

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“GENERACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA PARA LA
TOMA DE DECISIONES DE AUTORIDADES ANTE INCENDIOS
FORESTALES EN JUNÍN PARA EL AÑO 2021”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR
EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

JORGE LUIS AGUILAR GÁLVEZ

LIMA – PERÚ

2024

TSP JORGE LUIS AGUILAR GÁLVEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	docplayer.es Fuente de Internet	2%
4	www.actualidadambiental.pe Fuente de Internet	1%
5	sigrid.cenepred.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	www.itto.int Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
8	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
9	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

“Generación de información cartográfica para la toma de decisiones de autoridades ante incendios forestales en Junín para el año 2021”

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

JORGE LUIS AGUILAR GÁLVEZ

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Víctor Manuel Barrena Arroyo, Mg.Sc.
Presidente

.....
Ing. Roxana Guillén Quispe, Mg.Sc.
Miembro

.....
Ing. Juan Carlos Ocaña Canales, Mg.Sc.
Miembro

.....
Ing. Ethel Rubín de Celis Llanos, Dra.
Asesora

DEDICATORIA

En especial a mi abuela Edith Juana de Dios Revollar Colp y a mi abuelo Wilger Gálvez Ruiz, quienes me motivaron y alentaron en todo momento para seguir con el proceso de la titulación.

A mis padres Carolina y Marco Antonio, hermana Valeria y en especial a mis sobrinos Giordano y Emilia a quienes amo con toda mi alma.

AGRADECIMIENTO

A la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, en especial a la Directora e Ingeniera Forestal, Elvira Gómez, por autorizar el uso de datos del proyecto “Prevención y Respuesta a Incendios Forestales en Bosques Tropicales y Plantaciones Forestales en Perú”, en el cual me desempeñé como especialista en Sistemas de Información Geográfica.

A Ethel Rubin de Celis, profesora y asesora, por el acompañamiento y revisiones a este documento.

A los miembros del Jurado, Víctor Barrena Arroyo, Roxana Guillén y Juan Carlos Ocaña, que gracias a sus aportes me ayudaron a mejorar la calidad del documento.

A mi abuelo Wilger Gálvez Ruiz por su apoyo y empuje para que lleve a cabo este proceso de titulación.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
	1. Objetivo General	3
	2. Objetivos Específicos	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
	1. Incendio Forestal	4
	2. Marco Legal	5
	3. Incendio Forestal en Junín	7
	4. Áreas Vulnerables de la Región Junín	9
	4.1. Áreas Naturales Protegidas	9
	4.2. Ecosistemas Frágiles	10
	5. Prevención ante Riesgos	11
	6. Tecnología geoespacial para la prevención y respuesta ante incendios forestales	11
	6.1. Sistemas de Información Geográfica	12
	6.2. Teledetección espacial	12
	6.3. Monitoreo mediante Focos de Calor.....	13
	6.4. Efectividad de focos de calor	15
	6.5. Interpretación de Imágenes satelitales	16
	6.6. Criterios visuales para la fotointerpretación.....	16
	6.7. Evaluación de las áreas quemadas utilizando imágenes satelitales	17
	6.8. Cartografía de áreas quemadas	18
	6.9. Cicatriz de Incendio Forestal.....	19
	6.10. Mapas de calor.....	19
IV.	DESARROLLO DEL TRABAJO	21
	1. ÁMBITO DE ESTUDIO	21
	1.1. Ubicación Geográfica.....	21
	1.2. Aspectos Biofísicos.....	22
	1.3. Flora	22
	1.4. Hidrografía	22

1.5.	Clima.....	22
1.6.	Zonas de Vida.....	25
1.7.	Aspectos Socioeconómicos	25
1.8.	Sector Agropecuario	25
2.	NATURALEZA DEL PROBLEMA.....	26
3.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	28
3.1.	CAPÍTULO 1: ETAPA PREVENTIVA	28
3.1.1.	Reportes de Focos de Calor.....	29
3.1.2.	Alertas de Incendio Forestal.....	32
1.	Identificación de Alertas de Incendio Forestal	33
2.	Generación de Alertas de Incendio Forestal.....	35
3.2.	CAPÍTULO 2: ETAPA DEL ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN	41
3.2.1.	Reporte Individual de Cicatriz de Incendio Forestal (RIF).....	41
3.2.2.	Talleres de Difusión de la Información	45
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
1.	Reportes de Focos de Calor	46
2.	Alertas de Incendio Forestal.....	46
3.	Mapas de Calor	48
4.	Talleres de Capacitación.....	49
5.	Reporte Individual de Cicatriz de Incendio Forestal.....	50
6.	Talleres de Difusión de la Información	52
7.	Disminución de la Ocurrencia de Incendios Forestales	53
VI.	CONCLUSIONES.....	55
VII.	RECOMENDACIONES	56
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Cantidad y magnitud de incendios forestales por año en la región Junín.</i>	8
Tabla 2.	<i>Precipitación mensual promedio de la Región Junín.....</i>	23
Tabla 3.	<i>Velocidad promedio mensual de vientos de la Región Junín.....</i>	24
Tabla 4.	<i>Porcentaje del día con mayor nubosidad de la Región Junín.</i>	25
Tabla 5.	<i>Satélites usados para el registro de focos de calor.....</i>	28
Tabla 6.	<i>Características técnicas de las imágenes satelitales analizadas.</i>	41
Tabla 7.	<i>Focos y Alertas anuales en Junín.....</i>	47
Tabla 8.	<i>Tabla de información de alertas semanales en Junín.</i>	48
Tabla 9.	<i>Tabla de Reportes de Cicatriz de Incendio Forestal.....</i>	51
Tabla 10.	<i>Disminución de la incidencia de incendios en la región Junín.</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Incidencia de incendios forestales por mes en la región Junín.</i>	7
Figura 2.	<i>Relación de las áreas afectadas (cicatrices) y eventos por año.</i>	8
Figura 3.	<i>Diferencia entre imágenes Sentinel 2, nivel 1C y 2A.</i>	17
Figura 4.	<i>Antes del Incendio (1) y después (2) Cicatriz de Incendio Forestal.</i>	19
Figura 5.	<i>Superposición de áreas de influencia (Buffers) dentro del mapa de calor.</i>	20
Figura 6.	<i>Mapa Político del Departamento de Junín.</i>	21
Figura 7.	<i>Gráfica de precipitación de la Región Junín.</i>	23
Figura 8.	<i>Gráfica de velocidad del viento de la Región Junín.</i>	24
Figura 9.	<i>Gráfica de nubosidad mensual de la Región Junín.</i>	24
Figura 10.	<i>Productos esenciales para la toma de decisiones.</i>	27
Figura 11.	<i>Focos de calor en el Visor GEOSERFOR.</i>	28
Figura 12.	<i>Flujograma de la metodología de reportes de calor.</i>	29
Figura 13.	<i>Modelo de reporte de focos de calor para la Región Junín.</i>	30
Figura 14.	<i>Interfaz inicial del aplicativo web del SERFOR.</i>	31
Figura 15.	<i>Flujograma de la metodología de generación de alertas.</i>	32
Figura 16.	<i>Generación de Alerta preventiva a partir de focos en racimo.</i>	33
Figura 17.	<i>Generación de Alerta preventiva a partir de 3 focos.</i>	34
Figura 18.	<i>Parque Nacional Otishi y Ecosistema Frágil Humedal Andino Paca.</i>	35
Figura 19.	<i>Interfaz del programa ArcGIS 10.8.</i>	36
Figura 20.	<i>Nueva columna, CODREP, en Tabla de Atributos.</i>	36
Figura 21.	<i>Visualización de alertas preventivas en el visor GEOSERFOR.</i>	37
Figura 22.	<i>Interfaz de la plataforma de Sentinelhub.</i>	38

Figura 23.	<i>Flujograma de la metodología de elaboración de RIF.</i>	42
Figura 24.	<i>Generación de alertas en Junín.</i>	46
Figura 25.	<i>Visualización de Alertas en el GEOSERFOR.</i>	47
Figura 26.	<i>Mapa de calor de alertas preventivas.</i>	48
Figura 27.	<i>Capacitación de manejo de plataformas digitales.</i>	49
Figura 28.	<i>Reporte individual de cicatriz de incendio forestal.</i>	50
Figura 29.	<i>Reporte individual de cicatriz de incendio forestal, página 2.</i>	51
Figura 30.	<i>Presentación de la información generada.</i>	52
Figura 31.	<i>Resultado de la Ocurrencia Anual de Incendios Forestales.</i>	53

RESUMEN

La elaboración de este documento se llevó a cabo gracias al producto obtenido del proyecto “Prevención y Respuesta a Incendios Forestales en Bosques Tropicales y Plantaciones Forestales en el Perú”, del 2021. Este Proyecto fue firmado entre la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), con el objetivo de fortalecer a la Unidad de Monitoreo Satelital (UMS) del SERFOR. La finalidad de este fortalecimiento fue de aumentar la cantidad de información geoespacial pertinente para que las autoridades de primera línea puedan prevenir o dar una respuesta rápida y efectiva ante la ocurrencia de incendios forestales, dentro de la región Junín. Para este fin, se realizó un monitoreo satelital de focos de calor sobre la región, obtenidos por los satélites Terra, Aqua y SUOMI-NPP, dando como resultado, las alertas preventivas para evitar o combatir, a tiempo, incendios forestales. También, se elaboraron documentos para el análisis de la afectación, llamados, reportes de cicatriz de incendio forestal, en donde, en base a, la interpretación visual de imágenes satelitales, Sentinel 2, se plasmaron los cálculos de las áreas dañadas por los incendios. Además, se realizaron diversos talleres de difusión y de capacitación, para que las autoridades y otros grupos de interés, puedan conocer esta información generada y aprendan sobre el uso de plataformas digitales, creadas para la visualización de los resultados. Finalmente, como resultado de este trabajo y respecto a los años anteriores, se tuvo un crecimiento de la productividad, en cuanto a la elaboración de información cartográfica pertinente para prevenir y combatir a tiempo incendios forestales. Como consecuencia de ello, las autoridades de primera línea de la Región Junín, obtuvieron más herramientas para la toma de decisiones.

Palabras clave: Incendios Forestales, Alertas de Incendio Forestal, Monitoreo Satelital, Focos de Calor, Cicatriz de Incendio Forestal, Prevención ante Incendios Forestales.

ABSTRACT

The preparation of this document was carried out thanks to the product obtained from the “Prevention and Response to Forest Fires in Tropical Forests and Forest Plantations in Perú” Project, of 2021. This Project was signed between the International Tropical Timber Organization (ITTO) and the National Forestry and Wildlife Service (SERFOR), with the objective of strengthening the Satellite Monitoring Unit (UMS) of SERFOR. The purpose of this strengthening was to increase the amount of relevant geospatial information so that frontline authorities can prevent or provide a quick and effective response to the occurrence of forest fires within the Junín region. For this purpose, satellite monitoring of heat sources over the region was carried out, obtained by the Terra, Aqua and SUOMI-NPP satellites, resulting in preventive alerts to avoid or combat forest fires in time. Also, documents were prepared for the analysis of the impact, called forest fire scar reports, where, based on the visual interpretation of satellite images, Sentinel 2, calculations of the areas damaged by the fires were reflected. In addition, various dissemination and training workshops were held, so that authorities and other interest groups could learn about this information generated and learn about the use of digital platforms, created for the visualization of the results. Finally, as a result of this work and compared to previous years, there was a growth in productivity, in terms of the preparation of relevant cartographic information to prevent and combat forest fires in time. As a consequence, the front-line authorities of the Junín Region obtained more tools for decision-making.

Keywords: Forest Fires, Forest Fire Alerts, Forest Fire Scar, Forest Satellite Monitoring, Heat Sources, Forest Fire Prevention.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la región Junín ha registrado un incremento considerable en la ocurrencia de incendios forestales, llegando a ser una de las regiones más afectadas por esta problemática ocasionada por la acción humana (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, [CENEPRED], 2021, p.5). Según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), en el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales (PPRRIF), esta problemática está relacionada con “la habilitación de chacras de cultivo, quema de pastos, malezas y rastrojos” (SERFOR, 2018). Por otro lado, especialistas del Ministerio del Ambiente en el 2023 (MINAM, 2023), en una nota de prensa, señalan que en algunos casos, estas áreas agrícolas se queman por una tradición ancestral, por supuestas técnicas para atraer la lluvia, así como también, por eliminar pastizales, otro tipo de vegetación y rastrojos dejados por la actividad agrícola anterior, residuos sólidos, accidentes por fogatas, por tirar colillas de cigarrillos, por incrementar áreas de pastoreo, quema intencional por traficantes de terreno, entre otros. Las quemaduras con fines de cambio de uso de suelo, se dan inicialmente en áreas agrícolas o ganaderas delimitadas, que salen fuera de control rebasando los límites de la misma, generando así incendios forestales que pueden llegar a grandes magnitudes, trayendo como consecuencia pérdidas de cobertura natural, de flora y fauna, de bienes materiales y hasta de vidas humanas, así como también el incremento de gases de efecto invernadero (CENEPRED, 2021, p.5).

Para combatir y prevenir estos eventos desafortunados que tantas pérdidas vienen ocasionando año tras año, se tiene al alcance de profesionales el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y en general de la tecnología satelital. Según, Environmental Systems Research Institute (ESRI, s/f), con los SIG se puede ver y comprender mejor las entidades físicas; como, la topografía, tipo de vegetación, cercanía a cuerpos de agua, ubicación con mayor riesgo de incendios, poblaciones vulnerables, tipos de ecosistemas, hábitats, entre otros; todos estos factores influyen tanto en el comportamiento del fuego como en la toma de decisiones por parte de las autoridades para prevenir o dar una respuesta inmediata ante algún incendio forestal. Es así que, la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR cuenta con la Unidad Funcional de Monitoreo Satelital (UFMS), el cual se ha encargado del monitoreo de incendios forestales desde el año 2017 hasta la actualidad. Sin

embargo, debido a que no se daba abasto para cubrir todos los requerimientos para atender esta problemática, es que se formuló el proyecto: “Prevención y Respuesta a Incendios Forestales en Bosques Tropicales y Plantaciones Forestales en Perú”. Este proyecto se inició en el año 2021 y es financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), uno de sus objetivos fundamentales es fortalecer el sistema de monitoreo satelital con el que ya cuenta la UFMS. Por tal motivo y gracias al proyecto es que se contrataron los servicios de un equipo de especialistas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección.

Según información recogida de la UFMS, se tiene que en la región Junín, la ocurrencia de incendios forestales en el periodo 2017-2020 ha afectado 90 434 hectáreas de cobertura natural, siendo la afectación del año 2020 de 49 867,9 hectáreas (SERFOR, 2022), lo que representaría el 55% del total de áreas quemadas en este periodo de tiempo de 4 años. Este dato refleja un gran incremento de incendios forestales para el último año. Por consiguiente, para reducir la cantidad de áreas afectadas por incendios forestales en Junín para el 2021, se trabajó desde el equipo de SIG y Teledetección del proyecto de OIMT-SERFOR, usando y difundiendo los datos geoespaciales generados a partir del monitoreo satelital, para que las autoridades puedan tomar decisiones que combatan directamente a esta problemática a nivel regional.

Finalmente, los beneficios de la propuesta de trabajo incluyen:

- a) Reducción de la pérdida de la cobertura forestal, ecosistemas, hábitats naturales de la flora y fauna silvestre.
- b) Contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- c) Fortalecimiento de capacidades de las autoridades nacionales, locales y de las comunidades en cuanto a prevención y respuesta a incendios forestales.
- d) Concientización de la población sobre esta problemática, mediante la difusión de la información producto del trabajo del equipo de sistemas de información geográfica, para acelerar la implementación de los planes de acción nacionales y regionales de incendios forestales.

II. OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Generar información cartográfica que sirva para la toma de decisiones de las autoridades regionales y actores de primera línea ante la ocurrencia de incendios forestales en la región Junín en el 2021.

2. Objetivos Específicos

- Generar alertas para la prevención de incendios forestales en Junín para el año 2021.
- Generar la información cartográfica después de la extinción de un incendio forestal para el análisis de las áreas dañadas en Junín para el 2021.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Incendio Forestal

Los incendios forestales son eventos de fuego descontrolado que no solo destruyen la flora y fauna de nuestro país, sino que también atentan contra vidas humanas (Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA], 2023). Una definición más precisa refiere a que estos incendios son aquellos fuegos que se dan sobre la vegetación en tierras de producción y/o protección forestal (Manta y León, 2004). Si bien existen causas naturales, según el Ministerio del Ambiente (MINAM), el 98 % de incendios forestales en el Perú son causados por la acción antrópica, principalmente por quemas de rastrojos agrícolas, pastizales y residuos, que se realizan sin control y terminan en incendios de gran magnitud (MINAM,2023).

Como dato adicional se tiene que, existen algunas diferencias cuando se habla de quema y de incendio forestal. Por ejemplo, las quemas, están asociadas a una vegetación agropecuaria y deberían de estar bajo control; por el contrario, los incendios están asociados a una vegetación silvestre, ya sea de bosques u otras coberturas forestales y, además, suele ser un evento descontrolado (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica [OTCA], 2015, citado por Zamora, 2016). Muchos de estos incendios no solo afectan bosques tropicales, sino también, ecosistemas frágiles como páramos y bofedales, que junto con los pajonales forman acuíferos que regulan el abastecimiento de agua en las cabeceras de cuenca (SPDA, 2024). Si bien el factor humano es el principal responsable de estos siniestros, a esto se le suman factores climáticos y/o las características de sitio propicias para propagar el fuego, como son: las altas temperaturas, la falta de lluvias, la dirección y velocidad del viento, las condiciones de estrés de la cobertura vegetal y las pendientes accidentadas características de la zonas alto-andinas (MINAM, 2023).

Por otro lado, el Servicio Nacional y de Fauna Silvestre (SERFOR), señala que los incendios forestales, generan grandes pérdidas, consecuencias gravísimas sobre los recursos naturales, ya que destruyen la vegetación, eliminan tanto la fauna silvestre, como la vida en el suelo, contaminan las aguas y también, dañan el aire atmosférico (SERFOR, 2019).

2. Marco Legal

Existen leyes y reglamentos del Estado Peruano que establecen las normas legales en cuanto a incendios forestales a nivel nacional. En los siguientes párrafos se indicarán algunas de ellas:

2.1. Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763

Sección primera: conceptos, órganos especializados y de supervisión, planificación y zonificación forestal y de fauna silvestre.

“Los recursos forestales comprenden a los bosques naturales, las plantaciones forestales, las tierras cuya capacidad de uso mayor sea forestal y para protección, con o sin cobertura arbórea; y los demás componentes de la flora terrestre y acuática emergente, incluyendo su diversidad genética” (2015, Artículo 5).

2.2. Reglamento para la Gestión Forestal (D.S. N°018-2015-MINAGRI)

En el título II, Institucionalidad Forestal y de Fauna Silvestre, menciona:

“Comités de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (CGFFS), busca promover la ejecución de actividades orientadas a la prevención de enfermedades, incendios forestales y plagas, entre otros” (2015, Artículo 20).

En cuanto al título XXVIII, infracciones y sanciones, se tiene que:

Para infracciones vinculadas a la gestión del patrimonio, se establece como una infracción muy grave, “provocar incendios forestales y realizar la quema de recursos forestales que forman parte del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la nación” (2015, Artículo 207).

La sanción de multa, refiere que, “la infracción muy grave del reglamento se sanciona con multas que van desde 10 hasta 5000 UIT”, es decir hasta 26 millones de soles aproximadamente (2015, Artículo 209).

Estas infracciones y sanciones rigen también para, la gestión de plantaciones forestales y los sistemas agroforestales, así como, para las comunidades nativas y campesinas. En su respectivo reglamento, están mencionadas los artículos antes descritos. (Reglamento para la Gestión de Plantaciones Forestales y Los Sistemas Agroforestales (D.S. N°020-2015-MINAGRI), art. 107 y 109; y Reglamento para la Gestión Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y

Campesinas (D.S. N°021-2015-MINAGRI), art. 137 y 139).

2.3.Código Penal promulgado por Decreto Legislativo N°635

En el título XIII, delitos ambientales, del Código Penal encontramos, el capítulo II, delitos contra los recursos naturales, en donde se establece que: “El que destruye, quema, daña o tala, en todo o en parte, bosques u otras formaciones boscosas, sean naturales o plantaciones, legalmente protegidas. Será sancionado con pena privativa de la libertad no menor de tres años ni mayor de seis años, con prestación de servicios comunitarios de cuarenta a ochenta jornadas” (1991, Artículo 310, modificado en 2015 Por D.L. N°1237. 2015).

Asimismo, el inciso C del mismo artículo, establece como delito agravado si, se comete dentro de tierras de comunidades nativas o campesinas o pueblos indígenas, áreas naturales protegidas (ANP), zonas reservadas, concesiones forestales y áreas de conservación privadas.

2.4.Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario (D.S. N°016-2012AG)

El capítulo VII, pautas para la gestión de los residuos sólidos, se refiere a la gestión de residuos de las actividades agrícolas, recomendando, su reutilización como biocombustibles, forrajes de animales de crianza, aplicación al suelo directo para incrementar su fertilidad, reducir la erosión, mejorar la textura y estructura, entre otros usos más. Sin embargo, está totalmente “prohibido la quema de estos residuos vegetales” de actividades agrícolas. (2012, Artículo 27).

2.5.Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2014-2021 (D.S. N°034-2014-PCM)

Este plan define lineamientos generales que las entidades públicas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) deben seguir de manera obligatoria. Su objetivo es prevenir, reducir y controlar los factores de riesgo de desastres.

3. Incendio Forestal en Junín

En los últimos años la región Junín ha registrado un incremento considerable en la ocurrencia de incendios forestales, llegando a ser una de las regiones más afectadas del Perú por esta problemática ocasionada principalmente por la acción humana (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, [CENEPRED], 2021, p.5). Según información recogida de la Unidad Funcional de Monitoreo Satelital del SERFOR (UFMS), se tiene que, la mayor incidencia de incendios forestales en la región en promedio se presenta en los meses de junio a noviembre, meses que se corresponden en gran parte con la temporada seca de Junín. En la Figura 1 se muestra la gráfica de la incidencia de incendios forestales en la región Junín por mes, del año 2021.

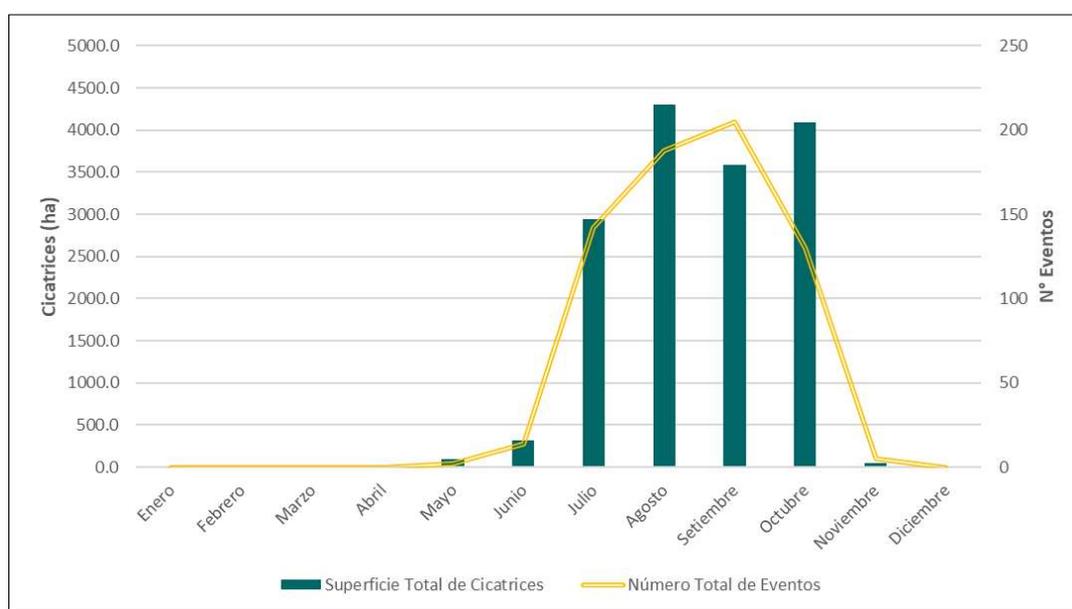


Figura 1. Incidencia de incendios forestales por mes en la región Junín.

Fuente: Informe Técnico de Áreas Afectadas (Cicatrices) de Incendios Forestales en el Departamento de Junín. UFMS del SERFOR (2020).

Por otro lado, la ocurrencia de incendios forestales a nivel regional, para el periodo 2017-2020 afectó a 90 434 hectáreas de cobertura natural, lo que significaría la pérdida de una superficie equivalente a 123 882 campos de fútbol en 4 años o para ser más exactos a la pérdida de 3,5 campos por hora. Siendo la afectación del año 2020 de 49 867,9 hectáreas (SERFOR, 2022), lo que representa el 55% del total de áreas quemadas en este periodo de tiempo de 4 años. Este último dato refleja un drástico incremento⁷ de incendios forestales para el año 2020,

catalogándolo como un año anómalo.

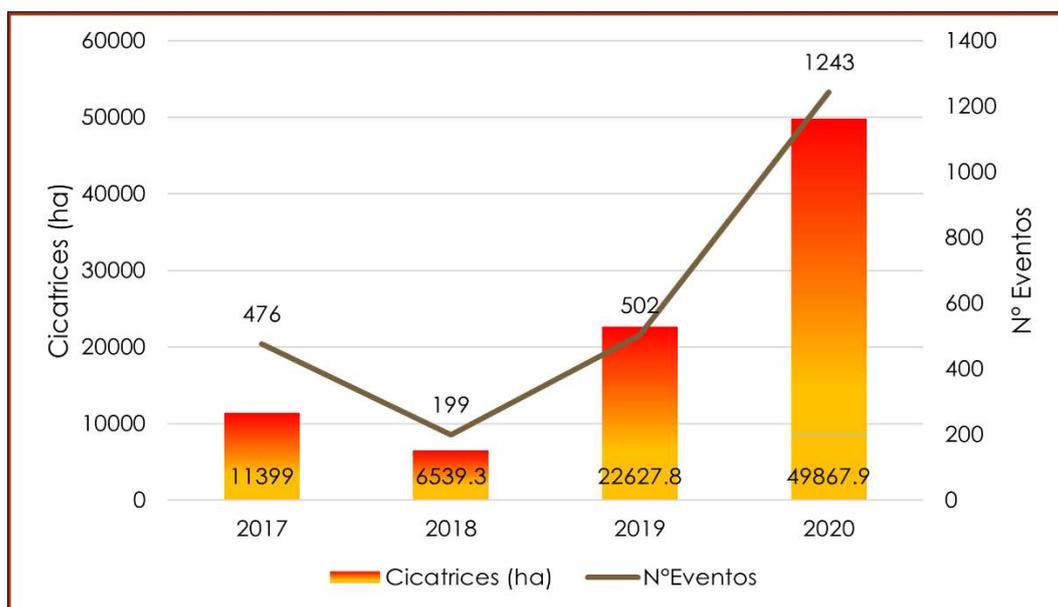


Figura 2. Relación de las áreas afectadas (cicatrices) y eventos por año.

Tabla 1. Cantidad y magnitud de incendios forestales por año en la región Junín.

Año	2017	2018	2019	2020
Superficie (ha)	11 391,25	6 539,31	22 627,82	49 867,87
Eventos (nº)	476	199	502	1 243

Fuente: Informe Técnico de Áreas Afectadas (Cicatrices) de Incendios Forestales en el Departamento de Junín. UFMS del SERFOR (2020).

A este abrupto incremento de incendios se le atribuyen dos factores, el primero es, que existió un retraso en la temporada de lluvias, por ende, hubo un comportamiento negativo en cuanto al contenido de humedad de la vegetación y el segundo factor se debió a la pandemia del COVID-19, ya que debido a la inmovilización social obligatoria la población tuvo que regresar a sus regiones y lugares de origen en donde incrementaron la actividad agrícola. Por consiguiente, estos dos factores posiblemente influyeron en la severidad y prolongación de la temporada de incendios del 2020 (Zubieta, 2023, p.8).

4. Áreas Vulnerables de la Región Junín

4.1. Áreas Naturales Protegidas

Existen áreas terrestres que, por su importancia para la conservación de la biodiversidad y contribución al desarrollo sostenible, están reconocidas, establecidas y protegidas por el Estado. Estas áreas son llamadas, Áreas Naturales Protegidas (ANP) y en el departamento de Junín se encuentran 9: Parque Nacional Otishi, Santuario Nacional Pampa Hermosa, Reserva Nacional de Junín, Santuario Histórico de Chacamarca, Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, Área De Conservación Regional Huaytapallana, Reserva Comunal Asháninca y Machiguenga, Bosque de Protección Pui Pui; Sumando una extensión total de: 664 731,87 hectáreas. (Gobierno Regional de Junín, 2014).

Estas ANP están administradas por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), organismo adscrito al Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), que se encarga de velar por la conservación y gestión del patrimonio natural del país, para mantener los servicios ecosistémicos que brindan a la población. Sin embargo, estas áreas no son ajenas a la amenaza por incendios forestales, es por eso que, el SERNANP tomó la decisión de abordar este tema y comenzó a generar información con la ayuda de expertos internacionales. Es así que, se elaboró y aprobó la Estrategia de Gestión del Riesgo de Incendio Forestal en enero del 2018. Desde la aprobación de dicha estrategia, se establecieron nodos operativos de formación y logística que permiten atender incendios forestales de forma inmediata y con mejor capacidad de respuesta, disminuyendo el riesgo de las áreas más vulnerables. Además de ello, se capacitaron a más de 200 guardaparques bomberos forestales (GBF) con la instrucción de expertos internacionales. Se logró implementar un protocolo de articulación interinstitucional para sumar esfuerzos entre entidades privadas y públicas, como, el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER), Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Gobierno Regional (GORE), Intendencia Nacional de Bomberos del Perú (INBP), Policía Nacional del Perú (PNP), entre otros (SERNANP, s/f).

El protocolo inicia en confirmar o descartar en campo un potencial incendio, alertado preventivamente, por la UFMS del SERFOR, reportándose el hallazgo al coordinador de gestión de riesgos del SERNANP para activarla plataforma de defensa civil. Luego de

confirmar el siniestro, se alerta al personal del nodo operativo y paralelamente se remite la confirmación al SERFOR, para iniciar la identificación de las necesidades de logística y elaboración del plan de acción, con lo que se realizan las acciones de control y finalmente se evalúan las afectaciones (SERNANP, s/f).

4.2. Ecosistemas Frágiles

Los ecosistemas frágiles, son áreas de alto valor de conservación, con una gran diversidad de especies de flora y fauna, que a su vez albergan especies amenazadas y endémicas. Estas áreas son muy importantes para la población local, ya que brindan servicios ecosistémicos fundamentales para la vida. Sin embargo, las comunidades campesinas y nativas que habitan en estos ecosistemas, tienen permitido hacer un aprovechamiento sostenible del recurso forestal y de fauna silvestre (SERFOR, 2021). Por otro lado, debido a sus características tan particulares, estos ecosistemas tienen poca capacidad para volver a su condición original, si es que, son afectadas por un siniestro de naturaleza antropogénica, ya que generaría una profunda alteración en su estructura y composición. Esta condición de fragilidad es inherente al ecosistema y sólo se manifiesta bajo las condiciones de disturbio. (Decreto Supremo N°009-2013-MINAGRI, 2013). En la Ley General del Ambiente N°28611, se menciona que los bofedales, humedales y páramos son ecosistemas frágiles y que las autoridades públicas deben adoptar medidas especiales para su protección. (2005, Artículo 99).

Con el objetivo de proteger estos ecosistemas, SERFOR, identificó 15 ecosistemas naturales en el departamento de Junín, que juntos suman 56 300,62 hectáreas, y los incorporó a la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles. En la mencionada lista se encuentran: los bosques altimontanos de yunga Comas, Cochabambas, Parihuancas, Caña Andamayo, Molinos, Tambillo, Uchubamba, La Promisora, Antami Menkoriityanntsi y Arpayo; los humedales andinos Paca, Pucush Uclo, Yanamarca; el pajonal de puna húmeda Marcapomacocha; y los bosques montanos de Yunga Inchatoshi Kametsha y Sacha Causay (Resolución de Dirección Ejecutiva RDE N°D000121-2021-MIDAGRI-SERFOR-DE, 2021).

5. Prevención ante Riesgos

En cuanto a las políticas públicas para contrarrestar el riesgo de incendios forestales, el SERFOR, ha elaborado el Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales (PPRRIF), en donde se establecen estrategias de planificación y acciones con el objetivo de reducir la ocurrencia de incendios forestales. El resultado esperado de este plan es disminuir la vulnerabilidad de los bosques, tierras de protección y tierras con capacidad de uso mayor forestal, así como también, la de toda la biodiversidad en su conjunto. Para este fin, es necesario implementar acciones de capacitación y sensibilización a la población, en cuanto, al manejo del fuego y sus riesgos. Además, se deben definir los roles y protocolos entre los actores de los tres niveles de gobierno: Nacional, regional y local. (SERFOR, 2018).

En un artículo del diario El Peruano, el MINAM, señala que realiza un monitoreo permanente de las condiciones que originan amenazas y favorecen la ocurrencia de incendios forestales a nivel nacional. Esta información contemplada en reportes técnicos, es entregada una vez al mes a las entidades competentes, como, gobiernos regionales, municipios, Ministerio de Cultura, SERFOR, SERNANP y el COEN, para que puedan implementar las acciones correspondientes en sus respectivas localidades. Además de lo descrito anteriormente, se ha capacitado a más de 250 especialistas de gobiernos regionales y locales en la conservación de los ecosistemas, la planificación y la gestión del riesgo de incendios forestales. (MINAM, 2023).

6. Tecnología geoespacial para la prevención y respuesta ante incendios forestales

El uso de la tecnología satelital en la detección y monitoreo de incendios forestales varía según la etapa en la cual se encuentra el siniestro, éstas pueden ser: Etapa preventiva en donde se espera una detección temprana, etapa de control en donde se hace un monitoreo y seguimiento y la etapa de análisis de la afectación en donde se evalúan las superficies dañadas. Si bien podemos usar la tecnología a nuestro favor en cada etapa antes mencionada, lo estratégico para un organismo o institución estatal encargada de solucionar esta problemática, sería que se usen todos los recursos posibles para la etapa de prevención, ya que esto reduciría significativamente los costos y daños de los recursos, causados por un incendio forestal declarado (SERFOR, 2023).

6.1. Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una combinación de muchos elementos, como: Hardware, software, información geográfica y personal, que permite obtener, almacenar, emplear, analizar y representar la información georreferenciada, cuyo objetivo es el de dar solución o reducir las brechas que existen en cuanto a planificación y gestión. Asimismo, el beneficio que nos brinda el uso de SIG es el de poder manejar la información espacial. Muestra de ellos es que podemos obtener información geográfica en diferentes capas temáticas y almacenarlas independientemente unas de otras. Este proceso permite que el personal profesional pueda generar nuevas capas a partir de la información obtenida. La particularidad que más diferencia a un SIG de otros sistemas son las operaciones de análisis de datos (Sastre, 2010, p.1).

Según, Environmental Systems Research Institute (ESRI), con los SIG se puede ver y comprender mejor las entidades físicas; como, la topografía, tipo de vegetación, cercanía a cuerpos de agua, ubicación con mayor riesgo de incendios, poblaciones vulnerables, tipos de ecosistemas, hábitats, entre otros; todos estos factores influyen tanto en el comportamiento del fuego como en la toma de decisiones por parte de las autoridades para prevenir o dar una respuesta inmediata ante algún incendio forestal (ESRI, s/f).

6.2. Teledetección espacial

La teledetección es el conjunto de instrumentos por el cual se obtiene información geoespacial de manera remota. Sus usos y aplicaciones abarcan cada vez más campos, como la agricultura, oceanografía, labores humanitarias o fuerzas armadas (Kogut, 2021). Otra definición señala que la teledetección es una técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre a partir de sensores instalados en satélites espaciales. La describen también, como un sistema en el que se requiere de tres elementos fundamentales: Foco energético, superficie terrestre y sensor. (Chuvienco, 1990, p.89).

Por otro lado, estos satélites espaciales enviados para fines de teledetección giran alrededor de la Tierra en un intervalo de tiempo establecido, registrando y proporcionando información casi en tiempo real. La información geoespacial obtenida, como, focos de calor o imágenes; no sólo nos permite analizar el estado actual de las superficies, sino, además, sus antecedentes históricos. (Kogut, 2021). Con el procesamiento de esta información, específicamente de imágenes

satelitales se pueden discriminar los tipos y el estado de la vegetación, así como también, el nivel de protección del suelo. Gracias a esta información geoespacial se puede obtener la superficie cultivada o arbolada e incluso identificar las especies vegetales (Aulló 2013).

Por último, esta tecnología satelital se ha convertido en una gran herramienta para determinar la severidad del fuego cuando ocurre un incendio forestal. Ya que cuando un siniestro se da lugar, este, afecta la reflectividad superficial de la materia, al eliminarse parte o toda la vegetación, así como también, por la exposición del suelo, por el cambio del contenido de humedad y por las nuevas cubiertas que emergerán (Key y Benson 2005, citado por RM Llovería, 2015, P.433).

6.3. Monitoreo mediante Focos de Calor

Los focos de calor representan anomalías térmicas, específicamente son puntos calientes localizados en la superficie Terrestre a partir de sensores remotos, los cuales, están ensamblados en plataformas espaciales llamadas satélites. Esta tecnología satelital permite obtener información directamente del fuego activo, que luego es analizada para obtener datos acerca del tiempo y espacio del siniestro (SERFOR, 2023). Un dato importante es que, estos se registran mediante clasificación automática, en base a la temperatura captada por el sensor, que saturan los pixeles de 25°C para imágenes nocturnas y 42°C para imágenes diurnas (ABT 2011 citado de Fuentes, 2017, p.5).

Estos focos no solo detectan incendios, sino que, pueden dar falsas alarmas y algunas omisiones como la extensión y duración del fuego, así como también, de la existencia de focos por la nubosidad del lugar (Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales, Argentina [SIB/APN], 2021).

A estas falsas alarmas o falsos positivos, también se le conocen como errores de comisión, lo que quiere decir que a un pixel se le atribuye una categoría que no le corresponde, por ejemplo, para el caso de incendios, los errores se darían por la detección de:

- Brillo solar.
- Suelo muy caliente.
- Grandes chimeneas.

- Volcanes activos.

Sin embargo, en la actualidad existen sensores como el MODIS, que han mejorado su algoritmo para obtener focos de calor, de tal forma que han reducido a cero las falsas alarmas (Morelli, 2014 citado por Zamora, 2016, p.11). Por su lado, el equipo de la UFMS del SERFOR procesa esta información que proviene de la NASA eliminando los falsos positivos. Asimismo, se realiza una conversión horaria, ya que la hora de toma de datos del satélite está en horario GMT, lo que no corresponde a la hora oficial peruana.

Por otro lado, existen también, los errores de omisión, que son los eventos no detectados por el sensor, que pueden llegar a ser el 30% del total, de acuerdo al INPE (CPTEC(a) 2014, citado por Zamora, 2016, p.11) y por las validaciones por IBAMA. Algunos de estos errores se pueden deber a:

- El frente de fuego es menor a 30m.
- El fuego no alcanza las copas de los árboles.
- Existe alta nubosidad.
- Quemadas de corta duración ocurridas entre las tomas de imagen.
- La imagen de satélite no cubrió la zona.
- El fuego está en una ladera de la montaña cuando el satélite miraba hacia otro lado.
- El evento está en el área de distorsión de la imagen por lo que es posible que no se ubique el evento en el radio de búsqueda en campo.

En cuanto a la representación de un incendio declarado por medio de los focos de calor en una plataforma digital, se tiene que, uno o más focos pueden indicar que ocurre algún siniestro, ya que la cantidad de ellos se puede deber a las características de tamaño y duración de un incendio forestal. Dicho de otra manera, los focos que se mantienen activos en un área y tiempo determinado son considerados como parte de un mismo evento. A partir de este producto es posible analizar la frecuencia de incendios de gran tamaño y duración a escalas regionales e incluso globales. (Di Bella et al,2008, p.4.).

Finalmente, el gran beneficio que podemos obtener de la adquisición de los focos de calor es

que se pueden trabajar con diferentes capas cartográficas como, tipos de vegetación, condiciones climáticas, tipos de uso de suelo, características topográficas, entre otras; para así, analizar cuáles serían los factores que influyen la ocurrencia y el comportamiento de los incendios (Di Bella et al. 2006; citado de Di Bella et al,2008, p.4).

6.4. Efectividad de focos de calor

En base a la validación en campo de los focos de calor de un monitoreo de quemas en el departamento de Pando del país de Bolivia, se tuvo como resultado una efectividad del 89%, un de error de omisión del 8% y 3% de error de comisión. Cabe señalar que este departamento se caracteriza por tener una selva de bajo relieve y amplias llanuras. Además, se obtuvo una sobreestimación sobre todo en áreas que son quemadas repetidamente pero que en la fecha de la imagen satelital no se registraban (Fuentes, 2017, p.5).

Según, el “Estudio metodológico para el monitoreo de alertas tempranas de deforestación basado en focos de calor en la amazonia peruana”, del año 2016, existen errores por falsa detección, debido a fuentes de calor industriales, como, por ejemplo, siderúrgicas. Para la región Junín se tuvo otra fuente de error como el registro de varios focos de calor en la misma zona a lo largo de los años, además, la zona presentaba muchas cicatrices de temporadas o eventos pasados. En una tabla de focos de calor registrados para Junín, se muestra un acierto o efectividad, en base al análisis de cicatrices del lugar, del 60% y un error del 40%, perteneciendo la mayor cantidad de errores a áreas urbanas. Además, se hizo una validación en campo de focos de calor, en un tramo de la carretera interoceánica de Cuzco a Puerto Maldonado en la región Madre de Dios, en donde, solo se tuvo un acierto del 50 % en zona de sierra, el otro 50% se debió a errores por omisión, sumado a ello se presentó gran dificultad para obtener una imagen Landsat por la alta nubosidad en la zona. (Zamora, 2016, p.76).

Como dato adicional se obtuvo un acierto de 87% para selva alta con un error del 15.3%. Este aumento de errores sobre todo por omisión, se debe a la topografía y la nubosidad de ciertas zonas. Ya que, al tener alto relieve, se puede dar el caso de que, el incendio este ocurriendo de un lado de la ladera y el satélite al pasar, capte hacia el otro ángulo, sin oportunidad de registrar dicho evento. También, se tiene que los focos que caen sobre alta nubosidad son descartados, debido a que no se puede hacer una validación con imágenes. (Zamora, 2016, p.100).

6.5. Interpretación de Imágenes satelitales

La interpretación de las imágenes satelitales o fotointerpretación se puede realizar por análisis visual o también, por análisis digital. Sin embargo, la interpretación visual es la que se ha usado desde hace mucho tiempo, inclusive hoy en día, pese a los nuevos métodos digitales, se sigue manteniendo. Las técnicas de interpretación visual, sirven para analizar cualitativamente patrones espectrales, discriminando tonalidades, texturas, formas entre otras características (Lillesand y Kiefer, 1994). Otra referencia señala que el análisis visual es uno de los métodos más simples y efectivos para cartografiar áreas quemadas, especialmente cuando se emplean composiciones de color adecuadas. Su precisión inclusive es mayor que la de métodos digitales automáticos, debido a la gran capacidad de reconocimiento de patrones del cerebro humano (Hudak y Brockett 2004).

6.6. Criterios visuales para la fotointerpretación

Los criterios visuales para la fotointerpretación permiten discriminar categorías con un comportamiento espectral similar, que en la realidad representan diferentes elementos. Entre los principales criterios tenemos (Chuvieco, 1990, p.156):

- Tono: Este es uno de los principales criterios ya que el tono registra la intensidad de energía recibida por el sensor y se conoce que cada cubierta de usos de la tierra tiene un determinado comportamiento espectral.
- Color: El color es un elemento básico en la interpretación, ya que la información que percibimos por nuestro sentido se debe a la reflectividad selectiva de los objetos a distintas longitudes de onda.
- Textura: Este criterio tiene que ver con la aparente suavidad o rugosidad de determinadas áreas de la imagen y es fruto de la relación entre el tamaño de los objetos representados en la imagen y la resolución espacial del sistema sensor.
- Forma: La forma es una de los principales criterios para la interpretación visual. Las características del límite de un objeto, junto con el tamaño o también su forma geográfica permiten que muchos objetos sean reconocidos.
- Situación espacial: El contexto o situación espacial es imposible de trabajar por técnicas digitales, ya que su discriminación se basa en el conocimiento geográfico del área de

estudio, esto permite afinar los resultados de cualquier tipo de interpretación.

- Periodo de adquisición: La observación sistemática de la superficie terrestre es una de las principales ventajas de la teledetección, ya que permite detectar cambios en la cobertura entre dos fechas de referencia.

6.7. Evaluación de las áreas quemadas utilizando imágenes satelitales

Una de las imágenes satelitales utilizadas para el monitoreo de incendios forestales, son las Sentinel 2, ya que son de libre disponibilidad y de fácil descarga en la web. Estas, tienen una resolución temporal y espacial de, 5 días y 10 metros respectivamente, lo que las hace adecuadas para el estudio de la afectación por incendios forestales. La combinación de bandas que se utiliza para este fin es, 12-8-4, con una alta reflectividad en la banda infrarrojo y mayor sensibilidad al suelo quemado, además representa de forma clara caminos y masas de agua (Liza, 2021). Como dato adicional se tiene que, el infrarrojo medio, presenta mayor capacidad para identificar áreas quemadas, que el visible y es mucho menos sensible a alteraciones atmosféricas (López García y Caselles, 1991 citado en Liza, 2021).

Se tienen dos opciones de descargas para estas imágenes, ya orto-rectificadas, las Sentinel 1C y las Sentinel 2A. Sin embargo, se recomiendan estas últimas, ya que están corregidas



Figura 3. Diferencia entre imágenes Sentinel 2, nivel 1C y 2A.

Fuente: Recuperado de GISandBeers (2019).

atmosféricamente, dando como resultado imágenes más nítidas, con mayor brillo, contraste y, además, sin presencia de esa capa blanquecina que tienen las 1C, producida, debido a que, tienen niveles de reflectancia por encima de la atmósfera (TOA), a diferencia de las 2A que las tienen por debajo (BOA) (GISandBeers, 2019). En la figura 3 se muestran las diferencias entre ambos niveles, 1C y 2A.

6.8. Cartografía de áreas quemadas

Las áreas afectadas por incendios forestales se pueden identificar mediante las diferencias en las firmas espectrales de la vegetación quemada y la no quemada. Estas diferencias se deben a:

- Disminución de la fotosíntesis: Al eliminar la vegetación o parte de ella existe una menor capacidad para fotosintetizar en el lugar, lo que modifica la reflectancia selectiva.
- Cambio en su estructura: La estructura de la vegetación cambia después de un incendio, lo que afecta la forma en que refleja el infrarrojo cercano.
- Pérdida del contenido hídrico: La vegetación pierde agua lo que se traduce en una menor emisión de energía en el infrarrojo medio.
- Acumulación de cenizas y carbón: Al acumularse en la superficie tienen una firma espectral particular en el espectro visible e infrarrojo medio.

En resumen, estos cambios en la cobertura se manifiestan mediante un leve aumento de la energía reflejada en el espectro visible, una disminución en la región del infrarrojo cercano, y un comportamiento variable en el infrarrojo medio (White et al, 1996).

La elaboración de productos y cartografías de áreas quemadas, es muy importante ya que se genera información de la superficie total quemada, cantidad de incendios, patrones espaciales y dinámicas temporales asociadas al tipo de vegetación afectado e inclusive a los niveles de daño que ocasionaron estas perturbaciones (Di Bella et al, 2008, p.5).

6.9. Cicatriz de Incendio Forestal

La cicatriz de incendio es la huella que deja el siniestro en la superficie del terreno, luego de la combustión de la vegetación. Esta huella se puede identificar y delimitar en imágenes satelitales (Rivera-Lombardi, 2005), otra definición, refiere que las cicatrices de quema, son el rastro dejado por el fuego sobre una superficie que ha sido dañada por este, lo que permite cuantificar el área que sufrió la afectación (Di Bella et al., 2008).

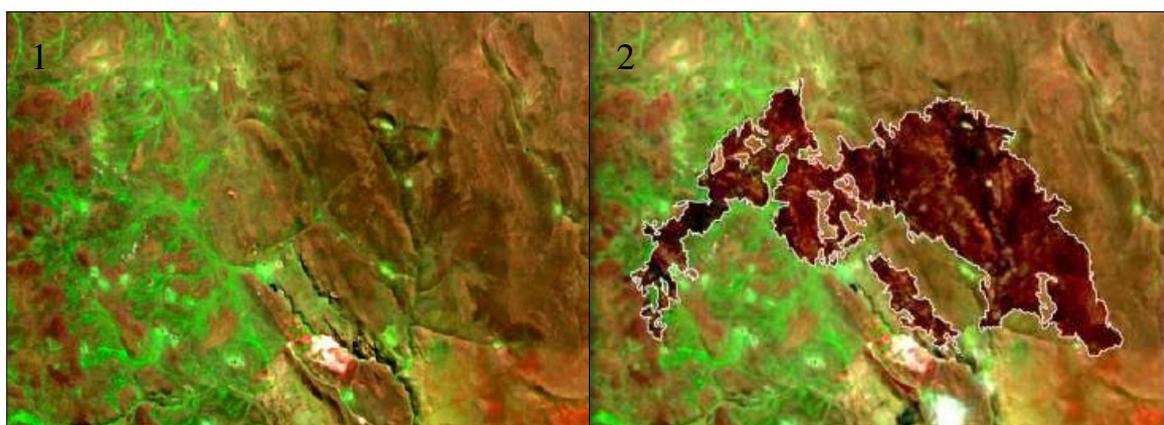


Figura 4. *Antes del Incendio (1) y después (2) Cicatriz de Incendio Forestal.*

Fuente: Elaboración propia en base a la información proporcionada por la UFMS (2021).

Por otro lado, es difícil, diferenciar una cicatriz de una quema agrícola y la de un incendio forestal, si es que no se tiene información acerca del contexto en el que se desarrollan (Superintendencia Forestal, 2003, citado por Fuentes, 2014). El fuego provoca una alteración en la superficie terrestre por la acumulación de cenizas y carbón, además de la eliminación total o parcial de la vegetación (França, 2004, citado por Cardona, 2007). Esta alteración se detecta en la imagen satelital a través de un cambio en la respuesta espectral de la superficie terrestre, lo que origina un cambio de color en la imagen.

6.10. Mapas de calor

Los mapas de calor o también llamados mapas de densidad, muestran agrupaciones geográficas de un fenómeno, mediante la acumulación o concentraciones de puntos. Desde un punto de vista técnico es una visualización de la concentración de las áreas de influencia de cada punto en un lugar determinado. El mapa es de fácil lectura ya que se representa mediante una gradiente de colores donde el rojo representa temperaturas altas y los colores más fríos temperaturas bajas, con esto se puede obtener información acerca de áreas críticas o de mayor vulnerabilidad

(Dempsey C, 2012 and Yeap and Uy, 2014 citados por Nétek et al, 2018, p.2.).

Una ventaja de los mapas de calor es que son atractivos para el usuario ya que se representan usando diferentes patrones de color, lo que nos permite observar la información con más granularidad, es decir con una visión general de los datos, mucho más entendible. (Hamsini Sukumar, s/f).

Los mapas de calor muestran la densidad de puntos en un área. Se forman creando un buffer de distancia alrededor de cada punto en un conjunto de datos. Una vez que se ha elegido la distancia del radio, los círculos se colocan en el mapa; la trama muestra el número de círculos superpuestos en cada celda. Los aumentos en el número de superposiciones de círculos devuelven una mayor densidad y colorean el mapa en consecuencia (DeBoer, 2015, p.2.).

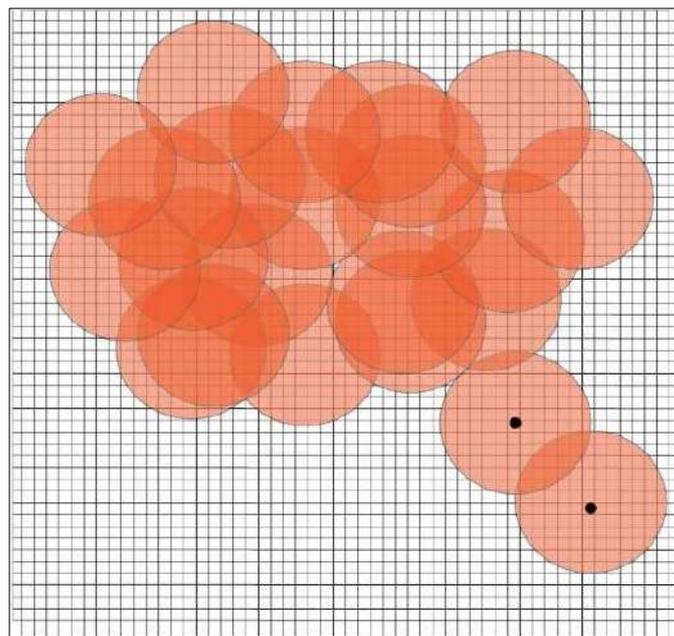


Figura 5. Superposición de áreas de influencia (Buffers) dentro del mapa de calor.

Fuente: Recuperado de Understanding the heat map (2015).

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

1. ÁMBITO DE ESTUDIO

1.1. Ubicación Geográfica

El ámbito de estudio abarca todo el departamento de Junín, con una extensión aproximada de 4 419 700 ha, lo que representa el 3,4% del territorio peruano. Este departamento se encuentra en la zona central de los andes peruanos y abarca la región sierra con 2 082 100 ha, donde se ubican los valles del Mantaro y del Canipaco, la cordillera del Huaytapallana, la meseta del Bombón, las lagunas de Paca y Marcapomacocha y el lago Junín o Chinchaycocha; y la región ceja de selva y selva, con 2 350 800 ha en las que se ubican los valles de Chanchamayo, Ene, Perené y Tambo (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa [SINEACE], 2020, p.3).

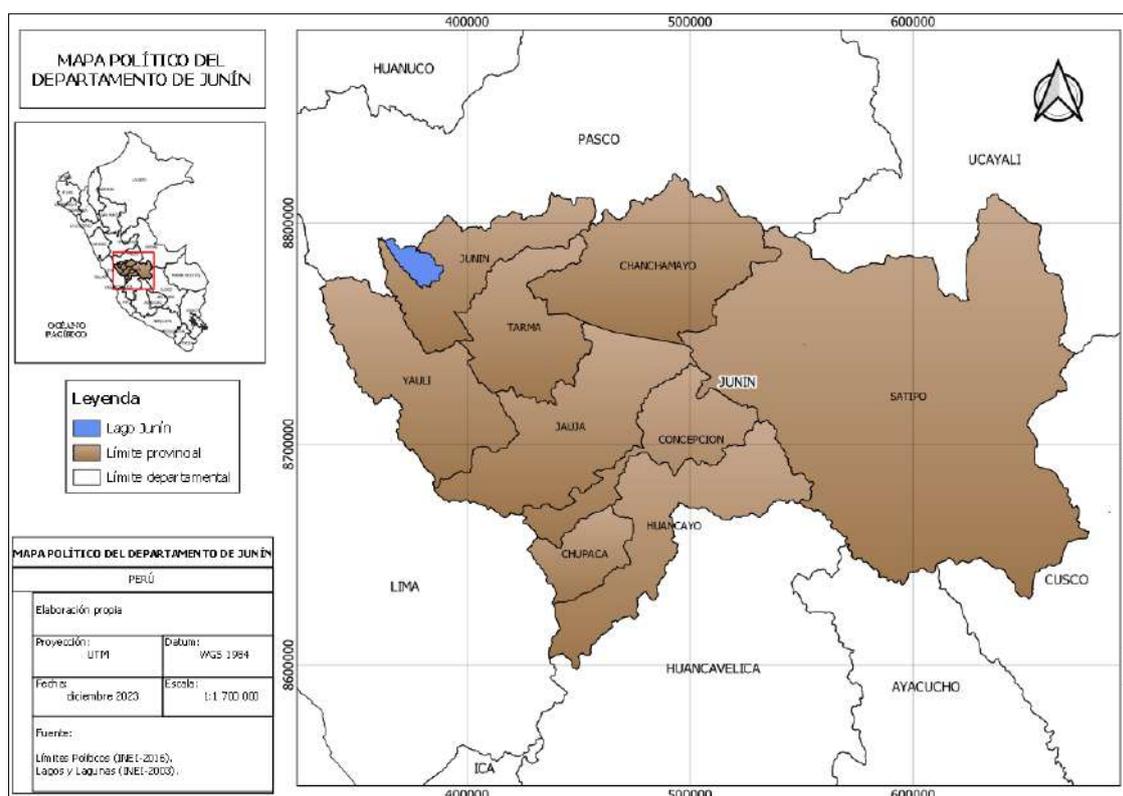


Figura 6. Mapa Político del Departamento de Junín.

Fuente: Elaboración propia en base a la información cartográfica del INEI (2016).

Por otro lado, la altitud oscila entre los 360 y 5 000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), siendo el de menor altitud el distrito de Río Tambo, en la provincia de Satipo, ubicándose a 362 m.s.n.m. y el de mayor altitud el distrito de Morococha, en la provincia de Yauli, con 4 525 m.s.n.m. (SINEACE, 2020, p.3).

1.2. Aspectos Biofísicos

El de paisaje en Junín comprende: El montañoso 69%, relieve colinoso 17% y las planicies 12%. Respecto a la cobertura vegetal (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [CENEPRED], 2021), se identificaron 29 tipos de coberturas, dentro de las principales coberturas están, los bosques que ocupan un 41% de la superficie del departamento definiendo a la región con vocación forestal, seguido de herbazales con un 34%, presentes en su mayoría en zonas andinas e interandinas y en tercer lugar la superficie más extensa está representada por zonas con intervención antrópica 19% (MINAM, 2015).

1.3. Flora

Se han identificado 612 especies de plantas, distribuidas en 112 familias, siendo las familias más representativas: Asteracea con un 23%, las fabáceas con 8%, Rosacea con 6% y Solanácea 4%, el resto de familias tiene abundancias inferiores al 3%. (GORE Junín 2014).

1.4. Hidrografía

Al estar atravesado por las cordilleras Central y Occidental tiene como resultado un relieve muy accidentado, que dan origen a 4 grandes cuencas: Tambo, Perené, Ene y Mantaro, (Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa [SINEACE], 2020, p.3).

1.5. Clima

En Junín, los veranos son cortos, frescos, áridos y nublados y los inviernos son cortos, muy frío, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -1 °C a 14 °C y rara vez baja a menos de -3 °C o sube a más de 16 °C. La temporada templada dura 2,7 meses, del 10 de setiembre al 2 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 14 °C.

En cuanto a la temporada de mayor precipitación, se tiene que empieza el 2 de diciembre y

termina el 5 de abril, teniendo una duración aproximada de 4 meses. Asimismo, el mes con más días de lluvia es, febrero con 10,4 milímetros. Por otro lado, la temporada más seca dura casi 8 meses, del 5 de abril al 2 de diciembre. Siendo agosto con 0,3 mm, el mes con menos días de lluvia. (Weather Spark, s/f).

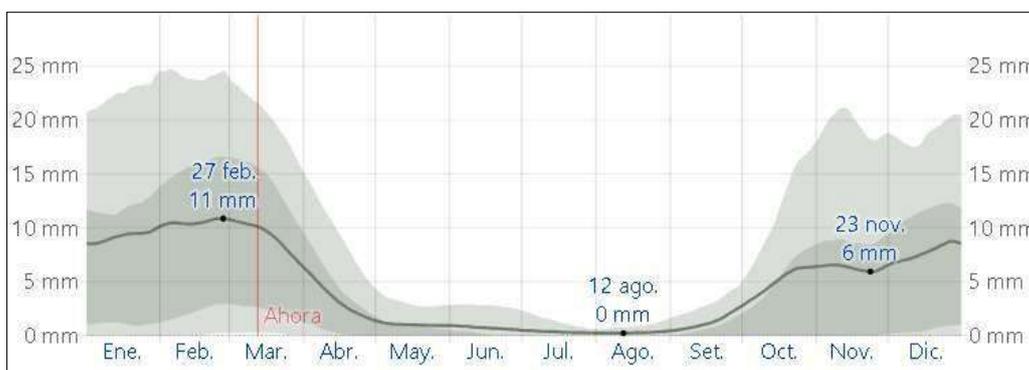


Figura 7. Gráfica de precipitación de la Región Junín.

Tabla 2. Precipitación mensual promedio de la Región Junín.

Lluvia (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	9,3	10,4	9,7	3,2	1,0	0,7	0,3	0,3	1,0	5,2	6,3	7,7

Fuente: Información recuperada de Weather Spark (s/f).

El viento depende en gran medida de la topografía del lugar; la parte del año con mayor viento, es del 16 de julio al 25 de octubre, con velocidades promedio de más de 8,8 kilómetros por hora con una duración de más de 3 meses, siendo agosto el mes de mayor velocidad, con una velocidad promedio de 9,7 kilómetros por hora. Por el contrario, el tiempo con menor velocidad de viento del año empieza el 25 de octubre y termina el 16 de julio, teniendo una duración aproximada de 8 meses y medio, siendo mayo el mes de menos viento, con una velocidad promedio de 7,7 kilómetros por hora. (Weather Spark, s/f).

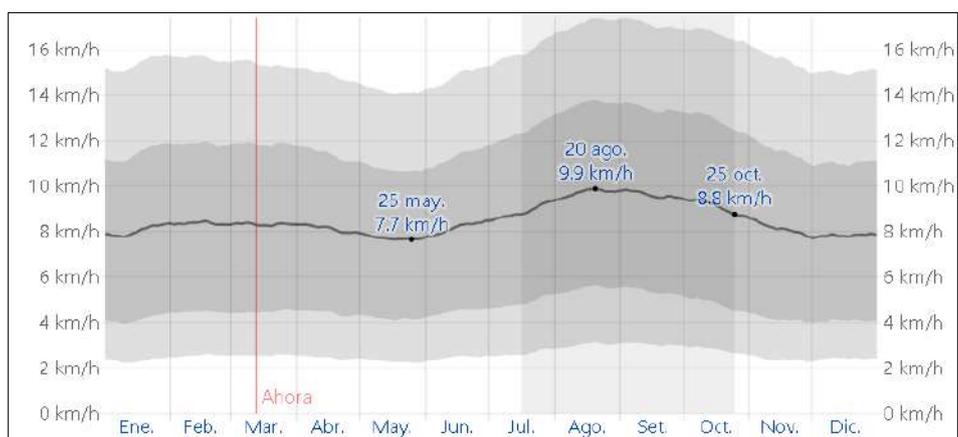


Figura 8. Gráfica de velocidad del viento de la Región Junín.

Tabla 3. Velocidad promedio mensual de vientos de la Región Junín.

Velocidad (kph)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
	8,0	8,4	8,3	8,1	7,7	8,2	8,9	9,7	9,6	9,1	8,1	7,8

Fuente: Información recuperada de Weather Spark (s/f).

La nubosidad varía bastante en el transcurso del año. El rango de tiempo más despejado comienza el 28 de abril y termina el 24 de setiembre, aproximadamente, teniendo una duración de 4,9 meses.

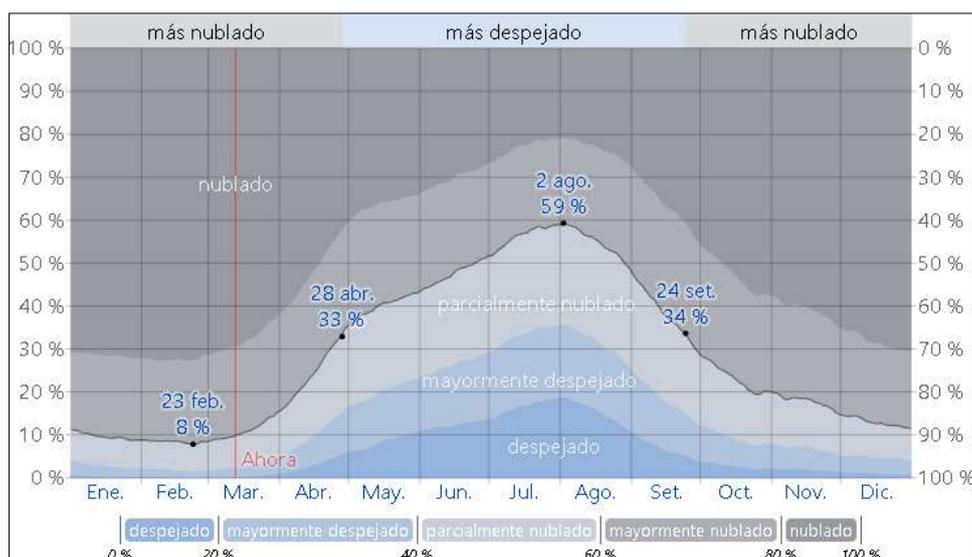


Figura 9. Gráfica de nubosidad mensual de la Región Junín.

Tabla 4. Porcentaje del día con mayor nubosidad de la Región Junín.

Nubosidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
(%)	90	92	89	75	60	52	44	45	62	77	82	87

Fuente: Información recuperada de Weather Spark (s/f).

Por el contrario, la parte más nublada del año comienza el 24 de setiembre y se termina el 28 de abril aproximadamente; teniendo una duración 7 meses. Siendo febrero el mes más nublado del año, durante el cual, el cielo está nublado o mayormente nublado el 92 % del tiempo en promedio. (Weather Spark, s/f).

1.6. Zonas de Vida

Actualmente se han determinado 23 zonas de vida, lo cual representa el 27,4% de zonas de vida presentes a nivel nacional, siendo el bosque húmedo - Premontano Tropical (bh-PT), que representa el 27.9% de la superficie a nivel regional. Además, esta zona de vida comprende la parte selva de Junín, en donde predominan las terrazas medias y altas de los ríos Ene, Perene y Tambo. Otras zonas que podemos encontrar son: El bosque de montaña alto andina, herbazal erguido húmedo de planicie aluvial, matorral en zona de montañas, bosque primario de selva, bofedales y herbazal rastrero con predominancia de pastos de género *Distichia* sp. (GORE Junín, 2014).

1.7. Aspectos Socioeconómicos

La población total del departamento de Junín es de 1 246 038 habitantes, donde 608 932 son hombres y 637 106 mujeres, el 71% de la población pertenece al área urbana y el 29% so del área rural. Asimismo, el 85,4% de las viviendas disponen de alumbrado eléctrico conectado a la red pública y, por el contrario, el 14,6% restante aún carece de este servicio. Además, sólo el 80,9% de estas, cuentan con servicio de agua potable (INEI, 2018).

1.8. Sector Agropecuario

Al año 2017 el departamento de Junín, representó el 9% de la producción agropecuaria nacional. Esta actividad es una de las principales fuentes de trabajo de la región, ya que la mano de obra representa el 39% de la Población Económicamente Activa (PEA) de Junín.

En la zona andina destaca la producción de papa, maíz, zanahoria, arveja, haba, cebolla serrana, olluco, alcachofa, quinua y maca; y la zona ceja de selva y selva, en las provincias de Chanchamayo y Satipo, destaca la producción de piña, naranja, tangelo, plátano, yuca y tangerina para consumo interno; y café, cacao, maíz amarillo duro y kion. En cuanto a la contribución al Valor Bruto de la Producción (VBP) agropecuario de la región, al término de 2017, destacan café con el 22%, papa con 10%, piña con 8 %, naranja 7%, cacao 7%, carne de vacuno 4%, plátano 4% y carne de ave 3%. (Según el Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], 2000).

2. NATURALEZA DEL PROBLEMA

En los últimos años la región Junín ha registrado un incremento considerable en la ocurrencia de incendios forestales, llegando a ser una de las regiones más afectadas por esta problemática ocasionada por la acción humana (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres, [CENEPRED], 2021, p.5), trayendo como consecuencia pérdidas de cobertura natural, de flora y fauna, de bienes materiales y hasta de vidas humanas (CENEPRED, 2021, p.5).

Por este motivo se formuló el proyecto: “Prevención y Respuesta a Incendios Forestales en Bosques Tropicales y Plantaciones Forestales en Perú”, financiado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), dándose inicio en el año 2021. Siendo su objetivo fundamental el de fortalecer el sistema de monitoreo satelital con el que ya contaba la Unidad Funcional de Monitoreo Satelital (UFMS) del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Para este fin, se contrató un equipo de especialistas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección, el cual, tuvo muy buenos resultados y una gran aceptación por parte de las autoridades involucradas y por la misma directora de la OIMT, Dr. Sheam Satkuru.

Es así que, para desarrollar el trabajo realizado en este servicio profesional y plasmarlo en este documento, este, se dividirá en dos capítulos. Cabe mencionar, que estos capítulos corresponderán a cada una de las 2 etapas trabajadas e identificadas de un incendio forestal para el departamento de Junín (Figura 10).

- Capítulo 1: Etapa Preventiva, esta, se considera antes del incendio forestal y es la etapa en donde se genera información y documentos para la prevención y alerta.
- Capítulo 2: Etapa de Análisis de la Afectación, esta etapa es posterior al incendio forestal y es en donde se genera información y documentos para el análisis de la afectación.



Figura 10. *Productos esenciales para la toma de decisiones.*

3. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. CAPÍTULO 1: ETAPA PREVENTIVA

En esta etapa de prevención de incendios forestales se trabajó en el monitoreo y análisis constante de los focos de calor. Estos focos se registraban y almacenaban en el servidor de la UFMS del SERFOR y a la vez se mostraban en el visor web GEOSERFOR (enlace: <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>).



Figura 11. *Focos de calor en el Visor GEOSERFOR.*

Esta información geoespacial era brindada por la UFMS del SERFOR, quienes trabajaban con las siguientes plataformas satelitales: Terra y Aqua, con su sensor MODIS y Suomi-NPP, cuyo sensor es VIIRS. Estos instrumentos satelitales registran y envían la información nueva dos veces al día. A continuación, se presentan las características de los satélites mencionados.

Tabla 5. *Satélites usados para el registro de focos de calor.*

Satélite	Sensor	Resolución Espacial	Resolución Temporal
Terra	MODIS	1000 m	12 horas aprox.
Aqua		1000 m	12 horas aprox.
Suomi-NPP	VIIRS	375 m	12 horas aprox.

Fuente: Información recuperada de la UFMS del SERFOR (2021).

Antes del monitoreo y análisis de estos focos de calor se procedía a distribuir la información geoespacial a las diferentes autoridades y actores de interés, inmersos en esta problemática. Esto se describirá en los siguientes subcapítulos:

3.1.1. Reportes de Focos de Calor

Los reportes de focos de calor contienen información cartográfica en donde se muestran mapas a nivel regional y se puede interactuar con un aplicativo web en el que se obtiene mayor información acerca de la ubicación de los focos de calor ya sea a nivel provincial, distrital, por cobertura forestal, comunidades, ANP, etc. Estos reportes se generan automáticamente en el servidor del SERFOR y se presentan en formato PDF. A continuación, en la figura 12, se presenta el flujograma de la metodología.

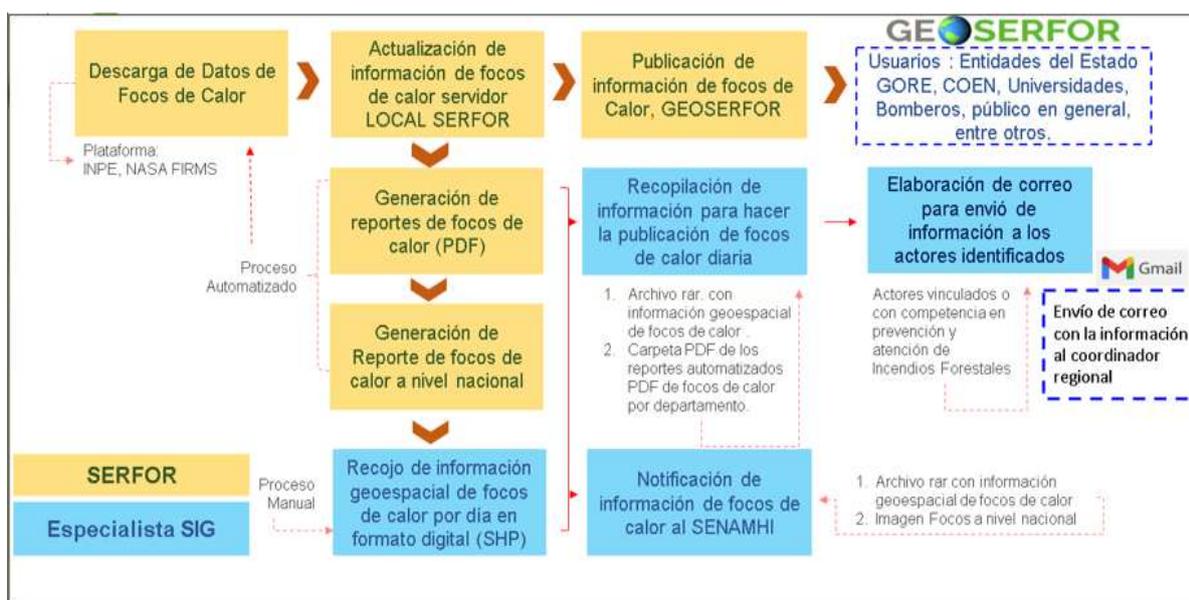


Figura 12. Flujograma de la metodología de reportes de calor.

El trabajo realizado fue el de distribuir esta información diariamente junto con el archivo cartográfico en formato shapefile (SHP) de los focos de calor de incendio forestal, actualizado a la fecha, además, se adjuntaban los enlaces para de las diferentes plataformas digitales para el análisis de la información, como, el aplicativo web del SERFOR, plataforma web SNIFFS y del visor GEOSERFOR. Esta información se enviaba a los correos electrónicos de las autoridades y en general de los actores de interés a nivel Nacional vinculados al monitoreo de

incendios forestales, así mismo, el archivo SHP con el reporte de focos de calor se enviaba también, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

En la figura 13, se muestra un modelo de reporte de focos de calor de la Región Junín, en donde, se indican los elementos que lo conforman: 1. Mapa de densidad de focos de calor por provincia, 2. Cantidad de focos de calor por rango de tiempo (últimas 6 horas, día actual y acumulado de 24 horas) y 3. Gráfico de barras de la cantidad de focos de calor por categoría territorial (Comunidades campesinas, nativas, Concesión forestal, reserva territorial, zona de amortiguamiento, ANP, etc).

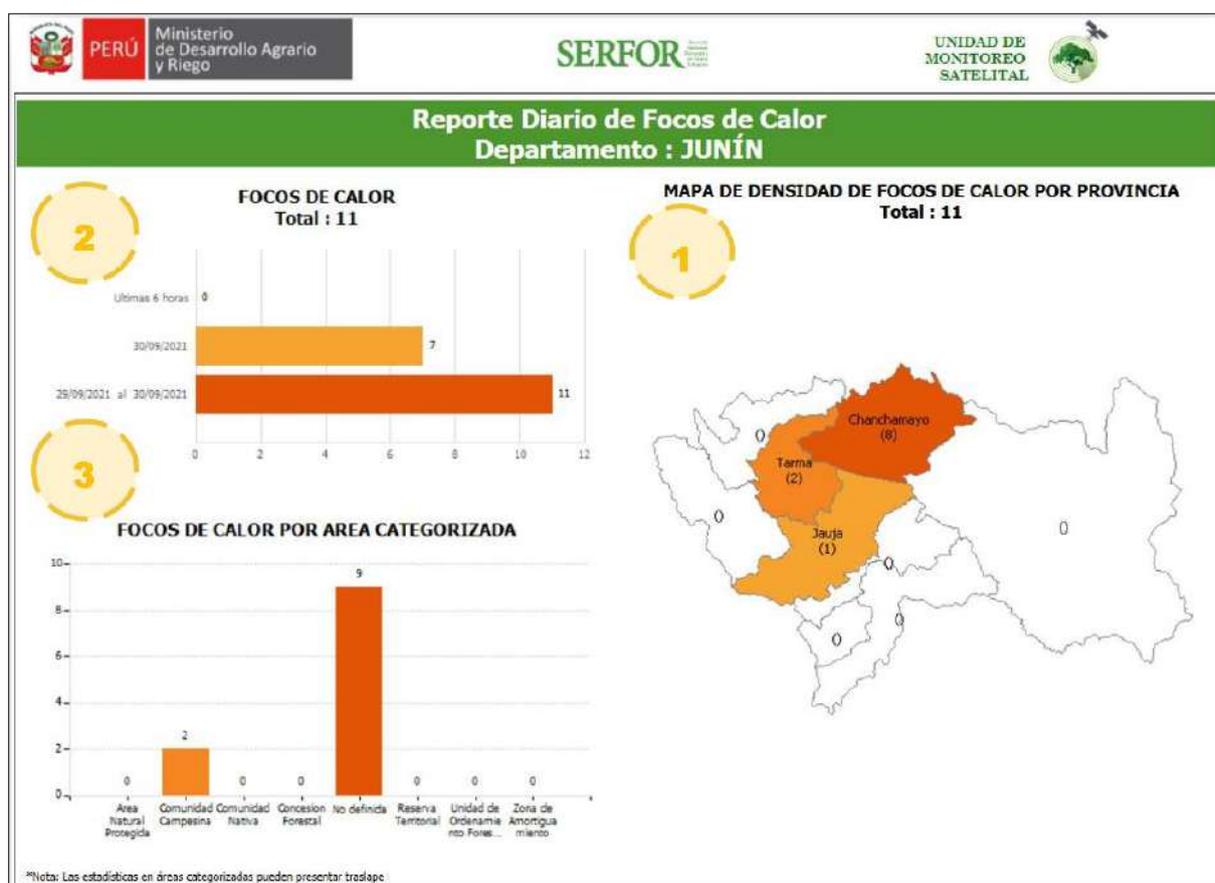


Figura 13. Modelo de reporte de focos de calor para la Región Junín.

Este reporte de focos de calor en formato PDF, se adjuntaba diariamente junto con el link del visor web GEOSERFOR, junto con el del aplicativo web del SERFOR: <http://appweb.serfor.gob.pe/FocosCalor/Default.aspx>, en donde se puede interactuar con esta información geoespacial en cualquier momento del día. En esta plataforma la información obtenida dependerá del interés del usuario, por ejemplo, si es que un usuario está interesado en

tener información acerca de los focos de calor de incendio forestal presentados en la provincia de Jauja lo primero que tiene que hacer es dar clic dentro de la interfaz en el departamento de Junín, luego hacer lo mismo para la provincia elegida y así el siguiente mapa mostrará los focos registrados en los distritos pertenecientes a esa provincia.

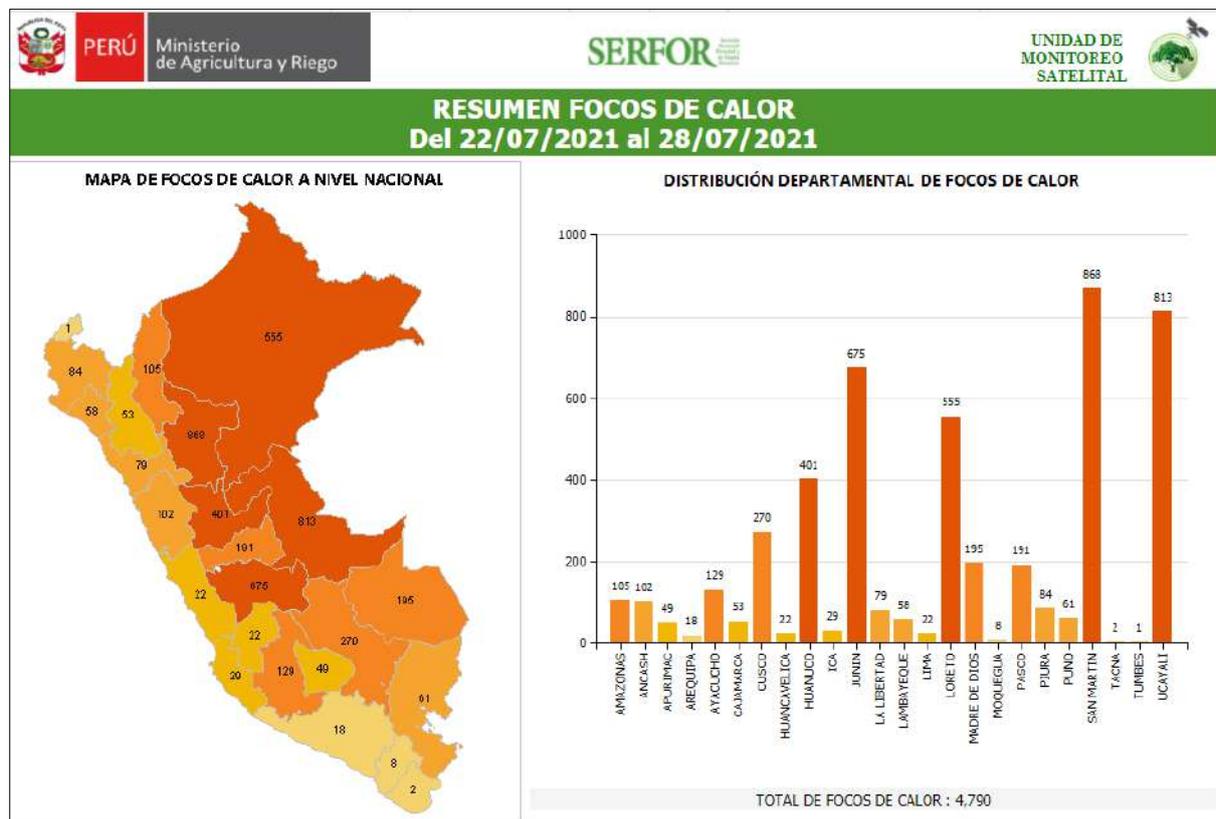


Figura 14. Interfaz inicial del aplicativo web del SERFOR.

Un gran problema en cuanto a los reportes de focos de calor fue, el del entendimiento de la información presentada en PDF y del manejo de las plataformas web del SERFOR, para la visualización y análisis de los datos diarios, tanto para los funcionarios públicos, como, para los pobladores miembros de comunidades campesinas y nativas. Por tal motivo se realizaron los siguientes talleres.

A.Talleres de Capacitación. Se realizaron varios talleres de capacitación en la región Junín, llamados: “Tecnología satelital como herramienta indispensable para la prevención y respuesta de Incendios Forestales”. En estos talleres se enseñaba desde lo más básico, empezando por la teoría, como, definiciones, tiempo de recojo de información, elementos que componen los reportes de focos de calor de incendio forestal y finalizando en la parte más complicada para

los usuarios, como el manejo adecuado de la plataforma digital del SERFOR.

3.1.2. Alertas de Incendio Forestal

Las alertas de incendio forestal se generan en la etapa preventiva, como su mismo nombre ya lo dice, el objetivo en esta etapa es el de prevenir un siniestro que luego no se pueda controlar. Asimismo, el costo de asignar la mayor cantidad de recursos en esta etapa no se compara en lo más mínimo al costo de un incendio real ya declarado.

Estas alertas se trabajaron con el software ARCGIS 10.5, cuya licencia pertenece a la UFMS del SERFOR. Estas se emiten dos veces al día, después de haber monitoreado y analizado los focos de calor de incendio forestal a las 8:00 y a las 17:00 horas, durante todos los días del año.

Este análisis se realiza en base a criterios previamente establecidos por la UFMS, como, por ejemplo: Distribución, cantidad, ubicación de focos y cobertura afectada. Estos criterios nos permitirán identificar a estos focos como potenciales incendios forestales activos, los que finalmente, se emitirán como alertas de incendio forestal en la plataforma web de libre acceso del GEOSERFOR (enlace: <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>). Cabe señalar que estas alertas son posibles incendios forestales que tendrán que ser confirmados por la autoridad en campo para poder declararlos como un incendio real. A continuación, se presenta el flujograma de trabajo para este proceso y se detallará en las siguientes páginas del documento.

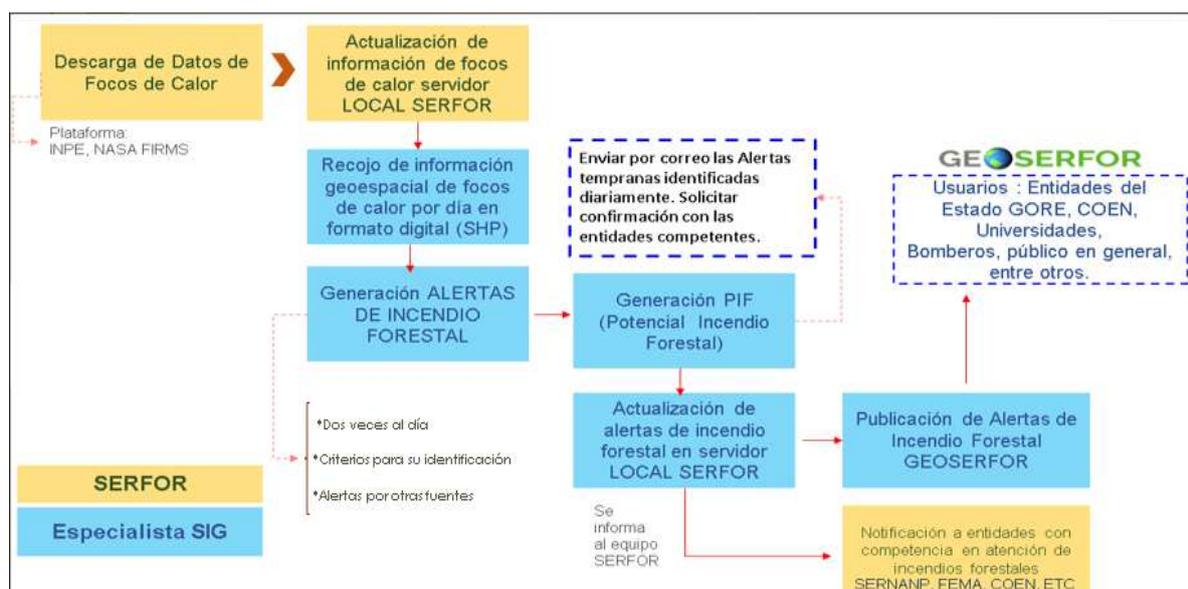


Figura 15. *Flujograma de la metodología de generación de alertas.*

1. Identificación de Alertas de Incendio Forestal

Para identificar las alertas de incendio forestal, se siguieron 3 criterios establecidos por la UFMS del SERFOR. A continuación, se detallan los criterios según la UFMS del SERFOR:

1er Criterio: Se trata de la distribución de los focos de calor en racimo, se refiere a la cantidad de focos o la aglomeración de estos en una extensión relativamente pequeña de superficie, esto se da por lo general en zonas donde el fuego es intenso o hay una concentración de calor considerable como en el caso de volcanes. En la Figura 16, imagen del lado izquierdo, se pueden observar los focos de calor, simbolizados con puntos de color amarillo, en una distribución en forma de racimo. Estos, podrían apreciarse en dos colores: algunos en rojo, correspondientes al día y otros de amarillo, que serían del día anterior. En la misma figura, imagen derecha, se observan los focos ya alertados debido a su distribución y, además, porque se encuentran en cobertura forestal.

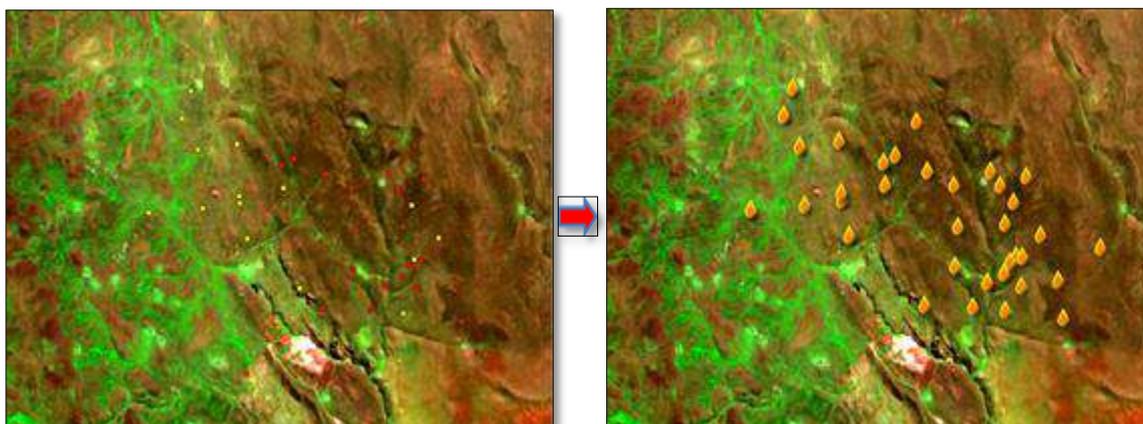


Figura 16. *Generación de Alerta preventiva a partir de focos en racimo.*

2do Criterio: Cantidad de focos de calor para este criterio se priorizan y analizan cuando se tienen más de tres focos de calor en un área determinada. En la Figura 17, lado izquierdo, se muestran tres focos de calor agrupados (simbolizados con círculos rojos), en cobertura forestal. A partir de este número se considera como un potencial incendio forestal que se debe de confirmar en campo. En la misma figura, imagen del lado derecho, se puede observar que ya se alertaron los focos de calor.

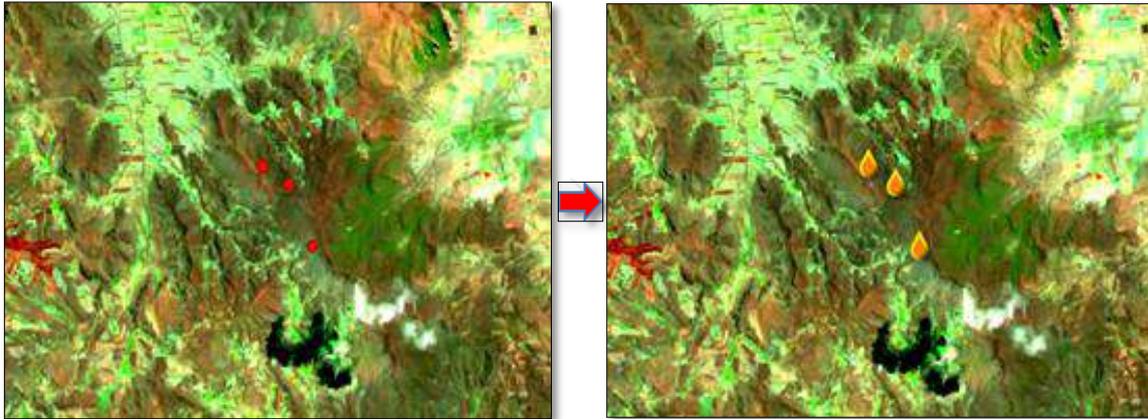


Figura 17. *Generación de Alerta preventiva a partir de 3 focos.*

3er Criterio: Prioridad por ubicación de los focos de calor, este criterio prioriza la atención para el monitoreo a ciertas áreas vulnerables para el Estado, ya que en algunos casos estos focos de calor que podría ser potenciales incendios forestales se ubican dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP), así como también en ecosistemas frágiles y en general de categorías de importancia nacional.

Si bien, en el anterior criterio se consideraba a partir de tres focos para empezar a analizarlos, para este caso existe la indicación de evaluarlos apenas se observe un foco en el área, y a la vez, avisar a las autoridades competentes para que confirmen el incendio forestal, esto, debido a su vulnerabilidad. Sin embargo, se tenía en consideración el uso actual del suelo, ya que si se daba el caso de que ese punto estuviera ubicado en un área de agrícola, este ya no se alertaba.

Como se puede observar en la Figura 18, área ubicada al lado derecho, dentro del ANP, Parque Nacional Otishi, se visualiza un solo foco de calor, este será alertado y enviado al guardaparque designado, ya que está ubicado dentro de un área protegida por el Estado. Otro ejemplo se puede observar en el área color verde, ubicada al lado derecho de la figura, en donde encontramos un foco de calor dentro del ecosistema frágil llamado, Humedal Andino Paca, por consiguiente, este también será alertado, para su pronta validación.

Por último, un requisito indispensable para considerar alertar potenciales incendios forestales, es que los focos de calor deben estar ubicados en una cobertura forestal y no en una zona agrícola, debido a que, por lo general, estas últimas, serán quemas agrícolas que se limitarán a los límites de la parcela.

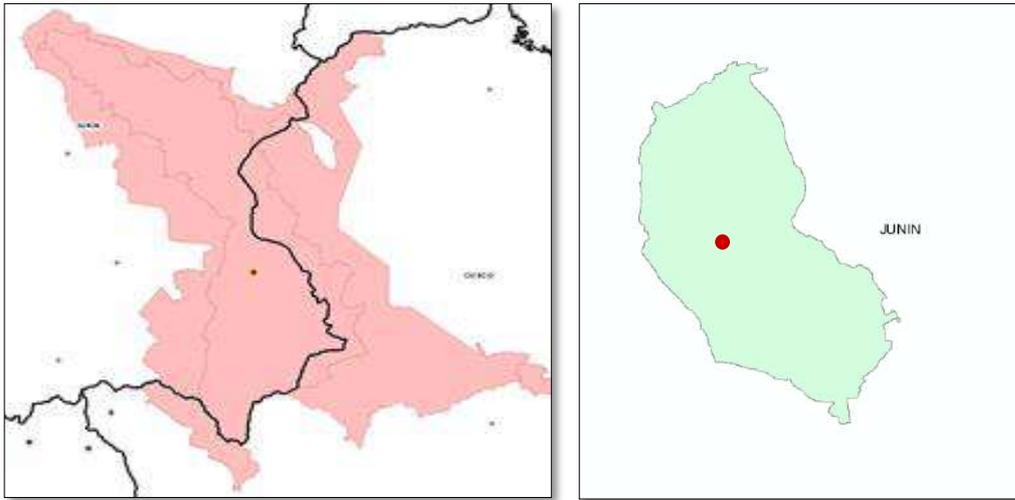


Figura 18. *Parque Nacional Otishi y Ecosistema Frágil Humedal Andino Paca.*

Sin embargo, esto no quiere decir que estos focos se dejarán de monitorear, ya que la prevención es uno de los fines del trabajo. Esto último, se toma en cuenta para todos los criterios antes detallados.

2. Generación de Alertas de Incendio Forestal

Una vez que ya se tuvieron claros los criterios para identificar potenciales incendios forestales, se procedió a realizar el monitoreo para generar las alertas de incendio forestal. A continuación, se detalla el trabajo:

- Ingreso al servidor de la UFMS del SERFOR.
- Abrir la plataforma digital de ArcGIS 10.8, en donde se encuentran almacenados los focos de calor registrados por el sensor del satélite. (Ver Figura 19).
- Monitoreo de los focos de calor, acá se analizan los focos en base a los criterios de identificación de alertas.
- Seleccionar los focos identificados como posibles incendios forestales.
- Con esta selección activa nos dirigimos al nombre de la capa y hacemos clic derecho.
- Buscamos y abrimos la tabla de atributos de la capa focos de calor.

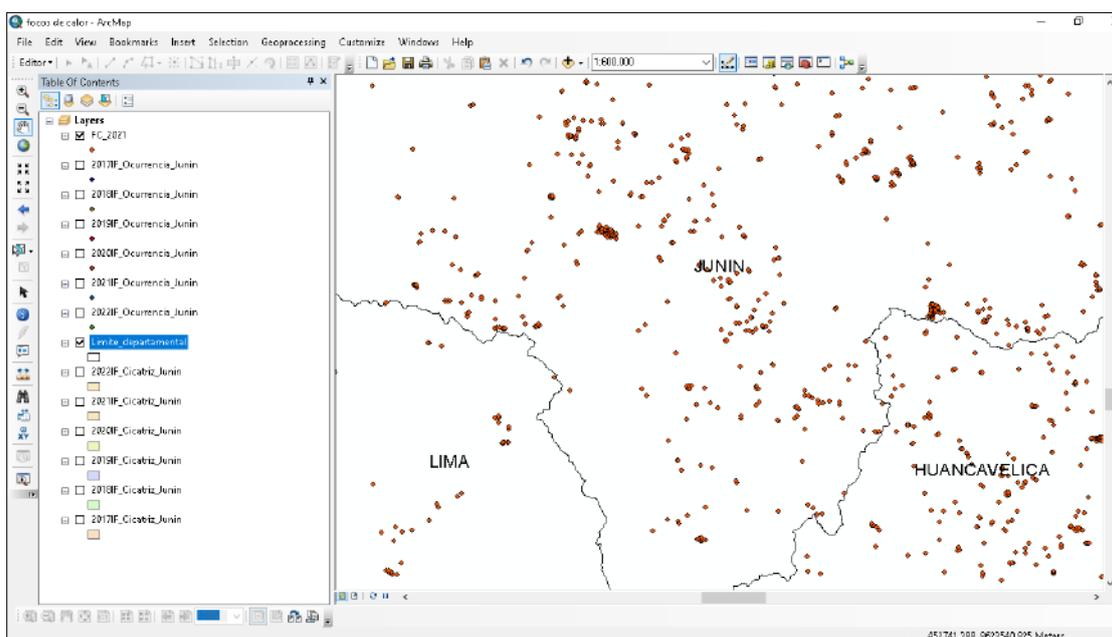


Figura 19. Interfaz del programa ArcGIS 10.8.

- Agregar en la tabla de atributos una nueva columna llamada “CODREP” para colocar el código que identificará la alerta. (Figura 20).

Alerta_IF_2021						
NOMCATEG	LATITUD	LONGITUD	COORES	COORNO	CODREP	ESTADO
	-13.31599	-73.19312	695718.8665	8527208.7396	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31551	-73.19672	695329.1883	8527264.6773	PIF_009_2021	Alertado
	-13.32076	-73.19463	695551.4245	8526682.1828	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31918	-73.18472	696626.4402	8526849.173	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31801	-73.19949	695027.0534	8526990.2566	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31748	-73.19591	695415.3714	8527046.0833	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31659	-73.19049	696003.3468	8527140.2844	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31653	-73.18878	696188.6752	8527145.5739	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31599	-73.19312	695718.8665	8527208.7396	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31589	-73.18526	696570.5878	8527213.6021	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31551	-73.19672	695329.1883	8527264.6773	PIF_009_2021	Alertado
	-13.315	-73.19456	695563.6362	8527319.4048	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31414	-73.19042	696012.9037	8527411.2938	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31418	-73.19646	695358.4266	8527411.6219	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31376	-73.1917	695874.5189	8527454.3452	PIF_009_2021	Alertado
	-13.31365	-73.19291	695743.5013	8527467.4683	PIF_009_2021	Alertado

Figura 20. Nueva columna, CODREP, en Tabla de Atributos.

- Luego, abrir Catalog y buscar la opción Database Conections.
- Una vez desplegada a pestaña se selecciona el nombre del servidor de GEOSERFOR para alertas forestales.

- Con esto se procede a agregar los focos que han sido alertados para que puedan ser visualizados en el visor web GEOSERFOR.

En la Figura 21, se pueden observar dos imágenes tomadas del visor web GEOSERFOR en donde se encuentra el Perú, con los focos de calor alertados. La imagen del lado izquierdo, muestra los focos de calor y las alertas de incendio forestal y la imagen de lado derecho, muestra solo las alertas identificadas a nivel nacional.

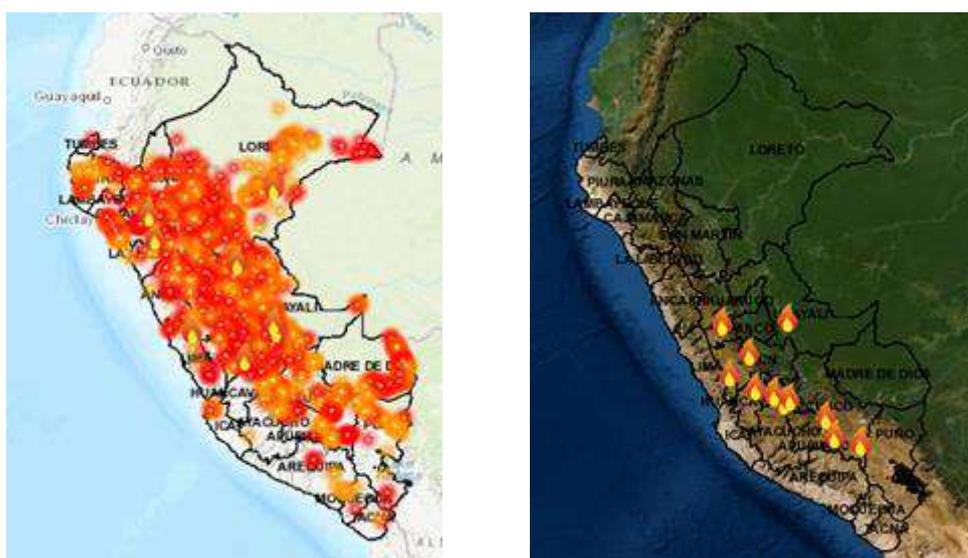


Figura 21. Visualización de alertas preventivas en el visor GEOSERFOR.

Esta información generada, de alertas de incendio forestal, es actualizada dos veces al día exactamente a las 8:00 y 17:00 horas aproximadamente, todos los días de la semana, además, es de acceso al público en general para su mejor uso. El objetivo es que los actores de primera línea tengan acceso directo y libre a herramientas e información que aporten a la prevención de incendios forestales.

En esta tarea se presentaron algunos inconvenientes, como la falta de calidad y actualización de las imágenes satelitales con las que se trabaja el análisis de focos de calor y, por otro lado, la velocidad del servidor por la cantidad de información almacenada, las soluciones se mencionaran a continuación:

A. Calidad de Imágenes: Para realizar el análisis respectivo de los focos de calor, inicialmente se trabajaba con la galería disponible de Google Earth, lo que hacía que el proceso de análisis demore más tiempo al tener que buscar imágenes actuales y de mayor calidad que ayuden al monitoreo correcto de los focos, sobre todo porque se tenía que discriminar entre áreas forestales y áreas de uso agrícola. Para este inconveniente la solución que se dio, fue de descargar imágenes de alta resolución Sentinel 2, mediante la plataforma digital de acceso libre de Sentinelhub. La descarga de imágenes fue estratégica ya que se priorizaron zonas cercanas

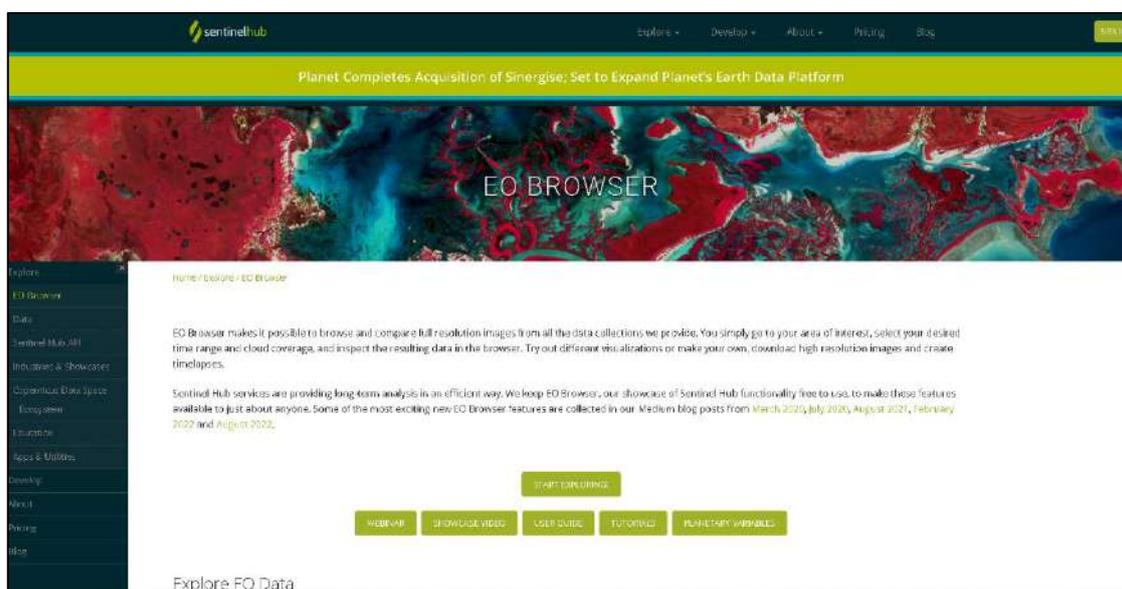


Figura 22. Interfaz de la plataforma de Sentinelhub.

a coberturas forestales y en donde, además se encontraban poblaciones o zonas agrícolas cercanas. Gracias a este proceso se pudo mejorar en la rapidez de detección diaria de alertas de incendio forestal.

B. Lentitud del servidor: El segundo inconveniente que se tuvo, fue el de la velocidad del servidor. Esta, disminuía demasiado cuando la cantidad de información de focos de calor era abundante, lo que entorpecía el análisis de los mismos. Por lo que, se decidió descargar todos los días la información desde el servidor para trabajarla en el computador personal. Una vez que se terminaba de monitorear y se obtenían las alertas, estas, se cargaban nuevamente al servidor del SERFOR para poder publicarlas a nivel nacional, a través, del visor GEOSERFOR.

Además, surgió una nueva necesidad el de obtener más focos de calor en menor tiempo, ya que se presentaban incendios forestales que no habían sido registrados por el sensor del satélite,

entre las posibles causas podrían estar, la nubosidad del lugar, la resolución temporal del satélite, así como, la duración del evento de menos de 12 horas. Por este motivo en base a la búsqueda de información el especialista elaboró los términos de referencia para una consultoría, a la que finalmente dio seguimiento hasta su término.

C.Solicitud de la consultoría: “Incorporación de nuevos satélites para la alerta temprana de incendios forestales”. Esta, mejorará con creces el tiempo de actualización y la cantidad del registro de focos de calor; esto sumará positivamente al monitoreo y al análisis cartográfico, por ende, se espera que la respuesta ante algún incendio forestal será aún más rápida y eficiente. En base a las nuevas necesidades se elaboraron los términos de referencia en los que se consideró:

1. Incorporación de nuevos satélites para la alerta temprana de incendios forestales.

- Incorporación de satélites con mayor frecuencia temporal como:

GOES-R 2016 (ABI): Resolución espacial 2km / Resolución temporal 10 minutos.

GOES-S 2018 (ABI): Resolución espacial 4km / Resolución temporal 15 minutos.

- Incorporación de satélites con mayor resolución espacial como:

NOA-20 con su sensor VIIRS N20-2017: Resolución espacial 1.1km / Resolución temporal 12 horas.

Landsat. Tiene buena resolución, pero su frecuencia temporal es mucho menor.

2. Elaboración de un Plugin para cargar la información de focos de calor y alertas de incendios forestales dentro de los programas de QGIS y ARCGIS.

Por otro lado, se tuvieron reuniones con el coordinador del proyecto y el equipo de SIG y teledetección para dialogar acerca de la difusión de la información obtenida y se debatió acerca de la forma, de cómo podría ser más amigable esta información a los usuarios que no sean expertos o tengan algún vínculo con la cartografía, inclusive para gente profesional como las autoridades y funcionarios públicos. Es así que se propuso realizar mapas de calor o mapas de densidad, una vez por semana, con un análisis respectivo sobre los lugares posiblemente afectados. En la siguiente página se detalla sobre la elaboración de los mapas de calor.

D. Elaboración de Mapas de Calor: Para la elaboración de mapas de calor se usó la estimación de la densidad de Kernel para poder crear un ráster de densidad a partir de la capa de puntos (focos de calor), esta densidad se calculó en base al número de puntos, de tal manera que un mayor número de puntos agrupados resulta en valores mayores de densidad, los que se reflejan en el mapa de calor. El proceso se realizó en el software de acceso libre, QGIS 3.18.1., y fue el siguiente:

- Dentro del software QGIS 3.18.1. abrir la capa de puntos, alertas de incendio forestal.
- Ir a la caja de herramientas de procesos y hacer clic en Interpolación.
- Luego Seleccionar Mapa de Calor (Estimación de Densidad de Núcleo).
- En Parámetros seleccionar la capa de puntos, Alertas.
- El radio será de 15 y las unidades de medida serán en kilómetros, ya que se trabajó con la proyección UTM.
- En Output raster size, colocar, tamaño de pixel 30, tanto para X como para Y.
- En Heatmap, se guarda el archivo con el nombre, Mapa de calor.
- Seleccionar Guardar y luego Ejecutar. Finalmente cerramos este proceso.
- Teniendo el resultado parcial, se procede a cambiar la simbología.
- En simbología, tipo de renderizador: Pseudocolor monobanda.
- Seleccionar rampa de color.
- En modo, se selecciona intervalo igual. Clases: 4.
- Luego ir a rampa de color y seleccionar Invertir rampa de color para que las zonas oscuras sean las más densas.
- Aplicar y Aceptar.

Finalmente, se obtienen los mapas de calor que se adjuntarán a los informes semanales y mensuales del proyecto de incendios forestales, en donde se plasmará información sobre las áreas potencialmente afectadas por categorías territoriales dentro de la región Junín. Con estos mapas de calor y las tablas de datos elaboradas, se obtuvo un gran beneficio ya que se presenta una nueva información, mucho más amigable para los usuarios, en base a la implementación de esta metodología que se adquirió mediante la formación profesional y la experiencia del especialista.

Para Dempsey C, 2012 citado por Nétek et al, 2018, el mapa calor es de fácil lectura, ya que la

información se representa mediante una gradiente de colores, donde el rojo representa temperaturas altas y los colores más fríos temperaturas bajas, con esto se puede obtener información acerca de áreas críticas o de mayor vulnerabilidad.

3.2. CAPÍTULO 2: ETAPA DEL ANÁLISIS DE LA AFECTACIÓN

En esta etapa se elaboraron Reportes Individuales de Cicatriz de Incendio Forestal (RIF), estos reportes se realizaron para el análisis de la afectación producida por incendio forestal. Se elaboraron a solicitud de las autoridades y de oficio para tener un análisis más completo de la región, la finalidad de este documento es tener información acerca de la magnitud del daño ocasionado por el incendio forestal y tendrá los siguientes elementos: Superficie dañada o quemada en las siguientes categorías: Ecosistemas, comunidades campesinas y/o nativas, patrimonios culturales, ecosistemas frágiles, plantaciones forestales, entre otros. Para la elaboración de los mapas y reportes se consideró usar imágenes con una adecuada resolución espacial y temporal para análisis de daños por incendio forestal, por lo que, se analizaron imágenes satelitales Sentinel 2, proporcionadas de forma gratuita por la Agencia Espacial Europea (ESA) y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio del gobierno estadounidense (NASA), mediante la página web SentinelHub, las características de estas imágenes se detallan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 6. Características técnicas de las imágenes satelitales analizadas.

Satélite	Sensor	Resolución Espacial	Resolución Temporal
Sentinel 2A	MSI	10 m	5 días

Fuente: Información recuperada de la UFMS del SERFOR (2021).

3.2.1. Reporte Individual de Cicatriz de Incendio Forestal (RIF)

Este reporte se elabora una vez el fuego se encuentre extinguido, esto se confirma mediante reportes de entidades públicas como, COEN, INDECI, SERNANP, entre otros. Además, este reporte usa información geoespacial de las áreas dañadas, llamadas cicatrices de incendio forestal y sirve para el análisis de daños que deja el paso de un incendio forestal. En él, se muestra el grado de afectación de la cobertura natural y categoría territorial, la ubicación y fecha del incendio, así como también, también las fechas de las imágenes satelitales. Además, se adjuntan mapas temáticos elaborados en QGIS 3.18.1, cuyos insumos son: Imágenes Sentinel2 del antes y

después del incendio; con la combinación de bandas 12-8-4, las coberturas presentes en el área de influencia, este traslape permitirá calcular la cantidad de hectáreas dañadas por cada capa intervenida, como, centros poblados, mapa de cobertura vegetal, mapa de ecosistemas, comunidades campesinas y nativas, áreas naturales protegidas, etc. A continuación, se muestra el flujograma de la metodología.

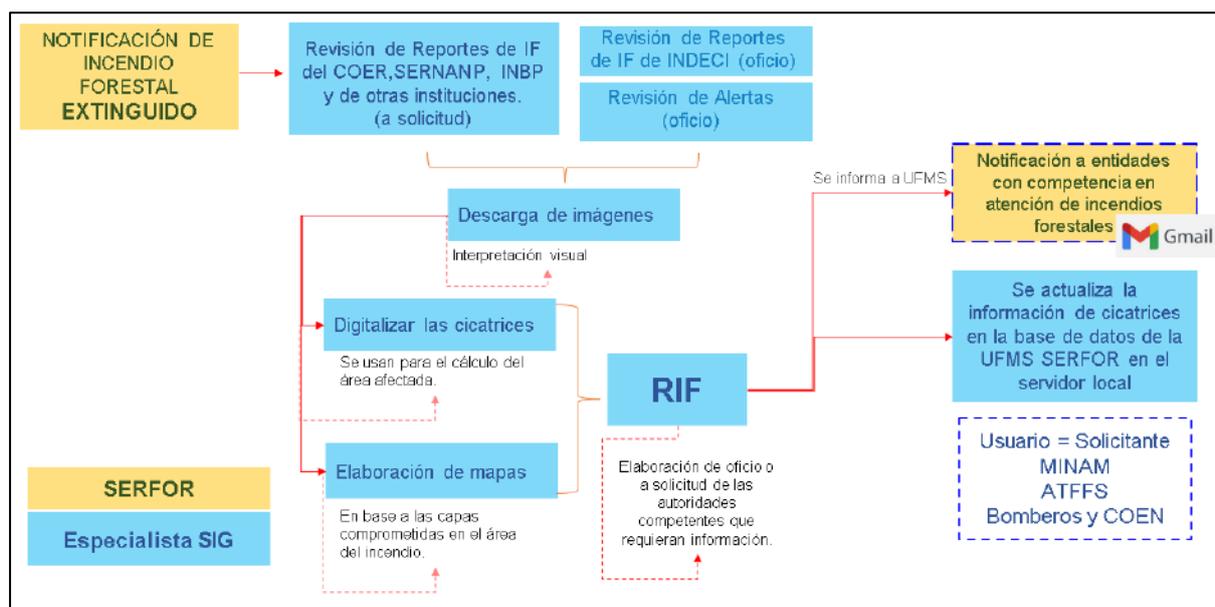


Figura 23. *Flujograma de la metodología de elaboración de RIF.*

La elaboración de estos reportes se realiza en base a la siguiente información:

- Focos de calor. SERFOR-2021 Base: NASA FIRMS.
- Límites Políticos. INEI, 2016.
- Centros Poblados. INEI, 2012.
- Mapa Hidrográfico. INEI, 2003.
- Red Vial. MTC, 2020.
- Mapa de Cobertura Vegetal. MINAM, 2015.
- Mapa de Ecosistemas. MINAM, 2018.
- Comunidades Campesinas y Nativas. DIGESPAR, 2019.
- Áreas Naturales Protegidas. SERNANP, 2020.
- Mapa de Cuencas Hidrográficas. INRENA, 2005.
- Imágenes Sentinel 2 (10m resolución espacial). EO BROWSER.

Lo programas o software a utilizar para su elaboración son los siguientes:

- Quantum GIS. QGIS 3.18.1
- General Image Manipulation Program. GIMP 2.10 (Plugin de QGIS)

Para este proceso, primero se tiene que ubicar el siniestro y digitalizar la cicatriz de incendio forestal en base a dos revisiones, una es, analizar la información generada por el COEN y otras entidades públicas y la otra la de analizar y buscar las cicatrices mediante las alertas generadas por la UFMS. Por tanto, La metodología que utiliza la UFMS del SERFOR para digitalizar las cicatrices de incendio forestal es la siguiente:

- Descargar y Revisar los reportes de incendios forestales generados por el COEN a nivel Nacional, estos incendios están confirmados por este organismo por lo que es una fuente confiable.
- Descargar las alertas preventivas en SHP generadas por la UFMS.
- Se usa el software libre, QGIS 3.18.1. una vez abierto se abre la capa de alertas de incendios forestales.
- Se buscan los puntos en donde señalan las coordenadas de las alertas y también se buscan estas localizaciones de incendios reportados en los informes del COEN.
- En la plataforma digital libre de Sentinelhub, ir a la opción EO Browser y buscar las imágenes satelitales que corresponden a la ubicación de nuestra alerta.
- Para visualizar mejor las alertas en la imagen se recomienda realizar un buffer cuadrado, de modo que sea más visible para el ojo humano.
- Se considera un área mínima de mapeo de 0.5 ha.
- Dentro del navegador EO Browser se encuentra la opción de agregar polígonos, y con eso podemos agregar nuestro buffer.
- Se descargan dos imágenes satelitales del EO Browser, una con fecha anterior al evento y la otra, posterior.
- Otra consideración que se debe de tener en cuenta es la fecha del evento, ya que esto ayudará a descartar cicatrices que hayan ocurrido anteriormente.
- Una vez hallada la cicatriz se procede a capturar el área afectada desde el mismo programa.
- Abrir el programa GIMP 2.10.
- Una vez instalado el Plug-in de QGIS, GIMP 2.10, se procede a desplegar sus funciones, para poder exportar la imagen hacia este programa.
- Aquí, las áreas quemadas o la cobertura afectada por el fuego son digitalizadas

- Se delimitan y exportadas nuevamente al software QGIS
- Finalmente, se almacenan en formato shapefile SHP. Como una nueva capa.

Con este proceso finalmente se obtienen las áreas dañadas digitalizadas, llamadas cicatrices, información que servirá de insumo para el análisis y cálculo del daño causado por los incendios forestales en la Región. Después de este proceso, se elaboran los mapas de ubicación, localización, afectación, etc. Con todos los insumos antes mencionados. Finalmente, se genera el reporte de cicatriz de incendio forestal.

A.Nubosidad. Especialmente, en la región Junín ha habido muchas complicaciones a la hora de buscar imágenes o de obtener alertas o focos de calor certeros, debido a la abundancia de nubes que se presentan justo en los meses de mayor incidencia de incendio (agosto a octubre según la página web de Weather Spark). En estos casos se buscaron imágenes de otras fuentes, sin embargo, no se tuvo mayor éxito en varias ocasiones.

B.Semi-Automatización de Mapas. Uno de los cuellos de botella para la elaboración de estos reportes fue la cantidad de mapas que se tenían que elaborar ya que no solo fue una tarea para la región Junín, sino que fue un trabajo a nivel nacional. Entonces, se procedió a buscar mejores formas de tener mayor cantidad de reportes en menor tiempo. Es así que, se implementó la automatización de mapas en QGIS 3.18.1., mediante la herramienta, Atlas, con esto se podía vincular cada mapa con cada cicatriz digitalizada. Para esto se tuvo que elaborar primero una capa de cicatrices para poder hacer el vínculo automático. Sin embargo, no fue del todo automático ya que las cicatrices tenían tamaños muy variables y había que darles una escala en la que se pueda visualizar los límites del distrito afectado.

3.2.2. Talleres de Difusión de la Información

Se realizaron talleres de difusión de la información en diferentes eventos a nivel regional, con las autoridades competentes en incendios forestales, como los funcionarios públicos de las diferentes instituciones del Estado, entre ellos, del MINAM, GORE Junín, SERFOR, SERNANP, Municipalidades provinciales y distritales, así como también INPB, Policía Nacional, brigadistas, ACR, Asociación de agricultores, comunidades nativas, entre otros más.

Estos talleres fueron llamados: “Taller de prevención y respuesta a incendios forestales en bosques tropicales y plantaciones forestales en Perú”. Se enseñó desde lo más básico, empezando por la teoría, como, definiciones de, tiempo de recojo de información, elementos que componen los reportes de focos de calor, cantidad y la magnitud de las afectaciones ocasionadas por los incendios forestales. Esta información fue a nivel departamental, provincial, distrital, por tipo de cobertura, categorías territoriales, entre otras. Además, es tanto mensual como anual y compara las cifras a nivel histórico de manera visual, la cual permitió una fácil lectura o interpretación por parte de las autoridades de primera línea. La otra parte del taller se enfocó en la parte más complicada para los usuarios, como el manejo adecuado de la plataforma digital del Sistema Nacional de Información Forestal y de Fauna Silvestre (SNIFFS), en donde se puede visualizar toda la información generada. Estos talleres fueron muy importantes, ya que sirvieron muchísimo para saber cuál es la situación actual de cada provincia, distrito y otras categorías territoriales; y más importante aún es que, esta información es un insumo muy importante para crear planes estratégicos, cuyo objetivo sea el de reducir la magnitud de superficie dañada y el número de eventos de incendio forestal en la región.

A. Presentaciones Interactivas. Un gran problema en cuanto a la presentación de esta información fue, el de transmitir esta información de manera clara y correcta, tanto a los funcionarios públicos, como los pobladores miembros de comunidades campesinas y nativas, por lo que se hicieron presentaciones muy didácticas e interactivas.

B. Talleres virtuales. Otra de las dificultades presentadas fue el de realizar estos talleres de manera virtual por la plataforma digital zoom, ya que la autorización por parte del SERFOR tenía un poco de demoras y no calzaban con las fechas programadas por los coordinadores regionales. Además de ello, estaban condicionados de la disponibilidad del GORE Junín, pese a todo lo expuesto, los talleres tuvieron mucha expectativa y se llevaron satisfactoriamente.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

1. Reportes de Focos de Calor

Se enviaron los Reportes de Focos de Calor a más de 500 personas diariamente durante 1 año, dentro de los contactos se encuentran autoridades de primera línea, representantes de, la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre (ATTFS), Gobierno Regional (GORE), SERNANP, Intendencia Nacional de Bomberos del Perú (INBP), Policía Nacional (PNP), entre otros, quienes necesitan esta información de primera mano, para elaborar planes estratégicos y preventivos, con la finalidad de reducir la incidencia de incendios forestales en la región Junín.

2. Alertas de Incendio Forestal

Se obtuvieron en total 120 alertas en el año 2021, habiéndose analizado un total de 12 995 focos de calor. Este resultado fue mucho más bajo que el año anterior, tanto en número de focos, como de alertas (ver tabla 7), pero fue aceptable, debido a que el 2020 fue un año anómalo por las restricciones del gobierno peruano ante el COVID-2019, ya que, al decretar la inmovilización social, los pobladores regresaron a sus localidades, haciendo que regresen a las actividades agrícolas, lo que incrementó considerablemente las detecciones de fuego para ese año.

En la siguiente figura se muestra: Los focos de calor dentro de la región Junín al lado izquierdo, y la generación de alertas al lado derecho.

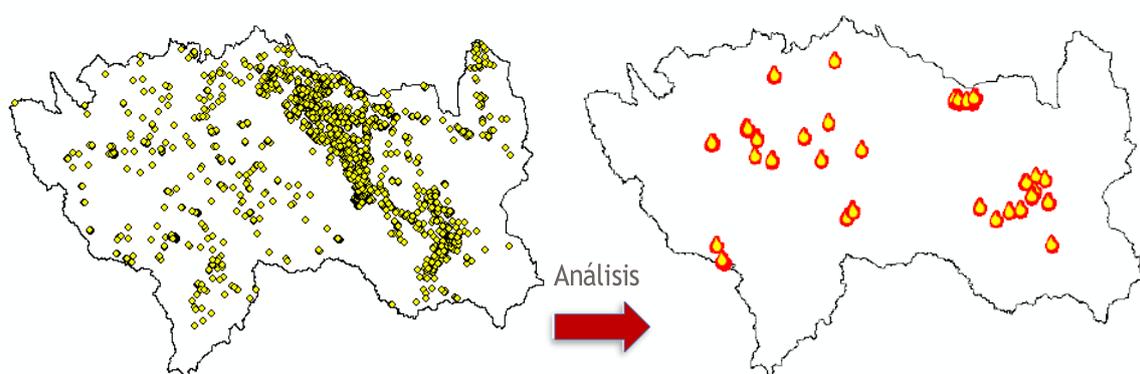


Figura 24. *Generación de alertas en Junín.*

Tabla 7. *Focos y Alertas anuales en Junín.*

	2018	2019	2020	2021
Focos	4 927	5 565	19 476	12 995
Alertas	10	115	217	120

Fuente: UFMS del SERFOR (2022).

En la tabla se puede visualizar el año 2020, considerado como anómalo, debido al retorno de los pobladores a sus actividades agrícolas por las restricciones impuestas por el gobierno durante el COVID-2019, y además por el retraso de la temporada de lluvias, lo cual, incremento en gran medida los eventos de incendio forestal.

En cuanto al año 2021, se tuvo que la mayoría de focos de calor se daba en áreas agrícolas, existe una gran fragmentación del bosque y en general de las coberturas forestales presentes principalmente en las provincias de Satipo y Chanchamayo. Por otro lado, muchas veces no se podía tener una buena identificación o reconocimiento del lugar debido a la alta nubosidad presente justo en los meses de mayor incidencia de incendios, agosto a setiembre, según página web de Weather Spark.

La figura 25 muestra la visualización de las alertas de incendio forestal a nivel nacional en el visor GEORSERFOR, (enlace <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>), esta información se actualiza 2 veces al día y es de acceso libre al público.



Figura 25. *Visualización de Alertas en el GEOSERFOR.*

3. Mapas de Calor

Se elaboraron mapas de calor de forma semanal y mensual para enviar a las autoridades y actores de interés de la región Junín. Además, se entregaban tablas informativas en las que se presentaba la data de manera descriptiva.

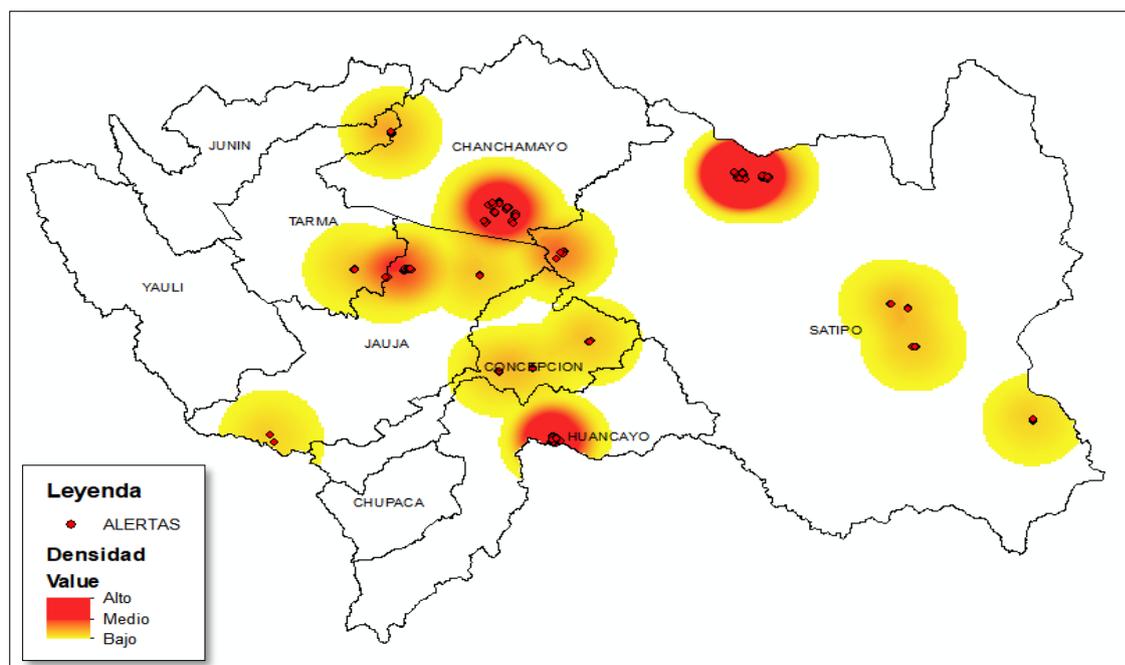


Figura 26. Mapa de calor de alertas preventivas.

Fue necesario el uso de esta nueva información ya que la mayoría de usuarios de nuestros productos no entienden acerca de la cartografía y muchas veces por la cantidad de información se les hace muy complicado lograr descifrar como se leen mapas, por el contrario, este mapa es mucho más amigable para los usuarios y en general para la vista humana. Como ya se mencionó anteriormente, algunos autores manifiestan que estos mapas son muy prácticos de entender y que, además, se puede obtener información mucho más fácil acerca de áreas críticas o de mayor vulnerabilidad. En la tabla 8 se puede apreciar el número de alertas por provincia, distrito, área categorizada, como, ANP, ecosistemas, comunidades, concesiones, entre otros.

Tabla 8. Tabla de información de alertas semanales en Junín.

Dep	Prov	Alert/Prov	Distrito	Alert/Dist	Alertas	Categoría	Nombre	Fecha
		1	SAN RAMÓN	1	1	Indeterminado	Indeterminado	24/10/2021
JUNÍN	CHANCHAMAYO	1	PERENE	1	1	Indeterminado	Indeterminado	23/10/2021

HUANCAYO	1	PARIAHUANCA	1	1	Indeterminado	Indeterminado	22/10/2021
						Reserva Paisajística	21/10/2021
JAUIJA	2	CANCHAYLLO	2	2	ANP	Nor Yauyos-Cochas	4/11/2021
						Reserva Nacional de Junín	21/10/2021
JUNÍN	1	JUNÍN	1	1	ANP	Potsoteni	23/10/2021
		MAZAMARI	2	1	Comunidad Nativa	Saniveni	28/10/2021
				1	Comunidad Nativa	Saniveni	27/10/2021
SATIPO	8	PANGO	2	1	Indeterminado	Indeterminado	2/11/2021
				2		Masaroveni	30/10/2021
		RÍO TAMBO	4	1	Comunidad Nativa	Cutivireni	23/10/2021
				1		Shimabbenzo	30/10/2021
TARMA	2	TARMA	1	1	Indeterminado	Indeterminado	26/10/2021
		PALCA	1	1			
YAULI	2	MARCAPOMACOCCHA	1	1	Indeterminado	Indeterminado	22/10/2021
		PACCHA	1	1			31/10/2021
	18						

Fuente: UFMS del SERFOR, 2021.

4. Talleres de Capacitación

Finalmente, para esta etapa preventiva, se capacitaron a casi 100 funcionarios públicos de: ATTFS, GORE, SERNANP, INBP, PNP, entre otros instituciones del Estado, en cuanto al manejo y comprensión de las plataformas digitales del SERFOR, usadas para obtener la información cartográfica digital respectiva a los focos de calor y las alertas de incendio forestal, como, el aplicativo web del <http://appweb.serfor.gob.pe/FocosCalor/Default.aspx> y la plataforma web GEOSERFOR <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>.



Figura 27. Capacitación de manejo de plataformas digitales.

5. Reporte Individual de Cicatriz de Incendio Forestal

Se elaboró un total de 21 reportes de cicatriz para el análisis de la afectación en el año 2021. lo que significó un gran aporte para la región, ya que en los 4 años anteriores al inicio del proyecto solo se elaboraron un total de 7 RIF, según fuente de la UFMS del SERFOR (ver tabla 9). En la figura 27 y 28, se muestra el modelo del Reporte de cicatriz elaborado para el cálculo de la afectación en el distrito de Canchayllo en la región Junín.

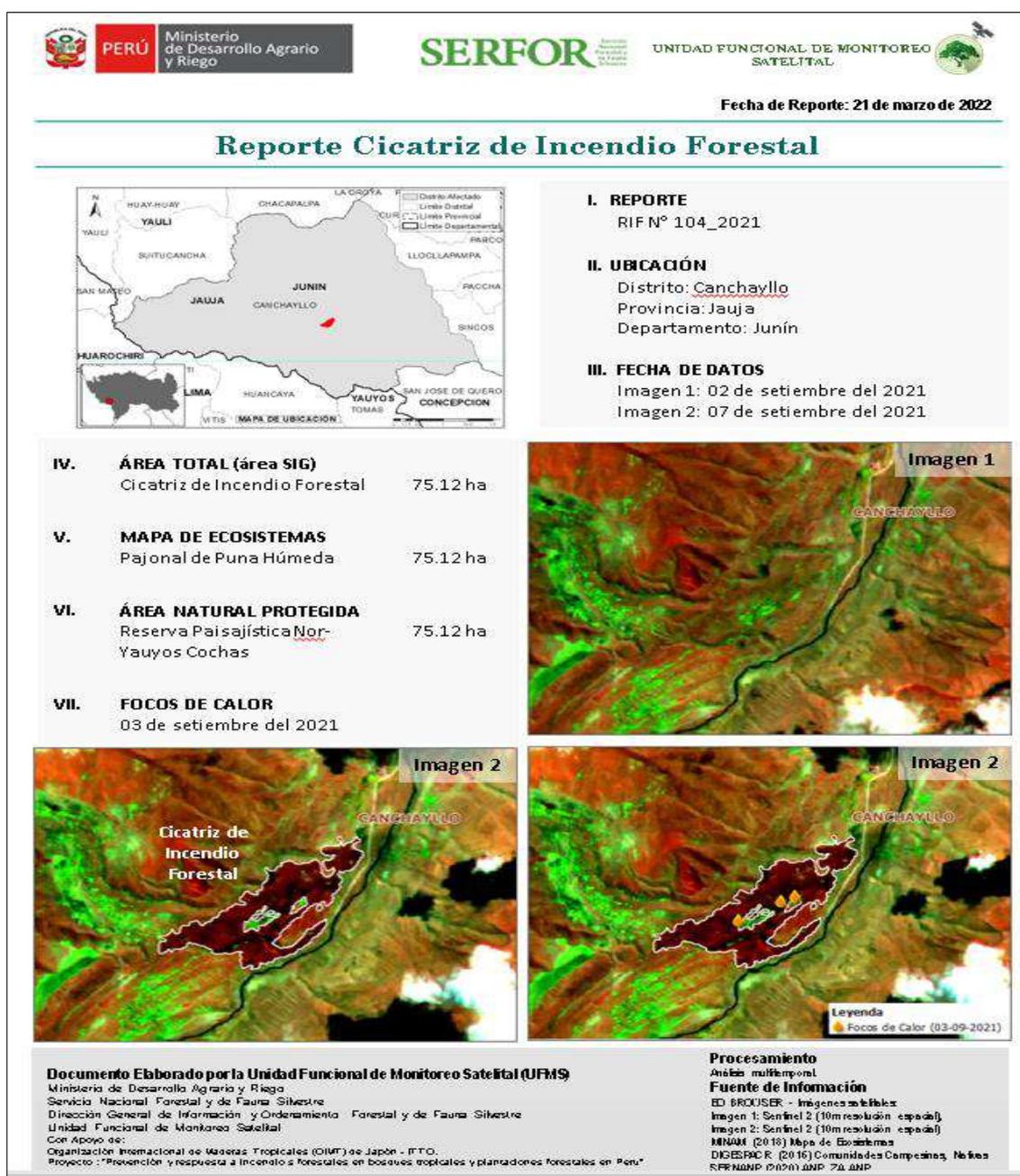


Figura 28. Reporte individual de cicatriz de incendio forestal.

La siguiente figura muestra la 2da página del Reporte de cicatriz individual, esta se realizaba en caso se tuviera una afectación dentro de algún área vulnerable y/o protegida por el Estado. En este caso, se afectaron 75,12 hectáreas del ANP, Reserva Paisajística Nor-Yauyos Cochas en Junín.

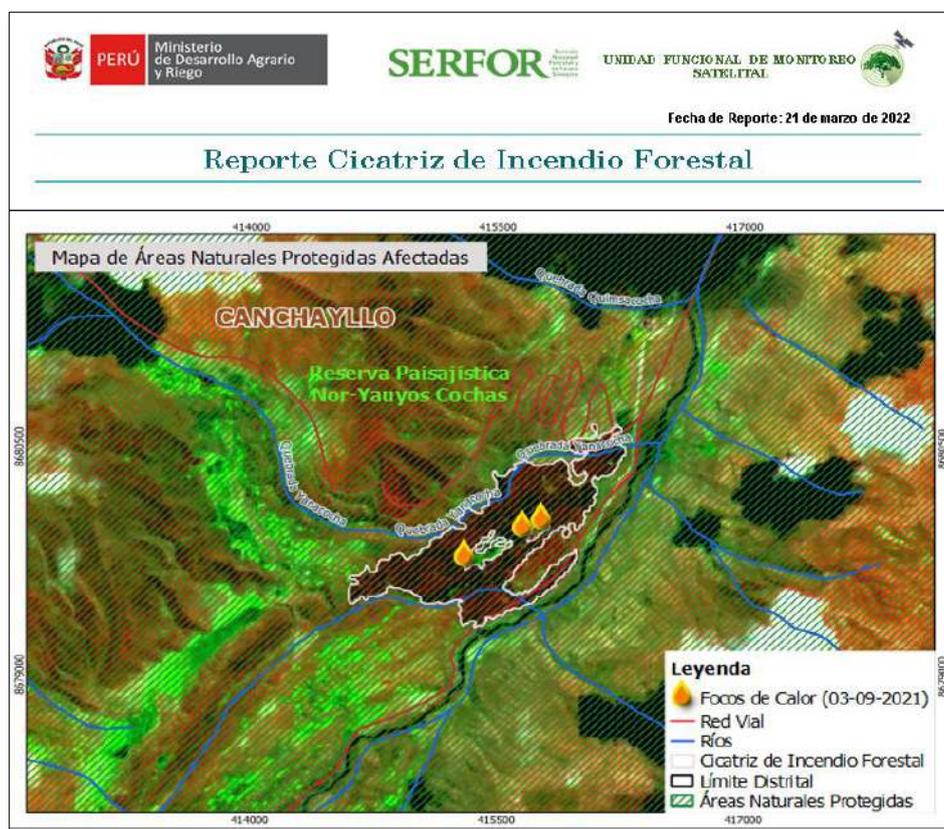


Figura 29. Reporte individual de cicatriz de incendio forestal, página 2.

Tabla 9. Tabla de Reportes de Cicatriz de Incendio Forestal.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
RIF	0	4	0	3	21

Fuente: Recuperado de UFMS del SERFOR (2022).

Pese a que, se elaboró una buena cantidad de RIF, no se pudo obtener mayor cantidad, debido a la alta nubosidad de la región y a la baja calidad de las imágenes obtenidas, muchos focos y cicatrices estaban tapadas por nubes y en su defecto, caían en áreas agrícolas. Por otro lado, hubo muchos incendios forestales que no se registraron por los sensores remotos de los satélites, debido al relieve tan accidentado que presenta la Región.

Sin embargo, en base a los resultados obtenidos de los RIF se refleja que, en el departamento de Junín, los ecosistemas más afectados son el pajonal de puna húmeda y el matorral andino, representando el 70% del total de los ecosistemas dañados en Junín, lo que sugiere, priorizar a este tipo de coberturas en cuanto a la prevención y respuesta ante incendios forestales, además de, tener una mayor consideración en cuanto a los talleres de concientización a las poblaciones que se encuentran en estos ecosistemas.

6. Talleres de Difusión de la Información

Se realizaron 5 talleres para socializar la información generada durante todo el proyecto, a más de 200 personas, entre funcionarios públicos, comuneros nativos y campesinos. Estos se llevaron a cabo de manera remota, y pese a ello hubo gran acogida por parte de los participantes en todas las sesiones que se realizaron a nivel regional.

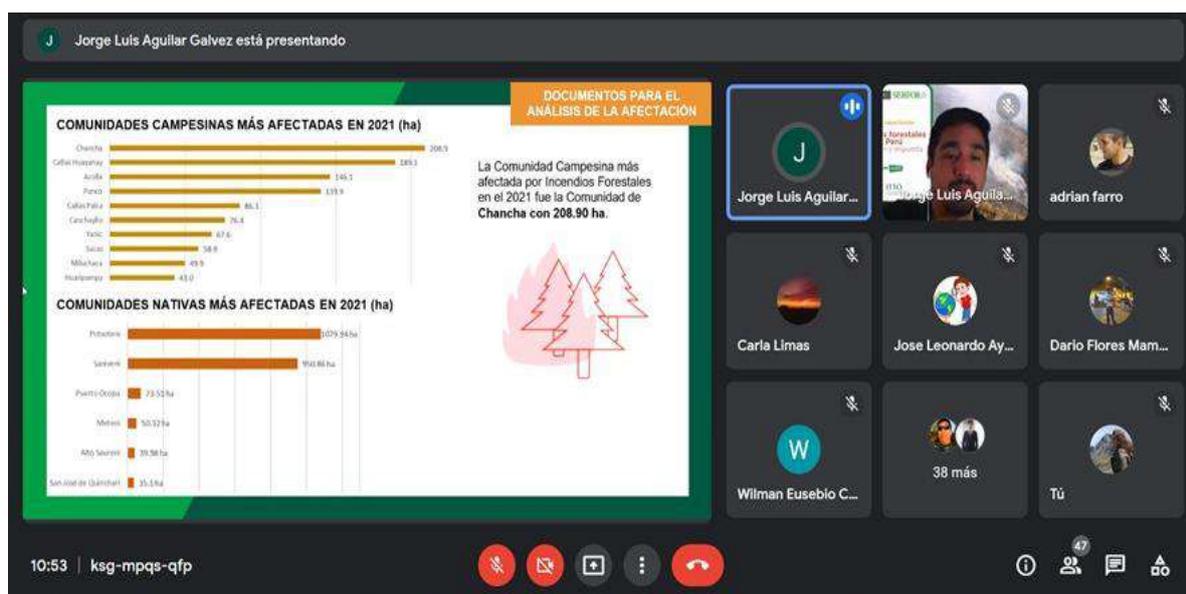


Figura 30. Presentación de la información generada.

Finalmente, hubo una gran demanda en el año 2021 por parte de los funcionarios públicos, en cuanto a la información generada, este es un resultado que se obtuvo de estos talleres de difusión de la información, ya que la finalidad de dichas presentaciones fue, concientizar y buscar mayor interés por parte de las autoridades regionales, mostrando la situación actual en cuanto esta problemática, así como también, mostrar la importancia del trabajo realizado por el área de sistemas de información geográfica y teledetección de la UFMS del SERFOR.

7. Disminución de la Ocurrencia de Incendios Forestales

El resultado más importante para el año 2021 es la disminución de la ocurrencia de incendios forestales (ver figura 31), reduciendo en un 70% en el total de la superficie afectada y en un 45% en la cantidad de eventos, respecto al año anterior.

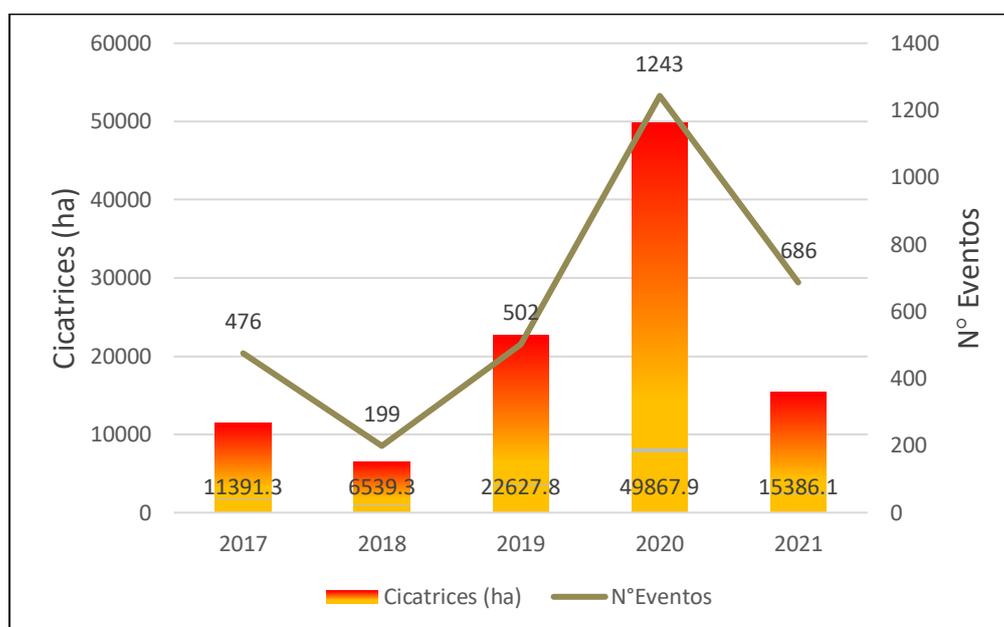


Figura 31. Resultado de la Ocurrencia Anual de Incendios Forestales.

Tabla 10. Disminución de la incidencia de incendios en la región Junín.

Año	2017	2018	2019	2020	2021
Superficie (ha)	11 391,3	6 539,3	22 627,8	49 867,9	15 386,1
Eventos (N°)	476	199	502	1 243	686

Fuente: Recuperado de UFMS del SERFOR (2022).

En el caso de no considerar al año 2020 para el análisis, por ser el año anómalo, y comparamos el año 2019 con el año 2021, podemos observar que, para este último año, hubo una afectación de 15 386,1 hectáreas con un registro de 686 eventos de incendio forestal, versus 22 627,8 hectáreas con 502 eventos registrados para el 2019, lo que se traduce en una menor cantidad de superficie dañada, pero, con mayor número de eventos. Esto podría indicar que se ha realizado un mejor trabajo en cuanto a prevención y control por parte de la autoridad competente para combatir incendios forestales.

Estos resultados son más que optimistas, aunque hay que considerar los siguientes factores que han podido influir en dichas cifras:

- El regreso de los pobladores a la ciudad para seguir con sus actividades laborales, después de terminar las restricciones del gobierno ante el COVID-19, lo que reduce en gran medida la actividad agrícola de las poblaciones locales.
- Siguiendo la misma línea de lo antes mencionado, se atribuye también, al restablecimiento de las funciones del sector público en cuanto a la fiscalización y control, para combatir la ocurrencia de incendios forestales.
- Por otro lado, la gran cantidad de nuevas áreas de cultivo trabajadas en el 2020, ha permitido que se siga cultivando en esas parcelas, en donde se realizan nuevas quemas agrícolas, las cuales no han llegado a considerarse como incendios forestales.

Finalmente, luego de considerar los factores descritos líneas arriba, se puede agregar también el aporte del trabajo realizado por el proyecto del SERFOR financiado por la OIMT: “Prevención y respuesta a incendios forestales en bosques tropicales y plantaciones forestales en el Perú”, cuya finalidad fue la de fortalecer a la Unidad Funcional de Monitoreo Satelital del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

VI. CONCLUSIONES

- Se generaron 120 alertas de incendio forestal y, además, se facilitó su entendimiento con la elaboración de nuevos insumos cartográficos como los mapas de calor que brindan la información de una manera más amigable para los actores de interés.
- Se generaron 21 Reportes individuales de cicatriz de incendio forestal para el año 2021, cifra largamente superior al total producido en los 4 años anteriores, no solo, por la gran demanda de las autoridades, sino por, el objetivo de tener la mayor cantidad de información cartográfica necesaria para el análisis de la afectación por el paso de incendios forestales. Este producto es fundamental, no solo, para generar conciencia, sino, sobre todo para idear propuestas estratégicas para combatir los incendios forestales en la región y a nivel nacional.
- La generación robusta de información cartográfica y su difusión, junto con la capacitación de actores de interés, aportó significativamente a la toma de decisiones de las autoridades regionales y actores de primera línea ante la ocurrencia de incendios forestales en la región Junín en el 2021.

VII. RECOMENDACIONES

- En base a un análisis sobre las fuentes de datos, se debe tener en cuenta las resoluciones tanto temporales como espaciales con las que cuentan los sensores adquiridos, ya que, estos factores influyen en el tiempo en el que se dan las alertas a las autoridades, siendo un recurso muy valioso en la tomade decisiones.
- Implementar una metodología mixta de sensores pasivos con activos para que se reduzca ampliamente el error por omisión de los sensores remotos, debido especialmente a la alta nubosidad del lugar.
- De acuerdo a la experiencia ganada haciendo talleres de capacitación y difusión de la información, se recomienda en lo posible que estos, se realicen de manera presencial, ya que se genera mayor interés y atención al haber una interacción más directa con el público participante.
- Realizar un estudio exhaustivo acerca del verdadero impacto que ha tenido este proyecto en esta problemática nacional, que afecta negativamente, año tras año al medio ambiente, a los recursos forestales, y más importante aún, a las mismas poblaciones o comunidades que habitan en las áreas de influencia.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aulló, M. (2013). La teledetección como herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad de ecosistemas forestales latinoamericanos frente al cambio climático: fragmentación y conectividad [Archivo PDF]. Estado Del Arte. Tesis Mag. Sc. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Cardona, E., Cots, R. y Foster I. (2007). Análisis de la superficie afectada por fuego en el Departamento de Pando el año 2005 a partir de la clasificación de imágenes del satélite CBERS. Anais XIII SBSR. Florianópolis, Brasil. INPE. p. 835-842. <http://martesid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.10.08/doc/835-842.pdf>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2021, junio). Escenario de Riesgo por Incendios Forestales de la Región Junín. <https://bit.ly/44BhnNy>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (30 de diciembre de 2022). Análisis de imágenes satelitales para el estudio de dinámicas territoriales. <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/informes-publicaciones/3813870-analisis-de-imagenes-satelitales-para-el-estudio-de-dinamicas-territoriales>.
- Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de la Teledetección Espacial. Madrid. 2 ed. 224 p. 89. <http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist.%20Cart.%20y%20Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
- De Boer. (2015). Understanding the Heat Map, p. 2. <https://cartographicperspectives.org/index.php/journal/article/view/cp80-deboer/1419>
- Decreto Legislativo N° 635. Código Penal. Art. 310. (3 de abril de 1991. Modificado por D.L. N°1237.2015). <https://bit.ly/3USyE11>
- Decreto Supremo N°016-2012AG. Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario. (13 de noviembre de 2012). <https://bit.ly/4b8SriN>

Decreto Supremo N°009-2013-MINAGRI. Decreto supremo que aprueba la política nacional forestal y de fauna silvestre. (2 de agosto de 2013). https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2373731/DS_009_2013_MINAGRI.pdf?v=1636567257

Decreto Supremo N°018-2015-MINAGRI. Reglamento para la Gestión Forestal (28 de setiembre de 2015). <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC149253/>

Di Bella et al. (2008, setiembre). La teledetección como herramienta para la prevención, seguimiento y evaluación de incendios e inundaciones, p.3-4. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54017106004>

Environmental Systems Research Institute. Incendios Forestales. Estrategias. Evaluar el riesgo. <https://www.esri.com/es-es/industries/wildland-fire/strategies/preparedness#evaluar-el-riesgo>

França, H. (2004). Identificação e mapeamento de cicatrizes de queimadas com imagens AVHRR/NOAA. Capítulo 3 del volumen: FERREIRA, N.C. (coord.) “Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N”. Oficina de textos. Sao Paulo. <https://bit.ly/4bx9hIc>

Fuentes. (2017). Monitoreo de Quemadas en el departamento de Pando – Bolivia año 2015 mediante Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2017/10.23.17.06.39/doc/61649.pdf>

GISandBeers. (21 de diciembre de 2019). Todo lo que deberías saber sobre imágenes Sentinel 2. <https://www.gisandbeers.com/lo-deberias-saber-imagenes-sentinel-2/>

Gobierno Regional de Junín. (2014, diciembre). Estrategia Regional de Diversidad Biológica al 2021 y Plan de Acción de Junín 2015-2018. <https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/pe-sbsap-junin-revised-es.pdf>

Gobierno Regional de Junín. (2015, agosto). Memoria Descriptiva Cobertura Vegetal Junín. <https://es.scribd.com/document/322321931/Memoria-Descriptiva-Cobertura-Vegetal-JUNIN>

- Hamsini Sukumar. (s/f). Heatmaps in Data Visualization: A Comprehensive Introduction <https://inforiver.com/insights/heatmaps-in-data-visualization-a-comprehensive-introduction/>
- Hudak AT, BH Brockett. (2004). Mapping fire scars in a southern African savanna using Landsat imagery. *International Journal of Remote Sensing* 25(16): 3231-3243. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160310001632666>
- Kogut. (2021, noviembre). Teledetección Satelital: Tipos, Usos Y Aplicaciones. Recuperado el 15 de marzo de 2024 de: <https://eos.com/es/blog/teledeteccion/>
- Ley N°29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre. (22 de julio de 2011). <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29763.pdf>
- Ley N°28611, Ley General del Ambiente. (13 de octubre de 2005). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Lillesand, T. M.; Kiefer R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons Inc. 3d ed., New York, U.S.A. 750 p. <https://es.scribd.com/doc/233973017/Remote-Sensing-and-Image-Interpret-T-M-Lillesand>.
- Liza, R. (2021, abril) Creación de bases de datos geográficos en la identificación de la intervención de los bosques en Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5197>
- Llovería. (2014). La severidad del fuego: Revisión de conceptos, métodos y efectos ambientales. P.433. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4854191.pdf>
- Manta, María y León, Humberto. (14-17 de junio de 2004,). Los incendios forestales en el Perú: Grave Problema por resolver. http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Separatas%20FCF/Proteccion%20Forestal/3SimposioBrasil-Per_.PDF.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (14 de noviembre de 2012,). Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario, art. 27. Diario Oficial El Peruano. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2373664/ds_16_2012_ag.pdf

Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12076/10_mapa-nacional-de-cobertura-vegetal.pdf?v=1530548584

Ministerio del Ambiente. (2 de agosto de 2023). Conoce las causas y consecuencias de los incendios forestales en nuestro país. Nota de prensa. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/812315-conoce-las-causas-y-consecuencias-de-los-incendios-forestales-en-nuestro-pais>

Ministerio del Ambiente. (21 de agosto de 2023) Conoce cuáles son las condiciones que favorecen la ocurrencia de incendios forestales en el país. Nota de prensa. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/821653-conoce-cuales-son-las-condiciones-que-favorecen-la-ocurrencia-de-incendios-forestales-en-el-pais>

Ministerio del Ambiente. (09 de setiembre de 2023). MINAM: El 98 % de incendios forestales en el Perú son causados por la acción humana. Nota de prensa. <https://bit.ly/3PT0tnt>

Resolución de dirección ejecutiva RDE N°D000121-2021-MIDAGRI-SERFOR-DE. Aprueban la incorporación de 15 ecosistemas identificados en el departamento de Junín a la “Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles”. 12 de julio de 2021. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1972321-1>

Nétek et al. (2018). Implementation of Heat Maps in Geographical Information System – Exploratory Study on Traffic Accident Data. P. 2. <https://bit.ly/3QDNkPn>

Rivera-Lombardi, R. J. (2005). Estudo da recorrência de queimadas e permanência de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/LANDSAT. 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. <https://bit.ly/3vKnvWO>

Sastre. (2012, abril). Sistemas de Información Geográfica (SIG) Técnicas básicas para estudios de biodiversidad. <https://bit.ly/3PTHmcK>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (s/f). Presentación Gestión del Riesgo de Incendios Forestal en Áreas Naturales Protegidas. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/475395/estrategia_incendio-forestal-baja.pdf?v=1617631173

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (29 de setiembre de 2015). Reglamento para la Gestión Forestal, art. 207. Diario Oficial El Peruano. <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2015/13917-decreto-supremo-n-018-2015-minagri>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (17 diciembre de 2018). Plan De Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1267623/plan-incendios-forestales.pdf>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (23 de agosto de 2019). Diario Gestión. SERFOR pide a la población no quemar residuos agrícolas y pastos. <https://gestion.pe/peru/serfor-pide-a-la-poblacion-no-quemar-residuos-agricolas-y-pastos-que-puedan-ocasionar-un-incendio-forestal-noticia/>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (14 de julio de 2021). Nota de Prensa, SERFOR identifica y establece 15 ecosistemas frágiles en Junín. <https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/506200-serfor-identifica-y-establece-15-ecosistemas-fragiles-en-junin>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2021). Unidad Funcional de Monitoreo Satelital. Focos de Calor <https://geo.serfor.gob.pe/visor/>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2022). Unidad Funcional de Monitoreo Satelital. Base de datos del Proyecto. <https://sniffs.serfor.gob.pe/monitoreo/si/incendios.html>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2022). Unidad Funcional de Monitoreo Satelital. Informe técnico de áreas afectadas (cicatrices) de incendios forestales en el departamento de Junín del 2021.

- Sistema de Información de Biodiversidad de la Administración de Parques Nacionales. (28 de julio de 2021). Caracterización de la situación de incendios en las áreas protegidas nacionales de Argentina, a partir de focos de calor MODIS y VIIRS (Periodo 2003-2020). <https://sib.gob.ar/novedades/informefocos2020>
- Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa. (2020, mayo). Caracterización de la Región Junín. <https://bit.ly/3J7oEef>
- Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (2014, mayo). Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2014 – 2021 (D.S. N° 034-2014-PCM). <https://bit.ly/4bbosHa>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (25 de agosto de 2023). Incendios forestales: principales causas y el impacto sobre nuestra biodiversidad. <https://www.actualidadambiental.pe/incendios-forestales-principales-causas-y-el-impacto-sobre-nuestra-biodiversidad/>
- Sociedad Peruana de Derecho Ambiental. (s/f). Pajonales fuente de vida. Recuperado el 14 de marzo de 2024 de: <https://www.actualidadambiental.pe/pajonales/>
- Weather Spark. (s/f). El tiempo durante todo el año en cualquier lugar del mundo. Recuperado el 14 de marzo de 2024 de: <https://es.weatherspark.com/policies/terms>
- White et al. (1996, Setiembre). Remote Sensing of Forest Fire Severity and Vegetation Recovery. <https://bit.ly/3JWGmS8>
- Zamora. (2016). Estudio metodológico para el monitoreo de alertas tempranas de deforestación basado en focos de calor en la Amazonía peruana. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2601/K70Z3T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zubieta et al. (2023). Retraso en el inicio de la temporada de lluvias e incremento de la ocurrencia de incendios. <https://bit.ly/4adMG1Z>