométricas, estas pueden ser circulares se forman en terreno plano, con combustible homogéneo y escaso viento, elípticas queman combustible homogéneo y se extiende por terreno plano o pendiente regular. Se caracteriza por la presencia del viento en dirección constante, e irregulares se origina bajo la influencia del viento (variación en su intensidad y dirección), se propaga en pendientes irregulares y combustible heterogéneo, como se puede observar en la figura 3-1. Estas formas pueden estar determinadas con las condiciones topográficas, ecológicas y por las condiciones meteorológicas y son de gran importancia al momento de su extinción.



**Figura 3-1:** Formas de un incendio forestal. a) Incendio circular. b) Incendio elíptico. c) Incendio de forma irregular

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.



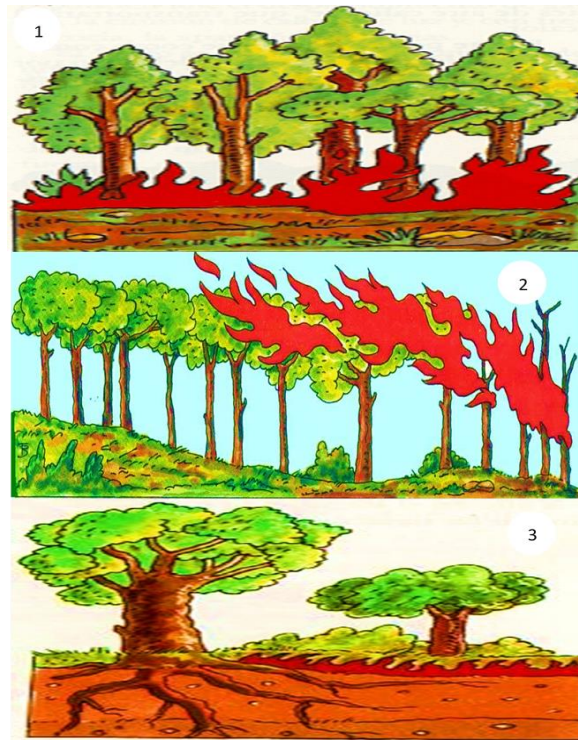
**Figura 4-1:** Diferentes partes que conforman un incendio forestal

Fuente: Zárate, 2004

Las partes fundamentales de un incendio forestal son borde es el perímetro del área del incendio, frente o cabeza es la parte del incendio que avanza con mayor rapidez e intensidad, cola es la parte que avanza más lentamente, en dirección opuesta al frente y que puede llegar a extinguirse sola, dedos son estrechas extensiones de fuego que se proyectan detrás del frente, focos secundarios son fuegos producidos por la emisión de partículas combustible incandescente y se establecen fuera del perímetro del incendio, bolsas o entrante son las partes del perímetro de un incendio donde el fuego avanza lentamente a causa de obstáculos o situaciones desfavorables flancos están situados entre el frente y la cola del incendio e isla son porciones de vegetación que no fueron consumidos por el fuego y se encuentran en el interior del perímetro del incendio, como se muestra en la figura 4-1 (Calderón, 2016: p.5).

## 1.5 Tipo de Incendios Forestales

Según la estratificación vegetal afectada por el fuego existen diferentes tipos de incendios forestales, como se aprecia en la figura 5-1; incendios de superficie, incendios de copa e incendios de subsuelo, estos se caracterizan según el tipo de ecosistema y condiciona distintas características adaptativas en las plantas.



**Figura 5-1:** Tipos de incendios. 1. Incendios superficiales, 2. Incendio de copa, 3. Incendio de subsuelo.

Fuente: Pérez, 2015

Cuando el incendio se propaga por el estrato herbáceo o la hojarasca y alcanzan hasta metro y medio de altura se lo denomina “incendios superficiales”. En los sistemas con árboles e incendios superficiales, existe una discontinuidad vertical del combustible fino, de modo que el sotobosque está separado de la copa de los árboles y evita que el fuego de superficie se propague a las copas. Incendios de copa es el fuego que afecta todos los estratos de la vegetación y toda la parte aérea de las plantas, incluyendo las copas de los árboles, este tipo de incendios son destructivos, peligrosos y difíciles de controlar, el fuego comienza sobre el nivel del suelo y escalamiento hacia la parte superior de la vegetación que sirve de combustible, es decir, en escalera hacia la copa de los árboles. Los incendios de subsuelo como su nombre lo indica, el fuego de este tipo de incendios se da en

el subsuelo, no suelen generar llamas en la superficie y prácticamente no desprenden humo, por lo que son muy difíciles de localizar, acaban con la materia orgánica acumulada en las raíces. Este tipo de incendios se observan tanto en zonas boreales como en zonas tropicales, e incluso zonas mediterráneas (Pausas, 2020: pp.15-18).

## 1.6 Niveles de incendio

Se debe diferenciar entre un conato de incendio e incendio forestal al momento de determinar el nivel del incendio. Un conato es el inicio de un incendio forestal, que afecta superficies menores a 0,5 hectáreas. Por otro lado, un incendio forestal, es el fuego que se extiende, afectando a superficies mayores a 0.5 hectáreas (CBDMQ, 2016: p.5).

**Tabla 1-1:** Niveles de incendios forestales

| NIVEL | Tipo de incendio  | Superficie (Ha) | Velocidad de propagación   | Pendiente (%) |
|-------|---|-----------------|--|---------------|
| I     | Rastreros, subterráneos, pastizales, matorrales, raíces y hummus. | 0,5 a 2         | 1 a 5 m/min en cabeza, con 1 a 2.5 m altura de llama; vientos de hasta 15 km/h, hojas y ramas se agitan constantemente, combustible seco con temperatura hasta 30°C.                                 | 0 a 15        |
| II    | Bosques, copas, matorrales y pastizales bajos.                    | 2,1 a 10        | 6 a 10 m/min en cabeza, con 2.6 a 4 m altura de llama; vientos de hasta 15-25 km/h, levantan polvo, hojas y ramas se agitan constantemente, combustibles muy secos con; temperatura hasta 32 a 35°C. | 16 a 32       |
| III   | Bosques, copas, matorrales, pastizales bajos.                     | Más de 10,1     | 6 a 10 m/min en cabeza, con 2.6 a 4 m altura de llama; vientos de hasta 26-61 km/h, arbustos y ramas se balancean, hay dificultad al caminar combustibles muy secos; temperatura mayor a 36°C.       | Sobre 33      |

Fuente: CBDMQ, 2016

Realizado por: Yungan Mendoza, Anna, 2021.

## 1.7 Manejo del fuego

FAO (2006), define el manejo del fuego como actividades necesarias para la protección contra el fuego de un bosque, otros valores de vegetación y uso del fuego para lograr objetivos y metas de manejo en el terreno. Para lograr dichos objetivos se debe tomar decisiones y actividades del día

a día e incorpora estrategias de factores tales como: el conocimiento de régimen de incendio, valores de riesgos, efectos del fuego, costo de las actividades relacionadas con el fuego, nivel necesario para la protección forestal y tecnología de fuegos prescritos en la programación de usos múltiples.

Según Myers (2006; p.9) es la aplicación de tecnologías y herramientas apropiadas para la prevención, supresión y uso del fuego con la finalidad de hacerle frente a los problemas de incendios.

### **1.7.1 Componentes del manejo del fuego**

Según la Corporación Nacional Forestal (2015; pp.2-3), un programa de manejo del fuego tomo en cuenta 4 aspectos básicos: prevención, pre-supresión, combate y uso de fuego.

#### **1.7.1.1 Prevención**

Son estrategias de lucha contra incendios forestales, que requiere de una adecuada política de prevención. Donde su principal objetivo es evitar que los incendios se produzcan, o que, una vez iniciados, su propagación sea mínima. Dependerá de la vegetación, condiciones topográficas y del estado atmosférico.

#### **1.7.1.2 Pre-supresión**

Consiste en la planificación y programación de tareas con anterioridad a la ocurrencia de incendios. Estas tareas abarcan: la evaluación del grado de peligro, la detección de el o los focos de incendios, la organización de los recursos para el combate, transporte de personal y equipos.

#### **1.7.1.3 Combate**

Es llevar a cabo un plan de acción con la finalidad de extinción o supresión de un foco o incendio, que procede de acuerdo a las estrategias, criterios y métodos definidos en la pre-supresión. Se trasladan recursos disponibles de acuerdo a las necesidades dadas por la magnitud y estado de

alerta. Se realizan actividades secuenciales como: reconocimiento, primer ataque, control, liquidación y guardia de cenizas con el fin de provocar el quiebre del triángulo del fuego.

#### 1.7.1.4 *Uso del fuego*

De forma simple puede decirse que el fuego se usa en actividades agrícolas, ganaderas y forestales, su principal objetivo es dejar el suelo libre de residuos producto de cultivos anteriores, prácticas forestales y sin vegetación leñosa para el pastoreo. Sin embargo, para realizar un correcto uso del fuego se debe conocer y buscar condiciones, y tener objetivos específicos. Actualmente se sigue haciendo uso del fuego en actividades agrícolas y pecuarias de forma no tecnificada y regulada a pesar de que se cuentan con leyes que norman la utilización de los recursos naturales (SEMADET, 2015: p.72).

### **1.8 Manejo Integral del fuego**

Actualmente, el término manejo del fuego ha ido evolucionando a manejo integral del fuego, y hace referencia a una propuesta para hacer frente a los problemas y preocupaciones causados por incendios forestales, da a conocer el lado positivo de los incendios, cuando la sociedad entiende el rol que tiene el fuego en los ecosistemas, y de esta manera adquirir conocimiento sobre el uso, planificación, regulación y manejo, y así monitorea su impacto (Gómez, 2013: p.7).

Dentro del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, se entiende por manejo integral de fuego, como al *conjunto de decisiones técnicas y acciones estratégicas disponibles a favor de la protección, conservación y uso sostenible del patrimonio natural para prevenir y mitigar los efectos nocivos de los incendios forestales, integrando a la ciencia y a la dimensión sociocultural con las técnicas y tecnologías de manejo del fuego en múltiples niveles. Supone un enfoque amplio y preventivo para hacer frente a asuntos relacionados con el fuego que ponen en riesgo el patrimonio natural, tomando en cuenta las interacciones biológicas, ambientales, culturales, sociales, económicas y políticas* (MAE, 2019: p.143).

## **1.9 Quema controlada y quema prescrita**

Las quemas controladas consisten en usar el fuego en un área delimitada por líneas de control (líneas negras, líneas húmedas, brechas, cortafuego u otras), de acuerdo a normas técnicas preestablecidas con la finalidad de mantener el fuego bajo control (Ruiz, 2015 citado en Espinales, 2020, p.8).

Una quema prescrita consiste en la aplicación controlada del fuego, a combustibles forestales en su estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas que permitan mantener el efecto dentro de un área predeterminada, y al mismo tiempo, producir una intensidad calórica y velocidad de propagación requeridas para cumplir objetivos planeados de manejo de recursos naturales. La prescripción de la quema debe ser realizada por profesionales especialistas en fuego de baja intensidad, para ir eliminando la biomasa muerta acumulada y especies del sotobosque (Rodríguez, et al., 2018: p.189).

## **1.10 Factores que influyen en el comportamiento de los Incendios Forestales**

De acuerdo con Barberá (2015; pp.28-30) son tres los factores que dominan el comportamiento del incendio son la topografía, meteorología y material combustible.

### **1.10.1 Factores de combustible**

- Grado de combustibilidad: Hace referencia a la mayor o menor facilidad para arder que tienen los combustibles, depende del tipo de combustible y de la presencia de determinadas sustancias volátiles inflamables.
- Cantidad de combustible. El abandono de los restos tras podas o cortas aumenta la amenaza de combustibilidad.
- Densidad de la vegetación. Depende de la continuidad horizontal del combustible.
- Estratificación de la vegetación. Está vinculada con la continuidad vertical del combustible.



- Humedad del combustible. Los combustibles secos se queman más deprisa ya que el fuego no tiene que utilizar calorías en evaporar agua.

### **1.10.2 Factores topográficos**

- Pendiente. En pendiente el fuego avanza con mayor rapidez, ya que el aire en aumento va secando la vegetación ladera arriba. Se debe tomar en cuenta que los valles favorecen al fuego, al actuar como chimeneas en aire caliente.
- Exposición. Ya que influye en la exposición del Sol y por consiguiente en el grado de humedad del aire y combustibles, así como en la temperatura.
- Relieve. Se refiere a los efectos del viento, chimenea, la posibilidad de inversión térmica, entre otras.

### **1.10.3 Factores meteorológicos**

Tanto la meteorología como el clima aportan información sobre un conjunto de variables que ejercen influencia determinante sobre los combustibles. La climatología es la encargada de estudiar la serie de estados de tiempo atmosférico que ocurren en un determinado lugar o región. Y la meteorología estudia las propiedades de la atmósfera y los fenómenos que tienen lugar en ella. Las condiciones atmosféricas, o lo que es igual, el tiempo atmosférico que se dan en un determinado lugar y momento, influyen en el inicio del incendio, así como en su posterior desarrollo. A diferencia de lo que ocurriría con los combustibles, este es un factor que no se puede modificar, pero si se puede predecir (Rivero, et al., 2016: p.47).

#### **1.10.3.1 Temperatura**

La Temperatura tanto del material combustible como la del aire atmosférico, afecta directa e indirectamente a la ocurrencia y propagación de los incendios forestales. La temperatura del aire cambia considerablemente tanto en espacio como en tiempo por diferentes motivos, la mayoría de estos cambios están relacionados con el calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra (Soares, 1985 citado en Pico, 2018: p.21).

Gran parte de los efectos de la temperatura son indirectos. La temperatura del aire ocasionalmente será un factor que determine si el fuego va a iniciar o a continuar quemando. La temperatura afecta la capacidad del aire para contener vapor de agua. Cuando la temperatura aumenta, la humedad naturalmente decrece y de esta manera ayuda a bajar el contenido de humedad de los combustibles, incrementando las posibilidades de desarrollo de un incendio (Ramos, 2010: p.76).

#### *1.10.3.2 Humedad relativa*

Para Rivero, et al. (2016; p.48) la humedad relativa del aire (%) determina la humedad del combustible. Tanto para la prevención y extinción de incendios, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- A mayor humedad relativa menor será la cantidad de oxígeno presente en el aire y, por consiguiente, menor disponibilidad de oxígeno para la combustión.
- A mayor humedad relativa, mayor humedad de los combustibles forestales. Por consiguiente, mayor será la cantidad en la fase de precalentamiento.
- La humedad relativa, depende de la temperatura, esta va cambiando a lo largo del día, obteniendo su valor máximo por la noche y su valor mínimo luego del mediodía. Para el desarrollo de un incendio forestal dichos valores deben ser por debajo del 30%.

#### *1.10.3.3 Precipitación*

La cantidad de precipitación y distribución a lo largo del año determinan el comienzo, final y severidad de la temporada de fuego. Los períodos prolongados de sequía producen las condiciones adecuadas para el desarrollo de incendios de gran severidad por incrementar la disponibilidad de los combustibles. Períodos con abundante precipitación previos a la temporada de fuego, producen una gran cantidad de combustible que estará disponible para quemarse. La distribución y cantidad de precipitación afectan a la cantidad de agua disponible en el suelo usado por la vegetación (Heredia, 1999: p.307).

#### *1.10.3.4 Viento*

Acelerar la desecación de la vegetación e incrementar el abastecimiento de oxígeno para mantener la combustión ya iniciada. El efecto de enfriamiento que provoca el movimiento de masas de aire es ampliamente contrarrestado en el comportamiento de la temperatura y humedad relativa (Alvera y Giroz, 1975: p.20).

### **1.11 Efectos de los incendios forestales**

A lo largo de la historia, la humanidad se ha valido del fuego con tan poca conciencia, haciendo de este un fenómeno altamente peligroso y causando grandes impactos ambientales, económicos y sociales.

#### *1.11.1 Sobre la vegetación*

El fuego sobre la vegetación depende del régimen de incendio; es decir por: la frecuencia, intensidad, forma, tamaño y época del incendio. La intensidad del fuego y el tiempo de exposición, seca los tejidos vegetales. El aumento de temperatura interna de las células vivas, depende de la duración del incendio y da como resultado la pérdida de la vegetación. La dureza del árbol depende de sus propios mecanismos de defensa y de las circunstancias ambientales. La reincidencia de incendios ocasiona graves problemas ambientales, sobre todo en ecosistemas sensibles a la erosión y lixiviación de nutrientes (Navarro, et al., 2015).

#### *1.11.2 Sobre las masas forestales*

Cuando el fuego no es un mecanismo de alteración natural en los bosques, éste tiene efectos destructivos sobre las especies forestales, puesto que provoca estrés y desaparición de hábitats, territorios, y alimento. La pérdida de organismos de gran importancia para los ecosistemas forestales, retarda de forma muy significativa el índice de recuperación del bosque, el grado de recuperación y la necesidad de llevar a cabo intervenciones de rehabilitación dependen de la intensidad del incendio (Boer, 1989: pp.1-7).

En la mayoría de bosques pluviales inalterados, los incendios rara vez ocurren dados que están formados por árboles de gran altura y en los que predomina una cubierta de copas cerrada, debido a la humedad del combustible, la escasa velocidad del viento, al microclima húmedo y elevadas precipitaciones. A pesar de esto, los bosques pluviales resultan más susceptibles a los incendios en los períodos de sequía intensa, como los que se han experimentado en el fenómeno “El Niño”. En bosques que no están adaptados al fuego, éste puede desaparecer todas las plántulas, brotes, lianas y árboles jóvenes, ya que no están protegidos por una corteza gruesa (Woods, 1989: pp.290-298).

### ***1.11.3 Sobre el suelo***

La intensidad de la quema en el suelo depende de la profundidad de penetración, ésta depende de su composición, del volumen de agua que contiene y de la velocidad del fuego. La acumulación de cenizas y carbón en la superficie alteran la composición química del suelo. En el suelo carbonizado el humus desaparece y los elementos minerales, provocan un efecto beneficioso inmediato con la liberación de potasio y mineralización del nitrógeno; pero a la larga resulta negativo, porque las bases minerales disminuyen por el arrastre superficial, drenaje profundo o lavado interno. Los suelos quedan expuestos y susceptibles a la erosión. A consecuencia de que no hay plantas que retengan el agua para que se filtre al subsuelo y así, formar o recuperar mantos freáticos (Calderón, 2016; García de Pedraza y García, 1987).

### ***1.11.4 Sobre la fauna***

Los incendios forestales tienen un impacto importante en la pérdida de fauna y vegetación, da lugar a alteraciones en la biodiversidad. Esto va a depender del contenido de humedad de la vegetación, la velocidad del viento, las cargas de combustible, entre otros. Por consiguiente, generar desequilibrios en los ecosistemas tales como: alteraciones en la composición de las especies, migraciones de animales y microorganismos; rupturas o desequilibrios ecológicos en la cadena biológica. En las áreas quemadas se reducen las poblaciones de anfibios, reptiles y mamíferos, debido a la dificultad de encontrar sus nichos luego de las quemadas o incendios. Asimismo, la disminución de mamíferos pequeños como los roedores puede contribuir negativamente en el suministro de alimentos a los carnívoros pequeños (Castillo, et al., 2003; Nasi, et al., 2002).

## **1.12 Situación actual de los incendios forestales en Ecuador**

Los bosques de las zonas ecuatoriales no son los únicos que tienden a incendiarse. La relación de los incendios con climas cálidos (sequías más prolongadas), no son las únicas condiciones que dan origen a grandes incendios. En las regiones tropicales boreales, templadas áridas y semiáridas también están expuestas a este fenómeno que afecta a nivel global (Campos, 2012 citado por Baquero, 2019 p.11).

En Ecuador, en los últimos años la problemática de incendios forestales ha ido en ascenso, ocasionando así daños y perjuicios a nivel económicos, social y ecológicos en varias provincias. Según los reportes del Servicio Nacional de Gestión del Riesgo y Emergencias, entre el 2012 y 2019, más de 164.000 hectáreas de bosques naturales y plantados fueron afectadas por incendios forestales, los cuales, en un 99% se deben a la acción humana por negligencia, quemas agrícolas no controladas, fogatas o acciones pirómanas, en el 2020 los incendios forestales ocasionaron la pérdida de 27.904,91 hectáreas de cobertura vegetal, en 2.336 eventos registrados. Son 5 las provincias con mayor afectación por incendios forestales en la región sierra: Loja, Pichincha, Imbabura, Chimborazo, Azuay; mientras que en la región costa las provincias de: El Oro, Guayas, Manabí, y Santa Elena (MAE, 2020a).

En 2017, el MAE a través de la Subsecretaría del Patrimonio Natural, implementa en el país el Programa de Reducción de Incendios Forestales y Alternativas al Uso del Fuego “Amazonia Sin Fuego” (PASF), brindando la oportunidad de continuar las acciones tecnologías y técnicas emprendidas exitosamente por el PASF en Bolivia y Brasil desde 1999, reduciendo en más de un 90% los incendios forestales originados del mal uso del fuego en prácticas agrícolas en sus áreas de intervención. El objetivo principal de dicho programa es el de “reducir la incidencia de los incendios forestales” mediante la implementación de prácticas alternativas al uso del fuego en el sector agrícola, contribuyendo así a la protección del ambiente y a mejorar las condiciones de vida de las comunidades, además de fortalecer sus capacidades en el marco de la introducción a la prevención y control de incendios forestales (MAE, 2018).

Actualmente, el MAE como institución encargada de la conservación y protección de los recursos naturales, lleva a cabo diversas acciones para la prevención y control de los incendios forestales a nivel nacional. Mediante sus diferentes Direcciones Provinciales pretenden ejecutar el Plan de

Prevención, Control de Incendios Forestales y Remediación de Áreas Afectadas en el Ecuador, el mismo que se enfoca en la recuperación de áreas afectadas por los incendios en época seca. Dicha institución desarrollo un Plan de Contingencia de Incendios Forestales que tiene por objetivo implementar medidas que permitan prevenir, mitigar y controlar este fenómeno natural, principalmente en zonas frágiles como el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Patrimonio Natural del Estado, Patrimonio Forestal, Bosques, Vegetación Protectores, y sus zonas de influencia. Este plan, surge con la necesidad de promover acciones preventivas en la lucha contra incendios forestales mediante de la difusión y concienciación en los sitios de mayor incidencia (MAE, 2020b).

### **1.13 Legislación sobre incendios forestales en Ecuador**

En referencia al manejo integral del fuego y los incendios forestales el Ecuador cuenta con la siguiente legislación:

#### ***1.13.1 Constitución de la República del Ecuador***

**Art 71.** “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete íntegramente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad publica el cumplimiento de los derechos de la naturaleza”.

**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” (Asamblea Constituyente, 2008).

#### ***1.13.2 Código Orgánico del Ambiente***

**Art 7.** “Son de interés público y por tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos, los siguientes: 2. Proteger, conservar y

restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, 4. Prevenir, evitar y reparar de forma integral los daños y pasivos ambientales y sociales”.

**Art 98.** *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.*

**Art 261.** “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”.

**Art 273.** “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” (Asamblea Nacional, 2017).

### **1.13.3      *Reglamento al Código Orgánico el Ambiente***

**Art 384.** *La Autoridad Ambiental Nacional, podrá autorizar el uso fuego de forma excepcional, en las siguientes situaciones: a) En terrenos públicos o privados cuyas peculiaridades justifique el empleo del fuego controlado en prácticas agropecuarias, agroforestales, mediante previa aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con la autoridad nacional de agricultura y en observancia de los criterios técnicos la misma establezca para el efecto. b) En el uso de quemas prescritas destinadas al manejo de ecosistemas y reducción de combustibles para la prevención y control de incendios forestales.*

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

**Art 370.** *El manejo integral del fuego implica un trabajo coordinado con los propietarios públicos y privados de los predios aledaños o que fomenten conservación de la biodiversidad y del patrimonio forestal nacional, así como con la ciudadanía en general, quienes deberán incorporar acciones directas en materias de prevención de incendios forestales cuando de alguna forma sus actividades pongan en el peligro los bienes y servicios ambientales de las áreas naturales señaladas.*

**Art 374.** “En materia de prevención y control de incendios en plantaciones forestales y sistemas agroforestales de producción y con fines comerciales, la Autoridad Nacional de Agricultura emitir la nueva técnica en coordinación con la Autoridad Nacional Ambiental” (Asamblea Nacional, 2019).

#### **1.13.4 Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización**

**Art 65.** “Los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen: d) Incentivar el desarrollo de las actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente”.

**Art 140.** *Las Gestión de los servicios de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia de incendios que de acuerdo con la constitución corresponde a los Municipios, se ejercerá con sujeción a la Ley que regule la materia. Para tal efecto los cuerpos de bomberos del país serán considerados como entidades adscritas a los gobiernos autónomos descentralizados municipales quienes funcionarán con autonomía administrativa y financiera, presupuestaria y operativa, observando la ley especial y normativas vigentes a las que estarán sujetos (Asamblea Nacional, 2010).*



### **1.13.5 Ley de Defensa contra incendios**

**Art 23.** “Se considera también contravención además de las establecidas en el Código Penal, todo acto arbitrario, doloso o culposo, atentatorio a la protección de las personas y de los bienes en los casos de desastre provenientes de incendio” (Asamblea Nacional, 2009).

### **1.13.6 Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios**

**Art 329.** “Las personas naturales o jurídicas, instituciones públicas o privadas que sean propietarias, arrendatarias u ocupantes de cualquier tipo de predios boscosos, baldíos (lentos de mafeza) o áreas densamente arboladas, están obligados a la adopción de las medidas de prevención contra incendios forestales y evitar los riesgos de exposición, en caso de cercanía a edificaciones” (Asamblea Nacional, 2009).

### **1.13.7 Código Orgánico Integral Penal**

**Art 246.** *La persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos o plantados o páramos, 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. 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.* (Asamblea Nacional, 2014)

## **1.14 Comportamiento histórico de los incendios**

Los incendios forestales, en muchos casos, se desarrollan y surgen evidenciando determinadas regularidades espacio-temporales provocadas fundamentalmente por las condiciones meteorológicas, causas de origen, topografía y el combustible. Al comprender estas regularidades, podemos encontrar información necesaria para planificar su prevención, sobre una base bien fundamentada, las diferentes actividades de manejo del fuego en el presente y futuro. Para un efectivo control de las fuentes de riesgo, se requiere el conocimiento de cómo operan localmente

los incendios forestales y dónde y cuándo ocurrieron. Para obtener dicha información es necesario un análisis de las experiencias pasadas de los incendios forestales (Ramos, 2010: p.199).

Los datos más frecuentes que utilizan los programas de prevención son: causa del incendio, lugar de ocurrencia, época y extensión del área quemada. Conocer dónde ocurren los incendios es importante para definir las regiones con mayor riesgo, y así, establecer programas más intensivos de prevención. La información de la distribución a través de los meses del año es importante en la planificación de prevención, puesto que define las épocas de mayor riesgo de ocurrencia y la información del área quemada puede ser útil para analizar la eficiencia en el combate. A mejor eficiencia del equipo de combate, menor es la extensión del área quemada (Batista y Soares, 1997: p.50).

### **1.15 Estadística de incendios forestales**

La estadística general de los incendios forestales, contiene información de gran importancia en la planificación de la lucha contra los incendios. Asimismo, proporcionan resultados de situaciones o hechos difíciles de observar y cuantificar en el día a día, pero que exigen actuaciones para su gestión (CLIF, 1997: p.202).

Para realizar una estadística de incendios forestales, se debe coleccionar todos los hechos básicos y datos sobre la ocurrencia de incendios. Esa información puede ser recopilada, por ejemplo, datos de los últimos cinco años sobre: cómo y por qué ocurren los incendios; comienzo (día, mes y hora del día); frecuencia (época y riesgo); causas de los incendios; y dónde ocurren (localización en el mapa y tipo de bosque). Las respuestas a estas preguntas permiten elaborar un plan de protección contra incendios con base científica. De esta forma aumentan sus posibilidades de éxito. La estadística descriptiva junto con otras técnicas estadísticas permite comparar resultados de incendios forestales (Ramos, 2010; Heikkilä, et al., 2010 citado en García, 2020: p.11).

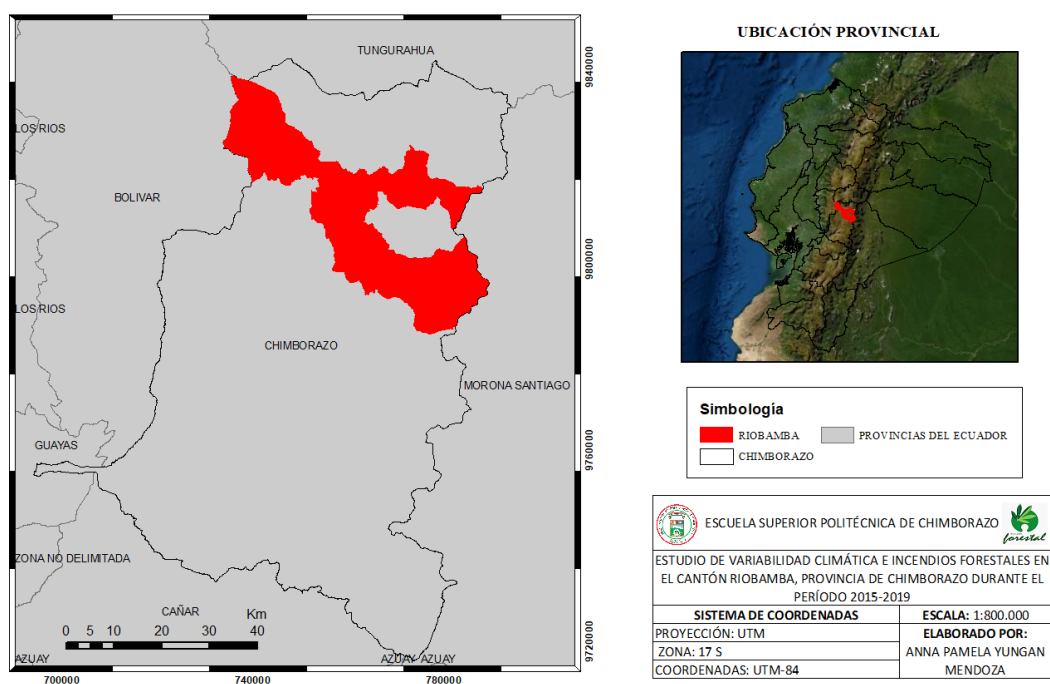
## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en el Cantón Riobamba, a continuación, se describen características del Cantón tales como: ubicación, límites y clima.

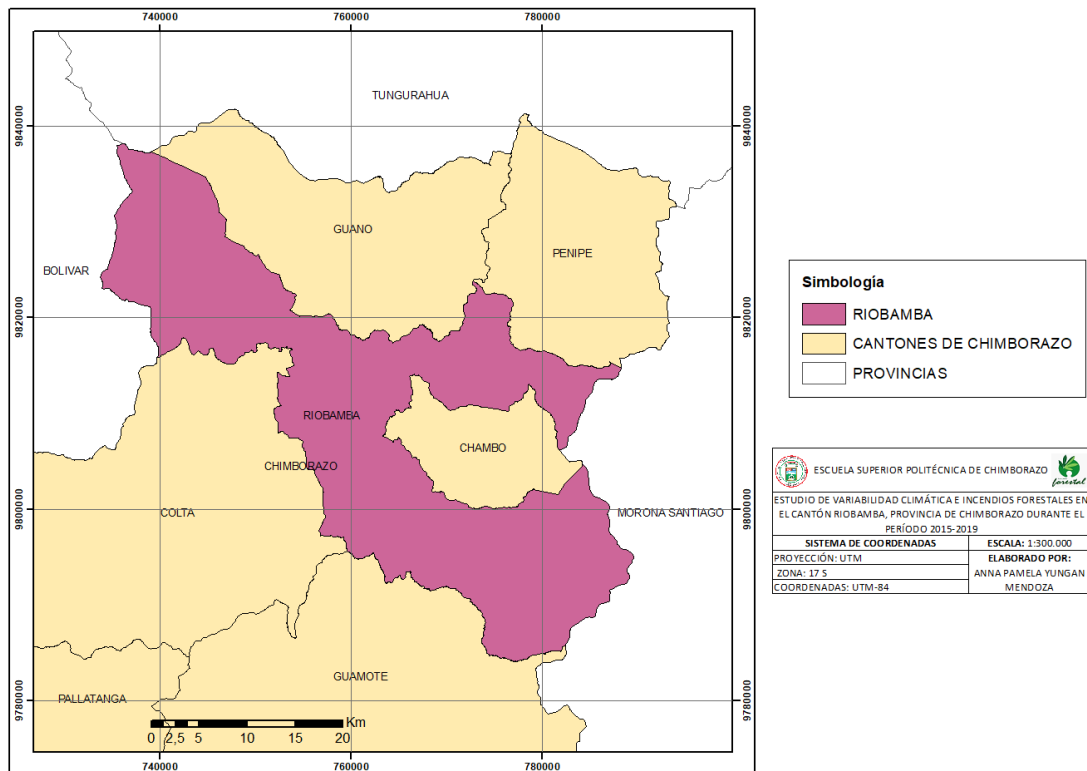
#### MAPA DE UBICACIÓN DEL CANTÓN RIOBAMBA



#### Mapa 1-2: Localización del área de estudio

**Realizado por:** Yungán Mendoza, Anna, 2021.

El cantón Riobamba cuenta con una superficie de 979,70 Km<sup>2</sup> se encuentra situada 2.754 metros sobre el nivel de mar, a 1°41'46" latitud Sur; 0°3'36" longitud Occidental del meridiano de Quito, en la región Sierra Central y es la capital de la Provincia de Chimborazo (GADPCH, 2019: pp.8-10).



**Mapa 2-2:** Límites del Cantón Riobamba

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

El cantón Riobamba limita al norte con el cantón Guano y Penipe, Sur Cantones de Colta y Guamote, al Este con el cantón Chambo y al Oeste con la provincia de Bolívar. Está constituido por 5 parroquias urbanas y de 11 parroquias rurales (EP-EMAPAR, 2017: p.2).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Riobamba el clima del Cantón Riobamba al encontrarse en el callejón interandino por lo general es frío, además poseen 6 pisos climáticos en sus diferentes parroquias, como se puede observar en la tabla 1-2.

**Tabla 1-2:** Pisos climáticos presentes en las parroquias del cantón Riobamba

|                  |  |   |
|------------------|--|---|
| Pisos Climáticos | Ecuatorial frío alta montaña             | Se caracteriza por el alto frío de la zona, precipitaciones muy abundantes, su vegetación es muy variable, de acuerdo a la latitud en que se encuentren ubicadas las montañas. Este clima se presenta en: Calpi, Pungalá, este y oeste de Quimiag, noreste de Licto, sur de San Juan y oeste de Licán |
|                  | Ecuatorial frío seco alta montaña        | Debido a que la evaporación excede a las precipitaciones esta no es suficiente para alimentar a las corrientes de agua permanentes. Está presente al Norte de San Juan  |
|                  | Ecuatorial frío semi húmedo alta montaña | Su temperatura está influida por la altura, este clima se aprecia en las parroquias: San Juan, el centro de Quimiag, sur oeste de Pungalá   |
|                  | Ecuatorial húmedo mesotérmico            | Micro clima presente entre la Sierra y otra región que la limitan. Su temperatura varía según la altitud; la vegetación corresponde a zonas de bosque que lamentablemente son afectadas por la deforestación que se presenta en la parroquia Licto.   |
|                  | Ecuatorial mesotérmico seco              | Se presenta en el fondo de los valles de callejón interandino en la ciudad de Riobamba  |
|                  | Ecuatorial mesotérmico semi húmedo       | Este tipo de clima se encuentra en los valles de la Sierra.   |

**Fuente:** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Riobamba, 2019

## 2.2 Materiales, recursos, software

### 2.2.1 *Materiales*

- Laptop Core i7 8th Gen
- Impresora
- Materiales de oficina

### 2.2.2 *Recursos*

- Base de datos incendios forestales 2015 – 2019
- Datos meteorológicos 2015 – 2019

### 2.2.3 *Software*

- Arc GIS v10.5
- IBM SPSS Statistic v22
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016

## 2.3 **Metodología**

### 2.3.1 *Recopilación y verificación de información de incendios forestales y variables meteorológicas*

#### 2.3.1.1 *Incendios Forestales*

La información de las estadísticas de los incendios forestales fue solicitada mediante oficios al Ministerio de Ambiente y Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) del cantón Riobamba (Ver Anexo B). En ambas entidades se solicitó la base de datos de incendios forestales ocurridos en el cantón durante el período 2015 – 2019, y se utilizó únicamente la base de datos con información completa.

#### 2.3.1.2 *Variables meteorológicas*

Los datos de las variables meteorológicas, fueron obtenidos de los boletines mensuales y anuarios climatológicos los que a su vez fueron descargados de la página web de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la sección facultades/estación meteorológica. Los datos originales completos descargados de la Estación Agrometeorológica de cada variable se encuentran en el Anexo C, se puede observar que existieron datos faltantes dentro de las series de tiempo. Para llevar a cabo el estudio se necesitó de series continuas, por lo que se buscó una metodología que permitió llenar los datos faltantes de cada serie de tiempo previo al análisis de cada una de las variables.

### 2.3.2 *Llenado de datos faltantes*

El período de análisis establecido para el estudio fue de 5 años (2015 - 2019), y para la estandarización de los datos se siguió el siguiente procedimiento. El relleno de datos faltantes de los elementos meteorológicos de precipitación total, temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa media, humedad relativa máxima y humedad relativa mínima se realizó utilizando el método de estimación mediante sustitución por el promedio.

Según Guevara (1987; p.13) el método de estimación mediante sustitución por el promedio se puede aplicar solamente cuando se dispone de un registro suficientemente largo y que la variable no presente fuertes diferenciaciones. Este consiste en promediar los datos del período y considerar ese promedio como una estimación aproximada del dato faltante.

### 2.3.3 *Correlación entre las variables*

Para determinar la relación entre las variables analizadas se utilizaron las 1.826 observaciones correspondientes a cada uno de los días del periodo objeto de análisis y 765 observaciones de la época de incendios. De acuerdo con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov se obtuvo que ninguna variable analizada tenían una distribución normal ( $p < 0,05$ ), por lo que se determinó el coeficiente de correlación no paramétrica de Spearman, considerando una probabilidad de significación del 5 %, como medida de la relación. La interpretación de los valores de la correlación fue hecha de acuerdo con la propuesta de Bisquerra (2004), la cual se muestra en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Interpretación de los valores de las correlaciones de Spearman

| <b>Interpretación</b> | <b>Valor de r</b> |
|-----------------------|-------------------|
| Nula                  | 0,00              |
| Muy baja              | 0,01 - 0,19       |
| Baja                  | 0,20 - 0,39       |
| Moderada              | 0,40 - 0,59       |
| Alta                  | 0,60 - 0,79       |
| Muy alta              | 0,80 - 0,99       |
| Perfecta              | 1,00              |

**Fuente:** Bisquerra, 2004

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultados descriptivos

##### 3.1.1 *Análisis descriptivo de las variables meteorológicas*

###### 3.1.1.1 *Análisis diario de las variables*

- Temperatura

El promedio de la temperatura media registrada en la estación agrometeorológica de la ESPOCH es de 13,5°C. Durante el período de estudio, el promedio de temperatura máxima se sitúa en 21,2°C y el de temperatura mínima en 9,1°C. La temperatura mínima diaria más baja es 0,2°C y la máxima más alta se sitúa próxima a los 26,7°C. Como puede observarse en el gráfico 1-3 las temperaturas presentan una marcada variación estacional.

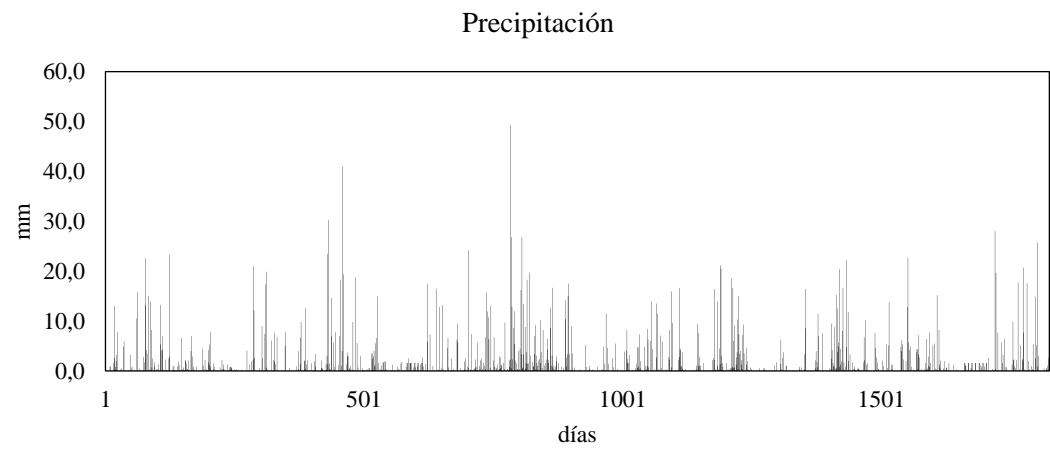
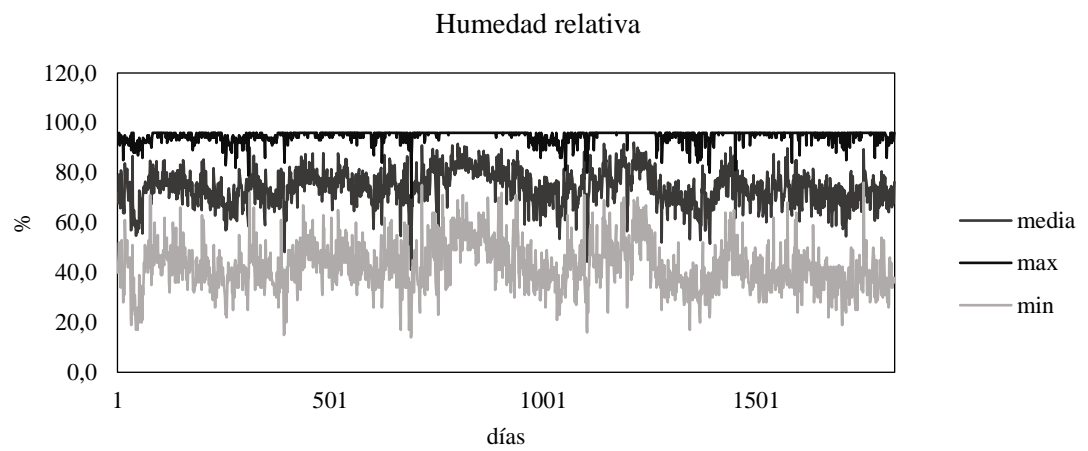
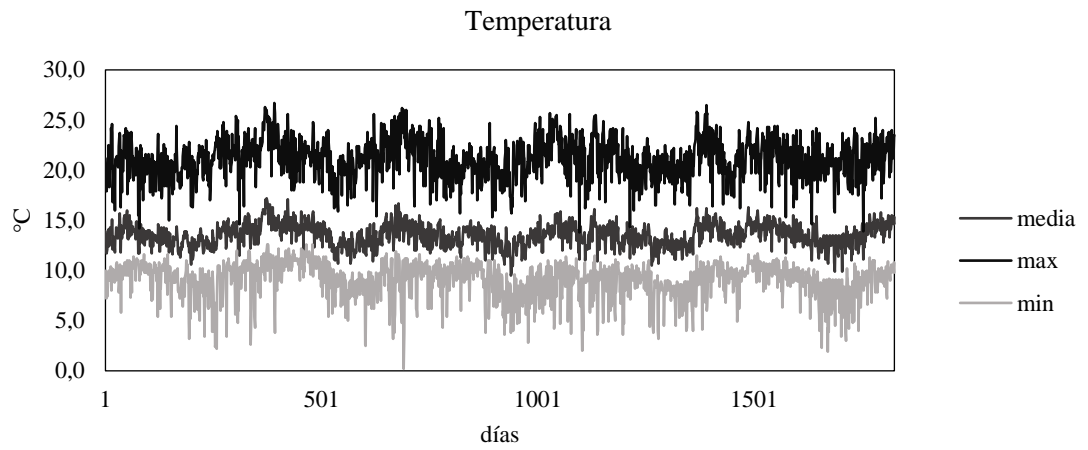
- Humedad relativa

En cuanto a la humedad relativa, la variación estacional es menos marcada que en el caso de la temperatura. La media de la humedad diaria máxima es de 96% y la media de la humedad diaria mínima se sitúa en 14%.

- Precipitación

La precipitación diaria es muy variable. Los valores de las series se sitúan entre 0,0 – 49,3mm.





**Gráfico 1-3:** Gráficos de secuencia de las temperaturas, humedad relativa y precipitación en la Estación Agrometeorológica ESPOCH (2015 – 2019)

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

### 3.1.1.2 Análisis de las variables a través de los meses

En la tabla 1-3 se muestra el análisis descriptivo de los valores diarios de las variables meteorológicas en el Cantón Riobamba durante el 2015 al 2019. Puede observarse que los mayores valores del coeficiente de variación se obtuvieron para la precipitación, lo cual se puede explicar por su intensidad diaria a través de los meses.

**Tabla 1-3:** Estadísticos descriptivos de las variables temperatura, humedad relativa y precipitación. Estación Agrometeorológica ESPOCH (2015 – 2019)

| Meses | Temperatura (°C) |       |           |      | Humedad relativa (%) |       |           |      | Precipitación (mm) |       |           |      |
|-------|------------------|-------|-----------|------|----------------------|-------|-----------|------|--------------------|-------|-----------|------|
|       | Min              | Max   | $\bar{X}$ | CV   | Min                  | Max   | $\bar{X}$ | CV   | Min                | Max   | $\bar{X}$ | CV   |
| Ene   | 11,00            | 17,20 | 13,88     | 0,09 | 44,30                | 89,50 | 73,26     | 0,10 | 0,00               | 16,60 | 1,59      | 2,09 |
| Feb   | 10,90            | 17,10 | 14,13     | 0,07 | 54,80                | 91,60 | 73,16     | 0,11 | 0,00               | 49,30 | 1,47      | 3,51 |
| Mar   | 11,60            | 15,90 | 13,90     | 0,07 | 60,10                | 91,60 | 78,05     | 0,08 | 0,00               | 30,30 | 2,94      | 1,99 |
| Abr   | 11,20            | 15,90 | 13,67     | 0,07 | 56,60                | 92,10 | 78,32     | 0,07 | 0,00               | 41,00 | 2,61      | 2,14 |
| May   | 11,00            | 15,50 | 13,49     | 0,06 | 60,50                | 90,10 | 78,08     | 0,08 | 0,00               | 23,30 | 1,78      | 1,98 |
| Jun   | 10,50            | 14,70 | 12,77     | 0,07 | 62,50                | 89,50 | 76,48     | 0,07 | 0,00               | 17,50 | 1,18      | 2,48 |
| Jul   | 9,50             | 15,40 | 12,40     | 0,08 | 52,00                | 88,70 | 73,25     | 0,08 | 0,00               | 7,80  | 0,44      | 2,66 |
| Ago   | 9,90             | 14,20 | 12,65     | 0,06 | 57,40                | 82,60 | 71,10     | 0,07 | 0,00               | 11,50 | 0,53      | 2,31 |
| Sep   | 9,90             | 16,20 | 13,15     | 0,07 | 53,40                | 87,10 | 68,62     | 0,09 | 0,00               | 28,10 | 1,02      | 3,53 |
| Oct   | 11,10            | 16,20 | 13,92     | 0,07 | 51,60                | 89,40 | 71,11     | 0,09 | 0,00               | 21,00 | 1,46      | 2,28 |
| Nov   | 11,50            | 16,70 | 14,37     | 0,06 | 41,10                | 90,00 | 72,36     | 0,11 | 0,00               | 20,70 | 2,41      | 1,93 |
| Dic   | 11,80            | 15,80 | 13,97     | 0,06 | 57,20                | 91,00 | 73,44     | 0,08 | 0,00               | 25,70 | 1,58      | 2,67 |

**Min:** Mínimo; **Max:** Máximo;  **$\bar{X}$ :** media; **CV:** Coeficiente de variación

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

Los menores valores diarios promedios de la precipitación a través de los meses se presentaron de junio a septiembre, durante los últimos dos meses de este período, se puede observar también los menores valores diarios promedios de la humedad relativa. Cabe mencionar que, estas dos condiciones determinan la disponibilidad del material combustible. Durante el mes de septiembre, último del período poco lluvioso, se presentan altos valores de temperatura del aire, mientras que, los valores promedio de la humedad relativa y la precipitación son bajos.

### 3.1.2 *Análisis descriptivo de los incendios forestales*

#### 3.1.2.1 *Distribución de las ocurrencias de incendios según las localidades*

Los incendios reportados por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) en el Cantón Riobamba durante el 2015 – 2019 ocurrieron en 14 parroquias tanto urbanas como rurales, concentrándose en dos de ellas el 53 % del total. La correspondiente distribución de las cantidades y los respectivos porcentajes se muestran en la tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Distribución de los incendios por parroquias en Riobamba (2015 – 2019)

| Parroquias                                       | Ocurrencia |      | Cobertura vegetal quemada |      |
|--|------------|------|---------------------------|------|
|  | (No.)      | (%)  | (Ha)                      | (%)  |
| Yaruquíes  | 4          | 5,7  | 6,044                     | 0,2  |
| San Juan   | 27         | 38,6 | 1834,72                   | 55,1 |
| Licán  | 2          | 2,9  | 0,13                      | 0,0  |
| Pungalá  | 10         | 14,3 | 837                       | 25,1 |
| Quimiag  | 4          | 5,7  | 139                       | 4,2  |
| Calpi  | 6          | 8,6  | 414,242                   | 12,4 |
| Velasco  | 1          | 1,4  | 0,4                       | 0,0  |
| San Luis   | 3          | 4,3  | 18                        | 0,5  |
| Cacha (Cab. en Machángara)                       | 2          | 2,9  | 20,025                    | 0,6  |
| Punín  | 1          | 1,4  | 0,1                       | 0,0  |
| Lizarzaburu                                      | 2          | 2,9  | 3,02                      | 0,1  |
| Cubijés  | 1          | 1,4  | 0,005                     | 0,0  |
| Licto  | 6          | 8,6  | 54,05                     | 1,6  |
| Riobamba, Cabecera Cantonal y Capital Provincial | 1          | 1,4  | 5                         | 0,2  |
| Total  | 70         | 100  | 3331,736                  | 100  |

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

#### 3.1.2.2 *Distribución a través del período de años*

La Tabla 3-3 refleja la distribución de los incendios forestales y cobertura vegetal quemada del 2015 al 2019 en el Cantón Riobamba. Se observa que los mayores porcentajes de ocurrencias se presentan en el 2019 y 2016 para cobertura vegetal quemada, cuyos años superan la media anual calculada de ocurrencias de incendios y hectáreas de cobertura vegetal quemadas.

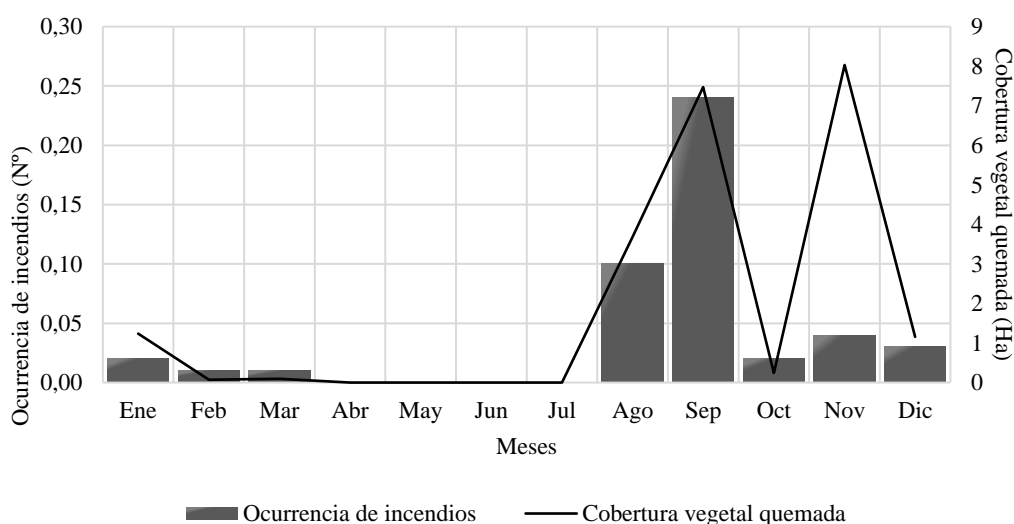
**Tabla 3-3:** Distribución anual de incendios y cobertura quemada en el Cantón Riobamba

| Años  | Ocurrencia |        | Cobertura vegetal quemada |        |
|-------|------------|--------|---------------------------|--------|
|       | Número     | %      | Ha                        | %      |
| 2015  | 9          | 12,86  | 912,55                    | 27,39  |
| 2016  | 11         | 15,71  | 1325                      | 39,77  |
| 2017  | 6          | 8,57   | 218                       | 6,54   |
| 2018  | 8          | 11,43  | 709                       | 21,28  |
| 2019  | 36         | 51,43  | 167,186                   | 5,02   |
| Total | 70         | 100,00 | 3331,736                  | 100,00 |

Realizado por: Yungan Mendoza, Anna, 2021.

### 3.1.2.3 Distribución de incendios y cobertura vegetal quemada a través de los meses del año

Durante el período 2015-2019 en el Cantón Riobamba ocurrieron 70 incendios y las áreas quemadas fueron de 3331,736 ha de cobertura vegetal, mostrando medias anuales de 14 incendios y 666,347 ha, respectivamente. Durante dicho período, de agosto a diciembre ocurrió el 93% de los incendios concentrándose el 70% de las áreas quemadas en septiembre y noviembre. Estos meses coinciden con el período seco o verano donde las lluvias son escasas y en el que se encuentra la mayor cantidad de material combustible. Las medias mensuales de las ocurrencias de incendios y cobertura vegetal quemada del 2015 a 2019 se muestran en el gráfico 2-3.



**Gráfico 2-3:** Medias mensuales de la ocurrencia de incendios y cobertura vegetal quemada en el Cantón Riobamba (2015 – 2019)

Realizado por: Yungan Mendoza, Anna, 2021.

En la tabla 4-3 se observa que los altos valores medios registrados para las ocurrencias de incendios se presentan en el mes de septiembre, mientras que, en el caso de las áreas quemadas, en el mes de noviembre. Todo esto puede ser consecuencia del comportamiento de las variables meteorológicas en el área de estudio. Cabe destacar que, se utilizaron los medios diarios para cada uno de los meses durante los cinco años analizados para ambas variables.

Esta información concuerda con los resultados obtenidos por Pazmiño (2019) en su estudio de Índice de Peligro de Incendios Forestales (FFDI) en la Región Andina del Ecuador en el cual determinó de forma cuantitativa que los meses de julio, agosto y septiembre son percibidos como de mayor peligro de incendios forestales, Además, demostró que octubre y noviembre también presentan un elevado riesgo de incendio. Por su parte Soares (1985) asegura que, las épocas de mayores ocurrencias de incendios durante el año pueden variar bastante entre las regiones, Esas variaciones son causadas principalmente por el clima, aunque puede ser influenciada por los tipos de vegetación.

**Tabla 4-3:** Ocurrencia mensual de incendios y áreas quemadas en el Cantón Riobamba (2015-2019)

| Meses | Ocurrencia de incendios (N°) |     |           |        | Cobertura vegetal quemada (Ha) |     |           |         |
|-------|------------------------------|-----|-----------|--------|--------------------------------|-----|-----------|---------|
|       | Min                          | Max | $\bar{X}$ | CV     | Min                            | Max | $\bar{X}$ | CV      |
| Ene   | 0                            | 1   | 0,02      | 690,00 | 0                              | 102 | 1,24      | 787,82  |
| Feb   | 0                            | 1   | 0,01      | 840,00 | 0                              | 10  | 0,07      | 1187,47 |
| Mar   | 0                            | 1   | 0,01      | 800,00 | 0                              | 15  | 0,10      | 1245,04 |
| Abr   | 0                            | 0   | 0,00      | 0,00   | 0                              | 0   | 0,00      | 0,00    |
| May   | 0                            | 0   | 0,00      | 0,00   | 0                              | 0   | 0,00      | 0,00    |
| Jun   | 0                            | 0   | 0,00      | 0,00   | 0                              | 0   | 0,00      | 0,00    |
| Jul   | 0                            | 0   | 0,00      | 0,00   | 0                              | 0   | 0,00      | 0,00    |
| Ago   | 0                            | 2   | 0,10      | 391,00 | 0                              | 357 | 3,69      | 850,91  |
| Sep   | 0                            | 4   | 0,24      | 272,50 | 0                              | 646 | 7,52      | 741,41  |
| Oct   | 0                            | 1   | 0,02      | 690,00 | 0                              | 18  | 0,24      | 796,11  |
| Nov   | 0                            | 1   | 0,04      | 492,50 | 0                              | 600 | 8,03      | 740,00  |
| Dic   | 0                            | 1   | 0,03      | 590,00 | 0                              | 60  | 1,16      | 620,30  |

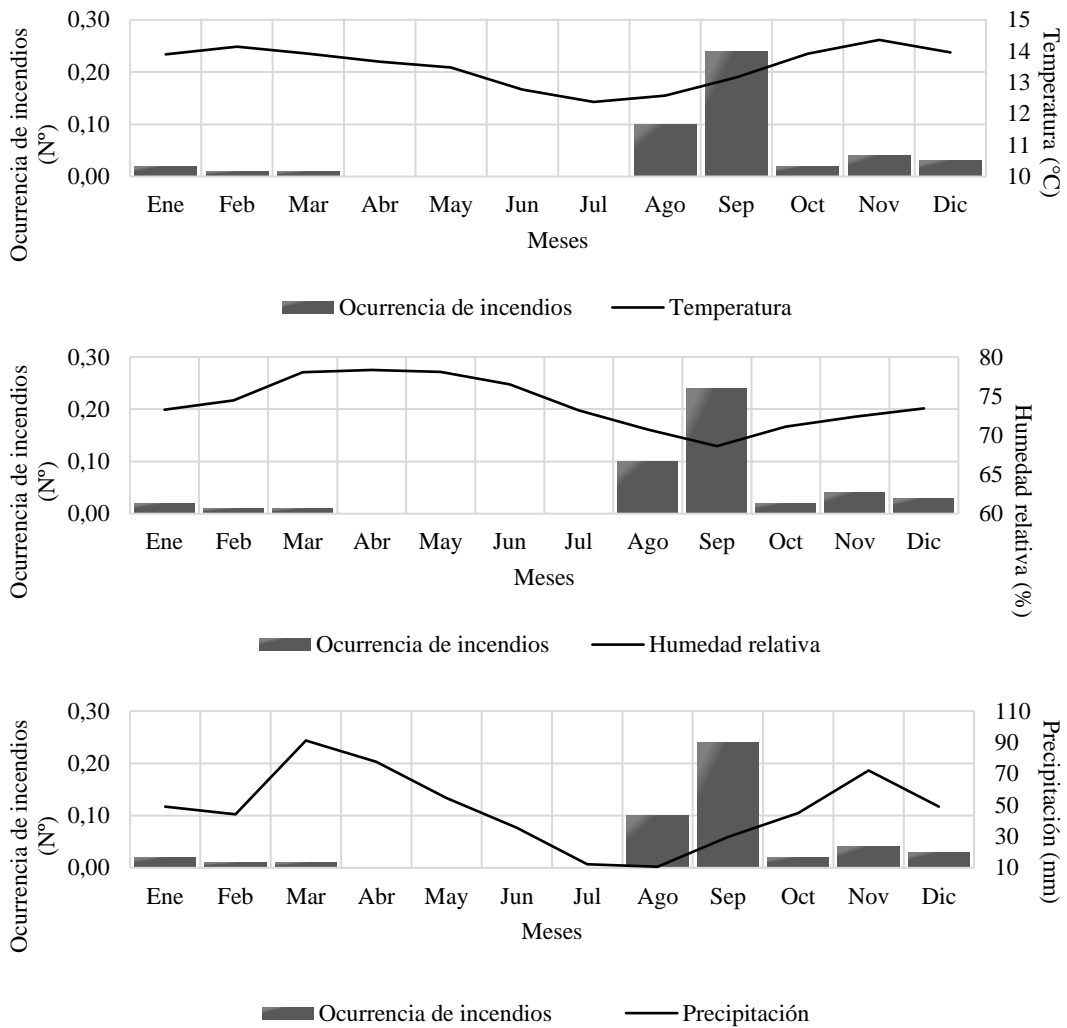
**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

## **3.2 Relación de los incendios forestales, temperatura, humedad relativa y precipitación**

### **3.2.1 *Distribución de las variables meteorológicas y ocurrencia de incendios forestales***

En la figura 3-3 se observa que durante los meses en los cuales se presentan los mayores valores medios de la temperatura no es cuando son mayores los valores medios de las ocurrencias de incendios. Esto demuestra que no es la temperatura la variable que determina el comportamiento de los incendios, al menos no de forma directa o por sí sola. La humedad relativa muestra los valores más bajos de agosto a octubre, meses donde también se registran alguno de los mayores valores medios de ocurrencia de incendios. Por otra parte, la precipitación presenta los menores valores promedio diarios de junio a septiembre. Estos meses de sequía producen las condiciones adecuadas para el desarrollo de incendios ya que incrementan la disponibilidad y cantidad de los combustibles. De forma general puede decirse que al iniciar el período lluvioso van en aumento los valores mensuales medios de las temperaturas y humedad relativa, ocurriendo lo contrario para la ocurrencia de incendios. Puede destacarse que en los meses de agosto y septiembre se registraron los valores promedio más alto de ocurrencias, y en noviembre el de cobertura vegetal quemada y con esto podemos asumir que la distribución de los valores medios de las variables meteorológicas influyó en la disponibilidad del combustible vegetal en el Cantón.

Tanto Molina y Cardil (2015), como Thompson y Spies, (2009) y Liu et al., (2010), han demostrado la estrecha relación existente entre los incendios forestales y los factores meteorológicos, precisando que grandes incendios forestales han ocurrido durante condiciones climáticas extremas y anormales tales como sequías prolongadas acompañadas por altas temperaturas del aire y bajas humedades relativas, provocando así la reducción del contenido de humedad de los combustibles forestales a niveles anormalmente bajos. Sin embargo, el comportamiento obtenido en este estudio para la variable temperatura difiere de los resultados obtenidos por Pazmiño (2019), comprobó una relación directamente proporcional de la temperatura y los valores del índice, es decir, que a mayor temperatura mayor riesgo de incendios forestales. Adicionalmente, sus resultados demostraron que la temperatura y la humedad relativa son los parámetros más sensibles en la Región Andina.



**Gráfico 3-3:** Medias mensuales de ocurrencias de incendios, temperatura, humedad relativa y precipitación en el Cantón Riobamba (2015 – 2019)

Realizado por: Yungan Mendoza, Anna, 2021.

### 3.2.2 *Análisis de Correlación*

En las tablas 5-3 y tabla 6-3 se observa que las correlaciones son significativas ( $p < 0,05$ ) en la variable humedad relativa y precipitación, no ocurriendo esto entre las variables de incendios y la variable temperatura, las mismas de acuerdo con Bisquerra (2004), puede clasificarse esta relación como muy baja. Esto puede deberse a que el 97% de los incendios era de origen desconocido y el 3% por otra causa o error humano. Cabe destacar que se realizaron 2 análisis de correlación uno considerando todos los días del año y el otro solo con la época de incendios.

En estudios realizados por Soares (1972) y Ramos et al. (2017), sobre relación de las variables meteorológicas e incendios forestales, no encontraron correlaciones fuertes entre ocurrencia de

incendios, áreas quemadas y variables meteorológicas, sin embargo recomiendan realizar investigaciones similares pero considerando solo la época de incendios y también descartando los incendios originados por rayos, al hacer los cálculos de las correlaciones sin considerar los incendios por rayos, obtuvieron correlaciones significativa entre ocurrencias de incendios y factores meteorológicos.

**Tabla 5-3:** Correlación entre incendios forestales y variables meteorológicas

| <b>Ocurrencia de incendios y variables meteorológicas</b>   | <b>r</b> | <b>p</b> |
|---|----------|----------|
| Ocurrencia de incendios - Temperatura del aire              | 0,014    | 0,557    |
| Ocurrencia de incendios - Humedad relativa                  | -0,174   | 0,000    |
| Ocurrencia de incendios - Precipitación                     | -0,048   | 0,040    |
| <b>Cobertura vegetal quemada y variables meteorológicas</b> |          |          |
| Cobertura vegetal quemada – Temperatura del aire            | 0,015    | 0,535    |
| Cobertura vegetal quemada - Humedad relativa                | -0,174   | 0,000    |
| Cobertura vegetal quemada - Precipitación                   | -0,048   | 0,040    |

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.

**Tabla 6-3:** Correlación entre incendios forestales y variables meteorológicas considerando la época de incendios

| <b>Ocurrencia de incendios y variables meteorológicas</b>   | <b>r</b> | <b>p</b> |
|---|----------|----------|
| Ocurrencia de incendios - Temperatura del aire              | -0,014   | 0,701    |
| Ocurrencia de incendios - Humedad relativa                  | -0,175   | 0,000    |
| Ocurrencia de incendios - Precipitación                     | -0,034   | 0,354    |
| <b>Cobertura vegetal quemada y variables meteorológicas</b> |          |          |
| Cobertura vegetal quemada - Temperatura del aire            | -0,011   | 0,759    |
| Cobertura vegetal quemada - Humedad relativa                | -0,174   | 0,000    |
| Cobertura vegetal quemada - Precipitación                   | -0,033   | 0,359    |

**Realizado por:** Yungan Mendoza, Anna, 2021.



## CONCLUSIONES

La estadística, demostró ser una alternativa práctica para el estudio sobre incendios forestales, ya que todos los insumos utilizados en la presente investigación son de acceso público y descarga libre. Mediante ella, se pudo obtener datos descriptivos de las ocurrencias de incendios y su causalidad, el cual contribuye un aporte importante y relevante sobre dónde, cuándo y porqué ocurren los incendios en el Cantón y esto contribuye a la toma de decisiones para actividades de manejo integrado del fuego.

Los valores medios mensuales registrados en septiembre durante el período 2015 – 2019 fueron estadísticamente bajos para la humedad relativa y precipitación, con excepción de los valores altos de temperatura. En relación con esto, se puede considerar que el mes de septiembre es el más propicio para la ocurrencia de los incendios forestales.

Durante el período de estudio, en los meses de mayor ocurrencia de incendios y cobertura vegetal quemada se registraron altos valores medios de temperatura y bajos valores medios de humedad relativa. La prueba de Spermán demostró que, aunque existe correlación esta es muy baja entre las variables evaluadas.

## **RECOMENDACIONES**

Una de las restricciones más importantes al momento de trabajar con variables meteorológicas es la existencia de registros incompletos en las series de tiempo, por lo cual se recomienda utilizar base de datos completas y con mayores observaciones.

A la Estación Agrometeorológica de la ESPOCH como institución rectora de la meteorología, que se haga pública y actualizada toda la información de registros de datos para que de esta forma este tipo de investigaciones utilicen series de datos completas.

Finalmente, debido a la variabilidad espacial y temporal de los incendios forestales y al elevado número de factores que influyen en ellos, es necesario registrar todo tipo de datos para obtener información precisa del riesgo. Por lo tanto, es importante explorar futuras líneas de investigación para aumentar la fiabilidad de la metodología aplicada, para comprender mejor la relación de las variables meteorológicas (temperatura, humedad relativa y precipitación) y los incendios forestales y así mejorar la prevención de los mismos.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Cobertura vegetal quemada:** Superficie sobre la cual se desplazó el fuego y consumió parte o todo el combustible existente sobre la misma (Dentoni y Muñoz, 2013, p. 5).

**Combustible:** En la temática de incendios de vegetación, implica todo material orgánico vegetal, vivo o muerto, subterráneo, superficial o aéreo, que puede arder en presencia de una fuente de ignición (Dentoni y Muñoz, 2013, p. 9).

**Época de incendios:** Parte del año en la que es más probable la ocurrencia y propagación de incendios, cuyo periodo es variable de acuerdo al clima y vegetación de cada región (CIFFC, 2020, p. 34).

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ALVERA, J. & GIROZ, G.** “Notas sobre el comportamiento del fuego y su aplicación en el control de incendios forestales”. *Bosque*, nº1 (1975), (Chile) p. 20.

**ASAMBLEA CONSTITUYENTE.** Constitución de la República del Ecuador. 12 de octubre 2008. *Registro Oficial N°449*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA NACIONAL.** Ley de Defensa Contra Incendios. 09 de marzo 2009. *Registro Oficial N°815*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA NACIONAL.** Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios. 02 de abril 2009. *Registro Oficial N°114*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA NACIONAL.** Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. 19 de octubre 2010. *Registro Oficial N°303*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA CONSTITUYENTE.** Código Orgánico del Ambiente. 12 de abril 2017. *Registro Oficial N°983*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA NACIONAL.** Código Orgánico Integral Penal. 10 de febrero 2014. *Registro Oficial N°180*. Quito, Ecuador.

**ASAMBLEA CONSTITUYENTE.** Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. miércoles 12 de junio 2019. *Registro Oficial N°507*. Quito, Ecuador.

**APONTE, C.; DE GROOT, W.; & WOTTON, B.** “Forest fires and climate change: causes, consequences and management options”. *International Journal of Wildland Fire*, vol. 25, nº 8 (2016), (Australia) pp. 861-875.

**BAQUERO, A.** Análisis del peligro de incendios forestales mediante el uso de sensores remotos caso de estudio: bosques protectores del Distrito Metropolitano de Quito en los años 2015 y 2016 [En línea] (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2019. p.11. [Consulta: 18 febrero 2020]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15998>

**BARBERÁ M.** Climatología del Índice de Haines y aplicación a los incendios forestales en la Comunidad Valenciana [En línea] (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad de Valencia, España. 2015. pp.28-30. [Consulta: 18 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=8U5QiWVL5UA%3D>

**BISQUERRA, R.** *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla, 2004, p. 459.

**BOER, C.** Effects of the forest fire 1982-83 in East Kalimantan on wildlife. *FR Report*, n° 7 (1989), pp. 1-7.

**BOSCHETTI, L., et al.** “Modis Collection 5.1 Burned Area Product – MCD45”. *User’s Guide*, vol 3.1, (2015), (United State of America) pp. 6-22.

**CALDERÓN, A.** Sistematización de la información de los incendios forestales ocurridos en Guatemala durante el periodo 1998-2014 (Trabajo de titulación) (Doctoral). Universidad San Carlos de Guatemala. (Guatemala). 2016. pp.4-5.

**CASTILLO, M., PEDERNEIRA, P., & PEÑA, E.** “Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global”. *Revista ambiente y desarrollo*, vol. 19, n° 3 (2003), pp. 44-53.

**CBDMQ.** Informe de situación: Plan de prevención y respuesta a incendios forestales. 2016. Ecuador. p.5.

**CLIF.** Libro rojo de la prevención contra los incendios forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 1997. p.202.

**CONAF.** Plan de protección contra incendios forestales para la Comuna de Puerto Varas Región de Los Lagos. Chile. 2015. pp. 2-3.

**DENTONI, M. & MUÑOZ, M.** Glosario de Términos Relacionados con el Manejo del Fuego. Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios [En línea] 2013. pp. 5-9. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISSN 2313-9420. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ambiente-itn8\\_glosario-1.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ambiente-itn8_glosario-1.pdf)

**EP-EMAPAR.** Plan de Desarrollo Cantonal [En línea] 2017. p.2. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.epemapar.gob.ec/wpcontent/uploads/2017/03/plandesarrollocantonal.pdf>

**ESTACIO, J. & NARVÁEZ, N.** “Incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ): conocimiento e intervención pública del riesgo”. *Revista Letras Verdes* [En línea], 2012, (Ecuador) No. 11. [Consulta: 7 enero 2021]. ISSN 1390-6631. Disponible en: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/3814#.Vdv012AxEWo>.

**ESPINALES, G.** Ocurrencias de incendios forestales en el Cantón Olmedo, provincia de Manabí, Ecuador (2011-2019) (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador. 2020. p. 8.

**FAO.** Comunicación, divulgación y manejo de información forestal. Proyecto PCT/NIC/3102

**FAO.** Informe realizado por Marcos Ramos, Consultor. 2006.

**GARCÍA, H.** Estadísticas de incendios de la cobertura vegetal en el Cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador, en el periodo 2012 – 2018 (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. 2020. p.11.

**GARCÍA DE PEDRAZA, L. & GARCÍA, M.** La meteorología y los incendios forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. 1987.

**GADPCH.** Plan Estratégico Institucional Municipio de Riobamba. [En línea] 2019 pp. 8-10. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.gadmriobamba.gob.ec/phocadownload/lotaip2019/mayo/AnexoK/PlanEstrategicoIntitucional\\_abril2019.pdf](http://www.gadmriobamba.gob.ec/phocadownload/lotaip2019/mayo/AnexoK/PlanEstrategicoIntitucional_abril2019.pdf)

**GADPCH.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Riobamba. [En línea] 2019 p. 58. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/phocadownload/lotaip/AnexoS/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20Y%20ORDENAMIENTO%20%20TERRITORIAL%20CON%20RESOLUCIONES.pdf>

**GUEVARA, J.** *Método de estimación y ajuste de datos climáticos*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 1987 p. 13.

**GÓMEZ, C.** Manejo Integral del Fuego en Comunidades Rurales de Guatemala. Guatemala, 2013 p. 7.

**HEREDIA, R.** Plan Nacional de Manejo del Fuego: República. En FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires: Rome, 28-30 October 1998: Proceedings. Food & Agriculture Org. Italia, 1999 p. 307.

**ICONA.** Manual de Operaciones contra Incendios Forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. España. 1993

**LA PRENSA.** Riobamba el cantón con más incendios forestales en Chimborazo. [En línea]. 2020. [Consulta: 14 enero 2021]. Disponible en: <https://www.laprensa.com.ec/riobamba-incendios-forestales-en-chimborazo/>

**LIEROP, P., et al.** “Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events”. *Forest Ecology and Management*, vol. 352, (2015), (Netherlands) pp. 78–88.

**LIU, Y., STANTURF, J. & GOODRICK, S.** Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*, vol. 259 (2010), pp. 685-697.

**MAE.** Amazonia sin Fuego: Proyecto Regional que busca prevenir, controlar y remediar los incendios forestales en Ecuador. [En línea]. 2017. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en:

<https://www.ambiente.gob.ec/amazonia-sin-fuego-proyecto-regional-que-busca-prevenir-controlar-y-remediar-los-incendios-forestales-en-ecuador/>

**MAE.** Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Registro Oficial N°752*. Ecuador. 2019, pp. 142-143.

**MAE.** Ecuador cuenta con fondos para fortalecer la prevención de incendios forestales en las zonas más vulnerables. [En línea]. 2020a. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-cuenta-con-fondos-para-fortalecer-la-prevencion-de-incendios-forestales-en-las-zonas-mas-vulnerables/>

**MAE.** Prevención y control de incendios una prioridad nacional. [En línea]. 2020b. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/prevencion-y-control-de-incendios-una-prioridad-nacional/>

**MAGRAMA.** Estadística general de incendios forestales. [En línea]. 2012. [Consulta: 14 enero 2021]. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios\\_default.aspx](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/Incendios_default.aspx)

**MOLINA-TERRÉN, D & CARDIL, A.** Temperature determining larger wildland fires in NE Spain. *Theoretical and Applied Climatology*, vol. 125, n° 1 (2016), pp. 295-302.

**MONTALVO, X.** Análisis espacio-temporal de los incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador, en el período 2014 – 2019 [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. 2020. p. 5. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: [http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2477/1/Montalvo\\_Cede%C3%B1o\\_Ximena\\_Carolina.pdf](http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2477/1/Montalvo_Cede%C3%B1o_Ximena_Carolina.pdf)

**MYERS, R.** “Convivir con el fuego: Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego”. *The Nature Conservancy*, n°. C043 (2006), (United State of America) p. 9.

**NASI, R., et al.** Los incendios forestales y la diversidad biológica. *Unasylva (FAO)*. 2002.

**NAVARRO, R., et al.** Metodología para la investigación de un plan de Restauración post incendio en Chile: La experiencia del Parque Nacional de Torres del Paine. En *Anales Instituto Patagonia*, Universidad de Magallanes, 2015. pp. 53-73.

**PAUSAS, J.** *Incendios forestales*. Los libros de la Catarata. 2020 pp. 15-18.

- PAZMIÑO, D.** “Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador” *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo* [en línea], 2019, (Ecuador), pp. 10–18. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 1390-7042. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1800>
- PÉREZ, R.** *Tipos de incendios forestales y consecuencias* [blog]. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: <https://mercortecresa.com/blog/tipos-de-incendios-forestales-y-consecuencias>
- PICO, O.** Comportamiento del Fuego a Escala Experimental en una Plantación de *Tectona grandis* Linn F [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. 2018. p. 7. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1131/1/UNESUM-ECU-FORESTAL-2018-02.pdf>
- RAMOS, M.** *Manejo del Fuego*. La Habana, Cuba: Félix Varela, 2010. pp. 76-203.
- RAMOS, M.; & CABRERA, J.** “Los incendios forestales en Pinar del Río, Cuba, del 2000 al 2009”. *Revista Forestal Baracoa*, vol. 30, (2011), (Cuba) pp. 42-53.
- RIVERO, R., FERNÁNDEZ, R., & MONTES, I.** *Defensa y prevención de incendios forestales*. Turismo y varios ciclos. España: Síntesis, S.A., 2016 pp.47-48.
- RODRÍGUEZ, M., et al.** Relación entre variables meteorológicas e incendios forestales en la Provincia Pinar del Río, Cuba. *Floresta*, vol. 47, n° 3 (2017), pp. 343-352.
- RODRÍGUEZ, M., et al.** “Planificación de una quema prescrita en una plantación de *Tectona grandis* Linn F”. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, vol. 6, n° 2 (2018), (Cuba) p. 189.
- SADMQ.** Los incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito evaluación 2012. 2013.
- SEMADET.** Plan de Manejo del Fuego para el Estado de Jalisco. México, 2015 p. 72.
- SGR.** Informe de Situación Incendios Forestales. [En línea]. 2020a. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Informe-de-Situaci%C3%B3n-No-23-Incendios-Forestales-30082020\\_JS.pdf](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/08/Informe-de-Situaci%C3%B3n-No-23-Incendios-Forestales-30082020_JS.pdf).
- SGR.** Chimborazo es la provincia del país más afectada por incendios forestales. [En línea]. 2020b. [Consulta: 5 enero 2021]. Disponible en: <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/chimborazo-es-la-provincia-del-pais-mas-afectada-por-incendios-forestales/>
- SOARES, R.** Índices de perigo de incêndio. *Revista Floresta*, Curitiba, vol. 3, n° 3 (1972), pp. 19-40.



**SOARES, R.** Incêndios florestais. Controle e uso do fogo. 1985. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná.

**SOARES, R.; BATISTA A.; & TETTO, A.** Incêndios florestais. Controle, efeito e uso do fogo. 2017. Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

**THE CANADIAN INTERAGENCY FOREST FIRE CENTRE (CIBFC).** El Glosario de Incendios Forestales de Canadá. [en línea] 2020 p. 34. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://www.cibfc.ca/sites/default/files/2020-12/Canadian%20Wildfire%20Glossary%202021%20-%20Spanish.pdf>

**THOMPSON, J. & SPIES, T.** Vegetation and weather explain variation in crown damage within a large mixed-severity wildfire. *Forest Ecology and Management*, vol. 258 (2009), pp. 1684-1694.

**WOODS, P.** “Effects of logging, drought, and fire on structure and composition of tropical forests in Sabah, Malaysia”. *Biotropica*, (1989), (United State of America) pp. 290-298.

**ZÁRATE, L.** Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Politécnica de Cataluña, España. 2004. p. 16. [Consulta: 16 diciembre 2020]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93747>

## ANEXOS

### ANEXO A: Incendios forestales de Chimborazo del 2013 al 2016.



Oficio Nro. SGR-CZ3GR-2016-0227-O

Riobamba, 10 de marzo de 2016

Asunto: Atención a Oficio s/n referente a incendios forestales suscitados del 2013 al 2016

Ingeniero  
Victor Manuel Espinoza  
**CIUDADANO**  
En su Despacho

De mi consideración:

En atención al Oficio s/n del 03 de marzo del 2016; me permito adjuntar la información referente a los incendios forestales suscitados en la Provincia de Chimborazo desde el año 2013 hasta la presente fecha; considerando que la Secretaría de Gestión de Riesgos reporta incendios forestales cuya afectación sea mayor a 5 hectáreas; además el Ministerio del Ambiente como ente rector de este tipo de eventos adversos puede tener otra afectación debido a que ellos georeferencian los mismos y nosotros en algunos casos solo tenemos fuente de parte de los organismos de respuesta como son Cuerpos de Bomberos y Unidades de Gestión de Riesgos de los GAD Cantonales.

Particular que pongo en su conocimiento; para los fines consiguientes.

Atentamente,

*Documento firmado electrónicamente*

Mgs. Pablo Morillo Robles  
**COORDINADOR ZONAL 3 DE GESTIÓN DE RIESGOS**

Anexos:  
- escaneo\_rápido\_en\_un\_archivo\_pdf\_en\_blanco\_y\_negro\_280627040001457554444.pdf  
- consolidado\_incendios\_forestales\_chimborazo\_inf\_2013\_-\_2016.xls

Copia:  
Señorita Economista  
Patricia Comejo García  
Directora Zonal 3 de Gestión de Riesgos

Señor Ingeniero  
Washington Patricio Nevárez Gavidia  
Servidor Público 7

ebc/pc

**ANEXO B:** Solicitud base de datos de incendios forestales ocurridos en el cantón Riobamba del 2015 a 2019 a la Secretaría de Gestión de Riesgos y Ministerio del Ambiente.



**ESPOCH**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Riobamba, 17 de noviembre del 2020

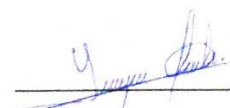
Ingeniera  
Jesenia Díaz  
**Coordinadora zonal 3**  
Presente

De mi consideración

Yo, Anna Pamela Yungan Mendoza, egresada de la Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por medio del presente me permito solicitar a usted información de la base de datos de los incendios forestales ocurridos en el Cantón Riobamba en el período 2015 – 2019 la misma que será utilizada en mi Trabajo de Titulación Curricular denominado: "ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA E INCENDIOS FORESTALES EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO DURANTE EL PERÍODO 2015-2019".

Por la atención que se sirva dar al presente, me suscribo.

Atentamente

  
\_\_\_\_\_  
Anna Pamela Yungan Mendoza

|  |   |
|--|---|
| Secretaría de<br>Gestión de Riesgos        |   |
| COORDINACIÓN ZONAL 3 DE GESTIÓN DE RIESGOS |   |
| Fecha:                                     | 17/11/2020  |
| No. Oficial:                               |   |
| Nombre:                                    |   |
| Secretario:                                |  |

2378-088  
Ext. 101.  
Secretaría



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Riobamba, 17 de noviembre del 2020

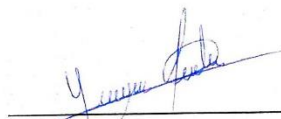
Abogado  
Christian Tamayo  
**Director zonal**  
Presente

De mi consideración

Yo, Anna Pamela Yungan Mendoza, egresada de la Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por medio del presente me permito solicitar a usted información de la base de datos de los incendios forestales ocurridos en el Cantón Riobamba en el período 2015 – 2019 la misma que será utilizada en mi Trabajo de Titulación Curricular denominado: "ESTUDIO DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA E INCENDIOS FORESTALES EN EL CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO DURANTE EL PERÍODO 2015-2019".

Por la atención que se sirva dar al presente, me suscribo.

Atentamente

  
\_\_\_\_\_  
Anna Pamela Yungan Mendoza

DIRECCION PROVINCIAL  
DEL AMBIENTE DE  
CHIMBORAZO

RECIBIDO POR:  
Nombre: Talicio  
Fecha: 17-11-2020 Hora: 10:46  
Firma: [Signature]

2960-623  
101

**ANEXO C:** Formato de base de datos de variables meteorológicas del Cantón Riobamba del 2015 a 2019.

| T°   | T° Máxima | T° Mínima | HR Media | HR Máxima | HR Mínima | Precipitación |
|------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|
| 13,9 |           |           | 71,7     | 94,0      | 40,0      | 0,0           |
| 13,4 | 19,8      | 10,0      | 67,9     | 95,0      | 43,0      | 0,0           |
| 13,1 | 19,7      | 7,2       | 70,2     | 93,0      | 45,0      | 0,0           |
| 11,7 | 17,9      | 9,0       | 79,3     | 96,0      | 52,0      | 0,0           |
| 14,3 | 22,3      | 9,9       | 62,9     | 93,0      | 29,0      | 0,0           |
| 13,8 | 22,6      | 7,6       | 60,9     | 84,0      | 32,0      | 0,0           |
| 14,6 | 22,8      | 8,2       | 64,3     | 95,0      | 28,0      | 0,0           |
| 14,5 | 23,1      | 9,0       | 65,5     | 96,0      | 31,0      | 0,0           |
| 14,8 | 24,4      | 6,4       | 60,2     | 90,0      | 28,0      | 0,0           |
| 12,2 | 19,0      | 8,8       | 75,3     | 96,0      | 42,0      | 0,0           |
| 11,8 | 19,8      | 7,2       | 71,9     | 96,0      | 36,0      | 0,0           |
| 11,8 | 20,7      | 2,3       | 65,9     | 94,0      | 33,0      | 0,0           |
| 12,6 | 19,8      | 8,7       | 73,8     | 96,0      | 37,0      | 0,0           |
| 12,5 | 21,6      | 7,7       | 69,0     | 96,0      | 33,0      | 0,0           |
| 12,3 | 20,5      | 5,9       | 66,3     | 94,0      | 35,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 12,8 | 19,6      | 8,9       | 74,3     | 96,0      | 45,0      | 1,0           |
| 12,2 | 18,9      | 8,9       | 77,0     | 96,0      | 39,0      | 1,1           |
| 12,1 | 19,8      | 8,6       | 74,8     | 96,0      | 40,0      | 0,0           |
| 11,1 | 19,0      | 4,9       | 79,0     | 96,0      | 46,0      | 0,2           |
| 13,1 | 21,0      | 9,0       | 69,5     | 96,0      | 37,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 12,6 | 22,7      | 6,0       | 60,0     | 96,0      | 22,0      | 0,0           |
| 10,9 | 21,2      | 1,9       | 63,5     | 91,0      | 26,0      | 0,0           |
| 10,7 | 19,6      | 4,3       | 71,4     | 96,0      | 35,0      | 0,0           |
| 12,0 | 21,8      | 3,9       | 67,6     | 96,0      | 31,0      | 0,0           |
| 13,2 | 20,5      | 9,2       | 77,8     | 96,0      | 36,0      | 0,6           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 12,5 | 22,2      | 7,4       | 66,5     | 96,0      | 29,0      | 0,0           |
| 12,7 | 21,5      | 5,6       | 58,5     | 93,0      | 26,0      | 0,0           |
| 12,5 | 20,4      | 6,0       | 62,8     | 90,0      | 30,0      | 0,0           |
| 12,5 | 21,1      | 5,8       | 65,3     | 96,0      | 31,0      | 0,0           |
| 12,7 | 22,6      | 6,2       | 64,9     | 93,0      | 30,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 13,3 | 20,6      | 8,5       | 69,3     | 92,0      | 36,0      | 0,0           |
| 12,8 | 19,8      | 8,6       | 69,2     | 96,0      | 36,0      | 0,0           |
| 10,8 | 16,2      | 8,5       | 67,3     | 96,0      | 38,0      | 0,0           |
| 9,9  | 15,8      | 6,8       | 75,0     | 96,0      | 39,0      | 0,0           |
| 11,6 | 20,1      | 4,5       | 58,8     | 88,0      | 25,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 13,2 | 21,0      | 8,8       | 67,6     | 95,0      | 36,0      | 0,0           |
| 12,1 | 20,0      | 7,2       | 67,6     | 96,0      | 31,0      | 0,0           |
| 12,5 | 19,0      | 8,1       | 70,3     | 95,0      | 40,0      | 1,2           |
| 11,7 | 19,2      | 7,8       | 75,5     | 96,0      | 39,0      | 0,7           |
| 11,4 | 17,6      | 8,3       | 75,8     | 96,0      | 43,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 12,4 | 20,4      | 5,8       | 67,1     | 92,0      | 34,0      | 0,0           |
| 13,2 | 20,8      | 8,4       | 66,8     | 93,0      | 34,0      | 0,0           |
| 13,0 | 20,0      | 8,3       | 74,5     | 96,0      | 38,0      | 0,9           |
| 12,5 | 21,2      | 8,4       | 69,1     | 96,0      | 30,0      | 0,0           |
| 12,2 | 21,8      | 3,4       | 59,3     | 90,0      | 19,0      | 0,0           |
|      |           |           |          |           |           |               |
| 9,9  |           |           | 57,5     | 96,0      | 33,0      |               |
| 13,6 | 23,7      | 5,8       | 58,2     | 93,0      | 25,0      | 0,0           |
| 13,6 | 22,0      | 5,3       | 60,9     | 89,0      | 37,0      | 0,0           |
| 13,7 | 22,8      | 6,7       | 73,1     | 96,0      | 34,0      | 2,6           |
| 13,0 | 19,6      | 7,7       | 72,5     | 96,0      | 40,0      | 0,0           |
| 12,9 | 19,7      | 8,4       | 69,3     | 96,0      | 38,0      | 0,0           |
| 12,3 | 19,4      | 6,4       | 63,3     | 93,0      | 31,0      | 0,0           |
| 13,5 | 21,6      | 8,2       | 54,5     | 91,0      | 24,0      | 0,0           |
| 11,7 | 21,8      | 4,3       | 59,0     | 85,0      | 35,0      | 0,0           |



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 09 / 11 / 2021

|  |
|--|
| <b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>   |
| <b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Anna Pamela Yungan Mendoza</i>                      |
| <b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>   |
| <b>Facultad:</b> <i>Recursos Naturales</i>   |
| <b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Forestal</i>   |
| <b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Forestal</i>                                   |
| <b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i> |

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de  
reconocimiento (DN):  
c=EC, 1=RIOBAMBA,  
serialNumber=06027669  
74; cn=LUIS ALBERTO  
CAMINOS VARGAS  
Fecha: 2021.11.09  
11:03:04 -0500'



1977-DBRA-UTP-2021