

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
RECURSOS NATURALES



Tesis

Análisis de parámetros meteorológicos y sus efectos de los incendios forestales del año
2022 en el bosque Chinchay - Andahuaylas

Asesor:

Mg. Barazorda Carrillo, José Gabriel

Autoras:

Silvera Huamán, Mary Luz

Huasco Ruiz, Ledy

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

Andahuaylas-Apurímac-Perú

2026

Acta de sustentación



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE ING. AMBIENTAL Y RR. NN

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 015

En la ciudad de **Andahuaylas**, a los **22** días del mes de **junio** del **2026**, siendo las **16:00** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Sub Directoral N° **026-2026-UTEA-FI-EPIARN/SD** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mg. Rojas Cáceres, Mariela
Dictaminante :	Mg. Caverio Palomino, Alida
Replicante :	Mg. Meléndez Gamboa, Dora

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis de parámetros meteorológicos y sus efectos de los incendios forestales del Año 2022

en el bosque Chinchay – Andahuaylas.

Desarrollado por el (las) Bachiller (es):

Br.: Silvera Huamán, Mary Luz
(Apellidos y Nombres)

Br.: Huasco Ruiz, Ledy
(Apellidos y Nombres)

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título)

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (las) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Br. Silvera Huamán, Mary Luz	Aprobado
Br. Huasco Ruiz, Ledy	Aprobado

Siendo las **17:44** horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mg. Rojas Cáceres, Mariela
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

Dictaminante: Mg. Caverio Palomino, Alida
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

Replicante: Mg. Meléndez Gamboa, Dora
(Dr. Mg.). (Apellidos y Nombres)

(Firma)

(Firma)

(Firma)

(*) **Mayoría:** Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; **Unanimidad:** Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art.18 RGGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud



Página 2 de 140 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tm:old::3117:608076625

5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Página 2 de 140 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: tm:old::3117:608076625

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y Nombres	:	Silvera Huamán, Mary Luz
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	48149008
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0008-3765-4194
Apellidos y Nombres	:	Huasco Ruiz, Ledy
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	77686043
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0003-3721-1100
Datos del Asesor		
Apellidos y Nombres	:	Ing. Barazorda Carrillo, José Gabriel
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	31174435
URL ORCID	:	orcid.org/0000-0002-6763-955X
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela	:	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	:	Calidad Ambiental
Rango de Años que se Realizó la Investigación	:	2022- 2024
Fuente de Financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de Similitud	:	5% con depósito
URL OCDE	:	https://purl.org/perepo/ocde/ford#2.07.01

Dedicatoria

Con profunda gratitud y estima, dedicamos este proyecto académico a quienes han sido pilares fundamentales en nuestras vidas y en la obtención de este éxito

A nuestros progenitores Alfonso Silvera – Maximina Huamán y Marcelino Huasco – Victoria Ruíz, por su amor incondicional y apoyo permanente. Su esfuerzo, sacrificio y palabras de aliento han sido la fuerza que nos ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. A ustedes, que con su ejemplo de dedicación y perseverancia nos han inspirado a alcanzar nuestras metas, dedicamos este triunfo con todo nuestro cariño y admiración.

Ledy y Mary Luz

Agradecimientos

Con profundo estima, agradecemos a los que hicieron posible el éxito de este proyecto académico:

A nuestros padres, por ser el pilar más sólido en nuestras vidas. Su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido nuestra mayor motivación para superar cada desafío. Sin su esfuerzo y confianza en nosotras, este logro no habría sido posible.

A nuestros profesores, quienes con su vocación, paciencia y dedicación nos guiaron durante este camino académico. Cada enseñanza impartida ha sido una pieza clave en nuestra formación profesional, y estamos profundamente agradecidas por el conocimiento y los valores que nos han transmitido.

Ledy y Mary Luz

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la relación de la variación de los parámetros meteorológicos en los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas, la investigación fue de tipo básica, nivel correlacional, diseño no experimental de enfoque cuantitativo, técnicas utilizada para la primera variable fueron procesamiento de datos anuales de variación meteorológica de temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento - 2010 al 2022, para la segunda variable se aplicó la encuesta, como instrumento el cuestionario aplicado a 25 pobladores; como resultados, existe una correlación negativa significativa entre parámetros meteorológicos $r = -0.532$ con un $p = 0.003 < 5\%$ con los efectos de los incendios forestales, de las dimensiones se tuvo como resultado lo siguiente de la temperatura se tiene un $r = -0.443$, con un $p = 0.003 < 5\%$, de la humedad relativa se tiene $r = -0.467$, con $p = 0.001 < 5\%$, de la precipitación se tiene un $r = -0.483$ con un $p = 0.002 < 5\%$ y la velocidad del viento tiene $r = -0.504$ con un $p = 0.000 < 5\%$, lo que indica que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa de las dimensiones con los efectos de los incendios forestales, en conclusión se define que a mayor variabilidad de parámetros meteorológicos extremos más incidencia de incendios forestales con que conllevan a efectos significativos negativos en lo social, económicos y ambiental, poniendo en riesgo la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de bosques afectando los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y provisión en beneficio a la población local.

Palabras claves: Parámetros meteorológicos, incendios forestales, bosques, clima.

Abstract

The objective of the study was to determine the relationship between the variation of meteorological parameters and the effects of the 2022 forest fire in the Chinchay-Andahuaylas forest. The research was applied, correlational, and non-experimental with a quantitative approach. The techniques used for the first variable were the processing of annual meteorological data on temperature, precipitation, relative humidity, wind speed and direction from 2010 to 2022. For the second variable, a survey was applied, using a questionnaire administered to 25 residents. Results: There is a significant negative correlation between meteorological parameters ($r = -0.532$, $p = 0.003 < 5\%$) and the effects of forest fires. The following results were obtained for the dimensions: temperature ($r = -0.443$, $p = 0.003 < 5\%$), relative humidity ($r = -0.467$, $p = 0.001 < 5\%$), precipitation ($r = -0.483$, $p = 0.002 < 5\%$), and wind speed and direction ($r = -0.504$, $p = 0.000 < 5\%$). This indicates a moderate and statistically significant negative correlation between these dimensions and the effects of forest fires. In conclusion, greater variability in extreme meteorological parameters is associated with a higher incidence of forest fires, leading to significant negative social, economic, and environmental impacts, jeopardizing the resilience of forest ecosystems and affecting their services. ecosystemic regulation, support and provision for the benefit of the local population.

Keywords: Meteorological parameters, forest fires, forests, climate.

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras.....	xiii
Índice de anexos.....	xiiiiv
I. Introducción.....	16
II. Planteamiento del Problema	19
2.1. Descripción y formulación del problema.....	19
2.2. Objetivos.....	24
2.2.1 <i>Objetivo General</i>	24
2.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	25
2.3. Justificación e importancia	25
2.4. Hipótesis	28

2.5. Variables.....	29
III. Marco Teórico.....	31
3.2. Bases teóricas.....	42
3.3. Definición de términos.....	50
IV. Metodología	56
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	56
4.2. Ámbito temporal y espacial	58
4.3. Población, muestra.....	62
4.4 Instrumentos.....	63
4.5. Procedimientos.....	65
4.6. Análisis de datos	66
4.7. Consideraciones éticas.....	66
V. Resultados y discusión.....	68
5.4.1. Prueba de hipótesis General.....	95
VI. Conclusiones.....	106
VII. Recomendaciones	109
VIII. Referencias	110
IX. Anexos	119

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Operacionalización de variables</i>	30
Tabla 2: <i>Juicio de expertos</i>	64
Tabla 3: <i>Prueba de confiabilidad</i>	64
Tabla 4: <i>Registro de precipitación promedio anual del Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2022</i>	82
Tabla 5: <i>Registro de Promedio acumulado de precipitación en el Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2021 en relación del registro medio acumulado del año 2022</i>	83
Tabla 6: <i>Registro anual de velocidad del viento de los años 2010 al 2022 (m/s)</i>	86
Tabla 7: <i>Valores promedio anual de la velocidad del viento (m/s) en el Bosque de Chinchay</i> <i>de los años 2021 al 2022</i>	87
Tabla 8: <i>Prueba de normalidad de parámetros meteorológicos con efectos de incendios forestales</i>	96
Tabla 9: <i>Correlación de parámetros meteorológicos con efectos de incendios forestales</i>	96
Tabla 10: <i>Correlación de parámetro meteorológico de temperatura con los efectos de incendiosforestales</i>	97
Tabla 11: <i>Correlación de parámetro meteorológico de humedad con los efectos de incendiosforestales</i>	99
Tabla 12: <i>Correlación de parámetro meteorológico de precipitación con los efectos de incendiosforestales</i>	100

Tabla 13:	<i>Correlación de parámetro meteorológico de velocidad y dirección del viento</i>	
<i>con</i>	<i>los</i>	<i>efectos</i>
		<i>de</i>
		<i>incendios</i>
<i>forestales</i>		101

Índice de Figuras

Figura 1 Cantidad de reportes de emergencias por IF entre el 2003 y el 2016.....	21
Figura 2 Triangulo del fuego para incendios forestales.....	51
Figura 3 Tipología de los Incendios Forestales.....	53
Figura 4 Mapa de ubicación y localización	60
Figura 5 Ubicación geográfica del Bosque Chinchay.....	61
Figura 6 Gráfico de temperatura media diurna anual de los años 2010 al 2022 en el Bosque Chinchay.....	69
Figura 7 Gráfico de temperatura media anual por mes de los años 2010 al 2021 en el Bosque Chinchay	70
Figura 8 Gráfico o de temperatura media diurna mensual de los años 2010 al 2021 en contraste con el año 2022 en el Bosque Chinchay.....	71
Figura 9 Mapa de temperatura diurna	73
Figura 10 Gráfico de temperatura media nocturna anual de los años 2010 al 2022 en el Bosque Chinchay	74
Figura 11 Gráfico de temperatura media anual nocturna por mes de los años 2010 al 2021 en el Bosque Chinchay	75
Figura 12 Gráfico de temperatura media nocturna mensual de los años 2010 al 2021 en contraste con el año 2022 en el Bosque Chinchay.....	76
Figura 13 Mapa de temperatura nocturna	78
Figura 14 Gráfico de comportamiento de la humedad relativa mensual (%) del Bosque de Chinchay	79
Figura 15 Mapa de humedad relativa.....	81
Figura 16 Gráfico de comportamiento de precipitación mensual del Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2021 en relación con el año 2022.....	83
Figura 17 Mapa de precipitaciones	85
Figura 18 Gráfico de comportamiento de la velocidad del viento en el Boque de Chinchay.....	87
Figura 19 Mapa de velocidad del viento en el Bosque Chinchay.....	89

Figura 20 <i>Gráfico de análisis de los efectos del incendio forestal del bosque de Chinchay en el aspecto Social en octubre del año 2022</i>	91
Figura 21 <i>Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en el aspecto económico en noviembre del año 2022</i>	92
Figura 22 <i>Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en la flora en noviembre del año2022</i>	93
Figura 23 <i>Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en la Fauna en noviembre del año2022</i>	94

Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	120
Anexo 2: Temperaturas diurnas para el Bosque Chinchay en grados Celsius (°C).....	121
Anexo 3: Temperaturas nocturnas para el Bosque Chinchay en grados Celsius (°C)..	122
Anexo 4: Precipitación para el Bosque Chinchay en milímetros (mm)	123
Anexo 5: Humedad relativa para el Bosque Chinchay en porcentaje (%)	124
Anexo 6: Velocidad del viento para el Bosque Chinchay en metros por segundo (m/s)	125
Anexo 7: Instrumento validado por un experto	126
Anexo 8: Ejemplo de instrumento aplicado	129
Anexo 9: Panel de fotografías	131
Anexo 10: Mapa de Parametros Meteorologicos	135

I. Introducción

Una de las manifestaciones más alarmantes, catalogada como crisis ambiental que el mundo enfrenta hoy en día son los incendios forestales, desde su impacto y contribución en el cambio climático, así como políticas públicas insostenibles y prácticas agrícolas inadecuadas por el uso del fuego; esta problemática es global trayendo consigo la pérdida de biodiversidad, amenazas de las poblaciones más vulnerables, con consecuencias mortales de vidas, efectos en la salud y pérdida agrícolas irreparables. Por ello es la urgencia de atender dicho problema insostenible teniendo como ejemplo que de cada hectárea que se quema representa una pérdida irreparable para el planeta (MAXIMIXE Consult Prensa y Comunicación, 2024).

Por lo antes expuesto se afirma que los incendios forestales, es un problema vigente a nivel global, la gravedad del incendio se refiere específicamente al efecto que tiene en los ecosistemas e impactos en la economía Prakash y Verma (2022). A nivel mundial tanto el número de incendios forestales como las superficies quemadas van aumentando de forma vertiginosa durante los años recientes a causa de la variación climática (Xu et al., 2020). Al crecimiento acelerado demográfico, uso tradicional del fuego, cambio de uso de suelos y manejo inadecuado de residuos sólidos.

Las estadísticas regionales sobre los incendios forestales, en los últimos tiempos tiene una frecuencia creciente, las zonas andinas y tropicales son altamente vulnerables, por su naturaleza, hay ausencia de las precipitaciones a partir de abril a octubre durante el año, también, temperaturas bajas extremas en las noches y altas durante el día (Pazmiño, 2019).

A raíz de esta situación se suma las acciones absurdas por los organismos

gubernamentales al momento de adoptar determinaciones políticas frente a los IF. No hay manejo preventivo ni reactivo como los sistemas de alerta temprana ante los incendios forestales cuyo impacto es insignificante para atender emergencias, no se realiza la articulación institucional en los tres niveles de gobierno, a ello se suma la insuficiente información meteorológica donde los focos de calor se han incrementado de manera constante durando los últimos años.

Según la información brindada por el (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2018) a fin de que ocurra una ignición se requieren tres componentes energía térmica aire comburente y material inflamable (material vegetal vivo o muerto); que se junten en un sitio y momento específicos dichos componentes guardan vinculación con las condiciones climáticas (temperatura, humedad del aire, precipitación y viento) y físicos (tipo de vegetación, topografía, humedad del suelo, etc.) (p. 6).

Por ello la presente investigación tiene como objetivo Determinar la relación de la variación de los parámetros meteorológicos en los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas. El área de estudio por su naturaleza brinda servicios ecosistémicos de soporte, regulación climática e hidrológica, contiene amplia diversidad de plantas y animales, presta servicios culturales intangibles para la población de uso directo e indirecto.

En el contenido de la presente investigación se divide por capítulos, teniendo en el Capítulo I información general del contenido de la investigación, Capítulo II muestra el planteamiento del problema, objetivos, hipótesis y variables; capítulo III marco teórico, IV se puede encontrar información sobre la metodología de la investigación, ámbito, población muestra e instrumentos y procedimientos a utilizar. Capítulo V Se aprecia las

discusiones con otros autores en base a los resultados obtenidos, capítulo VI conclusiones, capítulo VII las recomendaciones, capítulo VIII referencias bibliográficas y en el capítulo IX anexos.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y formulación del problema

En las últimas décadas, los incendios forestales se han intensificado a nivel mundial tanto en frecuencia como en severidad, convirtiéndose en uno de los principales desafíos medioambientales y socioeconómicos del siglo XXI. Esta problemática se ha visto exacerbada por una interacción compleja entre factores meteorológicos, el cambio climático, y la presión humana sobre los ecosistemas naturales.

Según datos del (Global Forest Watch [GFW], 2023), en 2022 se perdieron más de 6.8 millones de hectáreas de cobertura arbórea a nivel mundial como consecuencia de incendios, siendo América del Sur, África y Australia las regiones más afectadas. Esta cifra representa un incremento del cuatro por ciento en comparación con la media de los cinco años anteriores, lo cual evidencia una tendencia preocupante. El informe destaca que factores como el aumento sostenido de los valores térmicos los esquemas de precipitación irregulares y los eventos extremos, como olas de calor, están estrechamente vinculados con estos incendios.

El cambio climático, impulsado fundamentalmente a causa de la liberación de vapores que retienen el calor atmosférico, ha alterado profundamente los patrones meteorológicos a escala global. De acuerdo con el (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático [IPCC], 2021) existe evidencia sólida de que las condiciones más cálidas y secas provocadas por el calentamiento global están creando un entorno propicio para incendios más destructivos y difíciles de controlar. Estos cambios meteorológicos no solo elevan la inflamabilidad de los bosques, sino que también prolongan la duración de la temporada de incendios en muchas regiones del planeta.

Por otro lado, la interacción entre condiciones meteorológicas extremas y prácticas humanas inadecuadas, como la quema agrícola o la expansión urbana sin control, incrementan aún más el peligro de fuegos en áreas boscosas. Por ejemplo, en Europa durante el verano de 2022 se registraron incendios históricos, con más de 785 mil hectáreas afectadas, siendo uno de los peores años desde que se tienen registros, Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales [EFFIS], 2023).

A nivel latinoamericano, la Amazonía brasileña también experimentó un aumento alarmante en los focos de calor. Según el (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales [INPE], 2022) se detectaron más de 100 mil focos solo en el segundo semestre del año, gran parte de ellos asociados a condiciones climáticas secas y temperaturas anómalamente altas.

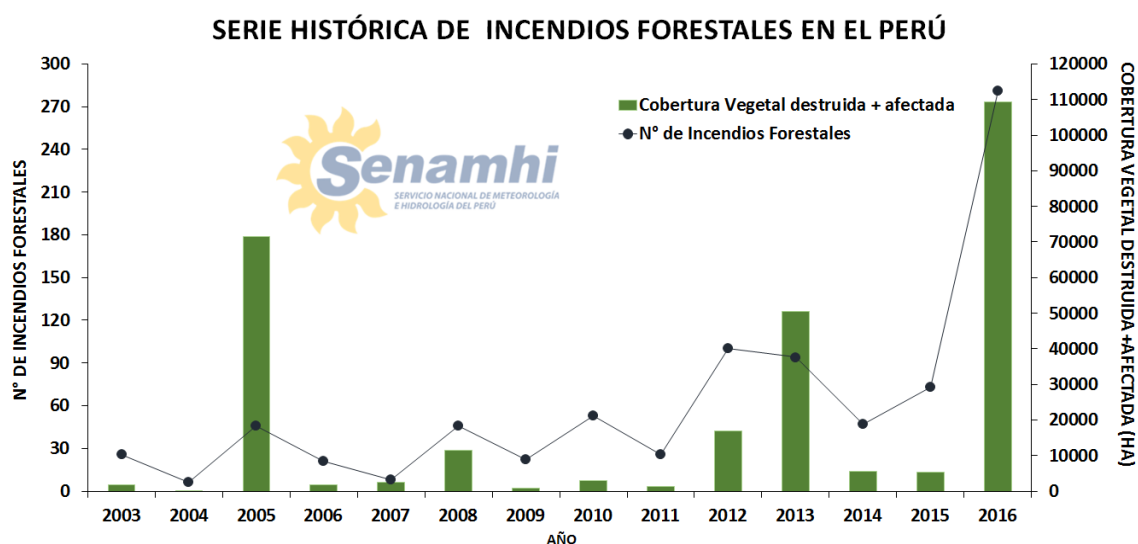
Según SENAMHI (2018) el Incendio Forestal (IF), constituye una de las mayores catástrofes provocadas por el ser humano en el territorio peruano aun cuando no ocurre con tanta regularidad como en regiones templadas afecta extensas zonas de bosques, abarcando suelos de cultivo y espacios naturales resguardados y al mismo tiempo provoca impactos adversos en la vegetación los animales y el bienestar humano debido a que los sistemas ecológicos del Perú carecen de adaptación a las llamas. Considerando los años que se tiene registro, “el 2016 se caracterizó por un aumento significativo de ocurrencia de IF, afectando 109 391 hectáreas (has) en todo el Perú” el (Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI], 2016) el período con mayor cantidad y severidad de incendios forestales resultó ser noviembre a causa de la escasa planificación para su control junto con la insuficiencia de lluvias puesto que dicho lapso fue el más árido de las últimas dos décadas en la zona andina noroccidental, y en las tres décadas más recientes en la región andina

centro occidental. (p. 6).

En el Perú carecemos de datos históricos sobre IF, pero de acuerdo con el INDECI (2018) “A través del Sistema Nacional para la Respuesta y Rehabilitación – SINPAD, el INDECI registra, utilizando internet, datos de incendios forestales, así como de otras emergencias en todo el Perú”, una limitante es la información que solo se tiene desde el 2003, y que solo se tiene información de los reportes subidos a las plataformas digitales del SINPAD, obviando algunos IF, pero por lo pronto solo se cuenta con esa información.

Figura 1

Cantidad de reportes de emergencias por IF entre el 2003 y el 2016.



Nota. Fuente de información SENAMHI-2018.

De acuerdo con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre SERFOR (2023) solo en el año 2022 se registraron 2,537 incendios forestales en todo el territorio peruano, resultando las regiones de Cusco Ayacucho Apurímac Huánuco y Puno las más perjudicadas. En total, se estima que más de 70,000 hectáreas de cobertura vegetal fueron afectadas, comprometiendo la biodiversidad, las fuentes de agua y la protección de las poblaciones campesinas.

Esta tendencia evidencia una alarmante fragilidad en la administración de peligros ambientales en el país. Aunque existen políticas nacionales destinadas a evitar y manejar siniestros de fuego, su implementación sigue siendo limitada, sobre todo en áreas campesinas y de acceso complicado. A ello se suma la falta de articulación efectiva entre gobiernos locales, regionales y nacionales, lo que impide una respuesta oportuna frente a la ocurrencia de estos eventos.

A nivel regional, los incendios forestales en la sierra peruana son más frecuentes en los departamentos de Cusco, Puno y Apurímac en el año 2016, de acuerdo a los reportes de emergencias registrados en el SINPAD, se lograron marcas sin precedentes de incendios forestales por lo cual Cajamarca se reportó (23) incendios, Cusco (41), Apurímac (50), Amazonas (31), Huancavelica (7), Pasco (23) y Puno (43) registraron una cifra de incendios forestales jamás observada anteriormente (SENAMHI, 2018).

En un análisis a nivel regional. Según el artículo periodista del diario La República, 2022: En Apurímac, los distritos de Andahuaylas y Aymares fueron azotados por incendios durante los últimos meses del año 2022. Trayendo como resultado 2 fallecidos y 2 heridos; según reporte de los Bomberos de la región de Apurímac. En el mes de noviembre se tuvo 25 incendios reportados entre las provincias afectadas fueron Andahuaylas, Aymaraes, Abancay, Grau y Chincheros. Uno de los incendios con mayor impacto según el reporte es en el distrito de Pacobamba – Andahuaylas las llamas afectaron al bosque de Chinchay, refugio de oso de anteojos y fauna en riesgo de desaparecer las entidades oficiales consideran la teoría de que el inicio habría sido la incineración de sembríos para la plantación. Por los siniestros antes mencionados el Gobierno regional de Apurímac declaró en estado de emergencia (p. 1).

Según la Oficina de Defensa Civil del Gobierno Regional de Apurímac (2022)

señalan que gran parte de estos incendios coincidieron con periodos de elevadas temperaturas diurnas, baja humedad relativa y fuertes vientos, parámetros meteorológicos que favorecen la ignición y rápida propagación del fuego.

A nivel local en el año 2022 uno de los incendios más grandes reportados fue en el Bosque Chinchay ubicado en el distrito de Pacobamba llegando afectar a los animales que viven en dicho lugar como el oso de anteojos que se encuentra en peligro de extinción y poniendo en peligro la vida de otras especies, como “la chinchilla, el tigrillo, el venado de los Andes, el jaguar y el puma, así como la diversidad de reptiles, aves y anfibios. Según el último reporte realizado por la Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres de la municipalidad distrital de Pacobamba, esta emergencia ha dejado 150 hectáreas de cobertura natural destruidas” (La República, 2022).

Desde un enfoque crítico, se evidencia que en la Provincia de Andahuaylas persiste una limitada cultura de prevención ambiental y una débil vigilancia meteorológica. Los incendios forestales están vinculados a prácticas agrícolas tradicionales, como la quema de pastos que sin medidas de control ni consideración de las condiciones climáticas se tornan peligrosas. Esta situación se suma a factores la capacidad institucional para prevenir estos eventos, que se vienen incrementando cada año. Para ellos la presente investigación contribuirá en la búsqueda de factores asociados a los IF planteándose el siguiente problema ¿Cómo se relacionó la variación de parámetros meteorológicos con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay – Andahuaylas?, esto con la finalidad de contribuir en la gestión preventiva de IF, a nivel poblacional y hacer incidencia en la toma de decisiones de las autoridades locales en busca de un desarrollo sostenible plasmado en políticas de prevención, de respuesta y recuperación, beneficio a la población.

Formulación del problema.

▪ Problema general

¿Cómo se relacionó la variación de parámetros meteorológicos con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay - Andahuaylas?

▪ Problema específico

1. ¿Cuál es la variación de parámetro meteorológico de temperatura y su relación con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas?
2. ¿Cuál es la variación de parámetro meteorológico de la humedad relativa y su relación con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas?
3. ¿Cuál es la variación de parámetro meteorológico de precipitación y su relación con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas?
4. ¿Cuál es la variación de parámetro meteorológico de velocidad del viento y su relación con los efectos de los incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas?

2.2. Objetivos

2.2.1 Objetivo General

Determinar la relación de la variación de los parámetros meteorológicos en los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

2.2.2 *Objetivos Específicos*

1. Analizar la variación de parámetro meteorológico de temperatura y su relación con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.
2. Analizar la variación de parámetro meteorológico de humedad relativa y su relación con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.
3. Analizar la variación de parámetro meteorológico de precipitación y su relación con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.
4. Analizar la variación de parámetro meteorológico de velocidad del viento y su relación con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

2.3. Justificación e importancia

2.3.1. *Justificación Teórica*

Desde una perspectiva teórica, este estudio representa una oportunidad para profundizar en la comprensión de la relación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales, un tema que, si bien ha sido abordado en otras regiones y contextos, aún presenta vacíos específicos en zonas de geografía compleja como Andahuaylas. Al analizar las condiciones climáticas previas y durante los eventos de incendio en el bosque Chinchay, se busca aportar al cuerpo de conocimientos existentes sobre ecología del fuego, comportamiento del clima en ecosistemas de altura y variabilidad meteorológica local. Esta investigación pretende además conectar teorías sobre el cambio climático, la dinámica atmosférica regional y la resiliencia de los ecosistemas andinos, contribuyendo

a enriquecer los marcos conceptuales que abordan la relación clima-naturaleza desde un enfoque local.

2.3.2. Justificación práctica

A nivel práctico, los hallazgos de este trabajo pueden servir como base para mejorar las estrategias de prevención y respuesta frente a incendios forestales en el ámbito regional. Al identificar patrones meteorológicos que favorecen la ocurrencia o propagación del fuego, se podrán generar alertas tempranas más efectivas, capacitar a brigadas forestales con información más precisa y diseñar planes de manejo forestal adaptados a la realidad climática del bosque Chinchay. Además, esta investigación puede ser útil para instituciones como municipios, autoridades ambientales o centros educativos, al proveer datos que respalden acciones concretas de conservación y protección del entorno natural.

2.3.3. Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico, el estudio propone un enfoque integrado que combina el análisis de datos meteorológicos históricos con datos geoespacial y registros de incendios. Esta combinación permite una mirada más detallada del fenómeno, que va más allá de una descripción puntual para identificar correlaciones o posibles patrones de comportamiento.

Tecnológicas como sistemas de información geográfica (SIG) y el manejo de bases de datos climáticos, lo cual fortalece la rigurosidad del análisis y abre la puerta a futuras investigaciones con metodologías similares en otras zonas vulnerables.

2.3.4. Justificación Social

En el plano social, esta investigación cobra gran relevancia al considerar que los incendios forestales no solo afectan el ecosistema, sino también a las comunidades que viven cerca del bosque Chinchay. Las pérdidas ambientales se traducen muchas veces en impactos directos sobre actividades económicas, fuentes de agua, salud respiratoria y calidad de vida. Al comprender mejor las causas climáticas de estos eventos, se puede contribuir a generar conciencia en la población, impulsar una cultura de prevención y, sobre todo, fomentar la intervención comprometida de las poblaciones locales en la defensa de su territorio. Este trabajo busca, en ese sentido, ser también una herramienta para el empoderamiento social frente a los riesgos ambientales.

2.3.5. Justificación ambiental o ecológica

El bosque Chinchay, ubicado en la provincia de Andahuaylas, representa un ecosistema vital para la región, no solo por su diversidad biológica sino igualmente por las funciones ecológicas que brinda tales como la estabilización del tiempo atmosférico local, la captación de agua y la conservación de suelos. Sin embargo, este equilibrio natural se ha visto amenazado por los siniestros de fuego en zonas boscosas registrados en el año 2022, cuyos impactos van más allá de la desaparición rápida de la vegetación superficial. Detrás de cada hectárea quemada hay un deterioro progresivo del hábitat de especies nativas, una disminución de la calidad del aire y un aumento en la vulnerabilidad ecológica del territorio.

Este estudio adquiere relevancia ambiental porque busca comprender cómo ciertos indicadores climáticos tales como calor ambiental humedad relativa lluvias y rapidez del aire pueden incidir en la aparición y dimensión de los fuegos en áreas

boscosas. Con ello, se espera no solo conocer mejor el comportamiento del fuego, sino también aportar información útil para diseñar estrategias de conservación más ajustadas a la realidad climática actual. Además, al centrar el análisis en un ecosistema específico como el bosque Chinchay, se reconoce el valor único de este espacio natural y la urgencia de protegerlo ante las consecuencias conjuntas de la variación climática y la intervención humana.

A través de esta investigación, se busca promover una mirada más consciente y responsable hacia los ecosistemas andinos, entendiendo que su deterioro no es un hecho aislado, sino parte de una cadena de consecuencias que finalmente afectan a toda la comunidad. Por tanto, el trabajo se plantea como un aporte no solo académico, sino también ético, en favor de la perdurabilidad ambiental y la consideración por la naturaleza

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La variación de parámetros meteorológicos tiene una relación negativa significativa con los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

2.4.2. Hipótesis específicas

1. La variación de parámetro meteorológico de temperatura, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.
2. La variación de parámetro meteorológico de humedad relativa, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

3. La variación de parámetro meteorológico de precipitación, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.
4. La variación de parámetro meteorológico de velocidad del viento, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

2.5. Variables

Variable 1. Parámetros meteorológicos: Los incendios forestales están relacionados directamente con el tiempo atmosférico o según el espacio y el tiempo a causa de ello a factores naturales como cambios en las masas de aire, el ciclo diurno, factores locales como topografía, el calor ambiental la humedad del aire las lluvias y la rapidez de las corrientes de aire y estabilidad atmosférica. (Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (DMA) - Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM)).

Variable 2. Efectos de incendios forestales: Servicio Nacional de Flora y Fauna Silvestre, (SERFOR, 2017)“mencionó que los Incendios Forestales dañan la cobertura vegetal, agua, flora, fauna silvestre, y la salud. Algunas consecuencias son: Alteración del ciclo hidrológico, erosión de suelos al quedar expuestos a los vientos y lluvias, pérdida de cobertura vegetal, los efectos según SERFOR (2017) “en la flora y fauna, los IF generan cambios en la estructura de los bosques y las composiciones florísticas, cambio de hábitat”.

Tabla 1*Operacionalización de los variables.*

Variable	Concepto operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología
V.I Parámetros meteorológicos Los parámetros meteorológicos son variables del clima que se miden con instrumentos para analizar su comportamiento y apoyar estudios o prevenir riesgos naturales (AEMET, 2022).	Los parámetros meteorológicos, desde un enfoque operacional, son variables del clima que se miden con instrumentos para analizar su comportamiento y apoyar estudios o prevenir riesgos naturales (AEMET, 2022).	➤ Temperatura ➤ Humedad relativa ➤ Precipitación ➤ Velocidad del viento	°C % mm m/s	Enfoque de investigación Cuantitativa Tipo de investigación. No experimental Nivel de investigación. Descriptivo - Correlacional
V.II Efetos de los incendios forestales Los incendios forestales causan daños al ambiente y a las personas, afectando la biodiversidad, el suelo, el aire y la salud humana (FAO, 2021).	Los impactos del incendio forestal, en términos operacionales, son las consecuencias medibles en el ambiente y la sociedad, como daños ecológicos, económicos y niveles de contaminación (CONAF, 2020).	➤ Social ➤ Económico ➤ Flora ➤ Fauna	Salud Afectación a suelos de cultivo especies afectados especies afectados	Método de investigación Hipotético deductivo Diseño de la investigación. No experimental Instrumentos de recolección de datos Cuestionario Técnica Procesamiento de datos Encuestas

Fuente: Elaboración propia.

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1 A nivel internacional

Dasdemir et al., (2021) en su investigación titulada “Factores que influyen en el Comportamiento de los Grandes incendios Forestales en Turquía”, analizó el comportamiento para reducir los peligros y los efectos nocivos acerca de los siniestros en áreas boscosas para diseñar planes eficaces de gestión de incendios. El objetivo fue analizar factores más importantes que afectan el comportamiento del fuego, dicho objetivo se determinó mediante métodos estadísticos utilizando datos de 59 grandes incendios forestales que ocurrieron entre 1977 y 2017 en Turquía. Algunos datos se obtuvieron de la Dirección General Forestal y el resto de estaciones meteorológicas y Google Maps. Los grandes incendios forestales se investigaron con estadística descriptiva. Se realizaron correlación, regresión con modelos generalizados y análisis factorial. Se descubrió que la tasa de propagación está particularmente relacionada con la orientación y la rapidez de las corrientes de aire y la cubierta vegetal. Los factores más importantes que afectan la dinámica de los extensos fuegos en zonas boscosas se determinaron como (1) edad del rodal, (2) cubierta del rodal, (3) dirección del viento, (4) velocidad del viento, (5) altitud y (6) aspecto, y El 76% del comportamiento del fuego está relacionado con estos factores. Además, se desarrolló un índice de comportamiento de incendios forestales (FFBI) para grandes incendios forestales.

Gupta et al., (2023) en su investigación titulada “Descubriendo los Factores Hidrometeorológicos responsables de los Incendios Forestales”, destacan que los siniestros en áreas boscosas han pasado a ser una inquietud creciente a escala global y la

variación climática exagera su frecuencia e intensidad. En la región de Simlipal, en la India, los incendios forestales son relativamente raros; sin embargo, en 2021 se produjeron daños importantes en los bosques del área de amortiguamiento. Comprender los factores que impulsan estos eventos resulta fundamental para elaborar planes de administración efectivos. Este estudio investigó el impacto de las condiciones hidrometeorológicas en las causas de los fuegos en zonas boscosas en la región de Simlipal mediante el análisis de datos climáticos y geoestadísticas de Terra para el período de 1984 a 2021. Las tendencias a largo plazo se determinaron mediante pruebas no paramétricas en Google Earth. Los hallazgos revelaron que la ubicación del área máxima quemada tiene una tendencia decreciente en la temperatura de la superficie terrestre (LST), y una pequeña porción (<10%) muestra una tendencia creciente ($0,02\text{ }^{\circ}\text{C/año}$) cerca de lugares quemados. La velocidad del viento está disminuyendo a un ritmo de $-0,006\text{ m/s/año}$. Los incendios forestales repentinos son causados por el efecto combinado del aumento del LST y la reducción de la rapidez del aire en algunas zonas (<10% de la región). Sin embargo, el principal factor que contribuye a los incendios forestales en toda la zona es la tendencia creciente del déficit hídrico potencial anual y la evapotranspiración real, así como una tendencia creciente de la temperatura mínima. El déficit de humedad del suelo durante la temporada de verano, especialmente entre 2012 y 2021, contribuyó a los incendios forestales en la zona quemada. El déficit de humedad del suelo durante la temporada de verano, particularmente de 2012 a 2021, jugó un papel importante en la aparición de incendios forestales en la zona afectada. El estudio destacó la urgencia de brindar mayor enfoque a esta zona para preservar la biodiversidad, lo que se evaluó mediante un análisis del mapeo de la gravedad de los incendios en GEE (Google Earth Engine).

Rodríguez et al., (2017) en su investigación titulada “Relación entre variables Meteorológicas e Incendios Forestales en la provincia Pinar del Río, Cuba” concluyen que el vínculo presente entre factores climáticos y fuegos en áreas boscosas resulta relevante con el fin de administrar acciones del control integral del fuego dentro de márgenes financieramente sostenibles, aceptadas por la sociedad y adecuadas al entorno natural este estudio se realizó con la finalidad de sustentar los vínculos presentes entre factores climáticos como el calor del ambiente, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento y los incendios forestales en la provincia Pinar del Río, Cuba. La base de datos meteorológicos utilizados fue facilitada por el Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río y los datos de incendios forestales fueron obtenidos en el Cuerpo de Guardabosques de Pinar del Río a través de los correspondientes registros de ocurrencias de incendios. Toda la información utilizada se refiere al período del 01/01/2010 al 31/12/2014, totalizando cinco años de observaciones. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa informático IBM SPSS Statistic versión 22. Los hallazgos indican que el reparto anual de los factores climáticos guarda una conexión directa o contraria con la frecuencia de siniestros y las superficies afectadas por el fuego en la provincia Pinar del Río durante el período 2010-2014. sin considerar lo previo las asociaciones entre factores climáticos y fuegos en zonas boscosas resultaron escasas o muy débiles aun así se puede evidenciar que abril es el período más favorable para la aparición de estos siniestros. Palabras clave: Manejo del fuego; evitación de fuegos en áreas boscosas condiciones climáticas expansión de las llamas material vegetal inflamable presente (p. 1).

Montes (2025) en su investigación titulada “Relación temporal entre los usos

tradicionales del fuego y las condiciones meteorológicas de incendios forestales en el recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador ” concluyo que En el recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, el uso tradicional del fuego con fines agropecuarios representa una práctica culturalmente arraigada que, combinada con condiciones meteorológicas críticas, ha contribuido a la ocurrencia recurrente de incendios forestales. Bajo esta problemática, el estudio tuvo como objetivo general verificar la relación temporal entre el uso tradicional del fuego y las variables meteorológicas vinculadas a incendios forestales. Se aplicó un diseño no experimental, transversal y descriptivo, con un muestreo por conveniencia que abarcó a 57 productores agrícolas. La información se recolectó mediante un cuestionario semiestructurado y se analizaron los indicadores LIF e ICF. Además, se utilizaron datos meteorológicos del proyecto POWER de la NASA y registros del Cuerpo de Bomberos de Jipijapa entre 2015 y 2024. Los hallazgos demostraron que la totalidad de los participantes consultados utiliza el fuego en actividades agrícolas, principalmente en las mañanas y de forma anual en los mismos terrenos. Se observó que los incendios se intensifican entre agosto y diciembre, en coincidencia con temperaturas elevadas, baja humedad relativa y precipitaciones casi nulas, confirmando una fuerte correlación con variables meteorológicas. En conclusión, la interacción entre prácticas tradicionales y condiciones climáticas adversas genera un entorno propenso a incendios forestales. Por tanto, se requiere fortalecer la gestión del fuego mediante educación comunitaria, monitoreo climático y estrategias silviculturales preventivas, especialmente en épocas de sequía, para reducir los riesgos en ecosistemas vulnerables como el bosque seco manabita.

Espinel et al., (2021) en su investigación titulada “Influencia de factores

meteorológicos sobre la incidencia de los incendios forestales y el transporte de las emisiones hacia las ciudades andinas”, analiza la influencia de las condiciones climáticas y rasgos territoriales en la aparición de fuegos en áreas boscosas y su vínculo con el estado del aire en ciudades andinas. Mediante el uso de datos satelitales, registros meteorológicos y concentraciones de material particulado, se identificó una relación significativa entre los incendios forestales y el incremento de contaminantes atmosféricos. Los resultados evidencian que las condiciones climáticas favorecen la ocurrencia de incendios y el transporte de emisiones, afectando el estado del aire y el bienestar ambiental. El objetivo fue evaluar la influencia de las condiciones climáticas y características del relieve en la aparición de incendios forestales y su impacto en el estado del aire de una ciudad andina. La investigación tiene un diseño no experimental, de enfoque cuantitativo, con diseño correlacional y descriptivo, basada en el análisis de datos históricos. En una población registros históricos de incendios forestales, variables meteorológicas y concentraciones de contaminantes atmosféricos. En los resultados se identificó una relación significativa entre la ocurrencia de incendios forestales y variables meteorológicas y así como incremento de PM10 y PM2.5 asociado a eventos de quema de biomasa. Los factores meteorológicos y geográficos influyen directamente en la aparición de fuegos en áreas boscosas y en el deterioro de la calidad del aire, evidenciando la necesidad de fortalecer la gestión ambiental y el monitoreo preventivo.

3.1.2 A nivel nacional

Según SENAMHI (2018) en su libro publicado “Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú” concluyó que: para que ocurra un incendio forestal se requieren tres factores calor oxígeno y material combustible

vegetal vivo o seco que se encuentren simultáneamente en un mismo espacio y momento. Estos elementos están altamente relacionados con los factores meteorológicos (temperatura, humedad del aire, precipitación y viento) y físicos (tipo de vegetación, topografía, humedad del suelo, etc.) de la región donde ocurre el IF. El objetivo de este estudio se centró en evaluar las condiciones meteorológicas y circulación atmosférica favorable a la ocurrencia y/o propagación de un IF, empleando información obtenida directamente en campo desde estaciones meteorológicas próximas a las zonas con registros reportados de IF, re análisis y modelos meteorológicos en este marco se evaluó la dinámica del indicador climático de riesgo de fuegos en áreas boscosas (FWI, por sus siglas en inglés) en el Perú, un indicador empleado en naciones de zonas templadas y tropicales con el propósito de usarlo en la vigilancia y alerta de condiciones climáticas propicias para la expansión de incendios en áreas boscosas. En este proceso se concluyó que, tomando en cuenta los datos obtenidos en estaciones meteorológicas el elemento más influyente en la expansión de un incendio forestal en el Perú en 2016 fue la falta de lluvias durante, por lo menos, diez días continuos (decadaria), generando un acumulado anómalamente bajo, en hasta 100%, durante la decadaria antes de cada evento de IF. en ciertas estaciones meteorológicas esta condición de falta de lluvias o acumulaciones inferiores a lo habitual se prolongó hasta aproximadamente un mes. este intervalo caracterizado por escasez de precipitaciones o su ausencia dentro de la temporada lluviosa de forma irregular se denomina veranillo. El segundo factor importante fue la baja humedad relativa atmosférica que se presentó por presencia de una masa seca (baja relación de mezcla) y/o por aumento de temperatura. Además, la mayoría de días con IF, asimismo en los días anteriores se registró aumento de la temperatura máxima mayor número de horas de insolación y mayor evaporación junto con descenso de la temperatura

mínima lo que reflejó de manera indirecta una baja presencia de humedad. a escala sinóptica en el evento analizado del 18 de noviembre de 2016 la circulación en la atmósfera superior se distinguió por corrientes de aire del este con intensidades superiores a lo habitual sobre el territorio peruano. en capas intermedias la circulación de vientos provenientes del oeste en el norte del Perú la reducida humedad del aire y el movimiento descendente del aire se identificaron como rasgos predominantes. la utilización del índice FWI junto con el modelo de pronóstico GFS de 0.25° permitió identificar que los incendios forestales del 2016 que afectaron menos de 100 hectáreas ocurrieron principalmente con valores de FWI entre 6 y 8 considerados bajos a moderados mientras que los eventos que dañaron entre 100 y 1000 hectáreas se asociaron a rangos de FWI entre 10 y 15 es decir de nivel moderado a alto y finalmente los incendios que superaron las 1000 hectáreas se relacionaron con valores de FWI entre 8 y 20 desde moderado hasta muy alto con estos resultados se concluyó que el FWI en 2016 logró detectar en la mayoría de los casos las zonas con riesgo de incendio aunque su precisión podría mejorar mediante el uso de modelos de mayor resolución (p. 6,7).

Ccanchi (2021) en su investigación “Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas altoandinos mediante uso de sensores remotos” concluyo: en los años recientes la frecuencia de incendios forestales en los ecosistemas naturales ha aumentado en las zonas andinas del Perú sin embargo los estudios sobre las condiciones ambientales que favorecen estos eventos son limitados. Este estudio caracteriza las condiciones climáticas y vegetativas sobre los pastizales andinos, matorrales andinos y bosques naturales de Cajamarca y Cusco, regiones mayormente afectadas por estos eventos durante el periodo 2002-2016. Las variables

climáticas de precipitación y temperatura máxima se analizaron utilizando el producto PISCO del SENAMHI. La cobertura vegetal se evaluó mediante índices de vegetación obtenidos a partir de datos de reflectancia MOD09A1 del sensor MODIS se determinó que la baja humedad y las altas temperaturas asociadas a periodos de sequía en la región andino amazónica vinculados a anomalías positivas de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico (durante eventos El Niño) y el Atlántico durante el 2005, 2010 y 2016, afectaron las zonas analizadas creando condiciones propicias para un aumento significativo de incendios forestales el estudio de la lluvia acumulada la cantidad de días secos y la ocurrencia de días cálidos sugiere que estas variables se vinculan de manera más clara con el desarrollo de incendios durante la época seca y el comienzo del periodo lluvioso. de igual forma se establecen límites para los índices de vegetación VARI en Cajamarca y GVMi en Cusco que permiten identificar condiciones de la cobertura vegetal asociadas a un mayor riesgo de incendios forestales en años normales y en periodos de alta incidencia el seguimiento de estas variables climáticas y de la vegetación ayudaría a diseñar medidas orientadas a disminuir los efectos adversos de los incendios forestales en los ecosistemas altoandinos los sistemas hidrológicos y la disponibilidad de agua en el país (p. 7).

Da Ponte et al., (2023) hace la evaluación de la actividad de incendios forestales y la pérdida de bosques en áreas protegidas de la cuenca del Amazonas. El objetivo fue analizar los fuegos en áreas boscosas que ocurren cada año en las regiones de la Amazonia. Este estudio evaluó la ocurrencia, exposición y transmisión de incendios forestales a bosques naturales en áreas naturales protegidas ($n = 438$) de 9 países que abarcan 140 millones de hectáreas de la cuenca del Amazonas. Los inicios del incendio y

las zonas quemadas se detectaron por primera vez mediante teledetección, productos de 2001 a 2018. Los resultados mostraron que los focos de incendios forestales recurrentes cubren una porción reducida, pero representan la mayor parte del área quemada. Se encontró que, en promedio, los incendios forestales quemaron 86.700 ha/año de bosques naturales en sitios protegidos, de los cuales el 10,5% correspondió a grandes incendios entrantes. Sabanas y pastizales concentraron el 29% y el 41% de los incendios encendidos, donde agricultores y ganaderos utilizaron fuego periódicamente para limpiar propiedades de pastoreo extensivas. Sin embargo, esta alta densidad de ignición no necesariamente se correlacionaba con las áreas quemadas. La falta de una comprensión clara de las políticas ambientales y la aplicación insuficiente de la ley fueron probablemente las principales razones de la transmisión continua de incendios forestales a los bosques protegidos. Los resultados cuantitativos proporcionan criterios con base científica para detectar áreas de alta prioridad dentro del Amazonas donde los esfuerzos de gestión podrían ayudar a revertir el creciente riesgo de incendios forestales en los bosques naturales protegidos.

Butt et al., (2020) investigó los impactos en la calidad del aire y la salud humana debido a los incendios forestales y de vegetación en la cuenca amazónica, el objetivo fue analizar los incendios de vegetación en los trópicos emiten partículas finas a la atmósfera que degradando el estado del aire a nivel regional y perjudicando el bienestar de las personas. Se destaca que se producen grandes incendios de vegetación en toda la cuenca del Amazonas, se utilizó las relaciones de exposición - respuesta actualizadas y un modelo regional de química climática, evaluados con un conjunto completo de datos de observación, para proporcionar la primera evaluación en profundidad de los posibles

beneficios para la salud pública debido a la prevención de incendios en toda la cuenca del Amazonas. Se estima que la prevención de los incendios de vegetación habría evitado 16.800 (95UI: 16.300-17.400) muertes prematuras y 641.000 (95UI: 551.900-741.300) años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) en toda América del Sur, con un 26% de la carga sanitaria evitada en la cuenca del Amazonas.

McMichael et al., (2022) en una investigación sobre los incendios forestales e impactos, el objetivo fue analizar la historia de los incendios de los bosques en la Amazonia occidental a través de análisis de carbón vegetal del suelo. Presentan métodos un análisis de carbón del suelo que mejoran sus limitaciones actuales al tener en cuenta la variabilidad en la deposición de carbón después del incendio. Los historiales de incendios indican que la estación de investigación experimentó incendios históricos y perturbaciones precolombinas menos intensos que el distrito de los lagos. Los centímetros de profundidad generalmente tenían más de 500 años. No se han producido incendios frecuentes en ninguna de las regiones durante los últimos 1000 años, pero los incendios en ambas regiones fueron significativamente sincrónicos entre 1000 y 4000 cal. Los resultados presentados generan confianza en que los patrones y procesos de los bosques tropicales de tierras bajas estudiados no se ven afectados por incendios históricos intensos o recurrentes.

3.1.3 A nivel regional y local

Según el diario La República (2022) ocurrió inmenso incendio forestal en el Bosque de Chinchay, que se encuentra ubicado en el distrito de Pacobamba, provincia de Abancay, región Apurímac, ha tenido grandes impactos sobre la flora y fauna, entre ellos se destaca organismos en riesgo de desaparecer como oso de anteojos y los cóndores.

Previo al incendio del Bosque de Chinchay ocurrieron otros incendios, tales como del 11 y 13 de noviembre ocurrieron hasta 7 siniestros próximos a la zona. De los comuneros voluntariosos que acudieron al intentar apagar las llamas una persona terminó lesionada, con quemaduras leves. La fuerza aérea del Perú apoyó con los helicópteros para apagar el fuego, siendo muy complejo la asistencia por ser una zona agreste y compleja para acceder, fue incontrolable la velocidad con que se propaga el fuego, finalmente fueron aproximadamente 150 ha de cobertura vegetal incendiada.

Según INDECI (2022), en su reporte N° 6, complementario 9809-17/11/2022-COEN-INDECI, reportó los hechos de la ocurrencia del incendio en el Bosque de Chinchay, el incendio inicio el 9 de noviembre del año 2022 a horas 18:00, en la comunidad de Chupirca del distrito de Pocobamba provincia de Andahuaylas, el 11 de noviembre continuo el incendio que hay se había extendido hasta las comunidades aledañas de Pacchani, Andina, Ccerabamba y Chinchay, el 17 de noviembre el personal de la Dirección Desconcentrada del INDECI Apurímac informa, que viene efectuando la coordinación con los gobiernos locales para integrar las labores en el área afectada asimismo brinda apoyo técnico en la valoración de daños y la gestión de situaciones de emergencia; el mismo día aparentemente el fuego está bajo control aunque a raíz de los intensos vientos registrados en el área provocó que las llamas se reaviva, extendiéndose hasta el sector de Ccerabamba (Bosque de Chinchay); hasta este día no se ha reportado daños a la salud y vida de los comuneros.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. La meteorología

La meteorología es una ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos y su evolución con el fin de comprender el comportamiento del clima y del tiempo en la Tierra. Esta disciplina no solo se enfoca en observar elementos tales como el calor ambiental la presión atmosférica o la humedad del aire, sino también en predecir cómo cambiarán esas condiciones en las próximas horas o días, algo que resulta clave para muchas actividades humanas, desde la agricultura hasta el transporte aéreo.

Lo interesante de la meteorología es que, aunque se apoya en herramientas tecnológicas avanzadas como satélites, radares y modelos computacionales, también requiere un conocimiento profundo de la física y la dinámica atmosférica. Así, esta ciencia permite anticiparse a eventos extremos como tormentas, huracanes o sequías, y, por tanto, mitigar sus posibles impactos en la sociedad.

Como afirma Ahrens y Henson (2019), “la meteorología moderna combina la observación sistemática de la atmósfera con modelos numéricos que simulan la evolución del tiempo a partir de condiciones actuales” (p. 12), lo que resalta su importancia fundamental en la adopción de decisiones en tiempo real.

3.2.2. Importancia del estudio meteorológico

El estudio de la meteorología es esencial para comprender cómo los fenómenos atmosféricos afectan nuestra vida diaria y el entorno natural. Gracias a esta ciencia, es posible anticipar fenómenos meteorológicos severos como tempestades periodos de calor extremo o precipitaciones intensas, permitiendo a las comunidades prepararse y reducir riesgos. Además, sectores como la agricultura, la aviación, la salud pública o la gestión

del agua dependen directamente de los pronósticos meteorológicos para tomar decisiones informadas.

Tal como señalan, Lutgens y Tarbuck (2020), “una comprensión básica de los procesos meteorológicos permite a la sociedad adaptarse mejor a su entorno y responder eficazmente ante condiciones cambiantes del clima”, lo que refuerza la relevancia de su estudio en el contexto actual de cambio climático (p. 5).

3.2.3. Parámetros meteorológicos

Son las variables que describen el estado de la atmósfera en un momento y lugar específicos, incluyendo calor ambiental contenido de vapor de agua en el aire humedad relativa lluvias y rapidez del flujo de aire. Estos parámetros son medidos por equipos como termómetros, higrómetros, barómetros y anemómetros, y son fundamentales para entender y predecir el tiempo atmosférico y su impacto en diversos campos como la agricultura y la gestión de riesgos de desastres (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2023).

3.2.4. Temperatura

El calor es una medida física que permite determinar el grado de frío o de calor de un cuerpo o el ambiente. Más allá de la sensación térmica, la temperatura influye en múltiples fenómenos físicos y biológicos desde la dilatación de las sustancias hasta la regulación del metabolismo en los seres vivos. Según Tipler y Mosca (2005), el calor corresponde a la cuantificación de la energía cinética media de las partículas dentro de un sistema, lo que explica por qué cuando el calor se incrementa las partículas se desplazan más rápidamente.

3.2.5. Humedad Relativa

La humedad relativa es un concepto clave para entender cómo se siente el clima en nuestro entorno. Este valor indica la proporción de agua en estado gaseoso contenida en la atmósfera en relación con el límite máximo que el aire puede retener bajo una temperatura específica. No solo influye en la sensación térmica haciendo que el calor se sienta más intenso o el frío más penetrante, sino que también afecta la salud, la conservación de alimentos, y el funcionamiento de equipos electrónicos. Además, la humedad relativa tiene una función relevante en la formación de nubes, lluvias y otros fenómenos meteorológicos.

Según Lutgens y Tarbuck (2020) “la humedad relativa proporciona una medida útil para describir el nivel de confort atmosférico, así como para predecir la posibilidad de precipitación” (p. 84), lo que evidencia su aplicación tanto en la vida diaria como en el análisis del tiempo.

3.2.6. Precipitación

La lluvia es uno de los eventos atmosféricos más perceptibles y relevantes del clima, ya que representa la forma en el cual el agua vuelve a la superficie del planeta desde la atmósfera. Puede manifestarse como precipitación en forma de agua, nieve o granizo según el nivel térmico y otras condiciones del entorno. Este fenómeno es fundamental para mantener el equilibrio del ciclo del agua, recargar fuentes naturales como ríos y acuíferos, y sostener la vida vegetal y animal. Además, conocer los patrones de precipitación permite anticipar sequías, inundaciones o heladas, lo cual es vital para la agricultura y la planificación urbana.

Como explican Ahrens y Henson (2019) “la precipitación es el resultado final de una serie de procesos atmosféricos que permiten la condensación del vapor de agua y su caída a la superficie, influyendo de forma directa en los ecosistemas y en las actividades humanas” (p. 185).

3.2.7. Velocidad y Dirección del Viento

La velocidad y dirección del viento son elementos fundamentales en el estudio del clima, ya que influyen en la distribución del calor, la humedad y la formación de fenómenos meteorológicos. El viento transporta masas de aire de un lugar a otro, afectando directamente las condiciones del tiempo, como la llegada de tormentas o frentes fríos. Además, su impacto se extiende en labores humanas como el transporte aéreo la navegación marítima y la producción agrícola e incluso la producción de energía eólica.

Según Lutgens y Tarbuck (2020), “el movimiento del aire su velocidad y dirección es una manifestación visible de los desequilibrios de presión en la atmósfera y es esencial para entender los patrones meteorológicos” (p. 121).

3.2.8. Factores que Afectan los Parámetros Meteorológicos

A. Latitud y altitud

La latitud y la altitud son dos conceptos fundamentales para ubicar puntos en la Tierra y comprender fenómenos climáticos y geográficos. La latitud se refiere a la separación angular entre un lugar y la línea ecuatorial, medida en grados ($^{\circ}$), desde 0° en el ecuador hasta 90° en los polos, ya sea norte o sur. Por ejemplo, Ciudad de México se encuentra aproximadamente a 19.4° N, lo que influye en su clima templado. Por otro lado, la altitud representa la elevación de un sitio respecto al nivel medio del océano, expresada generalmente en metros (m). A mayor altitud, menor presión atmosférica y temperatura;

por ejemplo, a 2,250 metros sobre el nivel del mar (msnm), Bogotá experimenta temperaturas más bajas que ciudades a menor altitud, incluso estando cerca del ecuador. Como señalan Christopherson y Birkeland (2014), “la latitud controla la cantidad de energía solar recibida, mientras que la altitud modifica las condiciones atmosféricas locales”.

B. Estaciones del año

las estaciones climáticas primavera verano otoño e invierno son periodos del año que se repiten de forma cíclica anualmente como resultado de la inclinación del eje terrestre (23.5°) y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol. esta inclinación ocasiona que diferentes regiones del planeta reciban diferentes cantidades de luz solar a lo largo del año. Por ejemplo, en el hemisferio norte, el verano comienza alrededor del 21 de junio, cuando los rayos solares inciden de forma más directa, mientras que el invierno inicia cerca del 21 de diciembre, cuando la incidencia solar es mínima. Estos cambios estacionales afectan no solo el clima, sino también los ambientes naturales la producción agrícola y la existencia humana. Como explican Aguado y Burt (2015), “las estaciones existen porque la cantidad de radiación solar que llega a cada punto del planeta cambia con el tiempo, debido a la inclinación axial de la Tierra y su órbita elíptica”.

3.2.9. Interpretación de Datos Meteorológicos

3.2.9.1. Mapas y Gráficos Climáticos

Los mapas y gráficos climáticos son herramientas visuales que nos permiten entender y analizar de manera clara los patrones y variaciones de los parámetros meteorológicos, como la temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento. Por ejemplo, un mapa isotérmico muestra líneas que conectan puntos con igual

temperatura, facilitando la comparación entre diferentes regiones. Estos recursos son esenciales para identificar tendencias climáticas, planificar actividades agrícolas o prever fenómenos meteorológicos extremos. Según Ahrens (2012) “los gráficos y mapas climáticos simplifican la complejidad de los datos meteorológicos, haciendo accesible la información para científicos, tomadores de decisiones y el público en general”.

3.2.9.2. Series Temporales y Análisis Estadístico

Las series temporales y el análisis estadístico son fundamentales para estudiar y comprender los parámetros meteorológicos a lo largo del tiempo. Una serie temporal consiste en registros ordenados cronológicamente, como las temperaturas diarias o las precipitaciones mensuales, lo que permite identificar patrones, tendencias y ciclos climáticos. El análisis estadístico, por su parte, ayuda a interpretar estos datos, detectando anomalías o cambios significativos, y facilitando la estimación de acontecimientos venideros. Por ejemplo, mediante el análisis de series temporales de precipitaciones se puede anticipar períodos de sequía o lluvias intensas. Según Wilks (2011) “el estudio estadístico de datos meteorológicos en series temporales es crucial para la modelización del clima y la evaluación de riesgos ambientales”.

3.2.9.3. Tendencias y anomalías

Las tendencias y anomalías en los parámetros meteorológicos son conceptos clave para entender cómo cambia el clima a lo largo del tiempo. Una tendencia representa un cambio gradual y sostenido en factores como el calor ambiental o las lluvias, por ejemplo, un aumento promedio de 0.2 °C por década en la temperatura global. Por otro lado, una anomalía se refiere a una desviación significativa respecto a un valor promedio o esperado, como un año con lluvias un 30% por encima del promedio histórico. Detectar

estas variaciones es fundamental para identificar fenómenos climáticos inusuales y evaluar el impacto del cambio climático. Según Trenberth et al. (2014) “analizar tendencias y anomalías permite comprender mejor las variaciones naturales y las influencias humanas en el sistema climático”

3.2.9.4. Efectos Ambientales

a. Pérdida de biodiversidad

Uno de los efectos más graves y persistentes de los incendios forestales es la pérdida de biodiversidad, ya que el fuego altera de forma abrupta el equilibrio de los ecosistemas. Las altas temperaturas, el humo, y la destrucción del hábitat afectan tanto a especies vegetales como animales, muchas de las cuales no tienen capacidad de escape o adaptación. En este proceso, los parámetros meteorológicos juegan un papel clave: la temperatura elevada, la baja humedad relativa y los vientos intensos favorecen incendios de mayor magnitud, que arrasan con áreas de alta riqueza biológica en cuestión de horas. Además, tras el incendio, la recuperación del ecosistema se ve comprometida si persisten condiciones climáticas adversas, como sequías prolongadas o falta de cobertura vegetal que retenga humedad. Según Moreira et al. (2020), “los incendios forestales no solo destruyen especies individuales, sino que también simplifican las estructuras ecológicas, eliminan interacciones clave y provocan cambios de largo plazo en la composición y funcionalidad del ecosistema”.

3.2.9.5. Efectos Sociales y Económicos

❖ **Desplazamiento de poblaciones**

El desplazamiento de poblaciones humanas es uno de los efectos sociales más graves y visibles de los incendios forestales, especialmente cuando estos ocurren con gran intensidad y frecuencia. A medida que las condiciones del tiempo como el calor intenso la escasa humedad del aire y los vientos de gran intensidad intensifican la propagación del fuego, miles de personas se ven obligadas a evacuar sus hogares de forma inmediata, muchas veces sin posibilidad de retorno. Este tipo de desplazamiento puede ser temporal, pero en casos extremos se convierte en migración permanente, con impactos en la economía local, el tejido social y la salud mental de las comunidades afectadas.

Además, la pérdida de viviendas, infraestructura básica y medios de vida como la agricultura o el turismo complica el proceso de recuperación. Según Ferrarini et al. (2021) “el aumento de incendios forestales inducido por el cambio climático está provocando una nueva forma de desplazamiento climático, donde el fuego actúa como detonante de la movilidad forzada, especialmente en regiones vulnerables y con capacidad limitada de respuesta”.

❖ **Riesgos para la salud humana**

Los incendios forestales representan una amenaza directa e indirecta para la salud humana, cuyas consecuencias pueden ser inmediatas o prolongarse en el tiempo. Uno de los principales riesgos proviene de la exposición al humo, compuesto por una mezcla de material particulado fino (PM2.5), monóxido de carbono (CO) y otros contaminantes tóxicos que afectan principalmente el sistema respiratorio y cardiovascular. Las personas con asma, enfermedades pulmonares crónicas, adultos mayores y niños son especialmente

vulnerables. Además, durante estos eventos extremos, también se elevan los riesgos de estrés térmico, traumatismos por evacuación apresurada, y afectaciones psicológicas como ansiedad, insomnio o trastorno de estrés postraumático (TEPT).

Las condiciones meteorológicas como la falta de viento, las altas temperaturas o las inversiones térmicas pueden agravar la acumulación de contaminantes, ampliando su alcance a zonas urbanas cercanas o incluso alejadas del foco del incendio. Según Reid et al., (2016) “la exposición al humo de incendios forestales está asociada con aumentos en la morbilidad y mortalidad, y sus efectos se ven amplificadas por el cambio climático que incrementa la frecuencia e intensidad de estos eventos”.

3.3. Definición de términos

3.3.1. Incendio

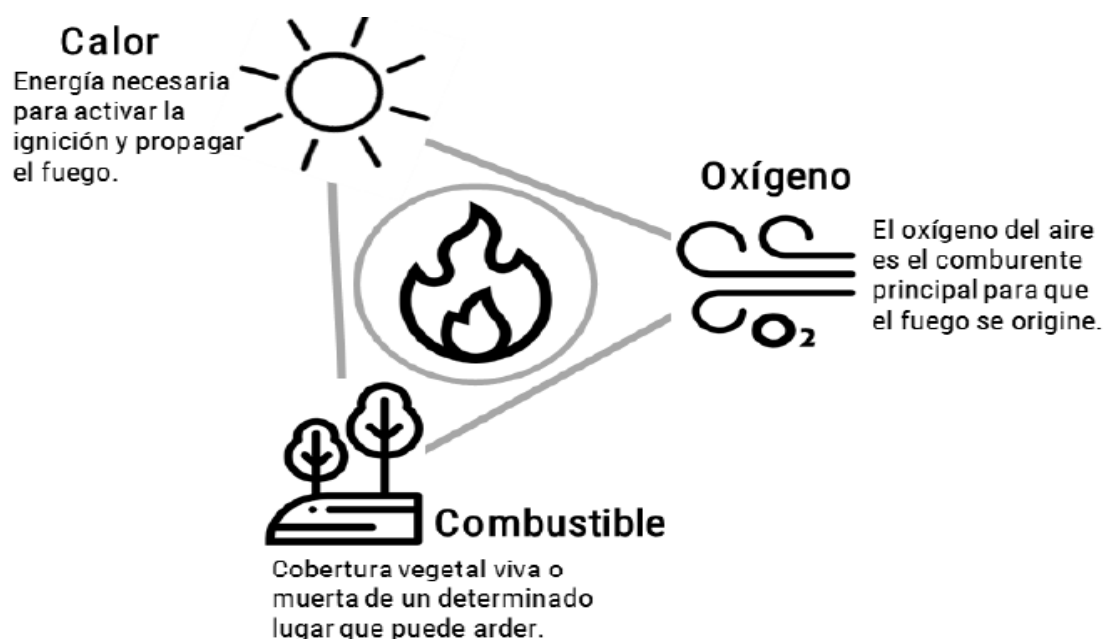
Un incendio forestal es mucho más que la simple presencia de fuego en un ecosistema; representa una alteración profunda del equilibrio natural, con consecuencias ecológicas, económicas y sociales. Estos eventos pueden surgir debido a factores naturales o de origen antrópico, pero su impacto se ve agravado por factores como el cambio climático, la degradación del suelo y la presión sobre los recursos naturales. Entender un incendio implica reconocer su complejidad y su capacidad de transformar paisajes enteros en poco tiempo. “El incendio forestal es un proceso ecológico que, cuando se descontrola, puede convertirse en una amenaza severa para los ecosistemas y las comunidades humanas” Rodríguez y Silva (2015).

Un incendio forestal es un fuego no deseado que se propaga sin control sobre la cobertura vegetal y ocasiona daños ecológicos, económicos y sociales de gran magnitud. Su ocurrencia y propagación dependen de la interacción de tres elementos fundamentales:

una fuente de calor, el oxígeno del aire y el material combustible vegetal, principio conocido como el triángulo del fuego, según el (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2024). Este concepto también es desarrollado por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2017) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP, 2016).

Figura 2

Triángulo del fuego para incendios forestales.



Nota. Fuente de elaboración CENEPRED, 2020.

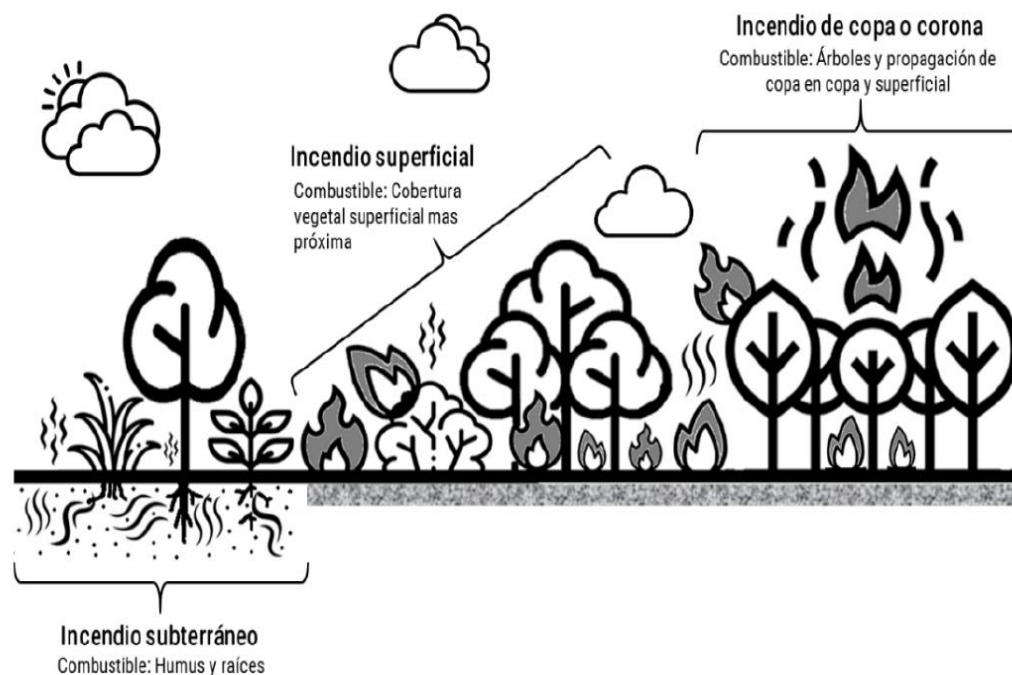
Los incendios forestales son muy variables, entre los cuales se distingue 3 tipos muy imperantes:

- a. Incendios Subterráneos: “el fuego consume el humus y las raíces subterráneas del suelo, así como la materia orgánica acumulada en grietas de grandes formaciones

- rocosas se distingue por la ausencia de llamas visibles y la producción de poco humo” (Villers, 2006).
- b. Incendios superficiales: “en este tipo de incendio el fuego afecta los materiales combustibles ubicados sobre la superficie del suelo como pastos pajonales arbustos ramas y hojarasca sin llegar a consumir completamente el tronco de los árboles”. (Villers, 2006).
- c. Incendios de copa o corona: “en estos casos el fuego destruye por completo la vegetación arbórea propagándose tanto por las copas de los árboles como a nivel del suelo” (Villers, 2006).

Figura 3

Tipología de los Incendios Forestales.



Nota. Fuente de elaboración CENEPRED,2020.

3.3.2. Ecosistemas Forestales

Los ecosistemas forestales cumplen funciones vitales para el equilibrio ambiental: regulan el clima, protegen el suelo, almacenan agua y albergan una gran diversidad de especies. Además, son fuente de recursos para millones de individuos a nivel global. Sin embargo, su estabilidad se ve amenazada por actividades humanas intensivas, la deforestación y eventos extremos como los incendios. Proteger los sistemas forestales no solo es una cuestión ecológica, sino también social y económica.

“Los ecosistemas forestales no solo sostienen la biodiversidad, sino que también proporcionan servicios fundamentales para el bienestar humano” (FAO, 2020).

3.3.3. Incendios Forestales

Los incendios forestales son fenómenos que afectan profundamente el equilibrio de los ecosistemas y la protección de las poblaciones humanas. Aunque algunos pueden tener un origen natural, en la mayoría de los casos están relacionados con actividades humanas, ya sea por negligencia, malas prácticas agrícolas o incluso acciones intencionales. Su impacto va más allá de la pérdida de vegetación; también implica deterioro del suelo, emisiones de gases contaminantes y alteraciones en la biodiversidad. Por eso, abordarlos requiere una mirada integral, que combine prevención, educación ambiental y gestión sostenible del territorio.

“Los incendios forestales constituyen una de las principales causas de degradación de los bosques y representan una amenaza creciente en el contexto del cambio climático” (FAO, 2021).

3.3.4. Características Ecológicas de un Bosque

Los bosques son ecosistemas complejos y dinámicos que se caracterizan por la presencia dominante de árboles, una alta biodiversidad y una fuerte interacción entre componentes bióticos (como plantas, animales, hongos) y abióticos (como el suelo, el agua y el clima). Su estructura estratificada con niveles de copa, sotobosque y suelo permite una gran variedad de nichos ecológicos. Además, los bosques cumplen funciones esenciales como la regulación de las condiciones climáticas la captura y retención de carbono la protección del suelo y la continuidad del ciclo del agua.

“Los bosques son ecosistemas fundamentales que albergan más del 80% de las especies terrestres y juegan un papel crítico en la estabilidad ecológica del planeta” (FAO, 2020).

3.3.5. Uso de los Suelos

El uso de los suelos se refiere a la manera en que las personas aprovechan y gestionan la tierra para diferentes fines, como la agricultura, la urbanización, la conservación o la industria. Esta utilización no solo responde a necesidades económicas y sociales, sino que también está determinada por las condiciones físicas del relieve del área y por las políticas de ordenamiento territorial. Una gestión adecuada del suelo es esencial para garantizar la sostenibilidad ambiental, ya que el mal uso puede provocar degradación, pérdida de fertilidad y desequilibrios ecológicos. Como señalan Bocco et al. (2001) "el uso del suelo es una expresión concreta de la interacción entre sociedad y naturaleza, y refleja las dinámicas territoriales de un lugar".

3.3.6. Variabilidad del Clima

La variabilidad del clima se refiere a los cambios naturales que ocurren en los patrones climáticos a lo largo del tiempo, como alteraciones en la temperatura, las precipitaciones o la frecuencia de eventos extremos. Esta variación puede darse en escalas temporales cortas (meses o años) o más prolongadas, y aunque forma parte de la dinámica natural del clima, hoy en día se ve intensificada por la acción humana. Comprender esta variabilidad es clave para planificar actividades productivas, gestionar recursos y reducir riesgos ante fenómenos como sequías o lluvias intensas. Según Magaña (2006) "la variabilidad climática representa un componente esencial del sistema climático que influye directamente en la disponibilidad de agua, la agricultura y la salud humana".

3.3.7. Efectos del incendio forestal

Los incendios forestales generan múltiples efectos adversos tanto en el entorno natural como en las poblaciones humanas. Principalmente, destruyen la vegetación, lo que afecta la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas. Además, generan grandes cantidades de humo y gases contaminantes que deterioran la calidad del aire, afectando la salud de las personas. También contribuyen a la pérdida de suelo fértil y pueden desencadenar procesos de erosión, dificultando la recuperación natural del terreno. Estos efectos pueden prolongarse durante años, complicando la recuperación tanto ecológica como económica de las zonas afectadas (Pausas & Keeley, 2019).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo no experimental observacional, debido a que no se manipulan deliberadamente las variables en estudio. En este caso, se han analizado datos ya ocurridos como los parámetros meteorológicos y los eventos de incendios forestales del año 2022, lo que implica una observación sistemática de los hechos tal como se presentaron en su contexto natural.

Según Hernández y Baptista (2014) en una investigación no experimental "no se manipulan intencionalmente variables independientes, sino que se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos" (p. 151). Esto se ajusta plenamente al enfoque de este estudio, ya que los incendios forestales no pueden ser provocados o reproducidos por el investigador por razones éticas y prácticas; por el contrario, se recurre a registros históricos y datos climáticos recopilados por entidades oficiales como SENAMHI u otras fuentes científicas y técnicas.

4.1.2. Nivel de investigación

El presente trabajo es de nivel correlacional, ya que busca, por un lado, describir las características de ciertas variables climáticas (como temperatura, humedad, velocidad del viento) y, por otro, analizar la relación que podrían tener con la ocurrencia de incendios forestales registrados en dicho territorio durante el año 2022.

Desde el enfoque descriptivo, el objetivo es ofrecer una visión detallada y precisa de cómo se comportaron los parámetros meteorológicos en la zona de estudio. Según Hernández y Baptista (2014), las investigaciones descriptivas "buscan especificar las

propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice" (p. 94), lo cual se aplica claramente a la descripción climática y ambiental previa a los incendios.

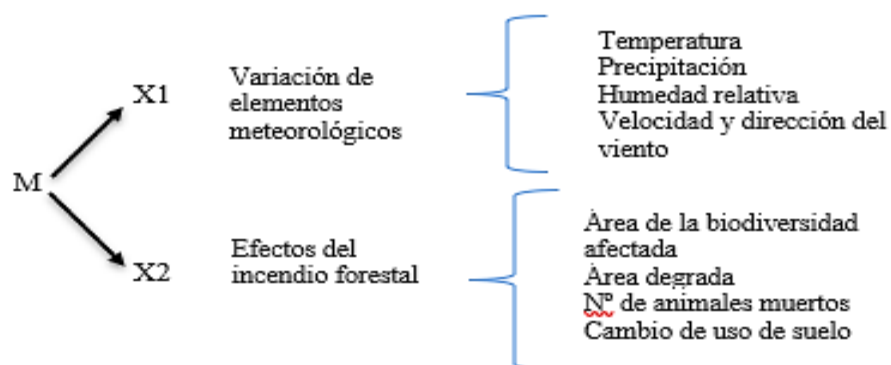
Al mismo tiempo, el estudio también es correlacional, porque intenta establecer vínculos o asociaciones entre las variables meteorológicas y los incendios forestales ocurridos. Es decir, se analiza si, por ejemplo, un aumento en la temperatura o una disminución en la humedad relativa guarda alguna relación con la frecuencia o intensidad de los incendios. Como explican los mismos autores, este tipo de estudios “pretende conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos o variables” (Hernández et al. 2014).

4.1.3. Diseño de investigación

La investigación en curso se enmarca dentro de un diseño no experimental, debido a que las variables no son manipuladas de forma intencionada, sino que se analizan tal como se presentaron en su entorno original. Es decir, se hace uso de información ya existente como los registros meteorológicos y los informes sobre incendios sin intervenir directamente en los eventos estudiados.

Como señalan Hernández y Baptista (2014) los estudios de tipo no experimental se caracterizan porque las variables se observan en su contexto natural, sin intervención del investigador, quien posteriormente las analiza (p. 151). En este caso particular, no es posible tener control sobre factores como el clima o los incendios forestales, ya que estos ocurrieron en el pasado, durante el año 2022. Por tal motivo, este diseño resulta pertinente, ya que permite examinar las posibles conexiones entre las variables sin alterar su desarrollo original.

Diagrama:



Dónde:

M: muestra de estudio

X1: Observación de la variable 1

X2: Observación de la variable 2

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

El presente estudio se desarrolló en el año 2023 con un análisis de análisis temporal de datos meteorológicos del año 2010 al 2022 enfocándonos con especial consideraciones en noviembre del año 2022, ya que durante ese periodo se registraron diversos incendios forestales de gravedad en la Región Apurímac, tomando como análisis de la problemática el bosque Chinchay, ubicado en el Distrito de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac.

4.2.2. Espacial

La investigación se desarrolló en el Distrito de Pacobamba, provincia de Andahuaylas, región Apurímac, lugar donde se encuentra el Bosque de Chinchay. Un espacio natural de alto valor ecológico dentro de la provincia de Andahuaylas y la región

Apurímac. Esta área resalta tanto por su riqueza en biodiversidad como por su susceptibilidad ante fenómenos climáticos intensos y la intervención humana.

4.2.2.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio para el presente proyecto se ubica en el distrito de Pacobamba, provincia Andahuaylas departamento Apurímac. El distrito se encuentra claramente delimitado mediante un polígono de color rojo con tramas diagonales y un borde azul superpuesto sobre una imagen satelital que permite apreciar el relieve y las características físicas del área. asimismo, se identifican los distritos colindantes como Kakiabamba, Kishuara, Pacucha, Abancay, Huarquica, Vilcabamba y Oronccoy, lo que facilita la comprensión de su entorno territorial inmediato. el mapa incorpora elementos cartográficos fundamentales como la rosa de los vientos, la escala grafica en millas, la cuadrícula de coordenadas geográficas y una leyenda explicativa de los limites administrativos, además de mapas de referencia en la parte superior que contextualizan al distrito a nivel nacional y regional, constituyéndose en una herramienta adecuada para estudios territoriales y análisis espaciales.

4.2.2.2. Ubicación Geográfica

- Latitud sur : 13° 32' 08"- 13° 33' 05"
- Latitud Oeste : 73° 05' 55"-73° 04' 42"
- Altitud : 3800 m.s.n.m

4.2.2.3. Ubicación Política

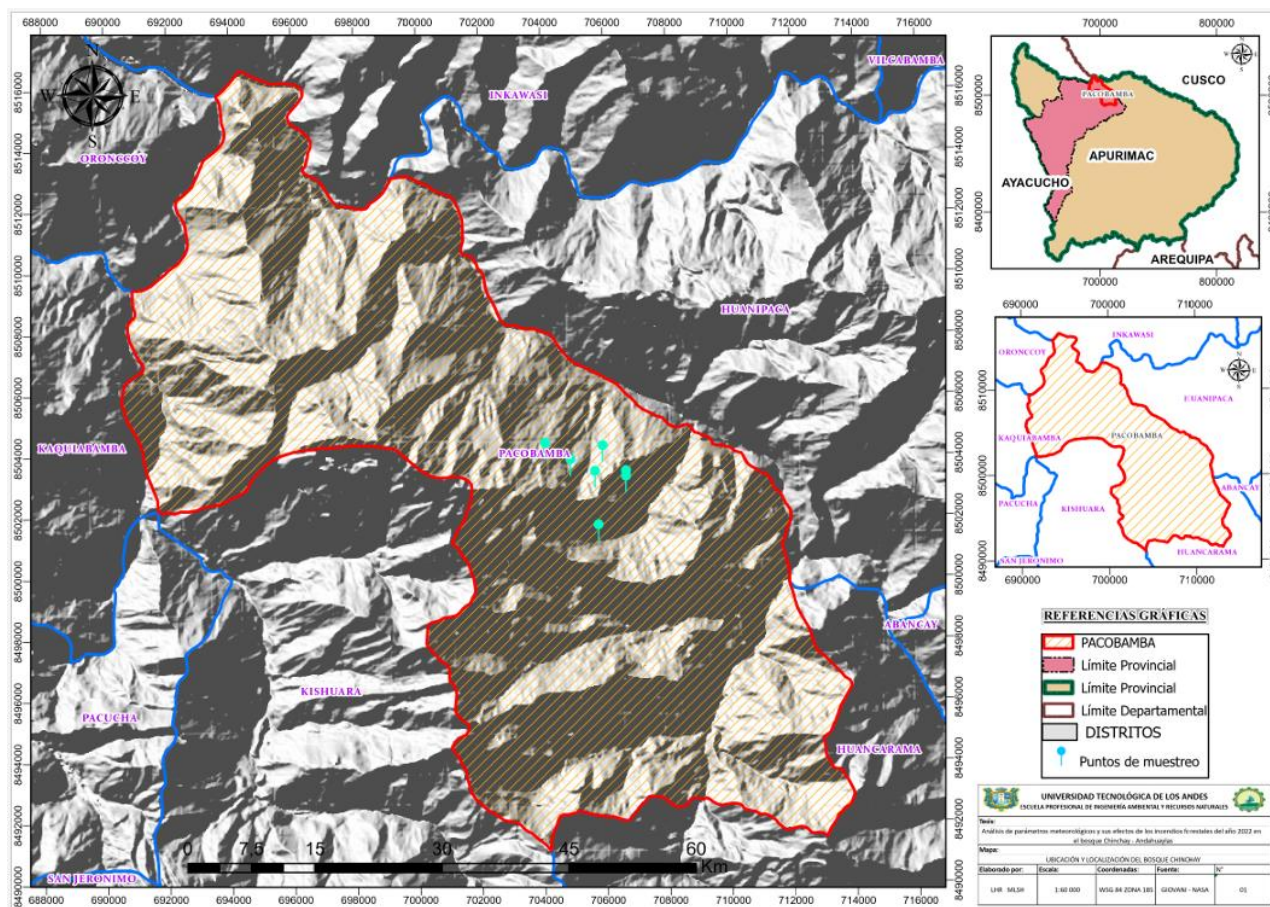
Departamento: Apurímac

Provincia: Andahuaylas

Distrito: Pacobamba

Figura 4

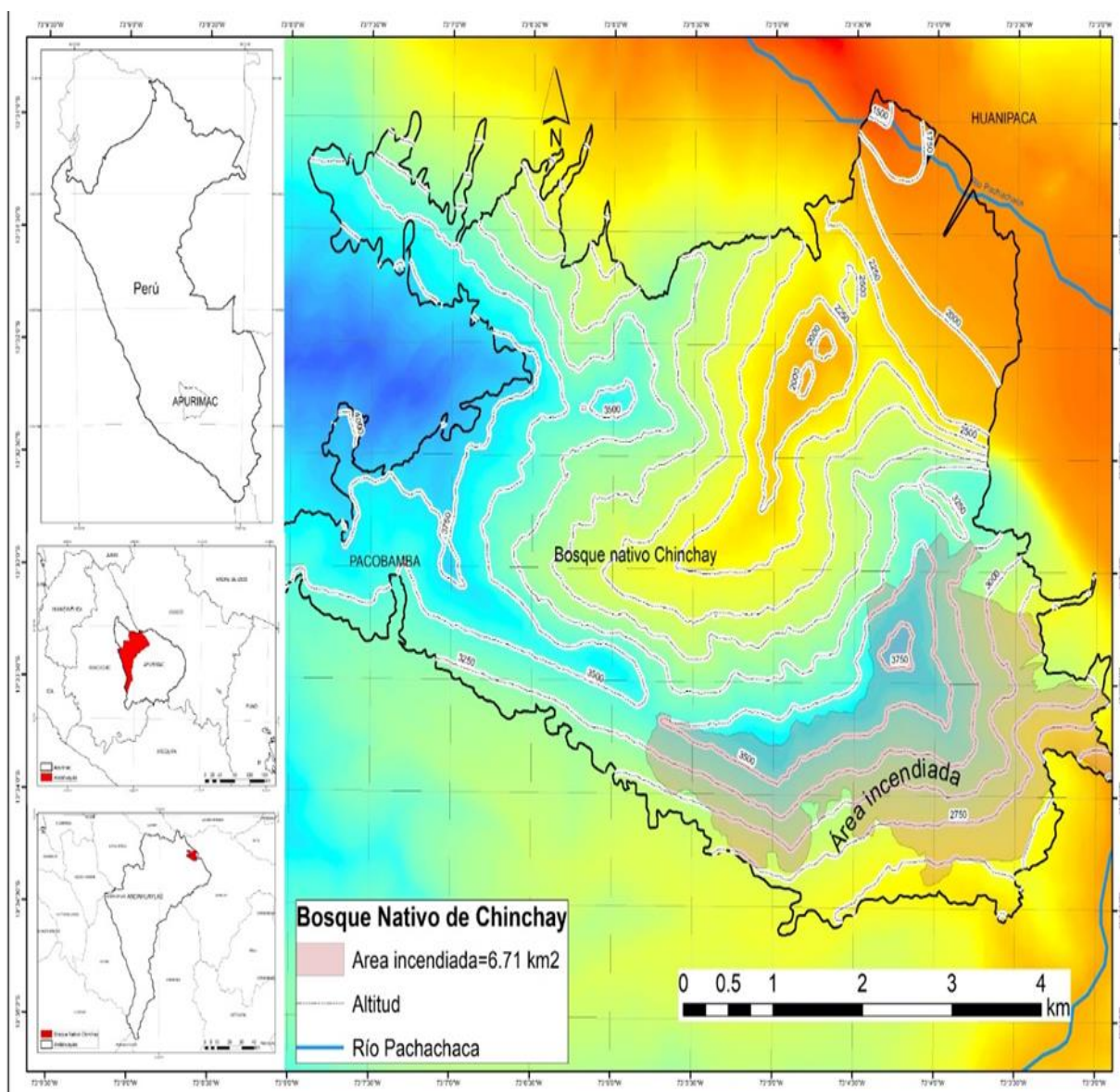
Mapa ubicación y localización.



Nota. Elaboración propia con datos SIG.

Figura 5

Ubicación geográfica Bosque Chinchay.



Nota. Elaboración propia, a partir de información cartográfica y datos del área de estudio.

Nota: La figura 5 presenta un Modelo Digital de Elevación (DEM) del Bosque Chinchay, donde se representan las curvas de nivel que indican variaciones de altitud en el terreno. Las líneas conectan puntos con igual elevación, y su cercanía señala pendientes más pronunciadas. El mapa utiliza una gradación de colores de azul a rojo para reflejar altitudes desde 784 hasta 5914 metros, según la leyenda. El área sombreada con bordes negros corresponde al bosque Chinchay, con una extensión aproximada de 36.45 km² (3645.19 ha), que es el foco del estudio. En la parte baja se identifican cuerpos de agua, destacando el río Apurímac. Este tipo de mapa es útil para comprender la topografía y distribución del terreno, comúnmente aplicado en estudios geográficos, ambientales y de planificación territorial.

4.3. Población, muestra

a. Población

La población identificada en la investigación es el tiempo de años de análisis de la variación de los parámetros meteorológicos que corresponde a los años 2010 al 2022 estos parámetros de estudios son Temperatura, Humedad relativa, Precipitación, Velocidad del viento.

b. La muestra

La muestra se identificó al año 2022 año en que ocurrió el incendio forestal del Bosque de Chinchay y sus efectos ocasionados a nivel de análisis social, económico, flora y fauna.

La muestra para el análisis de la segunda variable es por conveniencia del investigador tomando como referencia a los pobladores más afectados en un total de 25 pobladores según datos recolectados en campo.

Según Ortega, s.f.: “El muestreo por conveniencia es una técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio utilizada para crear muestras de acuerdo a la facilidad de acceso, la disponibilidad de las personas de formar parte de la muestra, en donde el investigador elige a los miembros solo por su proximidad. Cuando se utiliza esta técnica, se pueden observar hábitos, opiniones, y puntos de vista de manera más fácil” (p. 1).

4.4 . Instrumentos

4.4.1.Técnica

Procesamiento de datos anuales de variación meteorológica, esto nos permitirá evaluar la dinámica de la variación de los parámetros meteorológicos desde el año 2010 al 2022.

La técnica de encuesta se aplica para conocer información de fuente primaria realizada a la población afectada.

4.4.2.Instrumento

Para el presente estudio la técnica que se uso es causal-comparativo y encuestas, la técnica aplicada para recoger información meteorológica e impactos es principalmente revisión documental, para registro de datos satelitales y levantamiento de información a través de las encuestas.

La naturaleza de la investigación hace que el instrumento para el estudio sea fichas de registro y observación de campo, dichos instrumentos fueron impresos, previo a su aplicación en el campo, los instrumentos se adjuntan en el anexo.

Validación y Confiabilidad de los Instrumentos

A. Validación

La validación de los instrumentos se realizó a través de un juicio de 3 expertos quienes pudieron evaluar la consistencia del instrumento relacionado a las variables, dimensiones e indicadores a medir que contribuirán en la sostenibilidad y congruencia de la investigación realizada.

Tabla 2

Juicio de expertos.

Nº	Datos de los expertos	Calificación Cuantitativa	Calificación Cualitativa
1	Odilón Correa Cuba	18	Dieciocho
2	Alexei Reynaga Medina	18	Dieciocho
3	Yaneth Roxana Calla Chumpisuca	17	Diecisiete

Nota. Elaboración propia.

B. Confiabilidad del Instrumentos

La confiabilidad se realizó para el segundo instrumento el cuestionario

Tabla 3

Prueba de confiabilidad.

Alfa de Cronbach	Nº	Rangos de Alfa de Cronbach $0.8 \leq \alpha < 0.9$
0.836	25	Buena

Nota. Según el análisis realizado a una población similar para validar la confiabilidad del instrumento se obtuvo como resultado un Alfa de Cronbach = 0.836, equivalente a un instrumento bueno, para lo cual se toma como referencia para poder aplicar a la muestra identificada en la investigación realizada.

De acuerdo con Hernández y Baptista (2014), un instrumento es confiable cuando produce resultados consistentes y válidos al aplicarse en contextos similares. En este caso, ambos instrumentos demostraron ser útiles para recoger información precisa, complementando los datos cuantitativos con observaciones directas del entorno natural.

4.5. Procedimientos

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo siguiendo una secuencia ordenada de pasos metodológicos, lo que permitió garantizar la coherencia, rigurosidad y confiabilidad en la recolección y análisis de la información. En primer lugar, se recopilaron datos meteorológicos del año 2022 a través de fichas de registro elaboradas con base en fuentes oficiales. Posteriormente, se realizó trabajo de campo en la zona del bosque Chinchay, donde se aplicó la observación directa, permitiendo identificar evidencias físicas de los incendios forestales.

A continuación, se llevaron a cabo encuestas a muestra indicada 25 personas de Centro Poblado de Ccerabamba, Finalmente, toda la información fue organizada, analizada y relacionada para identificar posibles patrones entre las variables climáticas y los efectos de los incendios forestales.

Según Hernández y Baptista (2014) el procedimiento en una investigación corresponde al “conjunto de acciones concretas que el investigador lleva a cabo para alcanzar los objetivos planteados” (p. 381). En este estudio, cada fase se desarrolló de forma planificada, asegurando que los resultados obtenidos respondan con claridad al problema formulado.

4.6. Análisis de datos

Primero: se realizó la recopilación de datos satelitales de la NASA para los parámetros meteorológicos de los años 2010 al 2022 (análisis mensual), estos parámetros fueron temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, información obtenida de la plataforma Giovanni perteneciente a la NASA (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>).

Segundo: Se hizo en análisis de datos de las variaciones meteorológicas especificando el mes de noviembre del año 2022 fecha en la cual ocurrió el incendio forestal.

Tercero: Se aplicó el instrumento a los 25 pobladores del Centro poblado de Ccerabamba, seguidamente se realiza el procesamiento de la información descriptiva sobre los efectos del incendio forestal en el aspecto social, económico, flora y fauna; de esta manera se complementaron con información cualitativa y cuantitativa obtenida mediante observaciones de campo y encuestas locales, lo que ofreció una visión más completa del efecto.

Cuarto: Seguidamente con la ayuda del SPSS se pudo realizar la estadística descriptiva y la estadística inferencia (correlación) de la V1 con la V2.

4.7. Consideraciones éticas

Según Grimm (2020) la ética de la investigación se refiere al conjunto de principios y normas que guían el diseño ejecución administración uso y difusión de los estudios científicos especialmente cuando estos involucran a seres sintientes (personas y animales).

Durante el proceso de investigación se consideraron estrictamente los derechos de los participantes en concordancia con los principios de Helsinki asegurando que la

información recolectada sea utilizada únicamente con fines beneficiosos y evitando cualquier uso que pudiera generar conflictos asimismo se respetó la autoría de los autores consultados en las definiciones conceptuales.

Autenticidad y honestidad implican comprender con claridad el propósito del estudio donde el conocimiento científico y la información deben presentarse de manera transparente indicando siempre que los datos provienen de sus respectivos autores además el uso de herramientas de apoyo facilita el acceso a información previamente generada y disponible para su utilización responsable. Autenticidad significa que el estudio refleja el trabajo propio del investigador fundamentado en la revisión de literatura como artículos libros tesis e informes los cuales deben ser pertinentes y verificables asegurando que la información utilizada sea veraz y confiable.

V. Resultados y discusión

5.1. Análisis de estadística descriptiva:

El uso de estos parámetros estadísticos no solo permite entender mejor los datos climáticos, sino también identificar patrones, tendencias y variabilidad. Este análisis es crucial para la toma de decisiones en gestión ambiental, agricultura, planificación urbana y estudios de cambio climático, por tanto, la variación de los parámetros meteorológicos en el Bosque Chinchay resulta clave para comprender los cambios ambientales que se han producido tras el incendio forestal del año 2022. Al analizar variables como la temperatura, la humedad relativa, la precipitación y el viento, se pueden identificar patrones distintos que podrían estar vinculados directamente efectos del fuego.

Los valores medios permiten comparar períodos y detectar cambios climáticos. La desviación estándar muestra cuánta variación hay en los datos, y el coeficiente de variación permite comparar esa variabilidad entre diferentes variables. El análisis de tendencia revela patrones de cambio en el tiempo, mientras que el T-test identifica si las diferencias entre datos son estadísticamente significativas. Los intervalos de confianza indican la precisión de las estimaciones, y la correlación de Pearson mide la relación entre dos variables.

Para el desarrollo de este capítulo se realizó el procesamiento de información de las variaciones de los parámetros meteorológicos obtenidos de datos satelitales de la NASA, de los años 2010 al 2022 (análisis mensual), estos parámetros fueron temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad del viento, información obtenida de la plataforma Giovanni perteneciente a la NASA.

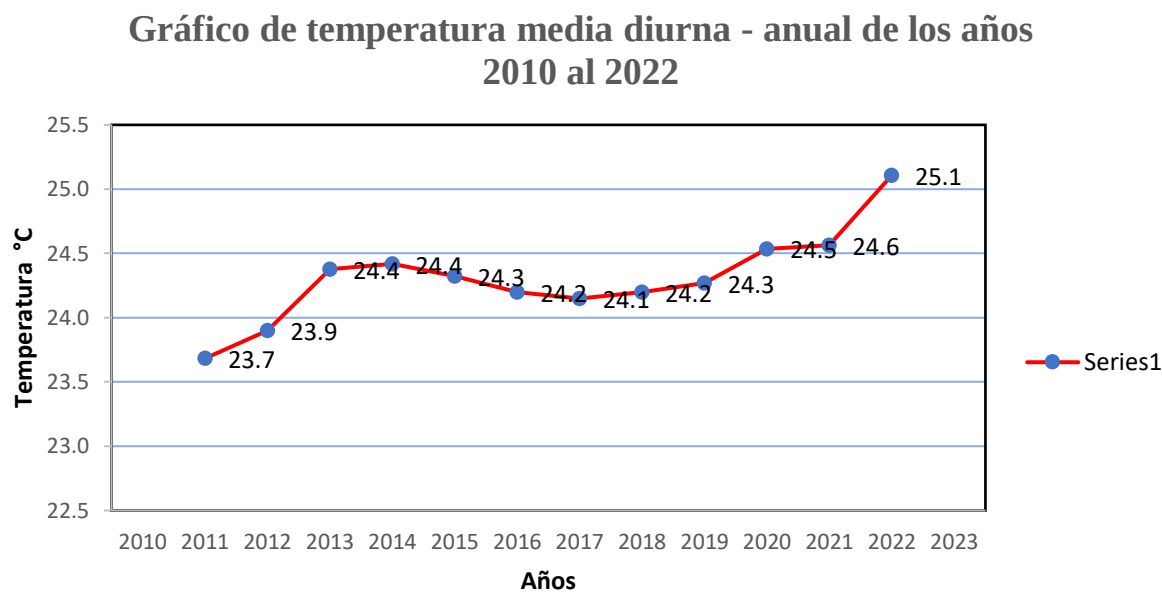
5.2. Análisis de las dimensiones de la Variable

5.2.1. Parámetros meteorológicos:

5.2.1.1. Temperatura diurna

Figura 6

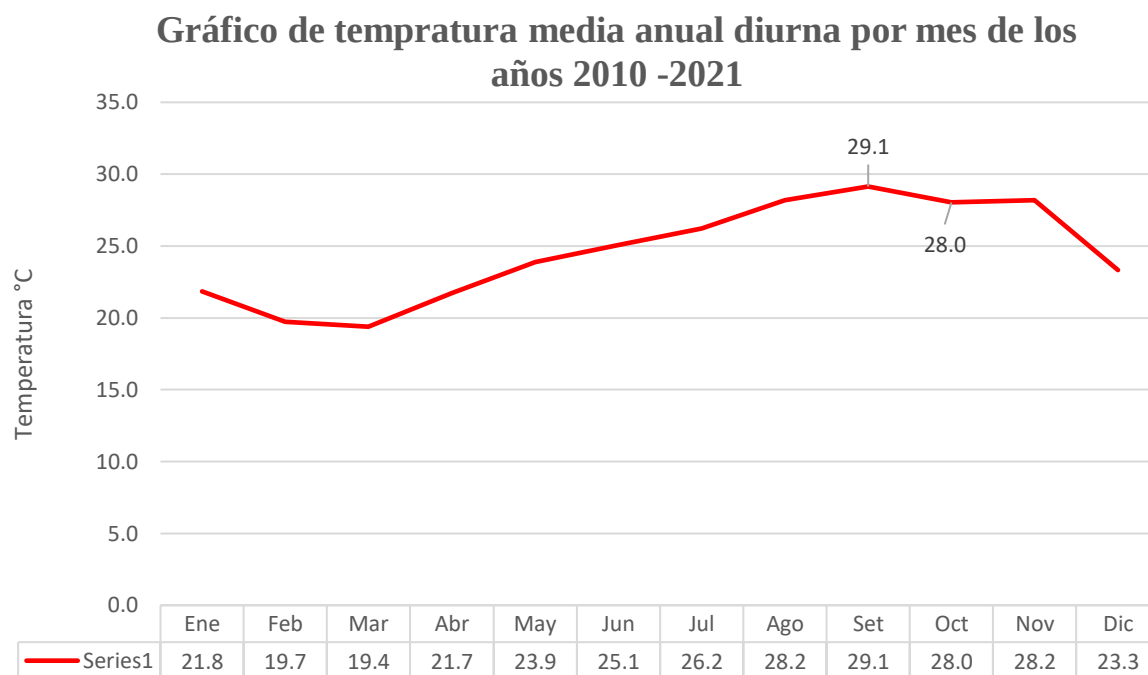
Gráfico de temperatura media diurna anual de los años 2010 al 2022 en el Bosque Chinchay.



Nota. En la figura número 6 se ve el grafico de oscilación de temperatura media diurna anual de los años 2010 al 2022, lo que muestra una oscilación de incremento exponencial positivo de la temperatura y el año 2022 registró un promedio de 25.1 °C con mayor diferencia con respecto en los últimos 10 años de análisis.

Figura 7

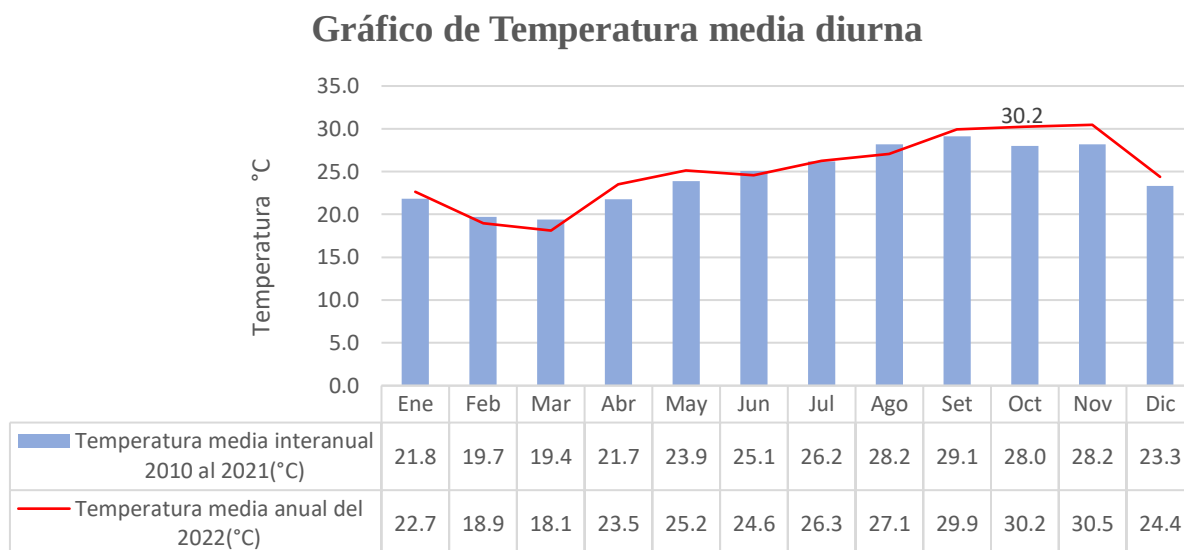
Gráfico de temperatura media anual por mes de los años 2010 al 2021 en el Bosque Chinchay.



Nota. En la figura número 7 se muestra en análisis promedio por mes de los años 2010 al 2021, Lo que nos muestra es la oscilación de la variación de temperaturas promedio más alta, según registro se dan durante los meses de setiembre con un registro de 29.1 °C, octubre con 28 °C y noviembre 28.2 °C esto en un análisis media anual por mes.

Figura 8

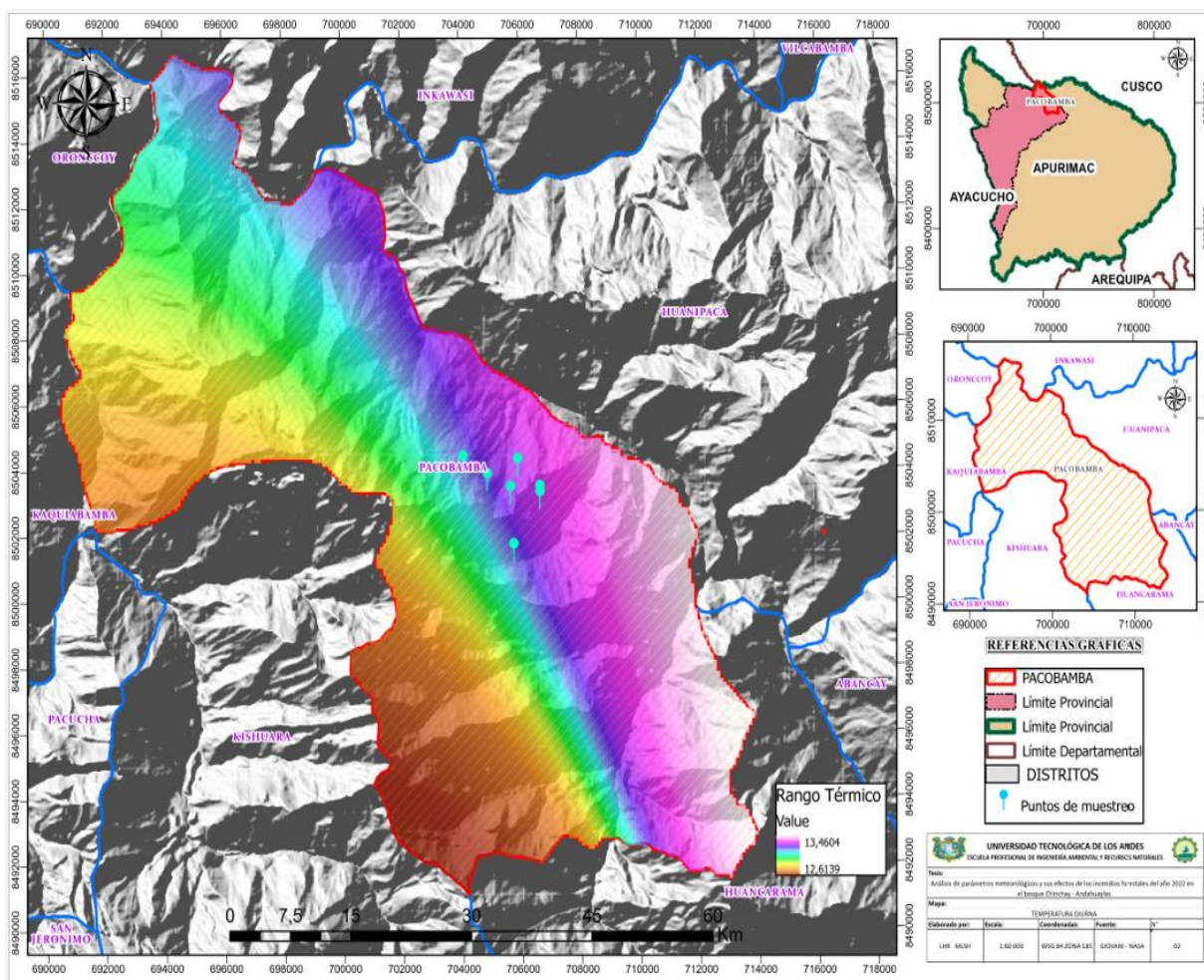
Gráfico de temperatura media diurna mensual de los años 2010 al 2021 en contraste con el año 2022 en el Bosque Chinchay.



Nota. En la figura 8 se muestra el análisis cruzado de temperaturas media diurna interanual de los años 2010 al 2021, con referencia al promedio mensual de temperatura media diurna del año 2022, dando como dato resaltante que en el mes de octubre del año 2022 se registró 30.2 °C p y en el mes de noviembre del año 2022 se registró 30.5 °C promedio , entendiendo que como análisis histórico en los últimos 10 años los meses con mayor incidencia de calor, se da de agosto a noviembre, meses en las cuales se registran sequias intensas e incendios forestales con incidencia en la región sur Andina del Perú, y coincide con el incendio forestal suscitado en el Bosque de Chinchay.

Un análisis de las temperaturas diurnas en la zona del Bosque Chinchay durante el año 2022, comparado con el promedio histórico de 2010 a 2021, revela una clara anomalía térmica en los meses de mayor calor, que podría estar relacionada anomalías

climáticas. Estudios sobre la variación interanual de la temperatura superficial en bosques tropicales han señalado que las anomalías térmicas, especialmente durante las horas de la tarde, pueden estar relacionadas con las variaciones en la radiación solar ocasionadas por la cobertura nubosa y por eventos meteorológicos extremos, como el fenómeno de El Niño. Gao et al. (2016) indicaron que estas anomalías pueden intensificarse durante periodos de sequía prolongada, exacerbando el calentamiento superficial. Este comportamiento coincide con los incrementos de temperatura observados en el Bosque Chinchay durante el periodo de estudio. Asimismo, investigaciones sobre la relación entre la temperatura y los incendios forestales han demostrado que las anomalías de temperatura diurna están estrechamente asociadas con la extensión y duración de los incendios, lo que incrementa el riesgo de perturbaciones en los ecosistemas forestales (Maffei et al., 2018). El impacto de las temperaturas extremas también afecta la dinámica de los flujos de carbono y agua en los ecosistemas forestales. Durante los eventos de calor extremo, la capacidad de absorción de carbono disminuye significativamente en los ecosistemas boreales y templados, lo que sugiere que las variaciones térmicas observadas en el Bosque Chinchay podrían estar afectando negativamente su capacidad de secuestro de carbono (Gushchina et al., 2023). Este tipo de análisis resulta fundamental para comprender la respuesta de los ecosistemas forestales frente a los fenómenos climáticos extremos y para diseñar estrategias de mitigación y adaptación más efectivas.

Figura 9*Mapa de temperatura diurna.*

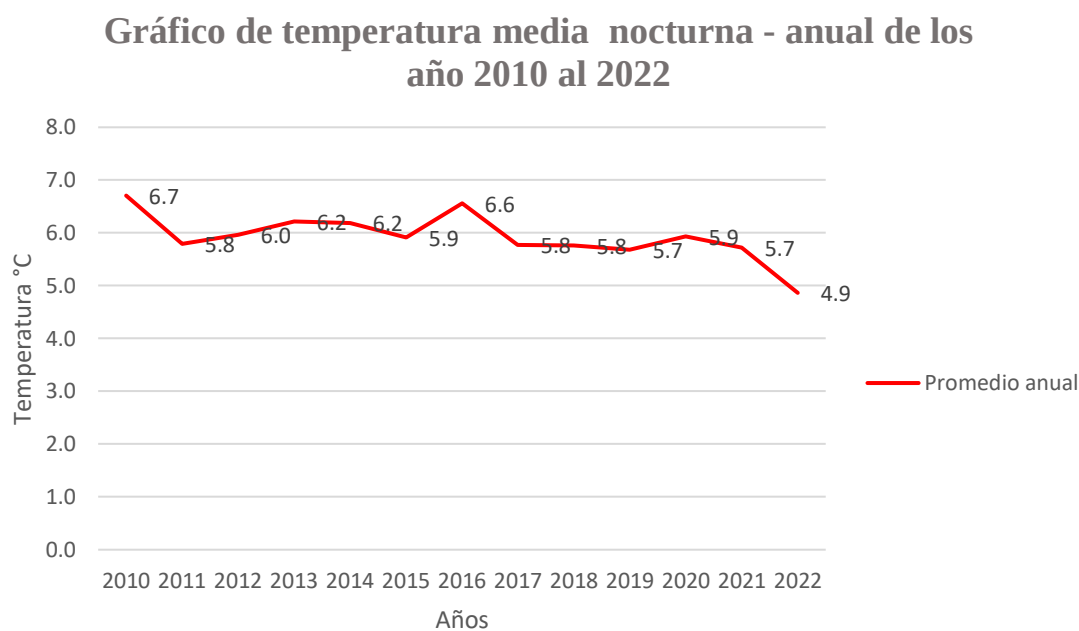
Nota. Elaboración propia.

Nota: En la figura 9 se muestra el mapa de la temperatura diurna muestra la distribución espacial de las temperaturas máximas registradas durante el día en el distrito de Pacobamba. los colores cálidos predominantes indican zonas con temperatura más elevadas, mientras que las transiciones de color reflejan gradientes térmicos dentro del territorio. se aprecia una variabilidad térmica asociada a la altitud y a la exposición solar, lo que permite identificar áreas potencialmente más cálidas durante el día, información clave para estudios climáticos, agrícolas y de ordenamiento territorial.

5.2.1.2. Temperatura nocturna

Figura 10

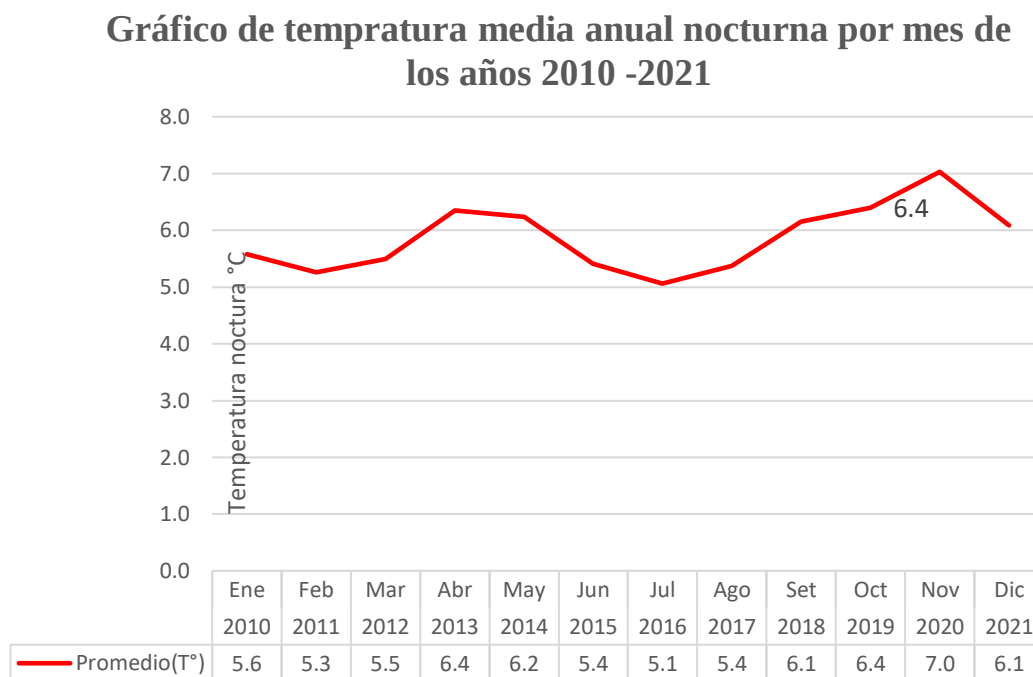
Gráfico de temperatura media nocturna anual de los años 2010 al 2022 en el Bosque Chinchay.



Nota. En la figura número 10 se ve el grafico de oscilación de temperatura media nocturna anual de los años 2010 al 2022, lo que muestra una oscilación baja el promedio en los últimos años con un registro 4.9 °C en el 2022.

Figura 11

Gráfico de temperatura media anual nocturna por mes de los años 2010 al 2021 en el Bosque Chinchay.

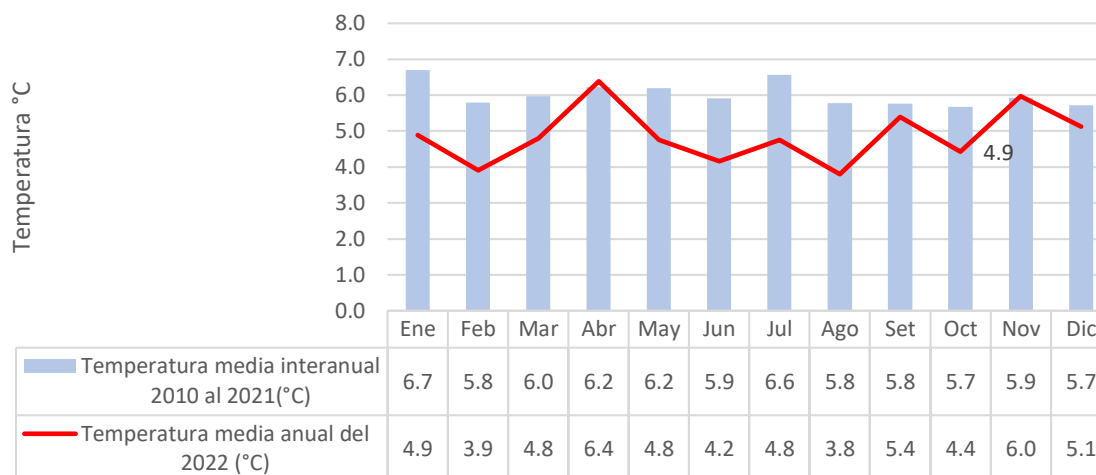


Nota. En la figura número 11 se muestra en análisis promedio por mes de los años 2010 al 2021, logrando ver la oscilación de la variación de temperaturas promedio más alta nocturna, según registro se dan durante los meses de setiembre, octubre y noviembre con un registro de octubre de 6.4 °C.

Figura 12

Gráfico de temperatura media nocturna mensual de los años 2010 al 2021 en contraste con el año 2022 en el Bosque Chinchay.

Gráfico de Temperatura media nocturna



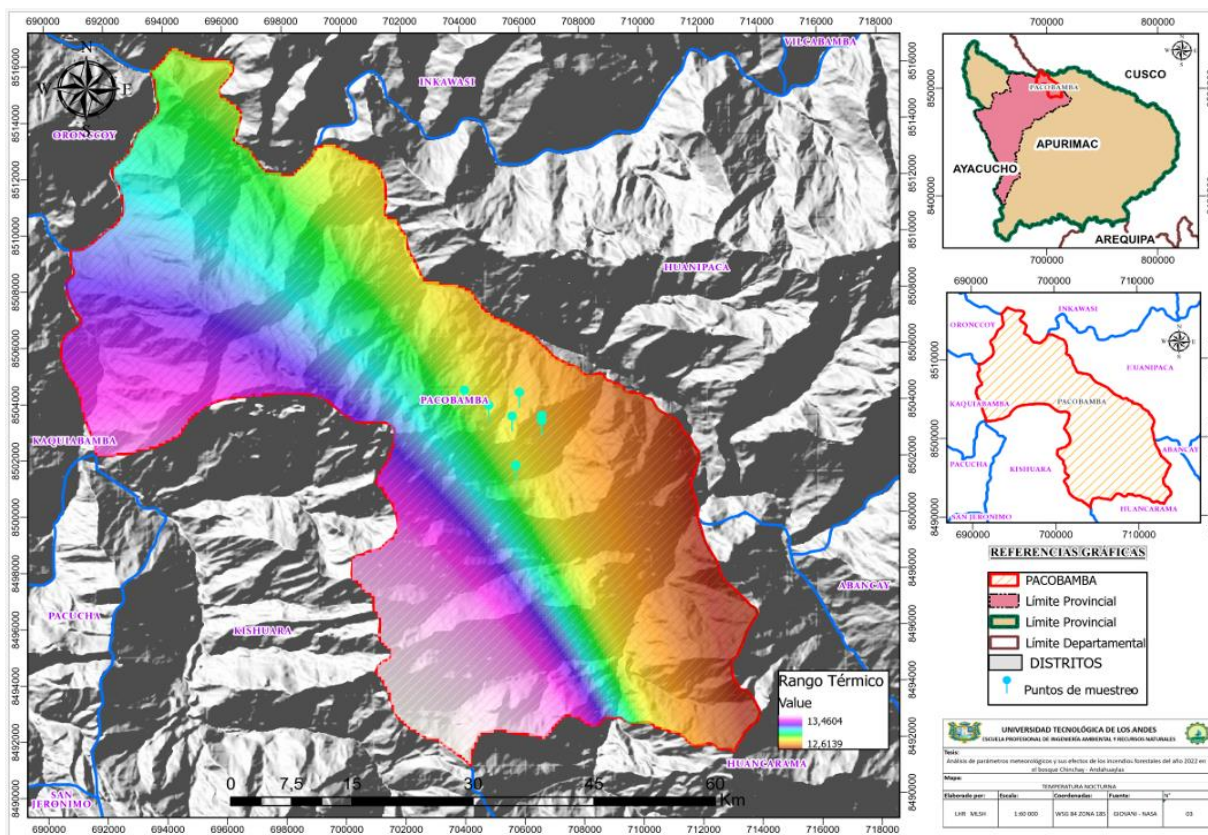
Nota. En la figura 12 se muestra el análisis cruzado de temperaturas media nocturna interanual de los años 2010 al 2021, en el mes de noviembre con un promedio de 5.9 °C con referencia al promedio mensual de temperatura media nocturna del año 2022 el cual tiene un registró 4.9 °C, en el mes de noviembre con un promedio de 6.0 °C.

Según el respaldo de otras investigaciones se indica que la temperatura nocturna es un factor crucial en la propagación y frecuencia de los incendios forestales. Según Maffei et al. (2018), las temperaturas nocturnas más bajas pueden no proporcionar el enfriamiento necesario para reducir el riesgo de incendio, ya que las condiciones térmicas del suelo y la vegetación se mantienen favorables para la propagación del fuego. Cuando la recuperación nocturna es insuficiente, el ecosistema permanece en un estado de estrés térmico, lo que facilita la ocurrencia y expansión de incendios durante el día. Por otro lado,

Xu et al. (2020) indican que las temperaturas nocturnas bajas también pueden aumentar la vulnerabilidad del ecosistema al acumular más biomasa seca, lo que genera más combustible para posibles incendios forestales. Este efecto puede ser especialmente relevante en el Bosque Chinchay, donde la vegetación podría estar acumulando estrés por la combinación de temperaturas nocturnas descendentes y altas temperaturas diurnas. Además, el comportamiento observado en el gráfico 9, donde las temperaturas nocturnas disminuyen particularmente entre 2020 y 2023, coincide con un aumento en la incidencia de incendios forestales en muchas partes del mundo, relacionado con cambios climáticos que generan condiciones más secas y propensas al fuego. Según Maffei et al. (2018) también señalan que los eventos de incendios tienden a aumentar en áreas donde las fluctuaciones térmicas nocturnas se reducen, ya que se altera el ciclo de humedad en el suelo y la vegetación, promoviendo condiciones más secas.

Figura 13

Mapa de temperatura nocturna.



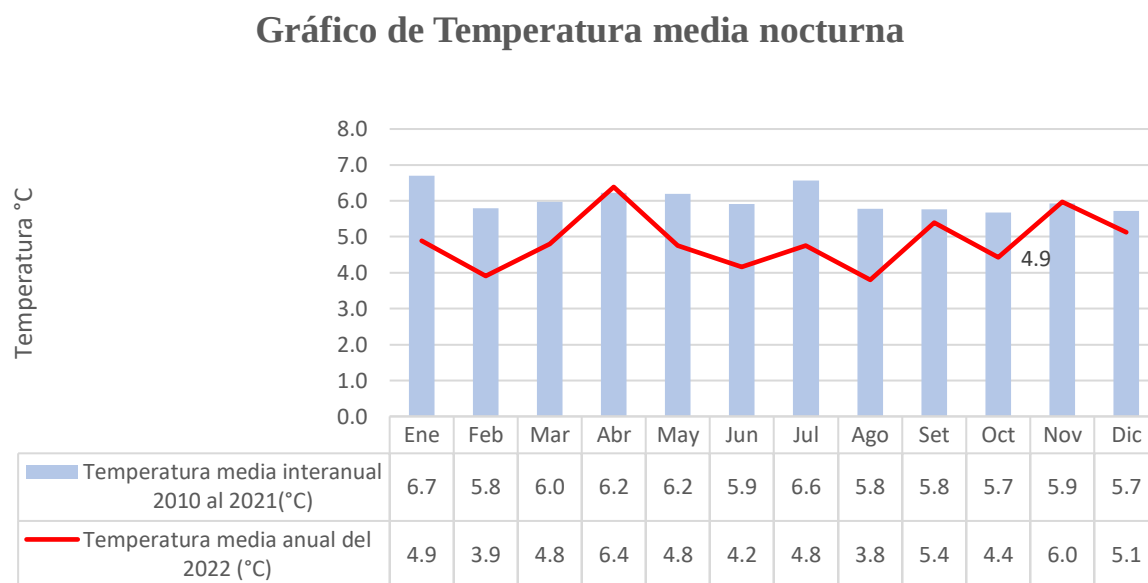
Nota. Elaboración propia.

Nota: En la figura 13 se muestra el mapa de la temperatura nocturna representa el comportamiento espacial de las temperaturas mínimas durante la noche en Pacobamba y distritos colindantes los tonos más fríos indican zonas con menores temperaturas nocturnas, evidenciando una disminución térmica significativa en comparación con el periodo diurno. este patrón está fuertemente relacionado con la altitud, la topografía y la perdida de calor nocturna, siendo un insumo importante para el análisis de riesgos de heladas, planificación agrícola.

5.2.1.3. Humedad relativa

Figura 14

Gráfico de comportamiento de la humedad relativa mensual (%) del Bosque de Chinchay.



Nota. El grafico muestra la oscilación de la humedad relativa promedio mensual de los años 2010 al 2021 con relación específica de análisis del año 2022.

La humedad relativa en el Bosque de Chinchay para el periodo de 2010 al 2021 que se muestra en la figura 14, tiene un valor medio oscilante entre 45 a 60 %, siendo el mes de mayor humedad relativa febrero y marzo que alcanza a 58.6 y 59.5 % respectivamente, mientras el mes de agosto la humedad alcanza hasta 44.8 % siendo el mes de menor humedad relativa del año, durante el año 2022 que ocurrió el incendio forestal del Bosque de Chinchay el comportamiento de la humedad relativa a tenido ciertas alteraciones, con respecto al valor medio de los años anteriores el mes de agosto fue mayor en casi 5 %, con un registro de 49.4% sin embargo, los meses de setiembre a diciembre la humedad relativa se mantenía por debajo del valor medio normal de hasta

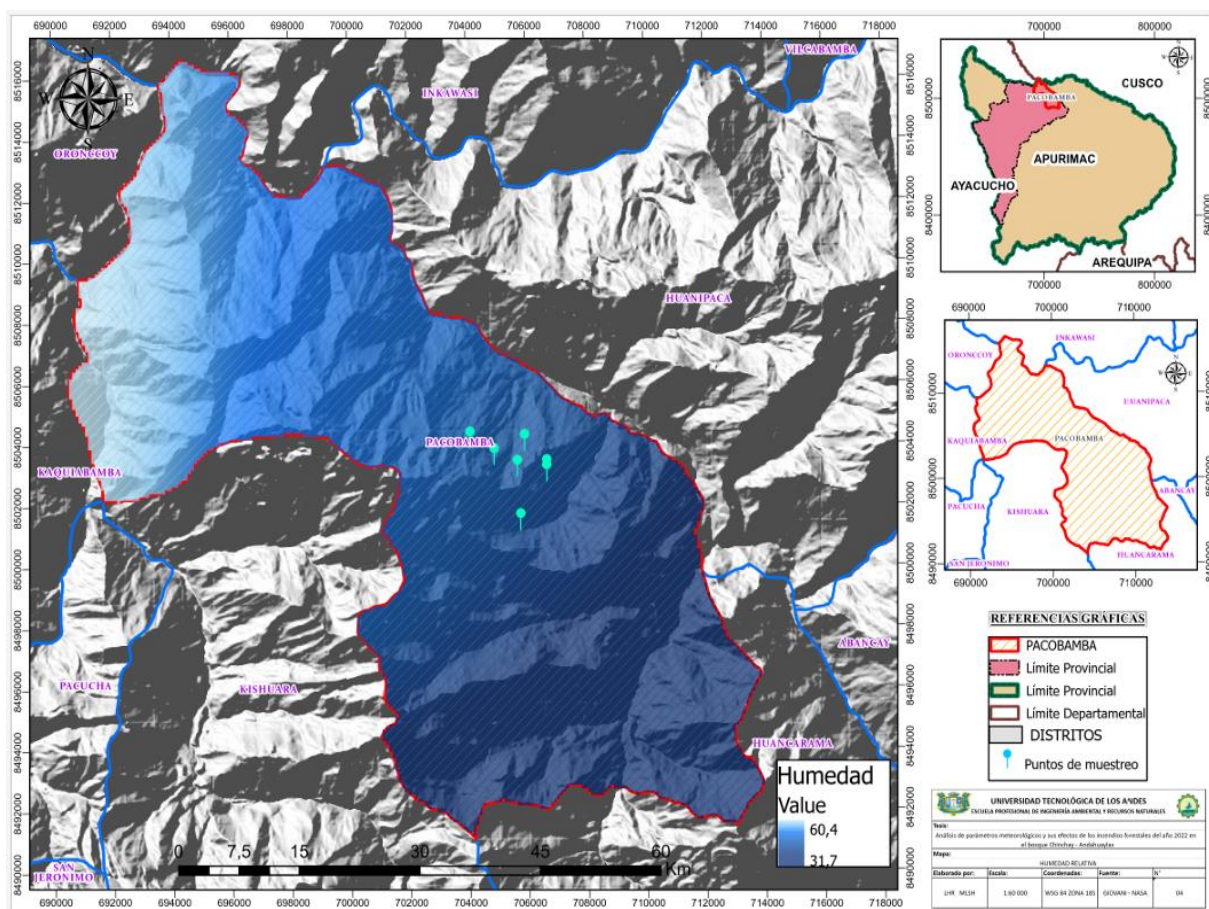
3.2 %, o sea la humedad relativa en el mes de noviembre estaba por debajo de lo normal, esta pequeña variación de la humedad se puede atribuir que ha contribuir favorablemente para la propagación del incendio forestal.

La variación en la humedad relativa registrada en el Bosque de Chinchay durante el año 2022, en comparación con los valores medios históricos de 2010 a 2021, sugiere condiciones que pueden haber favorecido la propagación del incendio forestal en dicho lugar. Estudios recientes han señalado que la baja humedad relativa es un factor crítico en la propagación de incendios, ya que reduce el contenido de humedad de la vegetación, volviéndola más inflamable. Bayar et al. (2024) señalaron que el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa incrementan significativamente el riesgo de incendios forestales, especialmente durante periodos de sequía prolongada. Este hallazgo coincide con la reducción de la humedad relativa observada en Chinchay durante los meses de septiembre a diciembre de 2022, donde el déficit de humedad pudo haber contribuido a la mayor inflamabilidad de la vegetación y, en consecuencia, al desarrollo del incendio. Además, estudios sobre la relación entre la humedad y el comportamiento del fuego han demostrado que los bajos niveles de humedad en el ambiente y en el suelo crean microclimas propensos a los incendios. Lai et al., (2024) encontraron que la sequía atmosférica puede intensificar la expansión de los incendios forestales al reducir la capacidad de la vegetación para retener agua. Este hallazgo guarda relación con los resultados obtenidos en la comunidad de Chinchay, donde la ligera anomalía positiva de humedad registrada en agosto de 2022 no compensó la disminución observada durante los meses siguientes. Ello resalta la importancia de mantener niveles adecuados y sostenidos de humedad como un factor clave en la prevención de incendios forestales. Otros estudios, como el de Andrade et al. (2024) indican que la distribución de tipos de

combustible vegetal y su secuencia son determinantes para la inflamabilidad de los ecosistemas forestales, especialmente en áreas donde las condiciones meteorológicas desfavorables, como baja humedad relativa, coinciden con acumulaciones de material seco inflama.

Figura 15

Mapa de humedad relativa.



Nota. Elaboración propia.

Nota: En la figura 15 se muestra el mapa de humedad relativa, representa la variación espacial del contenido de humedad en el aire dentro del distrito de Pacobamba y zonas vecinas. a través de una gama de colores, se identifican áreas con mayor y menor humedad relativa, observándose valores más elevados concentrados hacia determinadas

zonas, mientras que otras presentan condiciones relativamente más secas. La distribución reflejada está influenciada por factores topográficos y climáticos locales, y resulta relevante para la evaluación de térmico, condiciones ambientales y planificación de actividades agropecuarias.

5.2.1.4. Precipitación

Tabla 4

Registro de precipitación promedio anual del Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2022.

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	P(mm) acumulada
2010	148.5	119.8	95.3	39.1	25.9	10.4	7.4	21.4	31.7	60.1	31.9	123.5	715.0
2011	149.9	209.7	237.3	59.8	20.3	5.5	22.3	14.9	35.3	50.4	97.2	157.4	1059.9
2012	136.0	146.4	159.0	64.3	7.5	7.3	6.8	11.0	33.6	51.1	78.4	196.4	897.9
2013	96.3	151.1	141.4	24.6	14.1	15.2	18.7	25.2	20.7	78.3	64.2	145.0	794.7
2014	208.5	124.8	113.0	46.7	27.1	5.3	8.3	8.5	41.1	81.0	55.5	111.2	831.0
2015	153.6	141.9	102.7	35.9	18.6	5.5	11.2	29.4	23.4	39.8	58.1	125.2	745.3
2016	65.8	135.9	59.6	59.5	9.7	8.4	9.8	14.1	30.7	48.8	32.6	75.6	550.6
2017	140.3	155.7	134.4	47.6	31.9	3.5	17.4	9.3	25.1	53.0	54.5	68.3	741.1
2018	105.1	112.4	161.9	33.2	12.1	16.1	18.2	40.0	11.9	60.6	44.9	68.7	685.1
2019	131.9	122.8	97.5	31.1	19.3	3.2	16.1	11.3	46.9	43.9	93.2	141.0	758.2
2020	81.9	104.4	73.5	23.9	23.8	4.0	6.9	11.4	14.2	26.7	28.7	149.6	549.1
2021	102.8	84.5	112.8	77.2	11.1	5.3	5.2	10.1	21.5	54.8	67.5	47.0	599.9
2022	155.7	122.7	143.6	35.8	11.0	3.7	4.7	12.9	23.6	8.6	23.8	54.2	600.4

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5

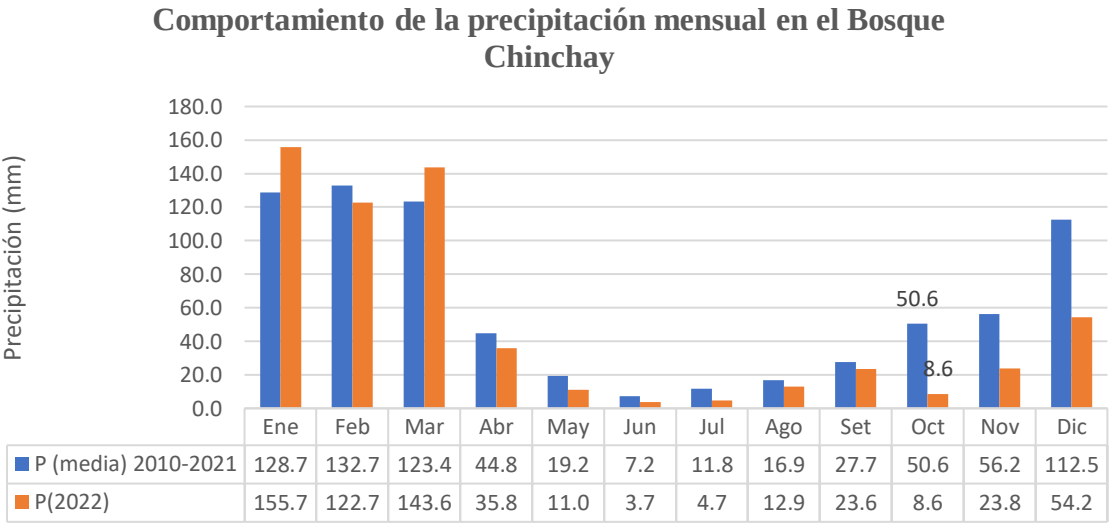
Registro de Promedio acumulado de precipitación en el Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2021 en relación del registro medio acumulado del año 2022.

Meses	P media (mm) 2010-2021	P media (mm) 2022
Ene	128.7	155.7
Feb	132.7	122.7
Mar	123.4	143.6
Abr	44.8	35.8
May	19.2	11.0
Jun	7.2	3.7
Jul	11.8	4.7
Ago	16.9	12.9
Set	27.7	23.6
Oct	50.6	8.6
Nov	56.2	23.8
Dic	112.5	54.2
Acumulada	731.6	600.4

Nota. La tabla refleja el análisis de precipitación acumulada por mes de los años 2010 al 2021 y solo del año 2022.

Figura 16

Grafico de comportamiento de precipitación mensual del Bosque de Chinchay de los años 2010 al 2021 en relación con el año 2022.



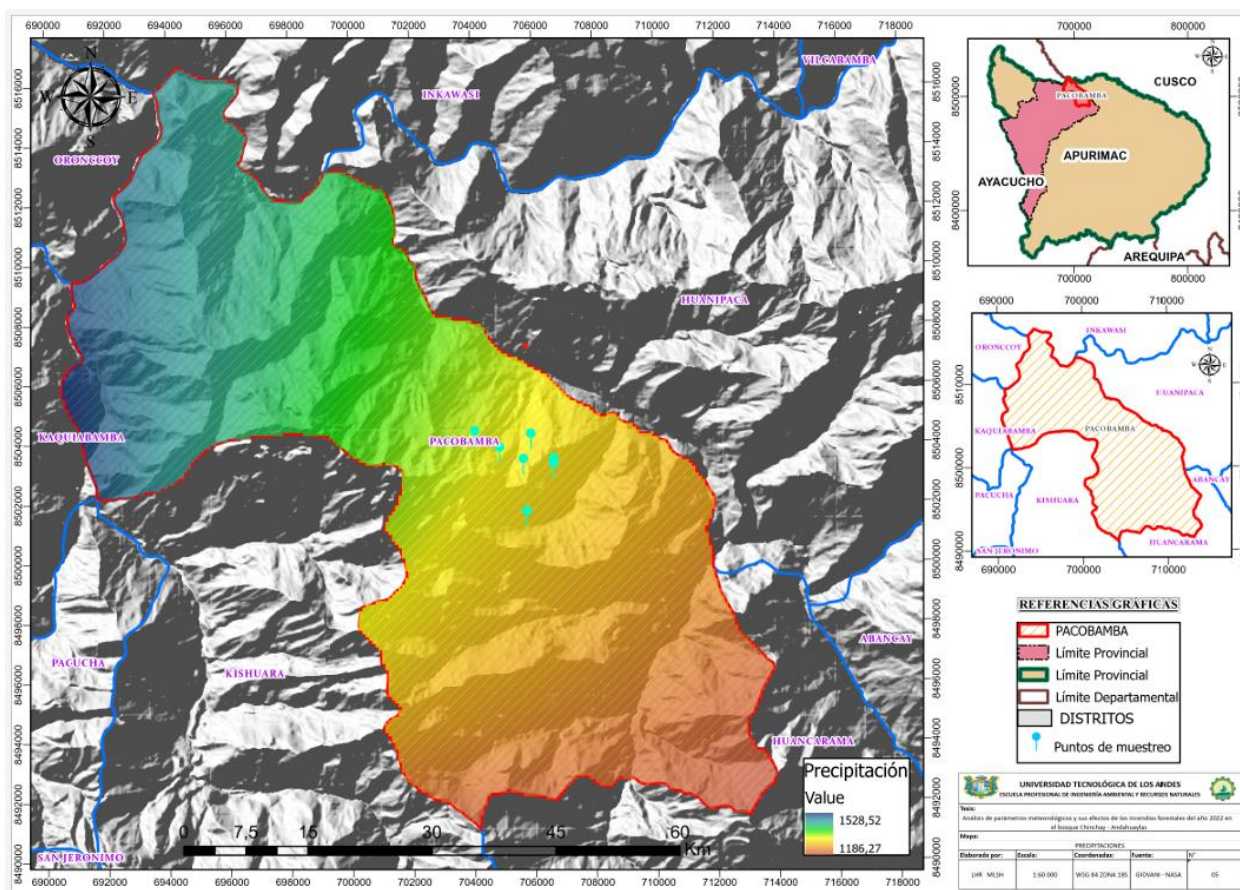
Nota. La figura 16 muestra la variación de la precipitación acumulada mensual en el Bosque de Chinchay, entre la precipitación media entre los años 2010 al 2021 y la precipitación mensual del año 2022, año que ocurrió el incendio forestal incontrolable en el Bosque de Chinchay.

Del análisis de resultados de las precipitaciones se muestran que el año 2022 fue un año anómalo, las precipitaciones medias acumuladas alcanzan a 731.6 mm anual, mientras el año 2022 la precipitación acumulada alcanzó apenas a 600.4 mm, el mes de noviembre del año 2022 las precipitaciones presentaron una anomalía hasta 23.8 mm, el mes que ocurrió el incendio forestal en el Bosque de Chinchay esto en diferencia del promedio de los años 2010 al 2021.

La disminución de las precipitaciones registrada en 2022 en el Bosque de Chinchay generó condiciones favorables para la ocurrencia de incendios forestales, como lo respaldan diversos estudios recientes. La sequía y el estrés hídrico incrementan la inflamabilidad de la vegetación (Savinelli et al., 2024), mientras que el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa elevan el riesgo de incendios forestales, incluso en zonas donde históricamente estos eventos eran poco frecuentes (Bayar et al., 2024). Asimismo, las alteraciones en la distribución de los combustibles vegetales y la pérdida de humedad del suelo, asociadas al cambio climático y a la deforestación, agravan el riesgo de incendios (Andrade et al., 2024; Lai et al., 2024; Li et al., 2024). En este contexto, el incendio ocurrido en el Bosque de Chinchay puede explicarse por la presencia de un ambiente más seco y con mayor susceptibilidad a la propagación del fuego.

Figura 17

Mapa de precipitaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la figura 17 se muestra el mapa de precipitaciones muestra la distribución espacial de la lluvia en el distrito de Pacobamba y su entorno, representada mediante superficies continuas interpoladas a partir de puntos de medición climática. Los diferentes tonos de color permiten identificar gradientes de precipitación, evidenciando variaciones desde valores menores en algunas zonas periféricas hasta valores más altos concentrados principalmente hacia sectores específicos del distrito y áreas colindantes como Huancarama. Este mapa permite analizar el comportamiento espacial de las lluvias y su relación con el relieve y la ubicación geográfica, siendo fundamental para estudios hidrológicos, agrícolas y de gestión del recurso hídrico.

5.2.1.5. Velocidad del viento

Tabla 6

Registro anual de velocidad del viento de los años 2010 al 2022 (m/s).

Registro de Velocidad de Viento (m/s) 2010-2022													
Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total general
2010	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.8	2.8	2.6	2.7	2.4	30.0
2011	2.4	2.4	2.2	2.0	2.0	2.1	2.3	2.4	2.7	2.6	2.5	2.3	27.9
2012	2.3	2.2	2.4	2.1	2.1	2.2	2.6	2.7	2.8	2.7	2.2	2.3	28.6
2013	2.0	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.7	2.5	2.8	2.7	2.6	2.5	29.6
2014	2.5	2.3	2.2	2.2	2.1	2.3	2.5	2.8	2.6	2.7	2.6	2.5	29.3
2015	2.5	2.4	2.3	2.2	2.2	2.3	2.4	2.6	2.9	2.8	2.8	2.6	30.0
2016	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.6	2.5	2.6	2.8	2.5	2.7	2.5	30.3
2017	2.6	2.3	2.4	2.2	2.2	2.3	2.5	2.6	3.1	2.9	2.4	2.6	30.0
2018	2.5	2.4	2.5	2.3	2.3	2.6	2.7	2.6	2.6	2.7	2.5	2.7	30.4
2019	2.6	2.4	2.4	2.3	2.4	2.4	2.6	2.8	3.1	2.8	2.3	2.5	30.5
2020	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.4	2.9	3.0	2.9	2.7	2.4	30.2
2021	2.4	2.3	2.3	2.1	2.0	2.1	2.5	2.7	2.8	2.6	2.5	2.3	28.5
2022	2.5	2.3	2.3	2.1	2.0	2.3	2.3	2.6	2.8	2.9	3.0	2.6	29.7
Promedio Anual	2.4	2.3	2.3	2.2	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	2.7	2.6	2.5	

Nota. En la tabla 6 se puede mostrar la velocidad del viento promedio anual desde el año 2010 al 2022 en

el Bosque de Chinchay.

Tabla 7

Valores promedio anual de la velocidad del viento (m/s) en el Bosque de Chinchay de los años 2010-2022.

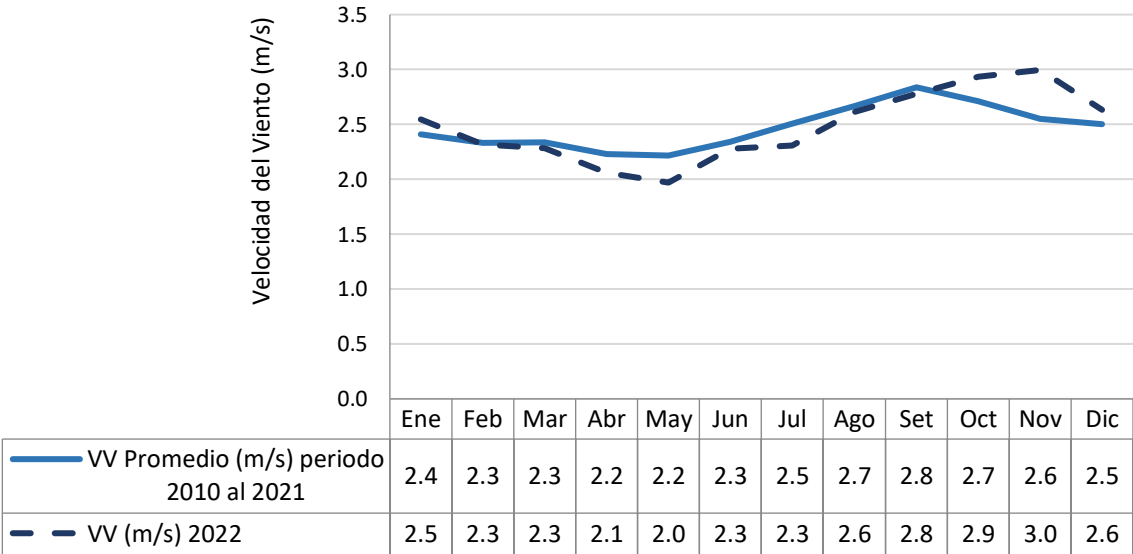
Meses	VV Promedio (m/s) periodo 2010 al 2021	VV promedio mensual (m/s) del año 2022
Ene	2.4	2.5
Feb	2.3	2.3
Mar	2.3	2.3
Abr	2.2	2.1
May	2.2	2.0
Jun	2.3	2.3
Jul	2.5	2.3
Ago	2.7	2.6
Set	2.8	2.8
Oct	2.7	2.9
Nov	2.6	3.0
Dic	2.5	2.6

Nota. Fuente de elaboración propia.

Figura 18

Gráfico de comportamiento de la velocidad del viento en el Boque de Chinchay.

Gráfica de comportamiento de la velocidad del viento en el Bosque de Chinchay (m/s)



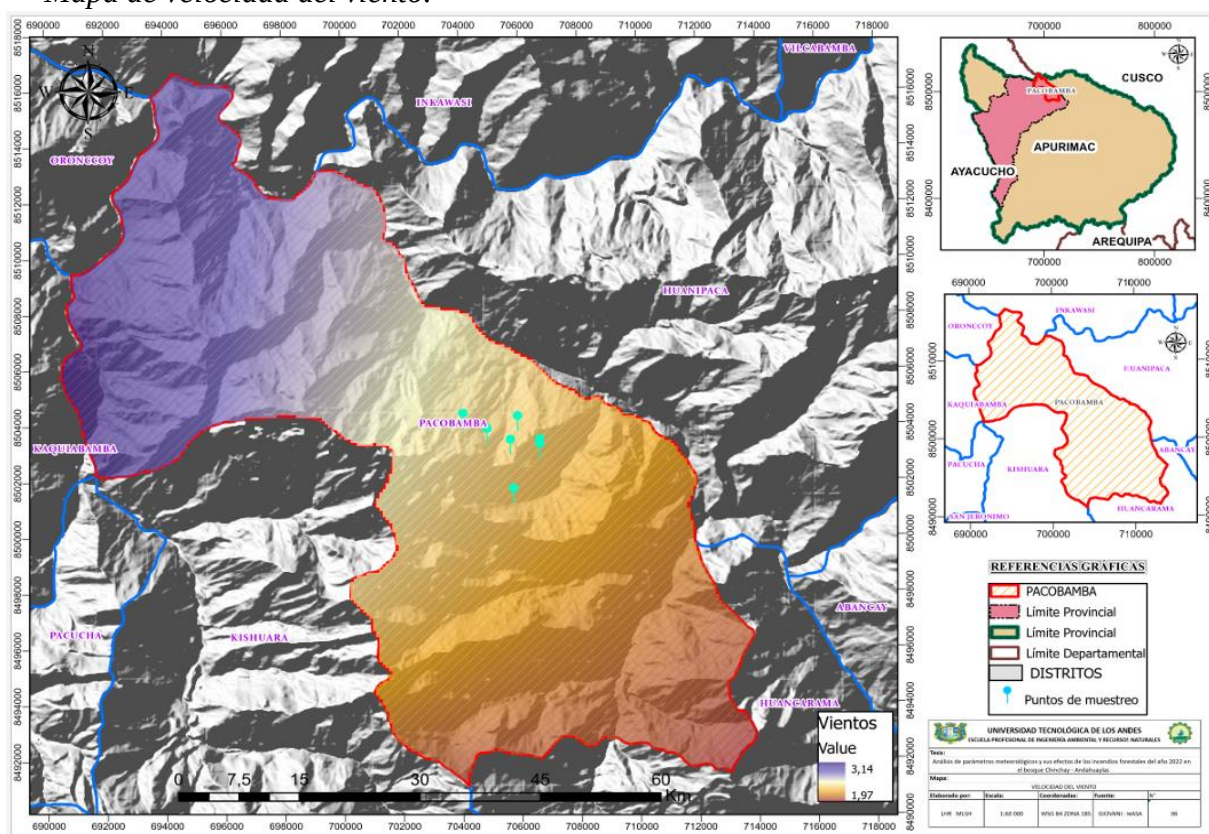
En la figura 18 se muestra la velocidad de los vientos para el Bosque de Chinchay, analizado en un periodo de tiempo del 2010 al 2021 se ha registrado datos en la cual la variación oscilante es de 2.2 y 2.8 m/s en la dirección sureste, en el año 2022 fecha que ocurrió el incendio forestal en el Bosque de Chinchay presentaron pequeñas alteraciones la velocidad de los vientos, dichas anomalías se observan principalmente los meses de Agosto a noviembre, la velocidad del viento varió de 2.6 a 3.0 m/s, también, según las imágenes satelitales observadas la dirección del viento condicionante está en la dirección sureste, posiblemente ello favoreció que el incendio en gran extensión que afecto a flora y fauna en el Bosque de Chinchay sea hacia la zona sur este del área, a pesar que los vientos sean relativamente bajas, si son condicionantes y favorables para que el fuego sea incontrolable.

La variación en la velocidad del viento registrada en el Bosque de Chinchay durante 2022 en comparación con el promedio histórico sugiere un posible impacto en las condiciones que favorecieron la propagación del incendio forestal. Estudios previos han establecido que la velocidad del viento es un factor crucial en la dinámica de propagación de incendios forestales, ya que facilita el transporte de brasas y aumenta la velocidad de avance del fuego. Bayar et al. (2024) subrayan que el aumento en la velocidad del viento, junto con temperaturas elevadas y baja humedad, intensifica la propagación del fuego en áreas vulnerables, especialmente bajo escenarios de cambio climático que exacerban las condiciones meteorológicas extremas. En el análisis de los datos de 2022, se observa que la velocidad del viento fue superior al promedio en meses clave como octubre y noviembre, con valores de 2.9 m/s y 3.0 m/s, respectivamente, en contraste con los promedios históricos de 2.7 m/s y 2.6 m/s. Esta tendencia de vientos más intensos en los meses anteriores y durante el incendio sugiere que estos niveles de viento pudieron haber

facilitado la expansión rápida del fuego al aumentar la disponibilidad de oxígeno y desplazar partículas incandescentes hacia áreas aún no quemadas. Lai y col. (2024) también encuentran que, en condiciones de baja humedad, el viento es particularmente eficaz en la propagación de incendios debido a la menor resistencia de la vegetación seca (Lai et al., 2024). Estos hallazgos destacan la importancia de monitorear la velocidad del viento junto con la humedad relativa y la disponibilidad de combustible vegetal como parte de una estrategia de gestión de incendios. La combinación de velocidades de viento elevadas y baja humedad en meses críticos resalta la necesidad de desarrollar planes de mitigación específicos para meses con condiciones meteorológicas desfavorables que incrementan el riesgo de incendios forestales en el Bosque.

Figura 19

Mapa de velocidad del viento.



Nota. Elaboración propia.

Nota: En la figura 19 se muestra el mapa de velocidad del viento muestra la variación espacial de la intensidad del viento en el distrito de Pacobamba, utilizando una escala cromática que permite identificar zonas bajas, media y alta velocidad. se observa que las mayores velocidades se concentran en áreas específicas, posiblemente asociados a corredores naturales y diferencias topográficas, mientras que otras zonas presentan vientos más moderados. este mapa es fundamental para estudios de dispersión atmosférica, evaluación de confort ambiental y análisis del potencial eólico en el ámbito distrital.

5.3. Análisis de la Variable1: Parámetros meteorológicos

Con respecto a análisis de la estadística descriptiva se puede inferir que los datos cuantitativos de los registros de las variaciones de los parámetros meteorológicos en el Bosque de Chinchay, obtenidos en octubre del año 2022 de temperatura media diurna fueron de 30.2 °C mayor que el promedio interanual registrado durante los años 2010 al 2021 igual a 28°C con mayor diferencia significativa de 2.2 °C. Los registros de temperatura media nocturna en octubre del año 2022 fueron igual a 4.9°C, menor que el registro promedio interanual de los años 2010 al 2021 que es de 5.7 °C, disminuyendo en 0.8 °C.

El análisis de datos con respecto a la precipitación se tiene lo siguientes; para octubre el año 2022 se registró una pp= 8.6 mm mucho menor que los registros históricos analizados del año 2010 al 2021 con pp= 50.6mm durante el mismo mes de análisis de datos históricos.

Los resultados analizados de la humedad relativa en octubre del año 2022 es igual a 42.2%, menor con respecto al registro histórico durante los años 2010 al 2021 en el

mismo mes con una HR= 48.4%, teniendo un reducción significativa de HR= 8.1% en el bosque; con respecto a la velocidad del viento se puede inferir que en el mes de octubre del año 2022 se registró un VV= 2.9 m/s, mayor que en registró promedio anual de los datos históricos de los años 2010 al 2021 en el mismo mes de octubre con un registro igual de 2.7m/s; teniendo como incremento en 0.2 m/s. Según las imágenes satelitales observadas la dirección del viento en el mes de octubre del año 2022 tuvo una dirección de sureste, ello favoreció que el incendio se extienda, al igual que los parámetros meteorológicos analizados tiene una influencia significativa que favorecen la propagación de incendios afectando todo a su paso suelo, agua, flora, fauna y poblaciones más cercanas relacionas con el Bosque de Chinchay.

5.3.1. Análisis de las dimensiones de la Variable

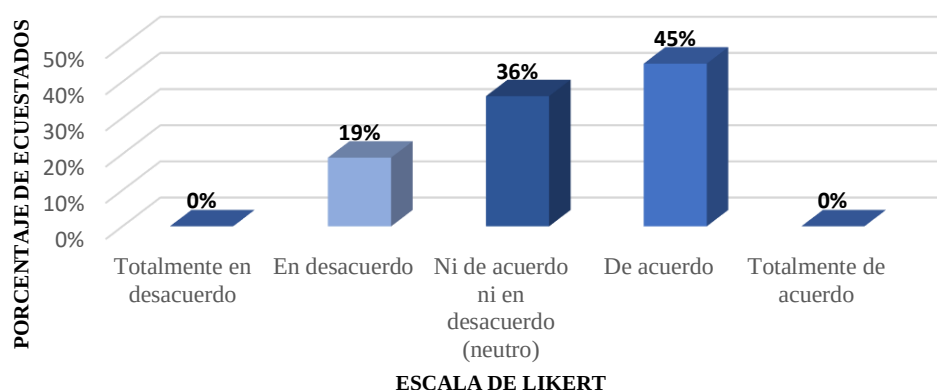
5.3.1.1. Efectos de incendios forestales

5.3.1.1.1. Efectos Sociales

Figura 20

Grafico de análisis de los efectos del incendio forestal del bosque de Chinchay en el aspecto Social en octubre del año 2022.

Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en el aspecto social del año 2022.



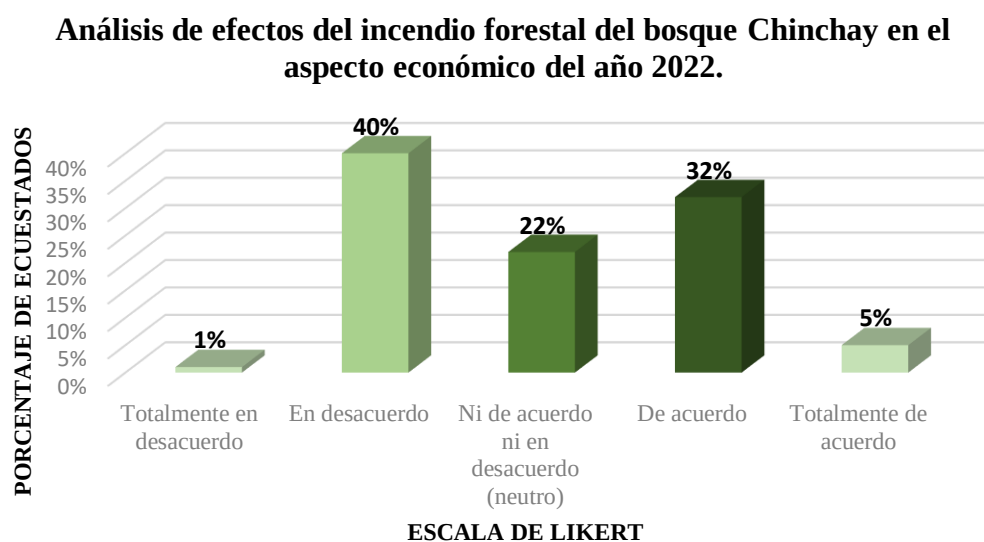
Nota. En la figura 20 se muestra la encuesta realizada a 25 pobladores del Centro Poblado de Ccerabamba, población más cercana al Bosque de Chinchay.

Del total de encuestados el 19 % indica que está en desacuerdo y que no ha experimentado síntomas a consecuencia del incendio durante y después como irritación en los ojos, garganta, dificultad para respirar, dolores de cabeza, mareos, insomnios debido a la ansiedad relacionada con el incendio, sin embargo el 36 % se mantiene neutro con respecto a los síntomas indicando que si en algunos pobladores se dio y en otros no; el 45% indica que está de acuerdo con los efectos relacionados en su salud a consecuencia del incendio y se vieron afectados durante y después del siniestro.

5.3.1.1.2. Efectos económicos

Figura 21

Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en el aspecto económico en noviembre del año 2022.



Nota. Fuente de elaboración propia, Población de Ccerabamba.

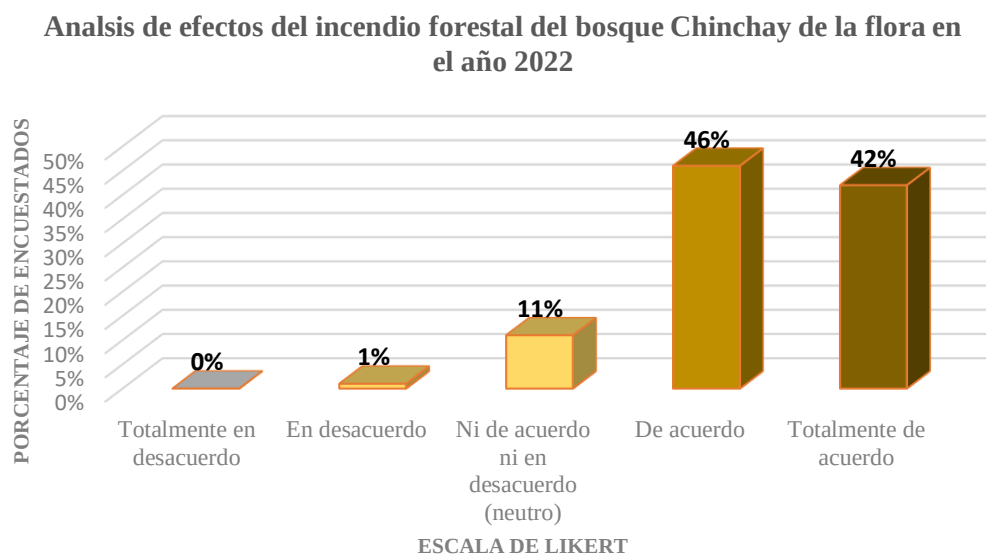
Del total de encuestados el 40 % indica que está en desacuerdo con los efectos del incendio forestal y no ha sufrido directamente pérdidas económicas relacionadas con

daños en perjuicio de su propiedad (viviendas), pérdida de cultivos y otros gastos económicos relacionados con la recuperación de sus terrenos de cultivos, y gastos en salud por afectación del incendio forestal, sin embargo el 22% se mantiene neutro indicando que las afectaciones solo se dio en algunos pobladores que tenían terrenos de cultivo más cercanos al bosque, el 32% indica que si está de acuerdo y si ha sufrido pérdidas económicas a consecuencia del incendios forestales y el 5% indica que está totalmente de acuerdo con los efectos ocasionados por el siniestro registrado en noviembre del año 2022 teniendo perdías económicas significativas.

5.3.1.1.3. Efectos en la flora

Figura 22

Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en la flora en noviembre del año 2022.



Nota. Fuente de elaboración propia, Población de Ccerabamba.

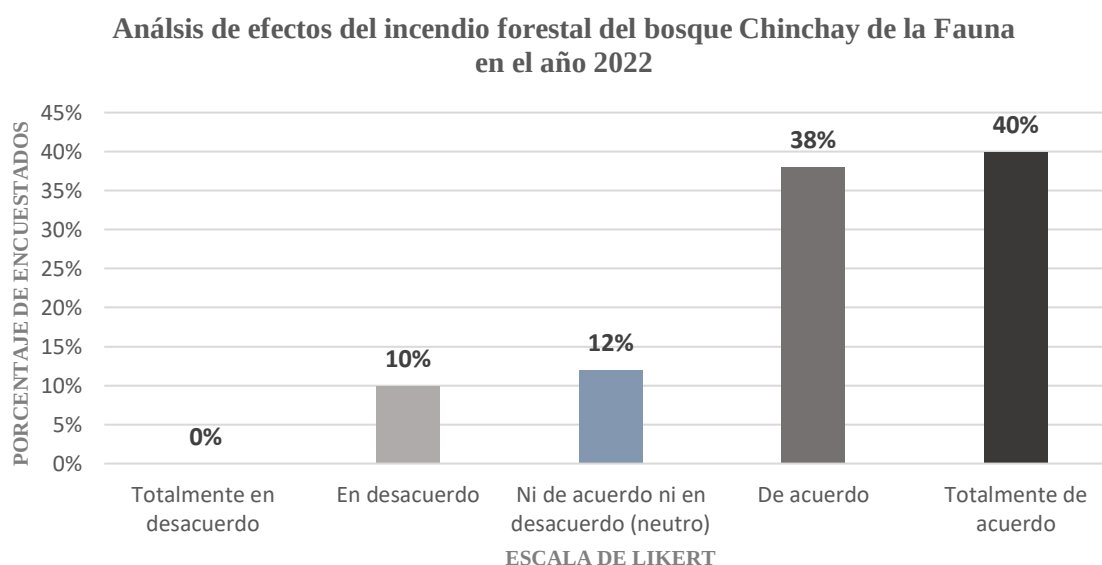
Del total de encuestados el 11 % se mantiene neutro con respecto a los efectos del incendio forestal relacionados con la disminución de la cobertura vegetal, afectación de

la calidad del suelo, daños en plantas con propiedades medicinales, e indican que han perdido arboles nativos como intimpa, chachacomo, queuña del bosque de Chinchay a causa del incendio, el 46% está de acuerdo con la afectación de la flora y el 42% indica que esta total mente de acuerdo y que se tuvo una afectación significativa en la flora.

5.3.1.1.4. Efectos en la fauna

Figura 23

Análisis de efectos del incendio forestal del bosque Chinchay en la Fauna en noviembre del año 2022.



Nota. Fuente de elaboración propia, Población de Ccerabamba.

Del total de encuestados el 10 % está en desacuerdo con respecto a los efectos del incendio forestal relacionados con la fauna debido a que no han identificado de manera directa la cantidad de a animales domésticos y silvestres afectados, el 12% se mantiene neutro debido que la afectación en los animales más se dio en el bosque y no en animales domésticos de los pobladores, el 38% y 40% indican que están totalmente de acuerdo

sobre la afectación en la fauna identificando consecuencias mortales en el incendio del Bosque de Chinchay mencionan que han podido escuchar sobre la afectación de algunos animales en los domésticos cabras y en animales silvestres identificados fueron perdiz, loros, venados, zorro, vizcacha, lagartijas, culebras, comadreja, tigrillo.

5.4. Análisis de estadística inferencial

5.4.1. Prueba de hipótesis General

H1: La variación de parámetros meteorológicos tiene una relación negativa significativa con los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

H0: La variación de parámetros meteorológicos no tiene una relación negativa significativa con los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

Nivel de significancia

H_0 , sí y solo si: $\text{sig} > 0,05$; Los datos (variable) provienen de una distribución normal

H_a , si y solo si: $\text{sig} \leq 0,05$; Los datos (Variable) no provienen de una distribución normal.

Prueba de correlación: correlación Rho de Spearman

➤ Prueba de normalidad

Tabla 8

Prueba de normalidad de parámetros meteorológicos con efectos de incendios forestales.

	Kolmogorov-Smirnov^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Parámetros meteorológicos	0.325	25	0.000	0.702	25	0.000
Efectos de incendios forestales	0.156	25	0.001	0.924	25	0.003

Nota. Prueba de normalidad de la Variable 1 en relación con los efectos de los incendios forestales.

La prueba de normalidad permitió determinar el estadístico a utilizar. La Tabla 8 presenta los resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para las variables parámetros meteorológicos y efectos de incendio forestal, aplicada con 25 datos en el contexto del estudio. Los valores de significancia (Sig.) para ambas variables son menores 0,000, lo que indica que se rechaza la hipótesis nula de normalidad en ambos casos. Es decir, las distribuciones de los datos no presentan normalidad por lo que en el análisis estadístico se aplicaron métodos no paramétricos en este sentido se utilizó el coeficiente de correlación Rho de Spearman para calcular los resultados y comprobar las hipótesis planteadas.

Tabla 9

Correlación de parámetros meteorológicos con efectos de incendios forestales.

		Efectos de incendios forestales
Rho de Spearman	Parámetros meteorológicos	Coeficiente de correlación (r)
		P
		N

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: La tabla 9 muestra que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ($r = -0,532^{**}$, $p = 0,000$) entre los parámetros meteorológicos y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas. Dado que el valor de significancia es menor a 0,05, se concluye que la relación observada es significativa, por lo que se acepta la hipótesis general de investigación, confirmando la variación de parámetros meteorológicos tiene una relación negativa significativa con los efectos del incendio forestal del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0,05, se confirma la validez de la hipótesis general de investigación, estableciendo que las variaciones en los parámetros meteorológicos influyen de manera significativa en la manifestación de los efectos del incendio forestal en dicha zona.

5.4.2. Prueba de hipótesis específica 1

H1: La variación de parámetro meteorológico de temperatura, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

H0: La variación de parámetro meteorológico de temperatura, no tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Tabla 10

Correlación de parámetro meteorológico de temperatura con los efectos de incendios forestales.

			Efectos de incendios forestales
Rho de Spearman	Temperaturas	Coeficiente de correlación (r)	, -443**
		P	0.003
		N	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: La tabla 10 muestra que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ($r = -0,443^{**}$, $p = 0,003$) entre temperaturas y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas. Dado que el valor de significancia es menor a 0,05, se concluye que la relación observada es significativa, por lo que se acepta la hipótesis específica 1 de investigación, confirmando la variación de parámetro meteorológico de temperatura, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0,05, se confirma la validez de la hipótesis específica 1 de investigación, estableciendo que las variaciones de las temperaturas influyen de manera significativa en la manifestación de los efectos del incendio forestal en dicha zona.

5.4.3. Prueba de hipótesis específica 2

H1: La variación de parámetro meteorológico de la humedad relativa, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

H0: La variación de parámetro meteorológico de la humedad relativa, no tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Tabla 11

Correlación de parámetro meteorológico de humedad con los efectos de incendios forestales.

			Efectos de incendios forestales
Rho de Spearman	Humedad relativa	Coeficiente de correlación (r)	,-467**
		P	0.001
		N	25

** . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: La tabla 11 muestra que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ($r = -0,467^{**}$, $p = 0,003$) entre humedad y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas. Dado que el valor de significancia es menor a 0,05, se concluye que la relación observada es significativa, por lo que se acepta la hipótesis específica 2 de investigación, confirmando que la variación de parámetro meteorológico de la humedad relativa, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0,05, se confirma la validez de la hipótesis específica 2 de investigación, estableciendo que las variaciones de la humedad relativa influyen de manera significativa en la manifestación de los efectos del incendio forestal en dicha zona.

5.4.4. Prueba de hipótesis específica 3

H1: La variación de parámetro meteorológico de la precipitación, tiene relación

negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

H0: La variación de parámetro meteorológico de la precipitación, **no** tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas

Tabla 12

Correlación de parámetro meteorológico de precipitación con los efectos de incendios forestales.

		Efectos de incendios forestales	
Rho de Spearman	Precipitación	Coefficiente de correlación (r)	,-483**
		P	0.002
		N	25

****.** La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: La tabla 12 muestra que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ($r = -0,483^{**}$, $p = 0,002$) entre la precipitación y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas. Dado que el valor de significancia es menor a 0,05, se concluye que la relación observada es significativa, por lo que se acepta la hipótesis específica 3 de investigación, confirmando que la variación de parámetro meteorológico de la precipitación, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0,05, se confirma la validez de la hipótesis específica 3 de investigación, estableciendo que las variaciones de la

precipitación influyen de manera significativa en la manifestación de los efectos del incendio forestal en dicha zona.

5.4.5. Prueba de hipótesis específica 4

H1: La variación de parámetro meteorológico de la velocidad y dirección del viento, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

H0: La variación de parámetro meteorológico de la velocidad y dirección del viento, no tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Tabla 13

Correlación de parámetro meteorológico de velocidad y dirección del viento con los efectos de incendios forestales.

		Efectos de incendios forestales	
Rho de Spearman	Velocidad del viento	Coeficiente de correlación	,-504**
		Sig. (bilateral)	0.000
		N	25

**. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: La tabla 13 muestra que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa ($r = -0,504^{**}$, $p = 0,000$) entre la velocidad y dirección del viento y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas. Dado que el valor de significancia es menor a 0,05, se concluye que la relación observada es significativa, por lo que se acepta la hipótesis específica 4 de investigación, confirmando que la variación de parámetro meteorológico de la

velocidad y dirección del viento, tiene relación negativa significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay- Andahuaylas.

Dado que el nivel de significancia es menor a 0,05, se confirma la validez de la hipótesis específica 3 de investigación, estableciendo que las variaciones de la velocidad y dirección del viento influyen de manera significativa en la manifestación de los efectos del incendio forestal en dicha zona.

Discusión de Resultados

El proceso de análisis de los resultados para el objetivo planteado nos muestra un coeficiente de correlación de -532 evidenciando existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa entre los parámetros meteorológicos (Temperatura, humedad, precipitación y velocidad y dirección del viento) y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

El resultado obtenido nos llevó a aceptar el objetivo general de la investigación, siendo consecuente con la investigación realizada por Gupta et al. (2023), en su investigación titulada “Descubriendo los Factores Hidrometeorológicos responsables de los Incendios Forestales”, Sus hallazgos revelaron que la ubicación del área máxima quemada tiene una tendencia creciente en la temperatura (0,02 °C/año), la velocidad del viento está disminuyendo algunas zonas (<10% de la región). Sin embargo, el principal factor que contribuye a los incendios forestales en toda la zona es la tendencia creciente del déficit hídrico potencial anual y la evapotranspiración real, así El déficit de humedad del suelo durante la temporada de verano de los años 2012 a 2021, jugó un papel importante en la aparición de incendios forestales en la zona afectada.

Así mismo la investigación realizada por Rodríguez, M.P.R.et al., (2017) titulada “Relación entre variables Meteorológicas e Incendios Forestales en la provincia Pinar del Río, Cuba” concluye que la variación anual de los factores meteorológicos se relaciona de forma directa o inversa con la frecuencia de incendios y la superficie afectada por el fuego en la provincia Pinar del Río durante el período 2010-2014. Esta investigación coincide con nuestros hallazgos obtenidos ya que el registro de ocurrencia del incendio forestal en el Bosque de Chinchay fue en noviembre del año 2022 que tuvo un registro de temperatura media diurna de 30.2 °C mayor que el promedio interanual registrado en 2.2°C durante los años 2010 al 2021 Los registros de temperatura media nocturna en octubre del año 2022 fueron igual a 4.9°C, menor que el registro promedio interanual 6.9°C de los años 2010 al 2021, esa anomalía es en factor crucial de análisis para la propagación y frecuencia de incendios, debido a que las temperaturas bajas no proporcionan enfriamiento necesario para mitigar los incendios; las oscilaciones térmicas del suelo y la vegetación se mantienen favorables para la propagación del fuego. Encontrándose el ecosistema natural en un estado de estrés térmico facilitando la ocurrencia y propagación de los incendios durante el día.

Los registros de humedad relativa para octubre del año 2022 fueron de 40.3% menor que el registro promedio interanual, este análisis es crucial para el incremento y propagación de incendios forestales ya que la reducción de la humedad relativa reduce también el contenido de la humedad en la vegetación volviéndola más inflamables; El registro de precipitación media anual para octubre del año 2022 fue de 600.4.mm menor que el registro interanual de precipitaciones de los años 2010 al 2021, generando condiciones favorables para incidencia y propagación de incendios forestales ya que debido a las sequias y estrés hídrico la inflamabilidad de los bosques aumenta, poniendo

en riesgo los medios de vida naturales y poblaciones más cercanas; otro factor crucial de análisis es la velocidad del viento del año 2022 en la cual se pudo evidenciar pequeñas anomalías en la velocidad de los vientos, dichas anomalías se observan principalmente los meses de agosto a noviembre con un registro de 2.6 a 3.0 m/s, según registros satelitales la dirección va a zona sur este. A pesar que los registros de los vientos o variaciones son bajas, son condiciones favorables para el fuego.

La variación de los parámetros meteorológicos analizados en la presente investigación durante el siniestro ocurrido en noviembre del año 2022 en el bosque de Chinchay durante en comparación al promedio histórico sugiere un posible impacto en las condiciones que favorecieron la propagación del incendio forestal. Ya que en otros estudios se ha podido comprobar que la velocidad del “viento es un factor crucial en la dinámica de propagación de incendios forestales, ya que facilita el transporte de brasas y aumenta la velocidad de avance del fuego”. Investigaciones realizadas por Bayar et al. (2024) “subrayan que el aumento en la velocidad del viento, junto con temperaturas elevadas y baja humedad, intensifica la propagación del fuego en áreas vulnerables, especialmente en un escenario de cambio climático”.

En un contexto de análisis nacional según SENAMHI (2018), En su libro publicado “Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú”, Para que se produzca un IF es necesario tres elementos: calor, oxígeno y combustible (material vegetal vivo o muerto), estos “estos elementos presentan una alta relación con las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad del aire, precipitación y viento) y físicos (tipo de vegetación, topografía, humedad del suelo, etc.)”, esta afirmación coincide con los registros evaluados de variación de parámetros meteorológicos de los años 2010 al 2021 en comparación del año 2022 fecha que ocurrió

el IF en el bosque de Chinchay, un factor importante de análisis encontrado el del déficit de lluvias promedio anual que ha conllevado en los últimos años a un estrés hídrico vulnerando la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, a esto se suma la reducción de la humedad relativa de la atmósfera presente en los ecosistemas de bosques y el incremento de temperaturas máximas antes y durante el incendio esto es sumamente importante debido a la mayor cantidad de horas de insolación el aumento de la evaporación y la reducción de la temperatura mínima son indicadores que reflejan de manera indirecta la baja presencia de humedad. Los registros encontrados de nuestra investigación dan razón a las demás investigaciones como el parámetro meteorológico de temperatura ($r = -0,443$), humedad relativa ($r = -0,467$), la precipitación ($r = -0,483$), la precipitación ti ($r = -0,483$) y la velocidad del viento ($r = -0,504$); tienen una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay-Andahuaylas.

Ccachi (2021) afirma que las ocurrencias de eventos como incendios forestales han sido favorables en los últimos años en los ecosistemas altoandinos esto debido a las anomalías de variables climáticas de bajo nivel precipitación, humedad relativa y temperaturas máximas ocasionando sequías prolongadas y vegetación con escasa humedad lo que se convierte combustible latente para la propagación de incendios. Estos hallazgos son claros y coinciden con nuestros resultados de la variable de parámetros meteorológicos tiene una relación negativa significativa de $r = -0.532$ con los efectos de los incendios forestales en el bosque de Chinchay.

VI. Conclusiones

En la presente investigación se concluye con respecto al objetivo general que existe una correlación negativa significativa entre parámetros meteorológicos $r=-0.532$ con los efectos de los incendios forestales en el Bosque de Chinchay durante el año de estudio del año 2022 donde ocurrió el incendio forestal esto coincide con los resultados de la aplicación del instrumento a la población; del total de encuestados 45% indica que está de acuerdo con los efectos relacionados en su salud a consecuencia del incendio y se vieron afectados durante y después del siniestro, el 32% indica que está de acuerdo y totalmente de acuerdo con los efectos en el aspecto económico y se ha visto afectado por el incendio forestal; el 88% firma estar de acuerdo y totalmente de acuerdo con los efectos irreversibles en la flora por el incendio forestal en Chinchay; afectando significativamente en la pérdida de cobertura vegetal entre especies nativas más afectadas esta la Intimpa, Chachacomo y queuña, esto de igual forma tuvo un impacto en el suelo, el 78% de los encuestados indica que está de acuerdo y totalmente de acuerdo con los efectos en la fauna y que han visto pérdidas de animales domésticos como las cabras y animales silvestres como perdiz, loros, venados, zorro, vizcacha, lagartijas, culebras, comadrejas, tigrillo. Por lo antes analizado es importante realizar contrastes análisis de factores climáticos y vegetativos como estrategia resiliente de prevención y mitigación de los incendios forestales en nuestra localidad y región.

Con respecto al objetivo específico 1 se ha podido determinar la correlación de la temperatura tanto diurna como nocturna que es igual a un $r = -0.443$ con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay, esto indica una correlación negativa moderada significativa ya que se pudo observar en comparación al análisis de

los años 2010 al 2021 se registró una temperatura media interanual igual a 28.1°C durante el mes de octubre y en el año 2022 en el mes de octubre se registró una temperatura media mensual de 30.2 °C , mes de noviembre se registró una temperatura media mensual de 30.5 °C, mucho mayor con referencial al promedio interanual de los últimos 10 años, este análisis tiene relación con la ocurrencia de incendios forestales en el ande peruano donde se ha venido incrementándose en los últimos años, es por ello que se debe implementar acciones de monitoreo como estrategia de prevención de riesgos de desastres ante incendios forestales a nivel local y regional.

Con respecto al Objetivo específico 2 se ha podido determinar la correlación igual a $r=-0.467$ entre la humedad relativa y los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay, esto indica que existe una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa. esto se debe que durante los años de análisis comparados del 2010 al 2021 de la HR promedio en octubre fue de 48.4%, en el año 2022 en octubre fue de 40.3% esto indica una reducción notable de la humedad en la atmosfera lo cual repercute en el porcentaje de humedad que absorción de la cobertura vegetal del bosque, convirtiendo en material altamente inflamable para la propagación de incendios forestales conllevando a efectos en el aspecto social ambiental de la población más cercana.

Con respecto al Objetivo específico 3, se a podido determinar la correlación del parámetro meteorológico de precipitación igual a $r= - 483$ con los efectos de incendios forestales del bosque de Chinchay, esto se interpreta como una correlación negativa moderada y estadísticamente significativa, esto coincide con la estadística descriptiva ya el según el análisis la precipitación media anual de los años 2010 al 2021 fue de 731 mm y en el año 2022 se registró un precipitación media de 600.4mm, teniendo un disminución notable y significativa, este factor es indispensables para la reducción y

mitigación de la generación de incendios forestales a nivel local regional, nacional y mundial los efectos del cambio climáticos asociado a la temperatura y la precipitación conllevan a sequias prolongadas afectando a las poblaciones más vulnerables que dependes de la agricultura, y servicios ambientales de provisión y regulación que nos brindan los ecosistema de bosques.

Con respecto al Objetivo específico 4. Se pudo analizar la correlación del parámetro meteorológico de velocidad y dirección del viento igual $r=-504$ con los efectos de incendios forestales del año 2022 en el bosque de Chinchay, esto se interpreta como correlación negativa moderada y estadísticamente significativa, durante el análisis de los años 2010 al 2021 la VV promedio fue de en el mes de octubre 2.7 m/s en comparación con el registro del año 2022 la VV= a 2.9 m/s en el mes de octubre y el mes de noviembre 3.0 m/s, se aprecia una variación oscilante lo que ha contribuido a la propagación más rápida del incendio forestar en direccional sureste.

Por lo tanto, se puede inferir que la evaluación contraste de parámetros meteorológicos y su estudio de variación anómala es importe al igual que la evaluación del estado de cobertura vegetal sometido a estrés hídrica; para la determinación de la prevención y mitigación de los incendios forestales estas acciones deben ser estratégicas para l articulación interinstitucional y prevenir efectos socioambientales irreversibles a nivel local, regional.

VII. Recomendaciones

1. Se recomienda a la municipalidad Distrital de Pacobamba, Gobierno Regional de Apurímac, SERFOR y SENAMHI fortalecer el monitoreo permanente de los parámetros meteorológicos (temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento), debido a que estas variables presentan una relación significativa con los efectos de los incendios forestales, permitiendo identificar oportunamente periodos de mayor riesgo.
2. Se recomienda fortalecer los programas de educación y sensibilización ambiental dirigidos a los agricultores y comunidades, promoviendo practicas seguras y evitando las quemas agrícolas durante épocas de alto riesgo.
3. Se recomienda promover investigaciones complementarias que incorporen otras variables ambientales y climáticas, además de ampliar el periodo de análisis, con la finalidad de fortalecer el conocimiento sobre los factores que influyen en la ocurrencia y efectos de los incendios forestales en ecosistemas andinos.
4. Se recomienda fortalecer los sistemas de alerta temprana mediante la integración de información meteorológica emitida por SENAMHI con los protocolos de respuesta de las autoridades locales, permitiendo actuar oportunamente ante condiciones favorables para la ocurrencia de incendios forestales.
5. Se recomienda fortalecer la capacidad operativa de las brigadas comunidades y entidades de primera respuesta mediante capacitación continua, equipamiento adecuado y simulacros periódicos para reducir los impactos ambientales durante la ocurrencia de incendios forestales.

VIII. Referencias bibliográficas

- Agencia Estatal de Meteorología. (2022). *Informe sobre el estado del clima de España 2022*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.aemet.es/documentos/es/conocernos/a_que_nos_dedicamos/informes/AEMET-InformeAnual-2022.pdf.
- Aguado, E., & Burt, J. E. (2015). *Understanding weather and climate* (7th ed.). Pearson. [Pearson: Understanding Weather and Climate \(7th edition\)](#).
- Ahrens, C. D. (2012). *Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment* (10th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/>.
- Ahrens, C. D., & Henson, R. (2019). *Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment* (12th ed.). Cengage Learning. <https://www.cengage.com/c/meteorology-today-12e-ahrens-henson/9781337616669/>.
- Andrade, M. S., Müller, M. M., Kuhnen, K., & Vacik, H. (2024). Relation between the distribution of fuel types and forest fires in Austria (No. EGU24-11983). Copernicus Meetings.
- Bayar, A. S., Ramos, A. M., Gouveia, C., & Pinto, J. G. (2024). Projections of the Fire Weather Danger over Central Europe using EURO-CORDEX simulations (No. EGU24-18455). Copernicus Meetings.
- Bocco, G., Mendoza, M., & Velázquez, A. (2001). *Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping: A tool for land use planning in developing countries*. *Geomorphology*, 39(3–4), 211–219. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00027-7](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00027-7).
- Butt, E. W., Conibear, L., Reddington, C. L., Darbyshire, E., Morgan, W. T., Coe, H.,

- Artaxo, P., Brito, J., Knote, C., & Spracklen, D. V. (2020). Large air quality and human health impacts due to Amazon forest and vegetation fires. *Environmental Research Communications*, 2(9), 095001. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/abb0db>.
- Ccanchi Espinoza, Y. J. (2021). *Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas altoandinos mediante uso de sensores remotos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5195>.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2024). *Escenario de riesgo ante incendios forestales en el marco del Plan Multisectorial 2025–2027*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/17792>.
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* (2.^a versión). https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf.
- Christopherson, R. W., & Birkeland, G. H. (2014). *Geosystems: An introduction to physical geography* (9th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/geosystems-an-introduction-to-physical-geography/P200000003081>.
- Corporación Nacional Forestal. (2020). *Estadísticas de incendios forestales: Número y superficies afectadas, 2020*. <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>.
- Da Ponte, E., Alcasena, F., Bhagwat, T., Hu, Z., Eufemia, L., Dias Turetta, A. P., Bonatti, M., Sieber, S., & Barr, P.-L. (2023). Assessing wildfire activity and forest loss in protected areas of the Amazon basin. *Applied Geography*, 157, 102970.

<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.102970>.

Dasdemir, İ. e. (2021). Factors Affecting the Behavior of Large Forest Fires in Turkey.

Environmental Monitoring and Assessment (o la revista correspondiente.

Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica (DMA) - Subdirección de Predicción Meteorológica (SPM). (s.f.). ESTUDIO DE CONDICIONES ATMOSFÉRICAS FAVORABLES A LOS INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÚ.

European Forest Fire Information System. (2023). *European Forest Fire Information System*. <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/>

Espinel García, D. P. (2021). Influencia de factores meteorológicos sobre la incidencia de los incendios forestales y el transporte de las emisiones hacia las ciudades andinas [Trabajo de grado de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Institucional Séneca. <http://hdl.handle.net/1992/53006>.

European Forest Fire Information System. (2024). Advance report on forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2023. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/74873>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *El estado de los bosques del mundo 2018: Las vías forestales hacia el desarrollo sostenible*. <https://www.fao.org/3/I9535ES/i9535es.pdf>.

FAO. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la biodiversidad y las personas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>.

Feldpausch, T. R., Carvalho, L. C. da S., Macario, K., Ascough, P. L., Flores, C. F., Coronado, E. H., Kalamandeen, M., Phillips, O. L., & Staff, R. A. (2022). Forest fire

- history in Amazonia inferred from intensive soil charcoal sampling and radiocarbon dating. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 815438. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.815438>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>.
- Gao, H., Zhang, S., Fu, R., Li, W., & Dickinson, R. E. (2016). Interannual variation of the surface temperature of tropical forests from satellite observations. *Advances in Meteorology*, 2016(1), 4741390.
- Global Forest Watch. (2023). Fires. World Resources Institute. <https://www.globalforestwatch.org/topics/fires/>.
- Gobierno Regional de Apurímac, Oficina de Defensa Civil. (2022). *Reporte de incendios forestales en la región Apurímac* [Informe técnico]. Gobierno Regional de Apurímac.
- Gupta, S. K., Kanga, S., Meraj, G., Kumar, P., & Singh, S. K. (2023). Uncovering the hydro-meteorological drivers responsible for forest fires utilizing geospatial techniques. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-21.
- Gushchina, D., Tarasova, M., Satosina, E., Zheleznova, I., Emelianova, E., Gibadullin, R., ... & Olchev, A. (2023). The Response of Daily Carbon Dioxide and Water Vapor Fluxes to Temperature and Precipitation Extremes in Temperate and Boreal Forests. *Climate*, 11(10), 206.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2018). *Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD)*. <https://sinpad2.indeci.gob.pe/sinpad2/faces/public/portal.html>.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2016). Compendio estadístico del INDECI: En la

preparación, respuesta y rehabilitación ante emergencias y desastres, 2016. Instituto Nacional de Defensa Civil.

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2022). Reporte complementario N.º 9809-17/11/2022-COEN-INDECI: Incendio forestal en el distrito de Pacobamba, Apurímac. Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN-INDECI).

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2022). Programa Queimadas: Boletim InfoQueima 2022 – Monitoramento e risco de queimadas e incêndios florestais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Programa Queimadas – InfoQueima 2022.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896>.

La República. (2022, 21 de noviembre). Alerta por incendio de grandes proporciones en Bosque de Chinchay en Apurímac.
<https://larepublica.pe/sociedad/2022/11/21/helicoptero-de-la-fuerza-aerea-brinda-apoyo-en-incendio-del-bosque-de-chinchay-en-apurimac-foto-la-republica>.

Lai, G., Li, J., Wang, J., Wu, C., Zhang, Y., Zohner, C. M., & Peñuelas, J. (2024). *Exploring the effect of vegetation photosynthesis phenology on wildfire dynamics* (EGU24-2099). Copernicus Meetings.
<https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU24/EGU24-2099.html>.

Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., & Herman, R. (2020). The atmosphere: An introduction to meteorology (14.^a ed.). Pearson.

Maffei, C., Alfieri, S. M., & Menenti, M. (2018). Relating spatiotemporal patterns of forest fires burned area and duration to diurnal land surface temperature anomalies. Remote

Sensing, 10(11), 1777.

Magaña, V. (2006). Variabilidad climática. En C. Gay (Ed.), *El cambio climático: una visión desde México* (pp. 33–44). Instituto Nacional de Ecología / Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CGT002316.pdf>.

MAXIMIXE Consult Prensa y Comunicación. (24 de Setiembre de 2024). *Alerta Economica*. Obtenido de La problemática de los incendios forestales :
<https://alertaeconomica.com/la-problematica-de-los-incendios-forestales/>.

McMichael, C. H., Witteveen, N. H., Scholz, S., Zwier, M., Prins, M. A., Lougheed, B. C., Mothes, P., & Gosling, W. D. (2022). Forest fire history in Amazonia inferred from intensive soil charcoal sampling and radiocarbon dating. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, 815438. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.815438> eprints.whiterose.ac.uk

Montes E. R. A. (2025). Relación temporal entre los usos tradicionales del fuego y las condiciones meteorológicas de incendios forestales en el recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Montes Espinoza, R. A. (2025). *Relación temporal entre los usos tradicionales del fuego y las condiciones meteorológicas de incendios forestales en el recinto Quimis, cantón Jipijapa, Manabí, Ecuador*. JIPIJAPA - MANABÍ - ECUADOR.

Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H. D., Adams, M. A., Moreno, J. M., Pereira, J. M. C., Catry, F. X., Armesto, J., Bond, W., González, M. E., Curt, T., Koutsias, N., McCaw, L., Price, O., Pausas, J. G., Rigolot, E., Stephens, S. L., Tavşanoğlu, Ç., Vallejo, V. R., ... Fernandes, P. M. (2020). Wildfire management in Mediterranean-type regions:

- Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15(1), 011001.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab541e>.
- Organización Meteorológica Mundial. (2023). *State of the Global Climate 2023*.
<https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2023>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020: Los bosques, la biodiversidad y las personas*.
<https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pazmiño, D. (2019). Peligro de incendios forestales asociado a factores climáticos en Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 7(1), 10–18.
<https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1800>.
- Prakash, S., Verma, S., Soni, M., Kumar, H., Bhawar, R., et al. (2022). Characterizing aerosols during forest fires over Uttarakhand region in India using multi-satellite remote sensing data. *Advances in Space Research*, 70(1).
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.05.051>.
- Reid, C. E., Brauer, M., Johnston, F. H., Jerrett, M., Balme, J. R., & Elliott, C. T. (2016). Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure. *Environmental Health Perspectives*, 124(9), 1334–1343. <https://doi.org/10.1289/EHP1409277>.
- Rodríguez y Silva, F. (2015). *Incendios de vegetación: Su ecología, manejo e historia*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Rodríguez, M. P. R., Carrasco Rodríguez, Y., Miranda Sierra, C. A., Batista, A. C., & Tetto, A. F. (2017). Relación entre variables meteorológicas e incendios forestales en la provincia Pinar del Río, Cuba. *Floresta*, 47(3), 343–352.

<https://doi.org/10.5380/rf.v47i3.50900>.

Savinelli, B., Panigada, C., Tagliabue, G., Vignali, L., Gentili, R., Padoa-Schioppa, E., ... & Rossini, M. (2024, April). Plant trait time series from Sentinel-2 to detect drought stress in a mid-latitude forest ecosystem. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 17857).

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). *Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú*. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica, Subdirección de Predicción Meteorológica. <https://web2.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-45.pdf>.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2017). *Efectos de los incendios forestales*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/evitemos-incendios-forestales>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2018). Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica, Subdirección de Predicción Meteorológica. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2024). Anuario Forestal y de Fauna Silvestre 2023. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Repositorio institucional de SERFOR.

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). Physics for scientists and engineers (5th ed.). W. H. Freeman.

Trenberth, K. E., Dai, A., van der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>.

- Upta, S. K., Kanga, S., Meraj, G., Kumar, P., & Singh, S. K. (2023). Uncovering the hydro-meteorological drivers responsible for forest fires utilizing geospatial techniques. *Theoretical and Applied Climatology*, 153(1–2), 675–695.
<https://doi.org/10.1007/s00704-023-04497-y>.
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences* (3rd ed.). Academic Press.
- Xu, W., He, H. S., Hawbaker, T. J., Zhu, Z., & Henne, P. D. (2020). Estimating burn severity and carbon emissions from a historic megafire in boreal forests of China. *Science of the Total Environment*, 716, 136534.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136534>.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes