



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS
FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA,
AREQUIPA 2024

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniera Geógrafa

Autora:

Vasquez Aliaga, Carolina Lucia

Asesora:

Rivera Murillo, Jhoana Juliana

ORCID: 0009-0007-7185-6534

Jurado:

Rojas León, Gladys

Díaz Villalobos, Carlos Alberto

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima - Perú

2025



ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	2%
2	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.esge.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1%
5	prensaregional.pe Fuente de Internet	<1%
6	jalayo.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.businessperspectives.org Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS
FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA

2024

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniera Geógrafa

Autora:

Vasquez Aliaga, Carolina Lucia

Asesora:

Rivera Murillo, Jhoana Juliana
ORCID: 0009-0007-7185-6534

Jurado:

Rojas León, Gladys
Díaz Villalobos, Carlos Alberto
Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2025

ÍNDICE

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Trayectoria de la autora.....	10
1.2. Descripción de la institución.....	11
1.2.1. Misión	12
1.2.2. Visión	12
1.3. Organigrama de la institución.....	13
1.4. Área y funciones desempeñadas.....	15
II. ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024.....	16
2.1. Problemática.....	16
2.2. Objetivos.....	17
2.2.1. Objetivo general	17
2.2.2. Objetivos específicos	17
2.3. Ubicación.....	17
2.4. Antecedentes.....	18
2.5. Marco teórico.....	23
2.5.1. Sistemas de Información Geográfica	23
2.5.2. Teledetección e imágenes satelitales	23

2.5.3.	<i>Focos de calor y cicatrices</i>	23
2.5.4.	<i>Herramienta K-Means Clustering for Grids</i>	24
2.6.	Metodología	24
2.6.1.	<i>Primera etapa: Monitoreo de los focos de calor</i>	24
2.6.2.	<i>Segunda etapa: Búsqueda y descarga de imágenes satelitales</i>	25
2.6.3.	<i>Tercera etapa: Procesamiento del área afectada</i>	27
2.6.4.	<i>Cuarta etapa: Cálculo de las cicatrices ocasionadas por incendios forestales</i> 28	
2.6.5.	<i>Verificación en campo</i>	29
2.7.	Resultados	31
2.8.	Discusión de resultados.....	41
III.	APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN	42
IV.	CONCLUSIONES	43
V.	RECOMENDACIONES	44
VI.	REFERENCIAS	45
VII.	ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Incendios forestales registrados en el SINPAD	19
Tabla 2. Bandas utilizadas del satélite Sentinel-2.....	26
Tabla 3. Base de datos de los incendios forestales en el departamento de Arequipa en el 2024	31
Tabla 4. Número de ocurrencia de incendios forestales	38
Tabla 5. Área afectada por incendios forestales	39
Tabla 6. Ocurrencia de incendios forestales por mes.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama del GORE Arequipa	13
Figura 2. Organigrama del Centro de Operaciones de Emergencia Regional – Arequipa	14
Figura 3. Mapa de ubicación del departamento de Arequipa	18
Figura 4. Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi	22
Figura 5. Visualización de un foco de calor	24
Figura 6. Imagen de la digitalización de los focos de calor en el QGIS 3.34.....	25
Figura 7. Búsqueda de imágenes satelitales Sentinel-2	26
Figura 8. Comparación de la escena del 20 de octubre del 2024 (1) con la del 25 de octubre del 2024 (2).....	27
Figura 9. Parámetros utilizados en la ejecución de la herramienta K-Means Clustering for Grids y clúster resultante	28
Figura 10. Conversión de ráster a shapefile.....	29
Figura 11. Zona afectada por el incendio forestal en el distrito de Chiguata, 24/10/2024	29
Figura 12. Personal del COER – Arequipa visitó la zona afectada por el incendio forestal en el distrito de Chiguata, 24/10/2024.....	30
Figura 13. Personal del COER – Arequipa realizó la inspección de la extinción del incendio forestal en el distrito de Chiguata, 24/10/2024	30
Figura 14. Personal del COER – Arequipa realizó la asistencia técnica en el distrito de Chiguata, 25/10/2024.....	31
Figura 15. Mapa de la distribución de focos de calor en Arequipa	36
Figura 16. Mapa de cicatrices ocasionadas por incendios forestales en Arequipa	37
Figura 17. Mapa de densidad de incendios forestales	37
Figura 18. Ocurrencia de incendios forestales a nivel de provincia	38
Figura 19. Área afectada por incendios forestales a nivel de provincia	39

Figura 20. Área afectada por incendios forestales a nivel de provincia40

ANEXOS

Anexo A. Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi del día de mayo del 2024.....	49
Anexo B. Panorámico de la cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi del 25 de mayo del 2024	50
Anexo C. Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en los distritos de Characato y Pocsi del 07 de agosto del 2024.....	51
Anexo D. Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Polobaya del 19 de agosto del 2024, en la frontera con Moquegua	52
Anexo E. Área afectada por el incendio forestal en el distrito de Machaguay, ocurrido el 06 de noviembre del 2024.....	53
Anexo F. Solicitud para el uso de información sobre los incendios forestales en el 2024, dirigida al GORE Arequipa	54
Anexo G. Autorización para el uso de información sobre los incendios forestales en el 2024	55
Anexo H. Mapa de ubicación en A-3	56
Anexo I. Mapa de focos de calor en A-3.....	56
Anexo J. Mapa de cicatrices en A-3.....	56
Anexo K. Mapa de densidad de incendios forestales en A-3	56

RESUMEN

El presente informe describe la experiencia profesional de la autora mientras desempeñaba sus funciones en el Centro de Operaciones de Emergencia Regional – Arequipa (COER – Arequipa). Uno de los objetivos de la experiencia específica fue elaborar una data de las áreas destruidas ocasionadas por los incendios forestales, a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Arequipa, durante el año 2024, ya que no se contaba con información sobre estos eventos antrópicos. La metodología contempló una etapa de monitoreo diario y validación de los focos de calor que se pudieron registrar en el departamento de Arequipa, para descargar las imágenes satelitales de Sentinel-2. Luego se realizó la interpretación visual por medio de la teledetección, se digitalizaron las áreas afectadas utilizando el programa QGIS 3.34 y se procesaron en SAGA 9.6.1, con la herramienta K-Means Clustering for Grids y empleando el método Combined Minimum Distance / Hillclimbing. De esa forma se identificaron las cicatrices y se cuantificaron. Finalmente, se obtuvieron 107 cicatrices originados por incendios forestales, las cuales destruyeron 3,834.61 hectáreas de cobertura natural, teniendo a Arequipa, Caylloma y La Unión como las provincias más afectadas, y siendo octubre el mes con el mayor número de ocurrencias de incendios forestales.

Palabras clave: incendios forestales, cicatrices, Sistemas de Información Geográfica, teledetección, Sentinel-2.

ABSTRACT

This report describes the author's professional experience while working at the Regional Emergency Operations Centre - Arequipa (COER - Arequipa). The main objective of specific experience was to elaborate data on the areas destroyed by forest fires, through Geographic Information Systems (GIS) in Arequipa, by 2024, since there wasn't information available on these anthropic events. The methodology included a daily monitoring and validation stage of the hot spots that could be recorded in the department of Arequipa, in order to download Sentinel-2 satellite images. The affected areas were then digitised using the QGIS 3.34 programme and processed in SAGA 9.6.1, with the K-Means Clustering for Grids tool and using the Combined Minimum Distance / Hillclimbing method. In this way the scars were identified and quantified. Finally, 107 scars originated by forest fires were obtained, which destroyed 3, 834.61 hectares of natural cover, with Arequipa, Caylloma and La Unión as the most affected provinces, and October being the month with the highest number of forest fire occurrences.

Keywords: forest fires, scars, Geographic Information Systems, remote sensing, Sentinel-2.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria de la autora

La autora es bachiller de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), en la carrera de Ingeniería Geográfica. En el año 2023, realizó el diplomado en Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático en la Escuela Superior de Guerra del Ejército (ESGE), y en el 2024, realizó el curso de formación en el Sistema Nacional de Programación Multianual de Inversiones – Invierte.pe en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Además, tiene experiencia general superior a tres años, laborando en entidades tanto públicas como privadas.

Actualmente labora en el Módulo de Evaluador del COER – Arequipa, del Gobierno Regional de Arequipa (GORE Arequipa). Las funciones que desarrolla son de dirigir, supervisar y coordinar con los módulos que conforman el COER. Asimismo, es la responsable de emitir y difundir los diferentes productos de los módulos del COER, así mismo, monitoreó las emergencias.

Durante septiembre del 2024, se desempeñó como Responsable de operaciones en la Municipalidad Distrital de Cerro Colorado, específicamente en la Sub Gerencia de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD). Realizó coordinaciones con las organismos públicos que además, son técnico-científicas sobre los peligros recurrentes y el registro de las emergencias que se produjeron en el distrito.

De octubre del 2023 a agosto del 2024, se desempeñó como Asistente en monitoreo, análisis y procesamiento de información en la Gerencia Regional de GRD del GORE Arequipa. Donde llevó a cabo la elaboración de cartografía temática para planes específicos, asimismo, el seguimiento y sistematización de las emergencias a nivel regional.

De junio del 2022 a septiembre del 2023, se desempeñó como Analista de monitoreo

en la empresa ANCRO SRL, donde una de sus principales funciones fue realizar el seguimiento y control de las unidades que ejecutaron los servicios de carga de residuos sólidos comunes y peligrosos, así como su correcta disposición.

En la empresa BIGENIOS Ingeniería y Topografía laboró en dos periodos, primero de enero a marzo del 2022, ocupó el cargo de Asistente en geomática donde brindó el apoyo técnico durante las mediciones de datos geospaciales y el manejo de instrumentos como la estación total, GPS y dron. Posteriormente, desde abril a junio del 2022, se desempeñó como Analista en Sistemas de Información Geográfica, donde realizó la recopilación, sistematización y estandarización de la información espacial y la elaboración de mapas temáticos.

De marzo a abril del 2022, trabajó como Técnico en levantamiento de información en la empresa TECOM S.A.C., donde realizó el levantamiento y recopilación predial para las instalaciones de fibra óptica en distritos de la provincia de Santa, Áncash y distritos de la provincia de Huamanga, Ayacucho.

Desde agosto hasta diciembre del 2021 desarrolló sus prácticas profesionales en el Gobierno Regional de Cusco. Las funciones fueron desarrolladas en el COER – Cusco, cuyos productos fueron boletines meteorológicos y el seguimiento de las emergencias a nivel regional.

1.2. Descripción de la institución

Actualmente, en Perú hay 26 gobiernos regionales, siendo uno de estos el GORE Arequipa, que es una entidad pública que comprende el ámbito territorial del departamento de Arequipa (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2024).

Mediante Ley N° 25022, se estableció el primer GORE Arequipa en 1989, a lo largo del primer mandato del Dr. Alan García Pérez (Gobierno Regional de Arequipa, 2015). Se descentraliza en ocho provincias las cuales son Camaná, Caravelí e Islay, que tienen salida al mar; Arequipa, Castilla, Caylloma, Condesuyos y La Unión, cuya altitud es mayor. Siendo el

distrito de Arequipa su capital y encontrándose a una altitud de 2,328 m.s.n.m. (INEI, 2019).

El Reglamento de Organización y Funciones (ROF), establece en el Artículo 48°:

El Centro de Operaciones de Emergencia Regional – Arequipa (COER – Arequipa) es un órgano consultivo que funciona de manera continua en el monitoreo de peligros, emergencias y desastres; así como en la administración e intercambio de la información que provienen de los procesos de la Gestión del Riesgo de Desastres en la Región Arequipa, para la oportuna toma de decisiones de las autoridades regionales, locales e institucionales (Gobierno Regional de Arequipa, 2023, p. 29).

1.2.1. Misión

El propósito de la institución es aportar al desarrollo del territorio teniendo un enfoque moderno, descentralizado, competitivo e inclusivo, mediante la organización de la gestión pública articulada con las políticas nacionales, sectoriales y locales, para garantizar la igualdad de oportunidades (Gobierno Regional de Arequipa, s.f.).

1.2.2. Visión

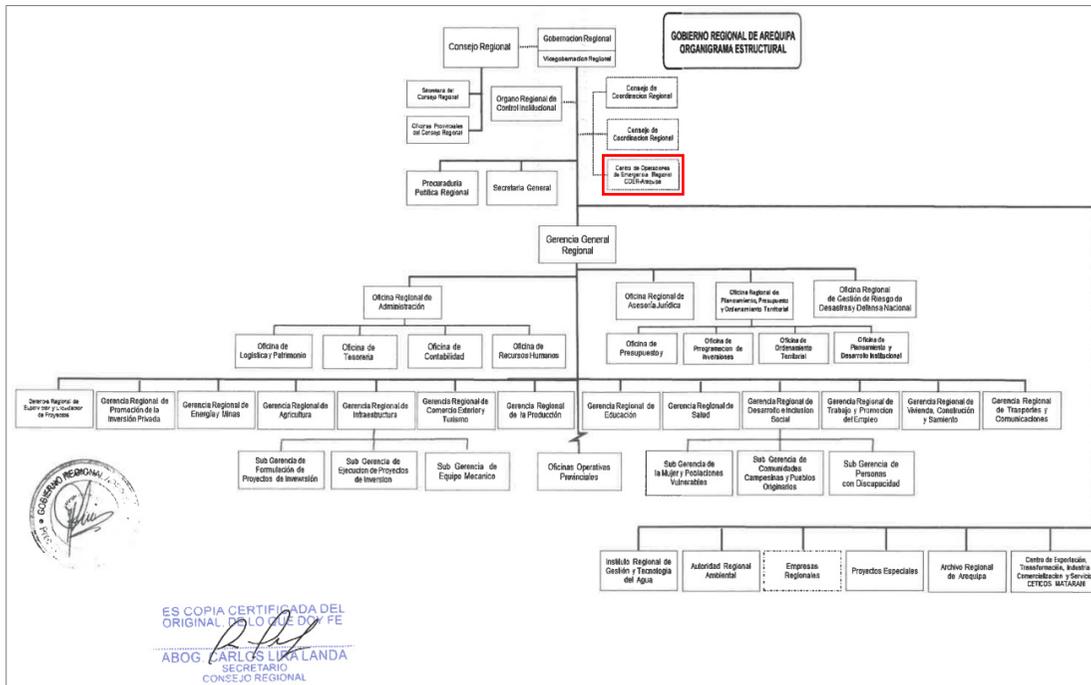
Tiene como visión ser una región competitiva, donde sus habitantes gocen de un empleo digno y desarrollen sus actividades en una ciudad segura. Además, que su desarrollo y economía sea sustentable, empleando sus propios recursos, donde se priorice la agroindustria, el turismo, la manufactura y la minería. Asimismo, aprovechar el uso de los recursos naturales renovables como la energía eólica en el desierto de su costa y la energía solar en la sierra para promover una cultura de cuidado del medio que nos rodea (Gobierno Regional de Arequipa, s.f.).

1.3. Organigrama de la institución

Si observamos la Figura 1 veremos que presenta el organigrama del GORE Arequipa, el cual señala el área concreta en la que se han llevado a cabo las funciones, mientras que en la Figura 2 presenta la estructura del COER – Arequipa.

Figura 1

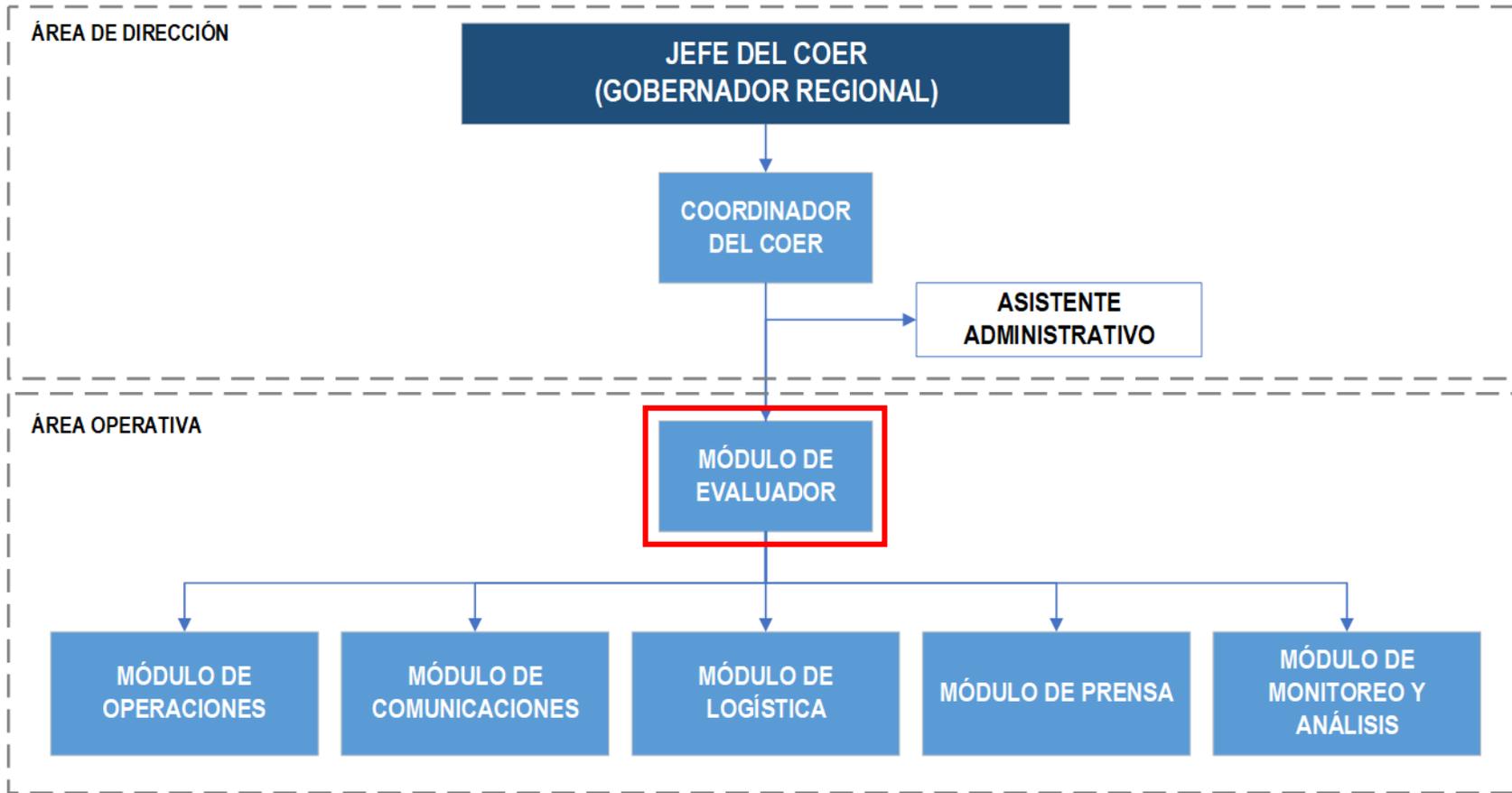
Organigrama del GORE Arequipa



Nota. El organigrama fue aprobado con Ordenanza Regional N° 476-AREQUIPA (Gobierno Regional de Arequipa, 2022).

Figura 2

Organigrama del Centro de Operaciones de Emergencia Regional – Arequipa



Nota. Organización propuesta en el Manual de funcionamiento del Centro de Operaciones de Emergencia Regional – COER Arequipa (Gobierno Regional de Arequipa, 2022).

1.4. Área y funciones desempeñadas

Actualmente la autora labora en el COER – Arequipa, el cual es un órgano consultivo dentro de la estructura de la institución, donde ejerce sus funciones en el Módulo de Evaluador, el cual organiza a los demás módulos del COER como lo son Operaciones, Comunicaciones, Logística, Prensa y Monitoreo y Análisis.

A continuación, se indican las principales funciones que desarrolla:

- Realizar el seguimiento de las emergencias (lluvias intensas, huaicos, deslizamientos, derrumbes, incendios forestales, descenso de temperatura, entre otros) en la región Arequipa. Con la finalidad de elaborar las bitácoras diarias de las emergencias activas.
- Coordinar con las entidades de primera respuesta para gestionar la intervención de las emergencias que ocurran.
- Brindar asistencia técnica a los responsables de GRD y al personal operativo en los 109 distritos de Arequipa, para una adecuada toma de decisiones.
- Aprobar los productos de los módulos que conforman el COER – Arequipa como boletines técnicos de análisis, reportes de situación diaria, preliminares, complementarios y de peligro inminente.
- Difundir los productos de los módulos del COER – Arequipa.
- Informar al coordinador del COER – Arequipa para hacer de conocimiento.

II. ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

2.1. Problemática

De acuerdo con la definición que emplea el Ministerio del Ambiente (2024), se llama incendio forestal al fuego que se extiende de forma indiscriminada sobre la vegetación presente en áreas rurales o naturales, que puede provocar impactos ambientales negativos y afectación en la salud de la población que se encuentra adyacente a estas zonas. Los pastizales andinos son los ecosistemas más afectados ante la ocurrencia de un incendio forestal, seguido por los matorrales y los bosques naturales (Zubieta et al., 2022).

La cuarta emergencia más registrada en el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD), son los incendios forestales y se encuentra en primer lugar dentro de los peligros de origen antrópico a nivel nacional, desde la toma de datos históricos del 2003 hasta el 2023. En nuestro país, una de las principales acciones que desencadenan estos eventos se debe a que aún se siguen practicando técnicas ancestrales con la creencia de que el fuego atrae a la lluvia o fertiliza a la tierra (Pilares et al., 2021).

La elaboración de este instrumento de información surge de la exigencia de disponer de un registro georreferenciado de los daños que resultan en los incendios forestales. Hasta antes del 2024 solo se tenía una ubicación aproximada de la zona donde ocurrió un incendio forestal y que, además, no contaba con una cuantificación del área destruida. Esta información resultante permitirá analizar la magnitud de estos eventos de origen antrópico para que los tomadores de decisiones del GORE Arequipa puedan promover políticas para reducir el riesgo ante este peligro, que, si bien no lo podemos predecir, sí podemos usar dicha información estadística para prepararnos en los meses donde se registra una alta recurrencia de incendios

forestales.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Elaborar una data respecto a cicatrices por incendios forestales utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) en Arequipa durante el 2024.

2.2.2. Objetivos específicos

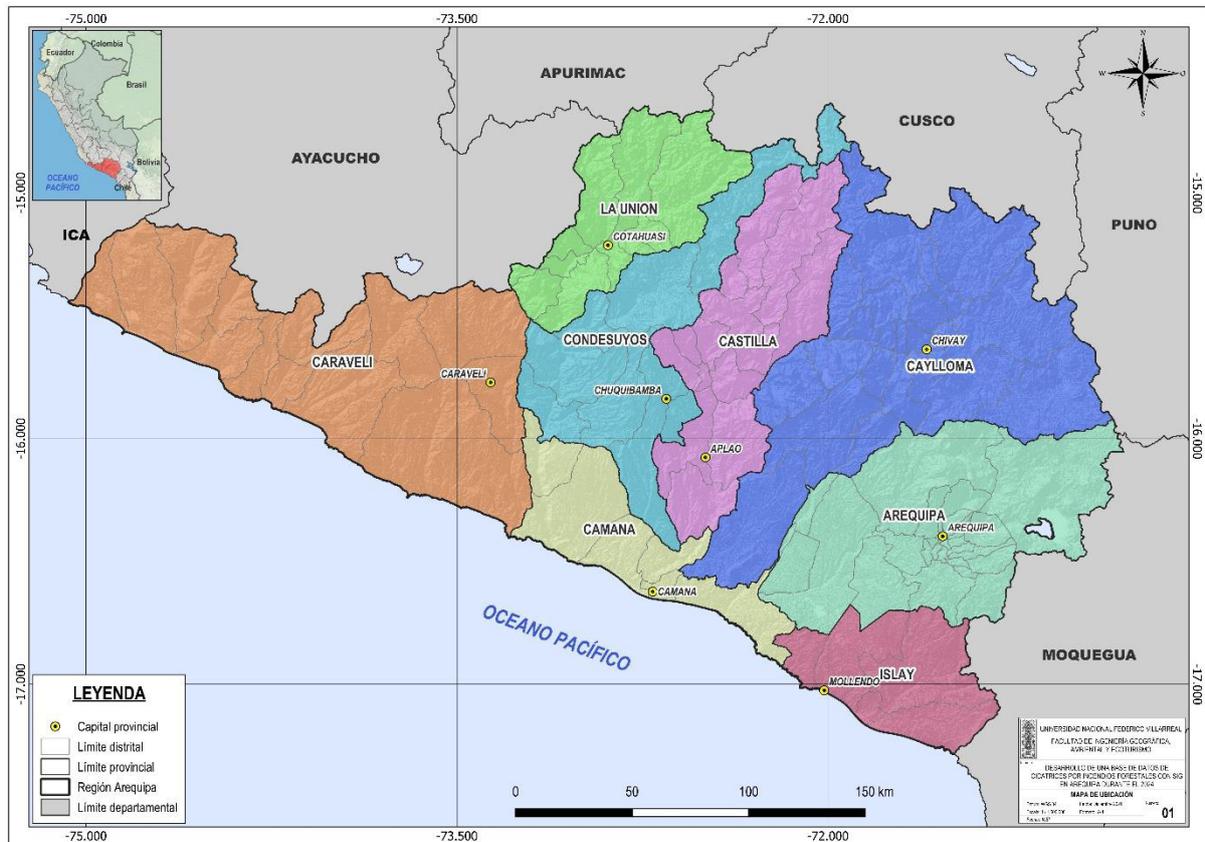
- Identificar los focos de calor y georreferenciarlos en QGIS 3.34.
- Obtener las imágenes satelitales de Sentinel-2 de fechas anterior y posterior al evento.
- Procesar las imágenes satelitales obtenidas en SAGA 9.6.1.
- Calcular el área de las cicatrices ocasionadas por los incendios forestales.

2.3. Ubicación

El ámbito de estudio abarca el departamento de Arequipa, el cual posee una extensión de 63,343.95 km², donde el 66% del total de su territorio es sierra y el 34%, es costa (INEI, s.f.). El departamento de Arequipa tiene fronteras septentrionales con Ayacucho, Apurímac e Ica; orientales con Puno y Cusco; meridionales con Moquegua; y occidentales con el océano Pacífico.

Figura 3

Mapa de ubicación del departamento de Arequipa



Nota. Elaboración propia en base a los límites referenciales del INEI (s.f.).

2.4. Antecedentes

Según Aguilar (2024), el objetivo que tuvo en su trabajo de suficiencia profesional fue la producción de cartografía que facilite la toma de decisiones a autoridades con capacidad de decisión frente a los incendios forestales en Junín durante el 2021. El desarrollo del informe tuvo una etapa preventiva donde se monitorearon los focos de calor obtenidos mediante el uso de imágenes satelitales como Terra y Aqua cuyo sensor es MODIS y Suomi-NPP a través de su sensor VIIRS, para emitir posteriormente la alerta de incendio forestal, las cuales fueron compartidas mediante el visor GEOSERFOR. En la segunda etapa se realizó el análisis de la afectación, donde se emitieron los reportes de cicatriz de incendio forestal para cuantificar los daños. Dicha información fue difundida a grupos de interés para capacitarlos en referencia al

uso del visor GEOSERFOR. Como resultado se registró un crecimiento en la producción de información cartográfica respecto a cuatro años anteriores a la elaboración del presente trabajo, después de la aplicación de la metodología desarrollada. En conclusión, durante el año 2021 se generaron 120 alertas de incendio forestal y 21 reportes de cicatriz de incendio forestal, las cuales fueron presentados a las autoridades de la región para la mejor toma de decisiones a futuro.

En un caso ocurrido el 26 de mayo del 2024, a las 10:00 horas aproximadamente, se registró un incendio forestal en Pocsi; se movilizaron recursos y personal para realizar acciones de control por parte de instituciones como la Policía Nacional de Perú, la Comunidad Campesina de Pocsi, el subprefecto de Pocsi y la Municipalidad Distrital de Pocsi. Después de una ardua labor por parte de las personas que intervinieron, el incendio forestal logró ser extinguido un día después. De acuerdo con información complementaria, se registraron 20 hectáreas de cobertura natural destruida (Centro de Operaciones de Emergencia Nacional [COEN], 2024). Sin embargo, después de realizar el cálculo de la cicatriz ocasionada por el incendio forestal, se estimó un área de 42.22 hectáreas, según se muestra en la Figura 4. Después de la emergencia registrada en el distrito de Pocsi y debido a la magnitud, se propuso desarrollar una base de datos propia.

De acuerdo con la consulta que se realizó en el SINPAD, durante el 2024 se tuvo un registro de 58 incendios forestales.

Tabla 1

Incendios forestales registrados en el SINPAD

N°	Provincia	Distrito	Código SINPAD	Fecha
1	Caravelí	Atico	195937	20/03/2024
2	Arequipa	Cayma	202489	11/06/2024

3	Caylloma	Callalli	204580	15/07/2024
4	La Unión	Cotahuasi	205239	24/07/2024
5	La Unión	Puyca	205362	29/07/2024
6	Arequipa	Characato	205901	07/08/2024
7	Caylloma	Lari	206252	13/08/2024
8	Caylloma	Sibayo	206694	19/08/2024
9	Castilla	Orcopampa	206701	20/08/2024
10	La Unión	Huaynacotas	207409	28/08/2024
11	Arequipa	Chiguata	207474	30/08/2024
12	Castilla	Chilcaymarca	208047	07/09/2024
13	Castilla	Machaguay	208831	14/09/2024
14	Castilla	Chachas	209583	20/09/2024
15	Arequipa	Chiguata	209603	22/09/2024
16	Condesuyos	Cayarani	209883	23/09/2024
17	Castilla	Pampacolca	209939	24/09/2024
18	Caylloma	Huambo	210431	01/10/2024
19	Condesuyos	Cayarani	210694	02/10/2024
20	Caylloma	Maca	211218	09/10/2024
21	Arequipa	Chiguata	211140	10/10/2024
22	La Unión	Toro	211330	12/10/2024
23	Caylloma	Huambo	211549	14/10/2024
24	Castilla	Chachas	211421	14/10/2024
25	La Unión	Charcana	211680	16/10/2024
26	Caylloma	Madrigal	211578	16/10/2024
27	Caylloma	Tisco	211566	16/10/2024

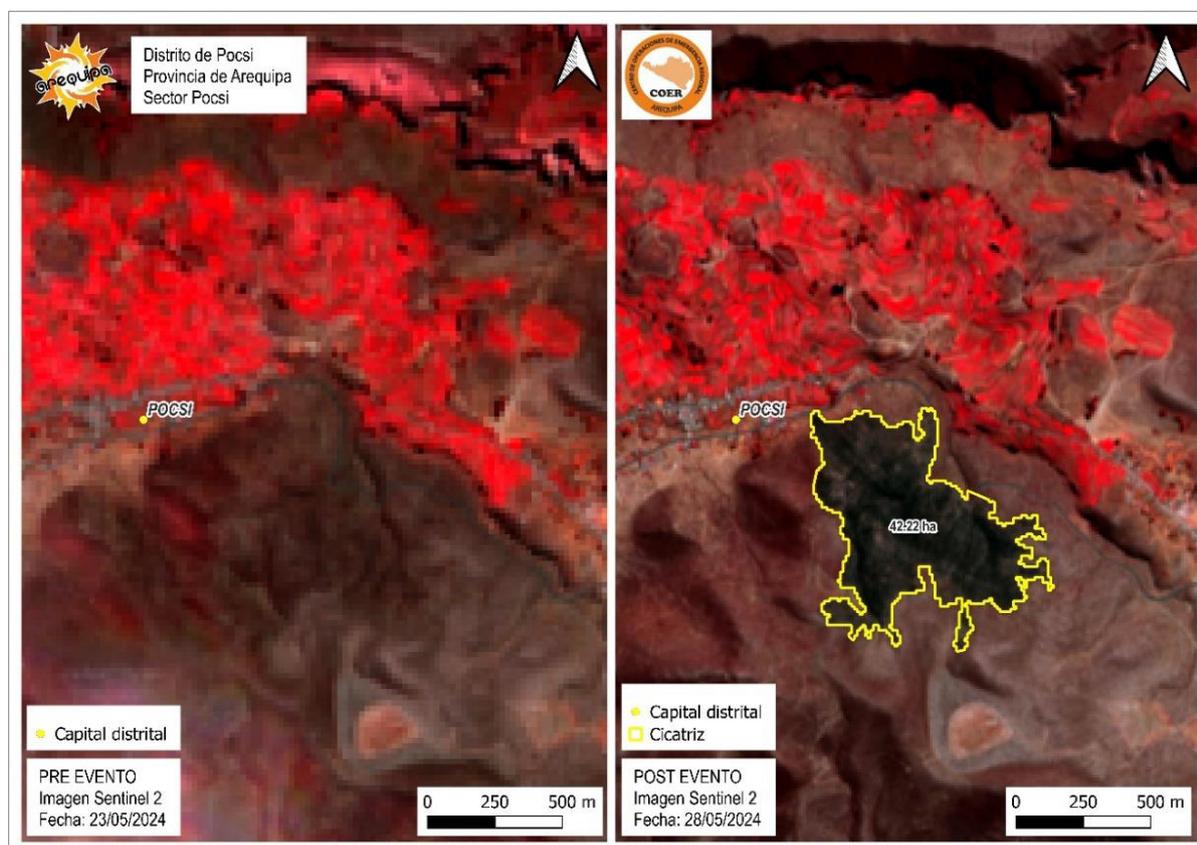
28	La Unión	Huaynacotas	211763	17/10/2024
29	Arequipa	Cayma	211713	17/10/2024
30	La Unión	Puyca	211772	18/10/2024
31	Caylloma	Ichupampa	211733	18/10/2024
32	La Unión	Huaynacotas	211844	19/10/2024
33	La Unión	Pampamarca	211935	20/10/2024
34	La Unión	Pampamarca	212070	21/10/2024
35	Caylloma	Tisco	212042	21/10/2024
36	Caylloma	Tapay	211896	21/10/2024
37	Condesuyos	Cayarani	212028	22/10/2024
38	La Unión	Toro	212321	24/10/2024
39	Arequipa	Chiguata	212279	24/10/2024
40	Castilla	Uñón	212427	25/10/2024
41	Arequipa	Pocsi	212507	27/10/2024
42	La Unión	Pampamarca	212633	28/10/2024
43	Caylloma	Cabanaconde	212569	28/10/2024
44	La Unión	Toro	212489	28/10/2024
45	Condesuyos	Chichas	212641	29/10/2024
46	La Unión	Alca	212756	30/10/2024
47	La Unión	Alca	212725	30/10/2024
48	Caylloma	Chivay	212685	30/10/2024
49	La Unión	Cotahuasi	212921	02/11/2024
50	La Unión	Puyca	212960	03/11/2024
51	Arequipa	Yura	212961	04/11/2024
52	Caylloma	Tapay	213570	11/11/2024

53	Caylloma	Achoma	213404	11/11/2024
54	La Unión	Alca	213689	12/11/2024
55	La Unión	Charcana	213765	14/11/2024
56	Castilla	Chilcaymarca	213747	14/11/2024
57	Caravelí	Acarí	214396	20/11/2024
58	Condesuyos	Cayarani	214654	26/11/2024

Nota. Elaboración propia en base a la información disponible en el SINPAD.

Figura 4

Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi



Nota. Elaboración propia en base al cálculo de la cicatriz

2.5. Marco teórico

2.5.1. *Sistemas de Información Geográfica*

Son un grupo de recursos que posibilitan el almacenamiento de datos alfanuméricos a través de archivos vectorial y/o ráster, además dicha información puede ser analizada gracias a que cada archivo almacena información sobre las coordenadas y/o proyección, lo cual facilita realizar cálculos (Pucha-Cofrep et al., 2017). Siendo el QGIS 3.34 un SIG, todos los cálculos y la producción de mapas temáticos se llevaron a cabo en este programa libre ya que no requiere el pago de una licencia para su uso.

2.5.2. *Teledetección e imágenes satelitales*

La teledetección es una técnica que permite, como su nombre lo indica, la detección remota y toma de datos de la superficie terrestre a través de sensores instalados en satélites artificiales, y que, a través de su descarga y posterior procesamiento, se obtiene información de áreas de interés (Instituto Geográfico Nacional, s.f.). Dicha toma de datos de la superficie terrestre se divide en escenas, las cuales conocemos como imágenes satelitales. Cabe señalar que algunos de los aspectos importantes para elegir un tipo de imagen satelital respecto de otra es la resolución espacial, cuya definición es la característica del sensor del satélite para captar el objeto más pequeño en la superficie terrestre, actualmente existen satélites submétricos (aquellos que captan objetos con un tamaño menor a un metro) y otros que realizan un barrido de más de 1 kilómetro (propiamente los satélites meteorológicos) (Tristan et al., 2008). Otro aspecto importante es la resolución temporal cuya definición se sintetiza, básicamente, en cuantos días toma el satélite en pasar por el mismo punto en la superficie terrestre. Ambas características fueron determinantes para elegir las imágenes satelitales de Sentinel-2.

2.5.3. *Focos de calor y cicatrices*

Se puede definir a los focos de calor como un punto en la superficie, el cual tiene coordenadas asignadas para ubicarlo espacialmente, cuya emisión de temperatura varía con

respecto a su entorno (COEN, 2020). Las cicatrices se calcularon a partir de los focos de calor al que la autora considera como una fuente primaria y cuya definición según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR] (2023) es aquella área afectada y/o destruida luego de haber sufrido un incendio.

2.5.4. Herramienta K-Means Clustering for Grids

Es un tipo de clasificación no supervisada el cual agrupa pixeles de similar característica, el cual permite identificar áreas quemadas para realizar cálculos.

2.6. Metodología

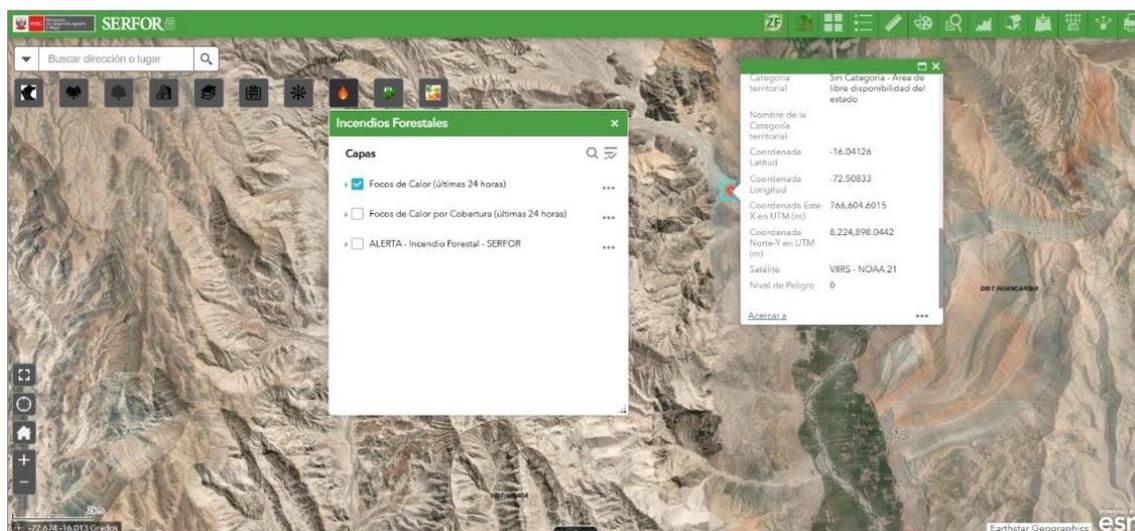
Se dividieron en cuatro etapas para el desarrollo, que se detallan a continuación:

2.6.1. Primera etapa: Monitoreo de los focos de calor

En esta etapa se realizó el monitoreo diario de los focos de calor a través del visor GEOSERFOR del SERFOR.

Figura 5

Visualización de un foco de calor



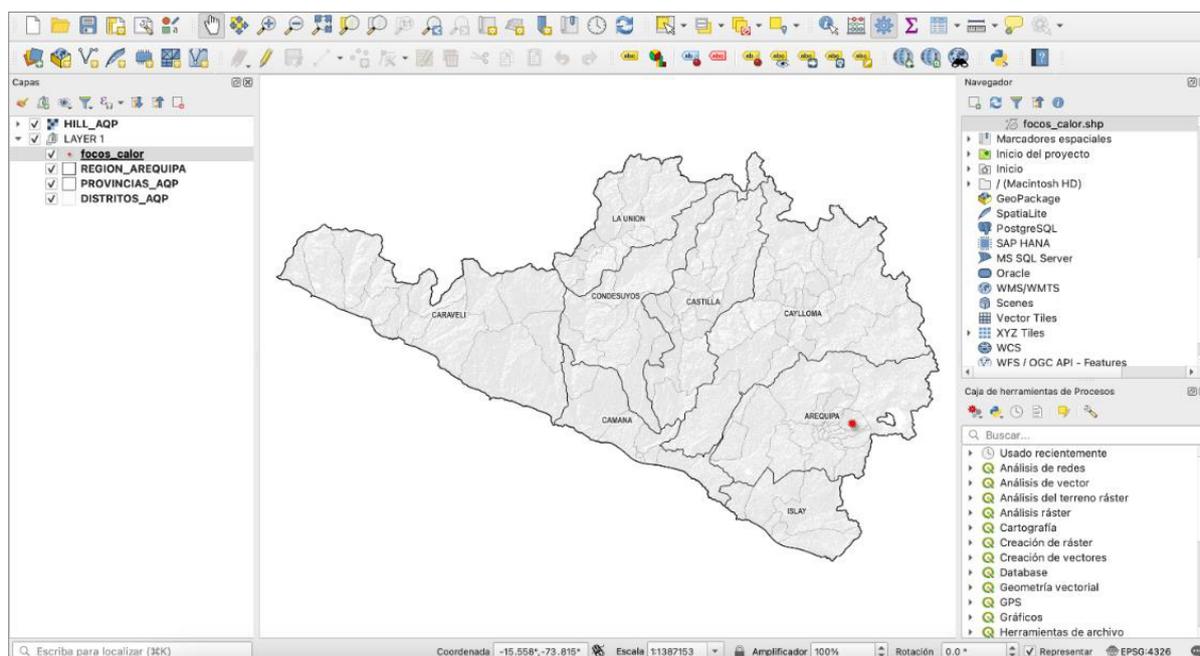
Nota: Información extraída del visor GEOSERFOR

Después de identificar el foco de calor, el Módulo de Comunicaciones (Mod. Com.) realizó las coordinaciones con los responsables de GRD de los distritos para confirmar si era

un incendio forestal en curso, ya que siendo parte del COER – Arequipa, se considera una fuente confiable. Si la información era validada, se creaba un shapefile con las coordenadas indicadas (latitud y longitud), para después digitalizarla en QGIS 3.34. Posteriormente, se crearon campos de fecha, provincia y distrito para registrar la información recopilada de todos los focos de calor identificados durante el 2024. La Figura 5 muestra el foco de calor georreferenciado, en Chiguata, la cual fue confirmada por la autoridad local como un incendio forestal.

Figura 6

Imagen de la digitalización de los focos de calor en el QGIS 3.34



Nota. Elaboración y diseño propio en QGIS 3.34

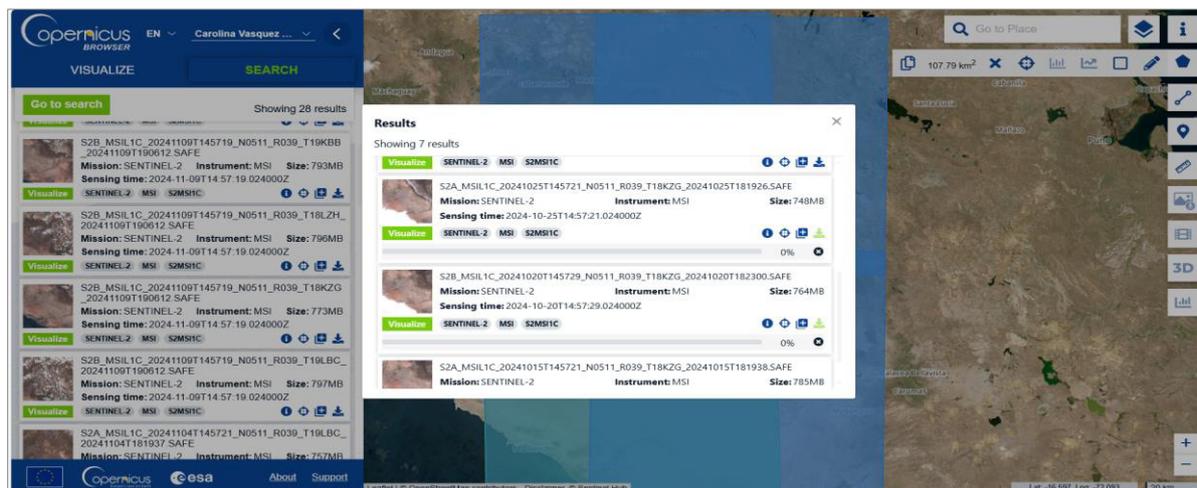
2.6.2. Segunda etapa: Búsqueda y descarga de imágenes satelitales

Se realizó la búsqueda de imágenes satelitales disponibles en la plataforma Copernicus Services Data Hub, desarrollado por la European Space Agency (ESA). Las imágenes de Sentinel-2 fueron empleadas debido a su resolución espacial y a su posibilidad de utilizar distintos intervalos del infrarrojo que permite diferenciar áreas con vegetación y monitorear una posible degradación en áreas de interés (García et al., 2020).

Se realizó la búsqueda de escenas que abarcaran el distrito de Chiguata cuyo incendio forestal se registró el 24 de octubre del 2024, por lo que se descargaron escenas antes y después del evento.

Figura 7

Búsqueda de imágenes satelitales Sentinel-2



Nota. Tomado de Copernicus Browser

Se descargaron las escenas del 20 de octubre del 2024 (antes del incendio forestal) y 25 de octubre del 2024 (después del incendio forestal).

Tabla 2

Bandas utilizadas del satélite Sentinel-2

Bandas	Sensor	Resolución	Resolución
		Espacial (m)	Temporal (días)
Banda 2 – Blue	MSI	10	05
Banda 3 – Green	MSI	10	05
Banda 4 – Red	MSI	10	05
Banda 8 – Near Infrared (NIR) 1	MSI	10	05

Nota. El satélite Sentinel-2 posee 13 bandas, de las cuales las 04 bandas utilizadas tienen 10 metros de resolución espacial (European Space Agency [ESA], s.f.)

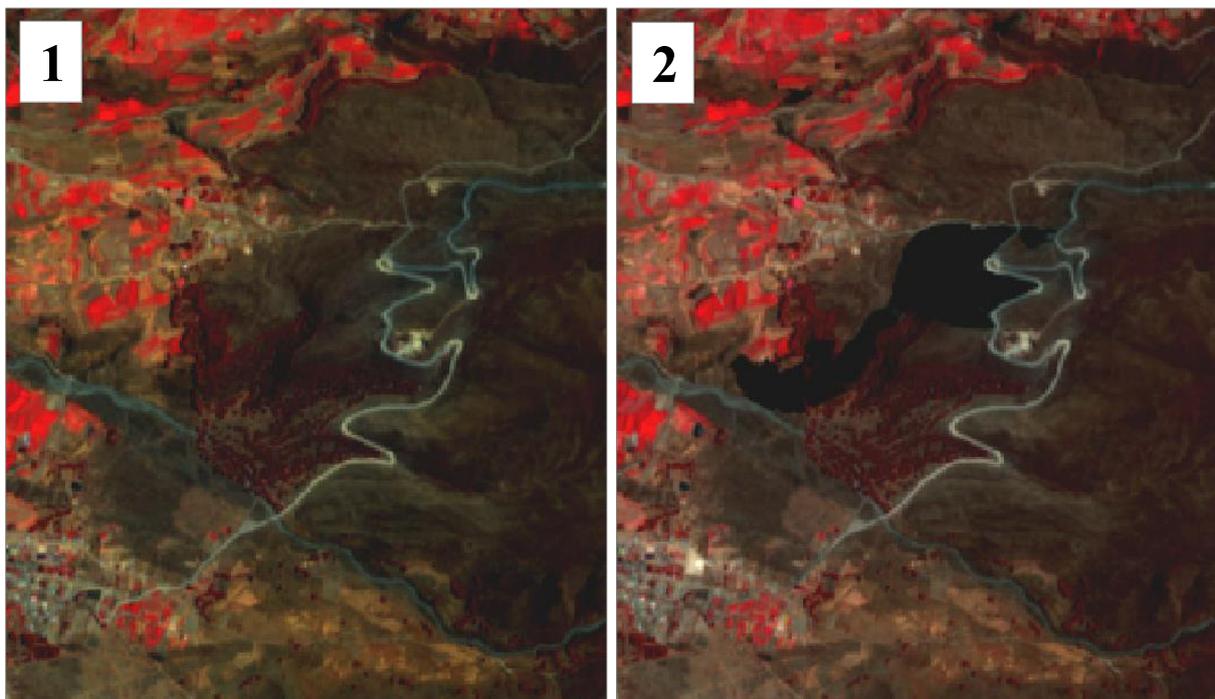
A continuación, se realizó la composición para ambas imágenes, con la ejecución de la herramienta “Combinar”, donde se seleccionaron las cuatro bandas indicadas en la Tabla 1.

De acuerdo con la interpretación visual de ambas imágenes resultantes, se visualizó una afectación evidente.

Figura 8

Comparación de la escena del 20 de octubre del 2024 (1) con la del 25 de octubre del 2024

(2)



Nota. Elaboración propia en QGIS 3.34

2.6.3. Tercera etapa: *Procesamiento del área afectada*

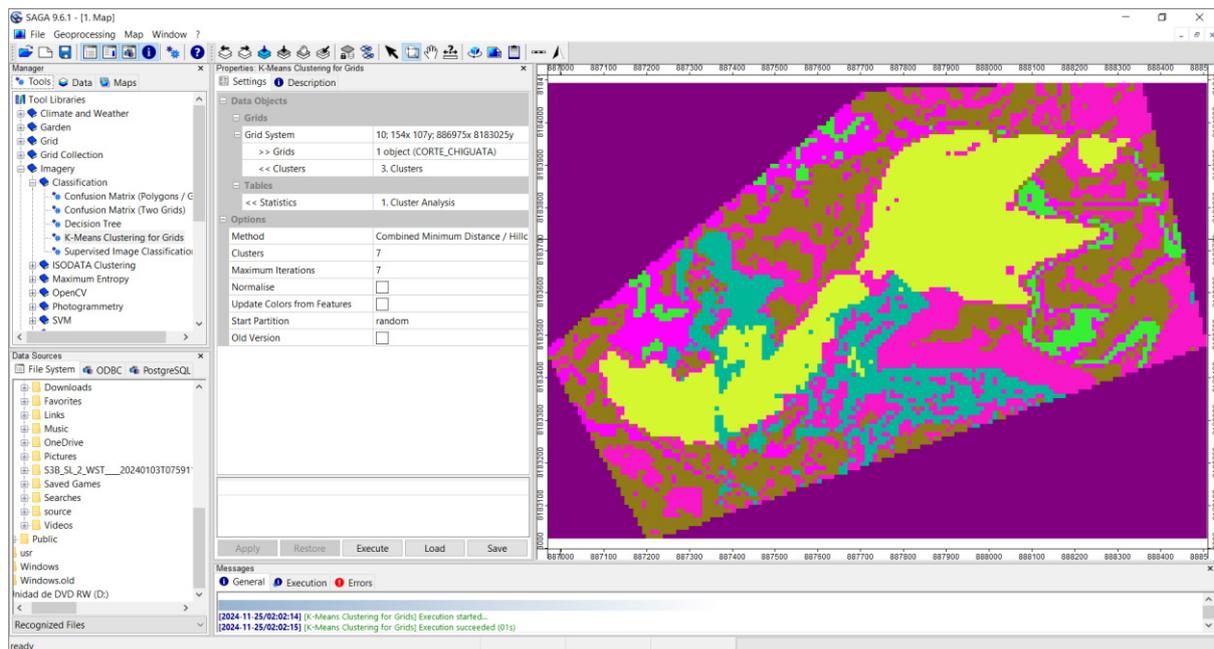
Para procesar el área afectada, se realizaron los siguientes pasos:

- Se realizó el corte de la escena Sentinel-2 descargada con un área digitalizada que abarque la afectación evidente.
- Con el uso del programa System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA 9.6.1), se abrió el corte del área con la afectación evidente.
- En la librería de herramientas se desplegó la carpeta Imagery, luego se desplegó

la carpeta Classification para buscar la herramienta K-Means Clustering for Grids. Se ejecutaron los parámetros, utilizando el método Combined Minimum Distance / Hillclimbing para obtener una clasificación por colores.

Figura 9

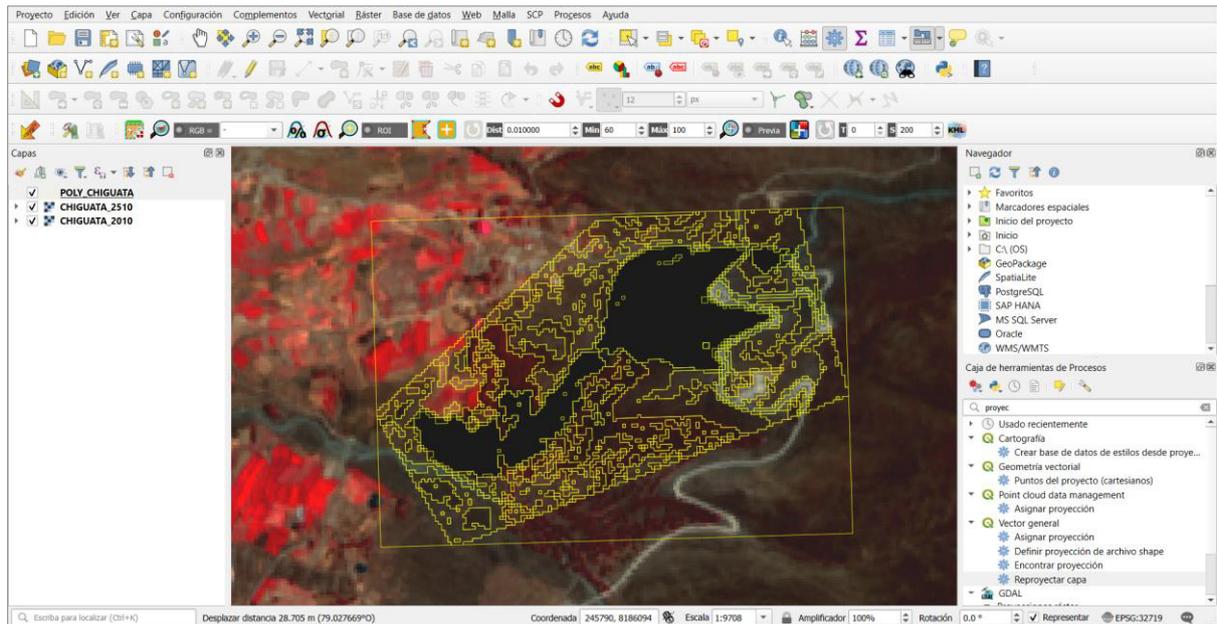
Parámetros utilizados en la ejecución de la herramienta K-Means Clustering for Grids y clúster resultante



Nota. Elaboración propia en SAGA 9.6.1

2.6.4. Cuarta etapa: Cálculo de las cicatrices ocasionadas por incendios forestales

En esta última etapa se convirtió el clúster resultante con extensión .tif (ráster) a .shp (shapefile) con la herramienta Poligonizar. Asimismo, se realizó una revisión del polígono resultante para eliminar píxeles que no corresponden a una cicatriz por incendio forestal, ello para que el cálculo sea la más cercana a la realidad.

Figura 10*Conversión de ráster a shapefile*

Nota. Elaboración propia en QGIS 3.34 con información procesada en SAGA 9.6.1

2.6.5. Verificación en campo

Se realizó la visita de campo a la zona afectada por el incendio forestal para corroborar que el área delimitada sea veraz.

Figura 11*Zona afectada por el incendio forestal en el distrito de Chiguata, 24/10/2024*

Nota: Recuperado del COER – Arequipa (2024)

Figura 12

Personal del COER – Arequipa visitó la zona afectada por el incendio forestal en el distrito de Chiguata, 24/10/2024



Nota: Recuperado del COER – Arequipa (2024)

Figura 13

Personal del COER – Arequipa realizó la inspección de la extinción del incendio forestal en el distrito de Chiguata, 25/10/2024



Nota: Recuperado del COER – Arequipa (2024)

Figura 14

Personal del COER – Arequipa realizó la asistencia técnica en el distrito de Chiguata,

25/10/2024



Nota: Recuperado del COER – Arequipa (2024)

2.7. Resultados

Con cada ocurrencia de incendio forestal, se actualizó la base de datos con las coordenadas y el área de las cicatrices en hectáreas. Se obtuvo un total de 107 cicatrices en el 2024.

Tabla 3

Base de datos de los incendios forestales en el departamento de Arequipa en el 2024

N°	Fecha	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Área (ha)
1	26/05/2024	Arequipa	Pocsi	-16.52160	-71.38132	42.22
2	27/05/2024	Caravelí	Quicacha	-15.60364	-73.78677	1.50
3	11/06/2024	Arequipa	Cayma	-16.29205	-71.52361	0.65
4	25/06/2024	Condesuyos	Cayarani	-14.70434	-71.99970	5.80

5	26/06/2024	Caylloma	Cabanaconde	-15.62201	-71.95591	1.35
6	02/07/2024	Caylloma	Caylloma	-15.14168	-71.80028	0.25
7	02/07/2024	Caylloma	Tisco	-15.25646	-71.41749	2.19
8	15/07/2024	Caylloma	Callalli	-15.50193	-71.37568	21.48
9	22/07/2024	Condesuyos	Iray	-15.67880	-72.41354	5.35
10	25/07/2024	La Unión	Cotahuasi	-15.21592	-72.84509	171.01
11	29/07/2024	La Unión	Puyca	-15.07657	-72.71990	13.51
12	30/07/2024	Condesuyos	Iray	-15.69213	-72.41409	30.56
13	30/07/2024	Condesuyos	Salamanca	-15.49848	-72.84495	45.02
14	31/07/2024	Caylloma	Huambo	-15.71506	-72.10111	20.65
15	01/08/2024	La Unión	Sayla	-15.32878	-73.20587	3.72
16	04/08/2024	Caylloma	Lluta	-15.94230	-71.94990	3.49
17	07/08/2024	Arequipa	Characato-Pocsi	-16.45204	-71.33810	511.82
18	08/08/2024	La Unión	Sayla	-15.33325	-73.20211	38.63
19	10/08/2024	Condesuyos	Salamanca	-15.49812	-72.86614	13.12
20	11/08/2024	Arequipa	San Juan de Tarucani	-16.06129	-71.13813	1.12
21	11/08/2024	Caylloma	Huanca	-15.96783	-71.85395	14.80
22	13/08/2024	Caylloma	Lari-Maca	-15.63187	-71.77241	43.12
23	15/08/2024	Caylloma	Caylloma	-15.25712	-71.64516	2.72
24	18/08/2024	Caylloma	Tuti	-15.57301	-71.47886	3.17
25	19/08/2024	Arequipa	Polobaya-Puquina	-16.60785	-71.26651	458.09
26	19/08/2024	Caylloma	Sibayo	-15.49270	-71.48827	36.66
27	20/08/2024	Castilla	Orcopampa	-15.19933	-72.27212	0.32
28	23/08/2024	Caylloma	Huambo	-15.70823	-72.10858	30.29

29	25/08/2024	Arequipa	Polobaya	-16.56645	-71.32666	5.24
30	25/08/2024	Caylloma	Huanca	-15.95633	-71.82923	13.08
31	26/08/2024	Caylloma	Coporaque	-15.62956	-71.60169	2.83
32	28/08/2024	La Unión	Huaynacotas	-15.12735	-72.79048	75.18
33	30/08/2024	Arequipa	Chiguata	-16.41770	-71.41196	19.13
34	02/09/2024	Caylloma	Huambo	-15.69800	-72.09531	11.66
35	05/09/2024	Arequipa	Polobaya	-16.56493	-71.34361	16.88
36	07/09/2024	Castilla	Chilcaymarca	-15.35067	-72.35555	46.41
37	22/09/2024	Arequipa	Chiguata	-16.40992	-71.44479	1.69
38	23/09/2024	Condesuyos	Cayarani	-14.74444	-71.98217	6.23
39	24/09/2024	Castilla	Pampacolca	-15.67834	-72.58812	85.64
40	25/09/2024	La Unión	Huaynacotas	-15.14215	-72.83406	33.60
41	27/09/2024	Castilla	Pampacolca	-15.69079	-72.61723	3.87
42	28/09/2024	Castilla	Pampacolca	-15.67174	-72.60851	4.40
43	06/10/2024	Arequipa	Cayma	-16.28618	-71.51339	13.56
44	09/10/2024	Caylloma	Maca- Cabanaconde	-15.63582	-71.81092	58.53
45	09/10/2024	Caylloma	Sibayo	-15.47769	-71.50940	182.07
46	10/10/2024	Arequipa	Chiguata	-16.35952	-71.36590	3.45
47	10/10/2024	Castilla	Pampacolca	-15.74043	-72.58616	42.67
48	11/10/2024	La Unión	Toro	-15.26582	-72.94457	57.56
49	13/10/2024	Caylloma	Huambo	-15.67224	-72.11969	111.24
50	14/10/2024	Castilla	Chachas	-15.49277	-72.24838	110.92
51	15/10/2024	Caylloma	Huanca	-15.97065	-71.76488	3.03
52	15/10/2024	Caylloma	Madrigal	-15.57699	-71.83305	147.47

53	16/10/2024	Caylloma	Huanca	-16.02359	-71.85904	4.69
54	16/10/2024	Caylloma	Tisco	-15.32263	-71.45549	66.56
55	16/10/2024	La Unión	Charcana	-15.23699	-73.08447	10.94
56	17/10/2024	Arequipa	Cayma	-16.29192	-71.52348	0.54
57	17/10/2024	La Unión	Huaynacotas	-15.13137	-72.81824	29.00
58	17/10/2024	La Unión	Pampamarca	-15.11379	-72.88366	81.92
59	18/10/2024	Castilla	Choco	-15.54420	-72.10702	18.99
60	18/10/2024	Caylloma	Yanque	-15.66747	-71.65207	7.14
61	18/10/2024	Condesuyos	Cayarani	-15.17827	-72.40452	17.62
62	18/10/2024	La Unión	Puyca	-15.00110	-72.70820	8.97
63	20/10/2024	La Unión	Pampamarca	-15.06243	-72.89699	9.50
64	21/10/2024	Caylloma	Tapay	-15.56914	-71.92708	31.59
65	21/10/2024	La Unión	Pampamarca	-15.08799	-72.88692	8.59
66	22/10/2024	Caylloma	Tisco	-15.73406	-72.16108	19.89
67	24/10/2024	Arequipa	Chiguata	-16.39640	-71.36934	24.57
68	24/10/2024	Caravelí	Quicacha	-15.37814	-73.82733	3.84
69	24/10/2024	Caylloma	Callalli	-15.50679	-71.42680	12.71
70	25/10/2024	Castilla	Uñón	-15.65898	-72.40948	73.73
71	27/10/2024	Arequipa	Pocsi	-16.49504	-71.32170	47.36
72	28/10/2024	Caylloma	Huanca	-15.99432	-71.80388	25.02
73	28/10/2024	La Unión	Pampamarca	-15.14351	-72.90711	35.99
74	28/10/2024	La Unión	Toro	-15.30966	-72.89734	7.80
75	29/10/2024	Condesuyos	Chichas	-15.44640	-72.93967	101.33
76	30/10/2024	Castilla	Pampacolca	-15.65570	-72.61016	23.85
77	30/10/2024	Caylloma	Lluta	-15.95531	-71.99149	2.45

78	30/10/2024	La Unión	Alca	-15.13704	-72.71029	3.90
79	30/10/2024	La Unión	Alca	-15.09866	-72.75567	5.52
80	30/10/2024	La Unión	Toro	-15.37009	-73.02497	33.70
81	31/10/2024	Castilla	Pampacolca	-15.66675	-72.64060	1.41
82	31/10/2024	Caylloma	Cabanaconde	-15.63776	-71.97337	0.54
83	31/10/2024	Caylloma	Huambo	-15.77792	-72.10319	16.36
84	03/11/2024	Arequipa	Yura	-16.08469	-71.58856	158.49
85	03/11/2024	La Unión	Cotahuasi	-15.20641	-72.84601	21.85
86	03/11/2024	La Unión	Huaynacotas	-14.92485	-72.72504	1.71
87	03/11/2024	La Unión	Puyca	-15.03298	-72.69886	5.24
88	04/11/2024	Caylloma	Huanca	-15.96163	-71.82486	7.62
89	04/11/2024	Caylloma	Ichupampa	-15.60448	-71.71868	3.55
90	05/11/2024	Caylloma	Tuti	-15.48000	-71.56072	36.41
91	06/11/2024	Caravelí	Cahuacho	-15.49695	-73.63221	49.69
92	06/11/2024	Castilla	Machaguay	-15.63259	-72.47573	17.13
93	06/11/2024	Caylloma	Achoma	-15.76402	-71.75605	3.82
94	09/11/2024	Arequipa	Polobaya	-16.63374	-71.30017	9.01
95	09/11/2024	Castilla	Machaguay	-15.66197	-72.51082	0.79
96	09/11/2024	Condesuyos	Chuquibamba	-15.78210	-72.57191	22.33
97	09/11/2024	La Unión	Pampamarca	-15.12126	-72.88352	10.21
98	10/11/2024	Caylloma	Tuti	-15.53850	-71.54965	2.03
99	10/11/2024	La Unión	Sayla	-15.29542	-73.23261	3.44
100	11/11/2024	Caylloma	Tapay	-15.57644	-71.95311	23.93
101	20/11/2024	Caravelí	Acari	-15.25725	-74.56104	14.33
102	20/11/2024	Caravelí	Quicacha	-15.45497	-73.65882	1.05

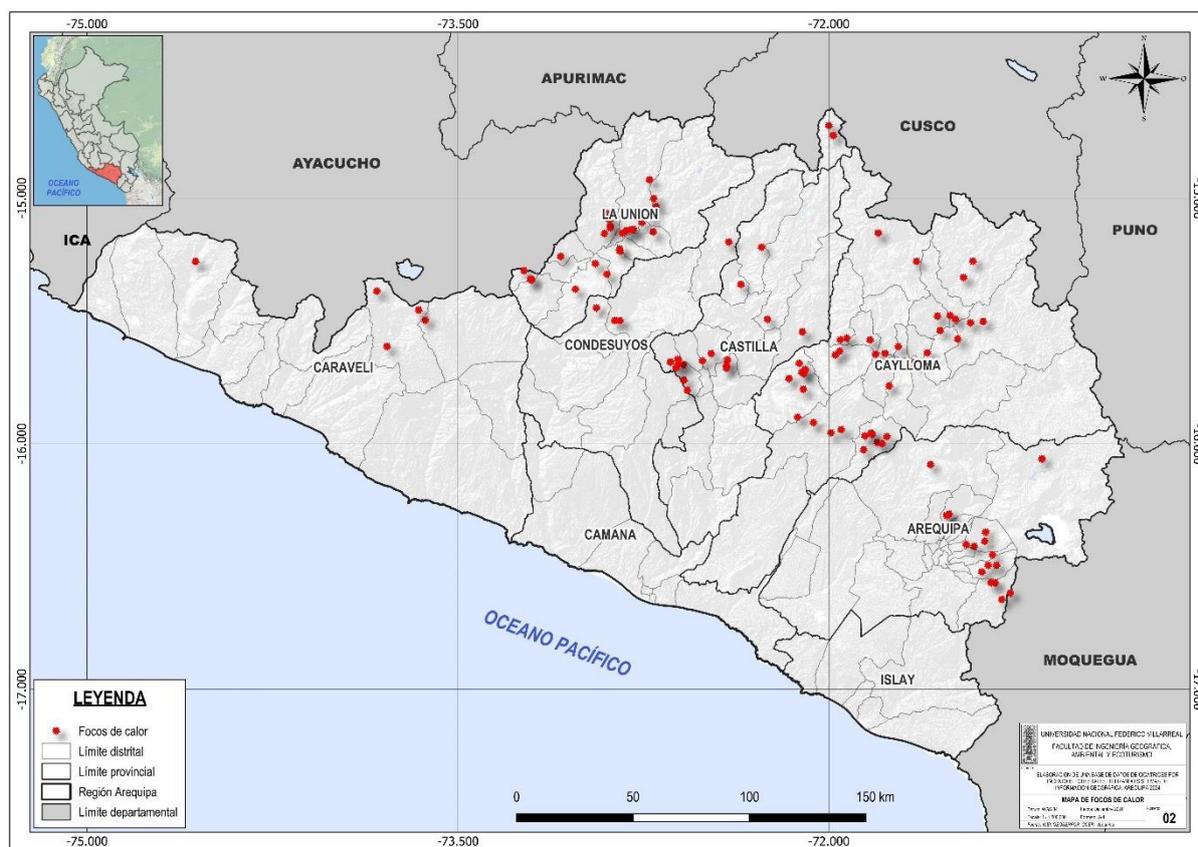
103	25/11/2024	Caylloma	Huambo	-15.89178	-72.12652	3.30
104	03/12/2024	Caylloma	Lluta	-15.91347	-72.06220	22.93
105	06/12/2024	Caylloma	Huanca	-15.99901	-71.78437	45.54
106	27/12/2024	La Unión	Huaynacotas	-15.12858	-72.79646	5.19
107	30/12/2024	Arequipa	Pocsi	-16.49460	-71.35565	50.05
TOTAL						3,834.61

Nota: Información tomada del COER – Arequipa (2024)

Se generó un registro de 107 focos de calor georreferenciados.

Figura 15

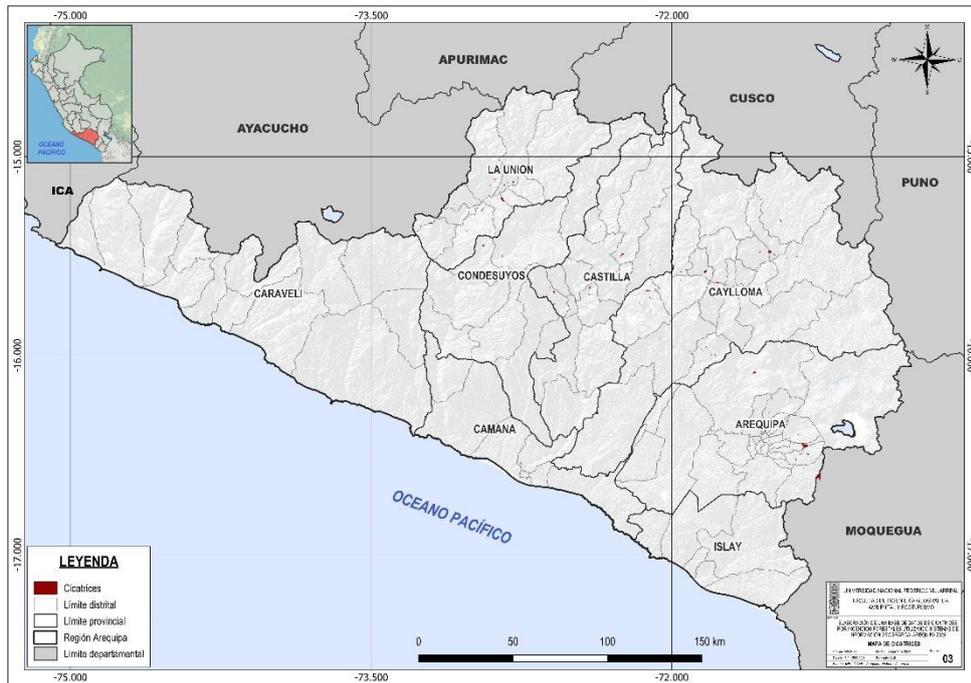
Mapa de la distribución de focos de calor en Arequipa



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa.

Figura 16

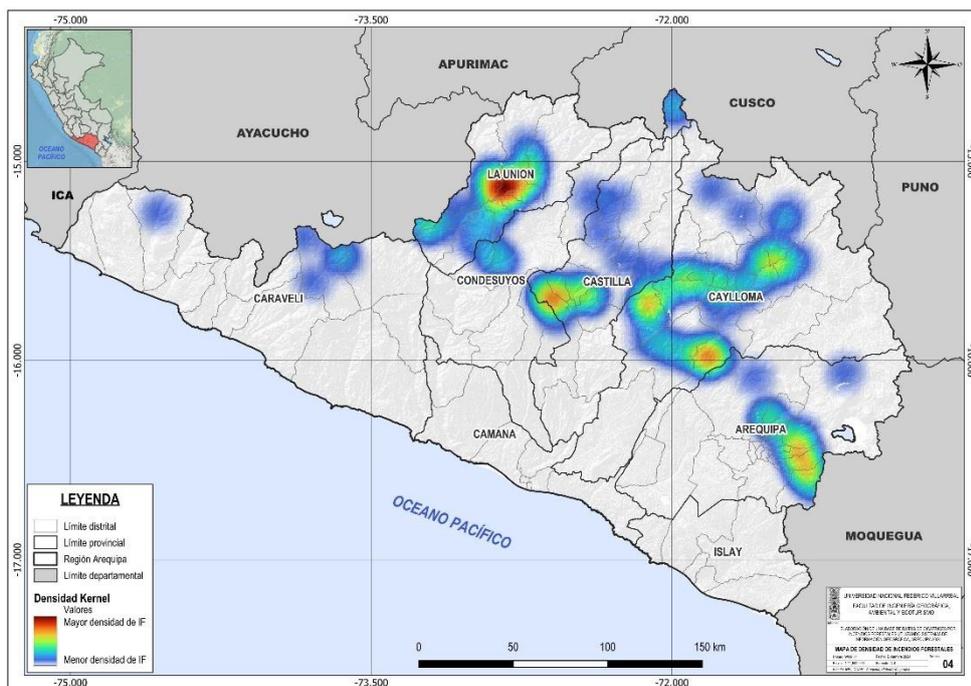
Mapa de cicatrices ocasionadas por incendios forestales en Arequipa



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa.

Figura 17

Mapa de densidad de incendios forestales



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

La Tabla 4 detalla la cantidad de incendios forestales 2024 ocurridos a nivel de provincia. Siendo la provincia de Caylloma la más afectada con 39 incendios forestales, seguido por la provincia de La Unión con 24 y por la provincia de Arequipa con 17.

Tabla 4

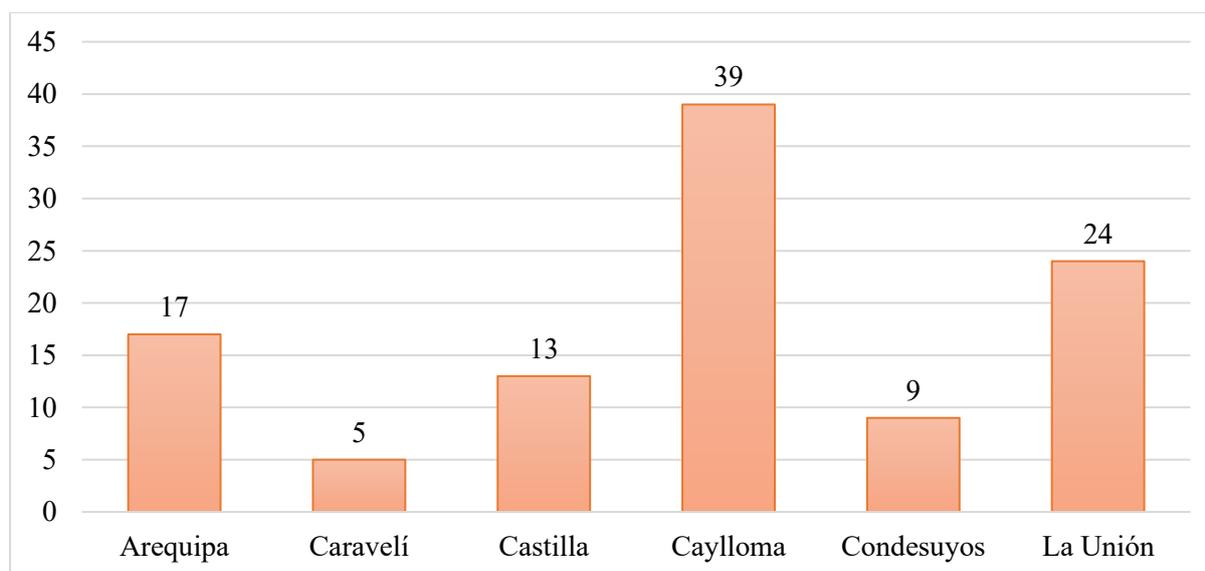
Número de ocurrencia de incendios forestales

Provincia	N° incendios forestales
Arequipa	17
Caravelí	5
Castilla	13
Caylloma	39
Condesuyos	9
La Unión	24
TOTAL	107

Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Figura 18

Ocurrencia de incendios forestales a nivel de provincia

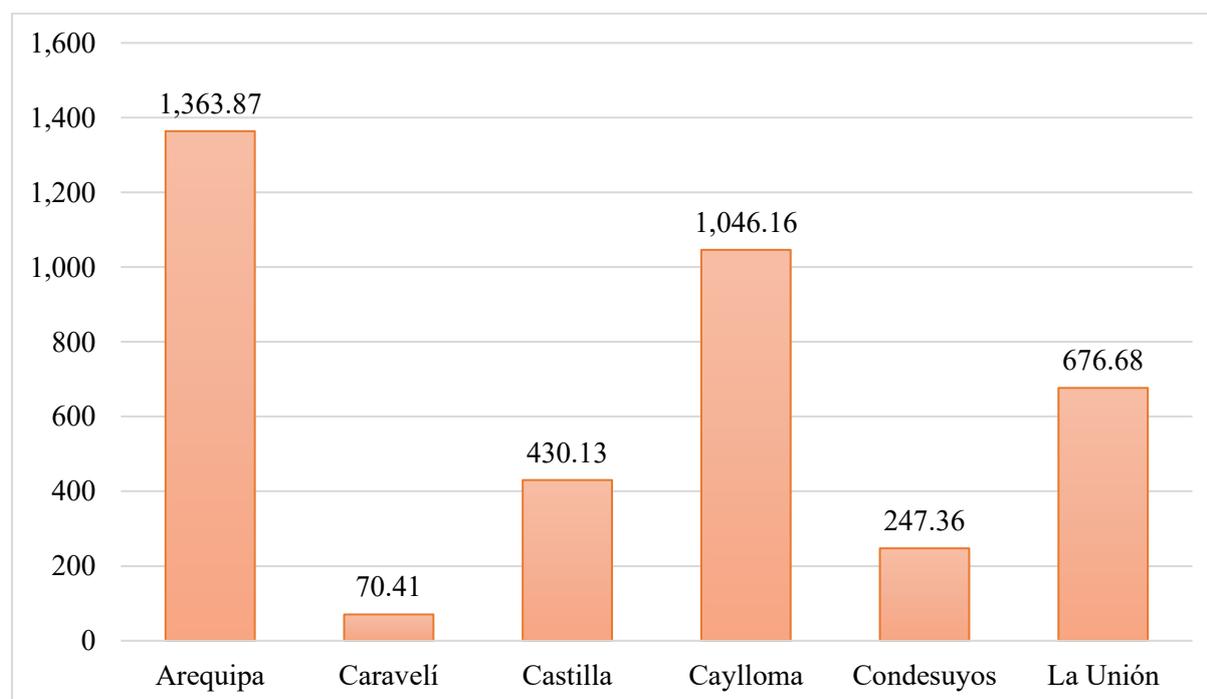


Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Tabla 5*Área afectada por incendios forestales*

Provincia	Área destruida (ha)
Arequipa	1,363.87
Caravelí	70.41
Castilla	430.13
Caylloma	1,046.16
Condesuyos	247.36
La Unión	676.68
TOTAL	3,834.61

Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

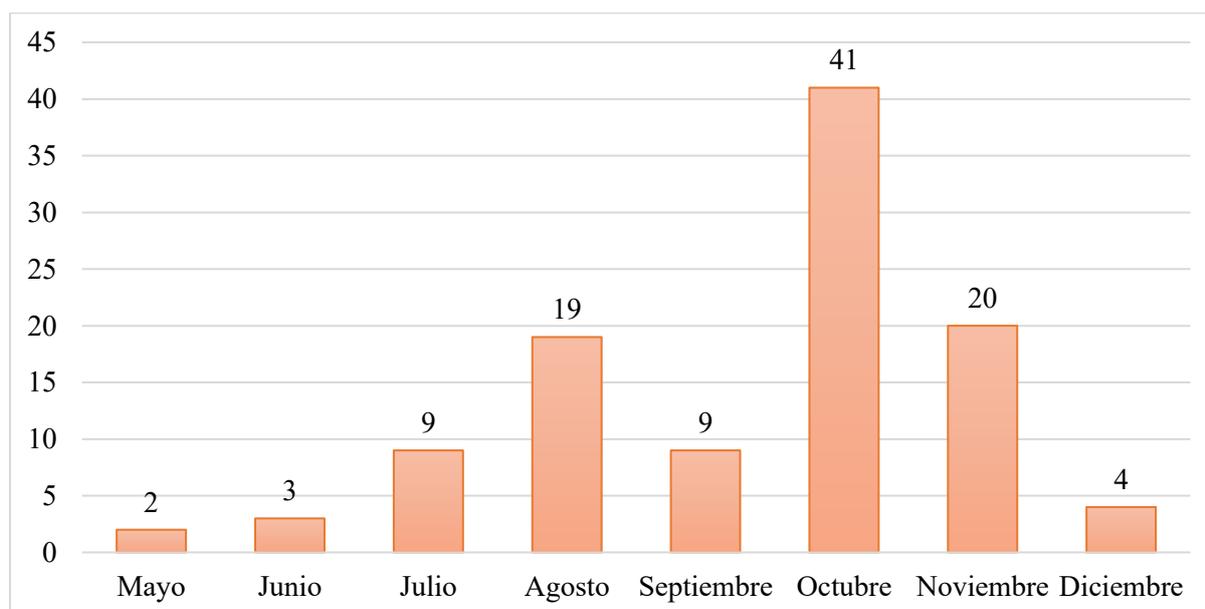
Figura 19*Área afectada por incendios forestales a nivel de provincia*

Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Tabla 6*Ocurrencia de incendios forestales por mes*

Mes	Número de incendios forestales
Mayo	2
Junio	3
Julio	9
Agosto	19
Septiembre	9
Octubre	41
Noviembre	20
Diciembre	4
TOTAL	107

Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Figura 20*Área afectada por incendios forestales a nivel de provincia*

Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

2.8. Discusión de resultados

1. De acuerdo con la comparación de la información descargada del SINPAD con su registro de 58 incendios forestales y el registro propio que se elaboró y resultaron 107 incendios forestales, existe una amplia diferencia entre ambos registros. Cabe señalar que el SINPAD es utilizado por el Gobierno Central como información oficial.
2. De acuerdo con los datos obtenidos, se recomienda iniciar con las capacitaciones sobre los impactos que generan los incendios forestales a partir del mes de agosto ya que es el mes donde la cantidad de incendios aumenta considerablemente con respecto del mes de julio.
3. Brindar reportes trimestrales al Grupo de Trabajo de la GRD, el cual es liderado por el Gobernador Regional de Arequipa, acerca de la cantidad de cicatrices obtenidas, así como el área total destruida, ya que sus miembros son tomadores de decisiones y una de sus funciones es incluir los siete procesos de la GRD de acuerdo a sus competencias, teniendo en cuenta los peligros para su control y reducción (PCM, 2012).

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

- Llevar a cabo un monitoreo diario del visor GEOSERFOR para validarlo mediante el Mod. Com. del COER – Arequipa.
- Promover en los trabajadores el emplear los SIG con la finalidad de obtener información georreferenciada, el cual puede representar información compleja mediante cartografía temática para simplificarla y así agilizar la toma de decisiones.
- Aplicación de la clasificación no supervisada mediante el método de distancia mínima combinada / escalada (del inglés Combined Minimum Distance / Hillclimbing), para optimizar el tiempo y la eficacia en el cálculo de las cicatrices ocasionadas por incendios forestales.
- Propuesta de sensibilización a aquellos distritos con mayor recurrencia de incendios forestales.

IV. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos, la provincia de Caylloma fue la más afectada con 39 incendios forestales, seguido por la provincia de La Unión con 24 y la provincia de Arequipa con 17. Sin embargo, de acuerdo con el cálculo de las cicatrices por incendios forestales, las provincias con mayor área de afectación fueron Arequipa con 1,363.87 hectáreas, seguido por Caylloma con 1,046.16 hectáreas y La Unión con 676.68 hectáreas.
- Dos de los incendios forestales con mayor impacto, debido al área de afectación, ocurrieron en la provincia de Arequipa. El primero se registró el día 07/08/2024 en los distritos de Characato y Pocsi donde se destruyeron 511.82 hectáreas de cobertura natural (pastizales). El segundo se registró el 19/08/2024 en el distrito de Polobaya donde se destruyeron 197.31 hectáreas, sin embargo, también fue afectado el distrito de Puquina (departamento de Moquegua), donde se destruyeron 260.78 hectáreas; en total, 458.09 hectáreas de ese evento.
- De los 107 incendios forestales registrados durante el 2024, 09 de ellos superaron las 100 hectáreas de cobertura natural destruida: 03 en la provincia de Arequipa (distritos de Characato/Pocsi, Polobaya y Yura), 01 en Castilla (distrito de Chachas), 03 en Caylloma (distritos de Huambo, Madrigal y Sibayo), 01 en Condesuyos (distrito de Chichas y 01 en La Unión (distrito de Cotahuasi).
- El mes de octubre es donde se registró el mayor número de incendios forestales con 41 incendios forestales, seguido por el mes de noviembre con 20 y finalmente, agosto con 19 registros.

V. RECOMENDACIONES

- En base a la metodología utilizada y de acuerdo con la cantidad de incendios que llegaron a registrarse en un solo día (el 31 de octubre y el 09 de noviembre se registraron seis incendios por día), se sugiere utilizar Google Earth Engine, el cual es una herramienta que contribuye a sistematizar los procesos.
- Se recomienda ampliar el uso de otras imágenes satelitales de acceso libre como Landsat-8 y Landsat-9, los cuales tienen una resolución temporal de 16 días, pero con ello se puede ampliar el catálogo de imágenes históricas para consultas a futuro.
- Realizar visitas a aquellos lugares donde ocurren los incendios forestales para verificar que el área destruida calculada coincide con la realidad, con la finalidad de mejorar los procesos.
- Utilizar la información estadística para la formulación de proyectos sobre la recuperación de ecosistemas y/o reforestación, en caso corresponda.

VI. REFERENCIAS

- Aguilar, G. (2024). *Generación de información cartográfica para la toma de decisiones de autoridades ante incendios forestales en Junín para el año 2021*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/6719/aguilar-galvez-jorge-luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (16 de octubre de 2020). *Resumen de focos de calor y alerta de incendios forestales a nivel nacional del 15-10-2020 al 16-10-2020*. https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/BOLETIN-INFORMATIVO-DE-FOCOS-DE-CALOR_18-10-2020.pdf
- Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (27 de mayo de 2024). *Reporte complementario N° 4757. Incendio forestal en el distrito de Pocsi – Arequipa*. <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2024/05/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N.%C2%BA-4757-27MAY2024-INCENDIO-FORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-POCSI-AREQUIPA-2.pdf>
- Centro de Operaciones de Emergencia Regional - Arequipa (2024). *COER - Gobierno Regional de Arequipa*. <https://www.facebook.com/p/COER-Gobierno-Regional-de-Arequipa-100089885915096/>
- European Space Agency (s.f.). *S2 mission overview of Sentinel-2 mission*. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>
- García, M. y Sánchez, A. (2020). Estudio de áreas degradadas mediante imágenes obtenidas con un UAV (dron) y con el satélite Sentinel de la Agencia Espacial Europea. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense (Madrid)*, 40(1), pp. 55–71.

<https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/69332/4564456553730>

Gobierno Regional de Arequipa (2022). *Manual de organización y funcionamiento del Centro de Operaciones de Emergencia Regional COER Arequipa*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3933922/MANUAL%20DE%20FUNCIONAMIENTO%20DEL%20COER-AREQUIPA.pdf.pdf?v=1671048702>

Gobierno Regional de Arequipa (2023). *Reglamento de Organización y Funciones (ROF)*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5589356/4964139-rof.pdf?v=1703262856>

Gobierno Regional de Arequipa (s.f.). *Información institucional*.

Gobierno Regional de Arequipa (s.f.). *Información institucional*.

<https://www.gob.pe/institucion/regionarequipa/institucional>

Gobierno Regional de Arequipa (s.f.). *Visión*.

<https://informacion.regionarequipa.gob.pe/PlaneamientoyOrganizacion/Vision>

Instituto Geográfico Nacional (s.f.). *Teledetección*.

<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). Directorio nacional de municipalidades provinciales, distritales y de centros poblados.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1653/index.html

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2024). Directorio nacional de gobiernos regionales, municipalidades provinciales, distritales y de centros poblados 2024.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6751415/5612942-directorio-nacional-de-gobiernos-regionales-municipalidades-provinciales-distritales-y-de-centros-poblados-2024.pdf?v=1732226171>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.).

Ministerio del Ambiente (10 de septiembre de 2024). *Recomendaciones para evitar incendios forestales*. Plataforma del Estado Peruano.

<https://www.gob.pe/institucion/minam/campa%C3%B1as/74228-recomendaciones-para-evitar-incendios-forestales>

Ordenanza Regional N° 476-AREQUIPA, Ordenanza Regional que aprueba la modificación del Reglamento de Organización y Funciones del Gobierno Regional de Arequipa. (03 de junio de 2022). Gobierno Regional de Arequipa.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3240899/O.R.%20476-AQP.pdf.pdf?v=1654782063>

Pilares N. y Rivera, M. (2021). *Los incendios forestales, la conducta del menor infractor y la justicia juvenil en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco].

<https://repositorio.uandina.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/b2dad971-baff-4ff9-90ca-a48949702674/content>

Pucha-Cofrep, F., Fries, A., Cánovas-García, F., Oñate-Valdivieso, F., González-Jaramillo, V., y Pucha-Cofrep, D. (2017). *Fundamentos de SIG*. Ediloja.

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/libro_sig.pdf

Resolución Ejecutiva Regional N° 0366-2015-GRA/GR (14 de abril de 2015). Gobierno Regional de Arequipa.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2420463/doc.pdf?v=1636988719>

Resolución Ministerial N° 276-2012-PCM, Aprueban Directiva “Lineamientos para la Constitución y Funcionamiento de los Grupos de Trabajo de la Gestión del Riesgo de Desastres en los Tres Niveles de Gobierno. (24 de octubre de 2012). Presidencia del Consejo de Ministros.

<https://www.minam.gob.pe/prevencion/wp-content/uploads/sites/89/2014/10/4.-RM->

[276-2012-PCM-Aprueba-Direc-001-2012-Lineamientos-para-la-constitucion-y-funcionamiento-de-los-GTGRD-en-los-tres-niveles-de-Gbno..pdf](#)

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2023). *Anuario forestal y de fauna silvestre 2023*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.

<https://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/969/1/SERFOR%202024%20-%20Anuario%202023.pdf>

Tristan, P., Wainschenker, R. y Doorn, J. (2008). Normalización de imágenes satelitales en el análisis multi-temporal. *Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI)*, pp. 315-319.

https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/20582/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

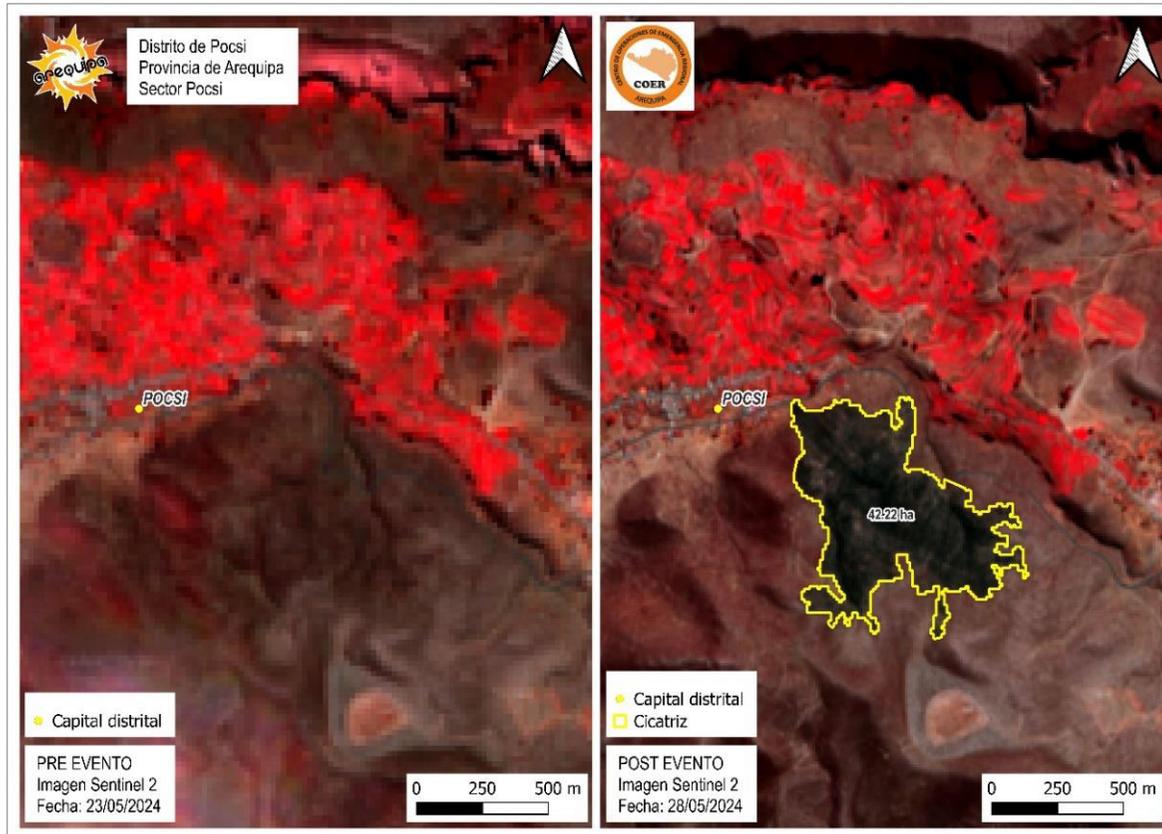
Zubieta, R., Prudencio, F., Ccanchi, Y., Saavedra, M., Sulca, J., Reupo, J. y Alarco, G. (2022). Incremento de la frecuencia de los incendios sobre la cobertura vegetal en el Perú: Contexto y alternativas. *Tercera Edición Diálogos Académicos: Aportes de la Ciencia a Nuestro Desafío Climático*.

<https://investigacion.minam.gob.pe/sites/default/files/2023-11/PB%20RICARDO%20ZUBIETA.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo A

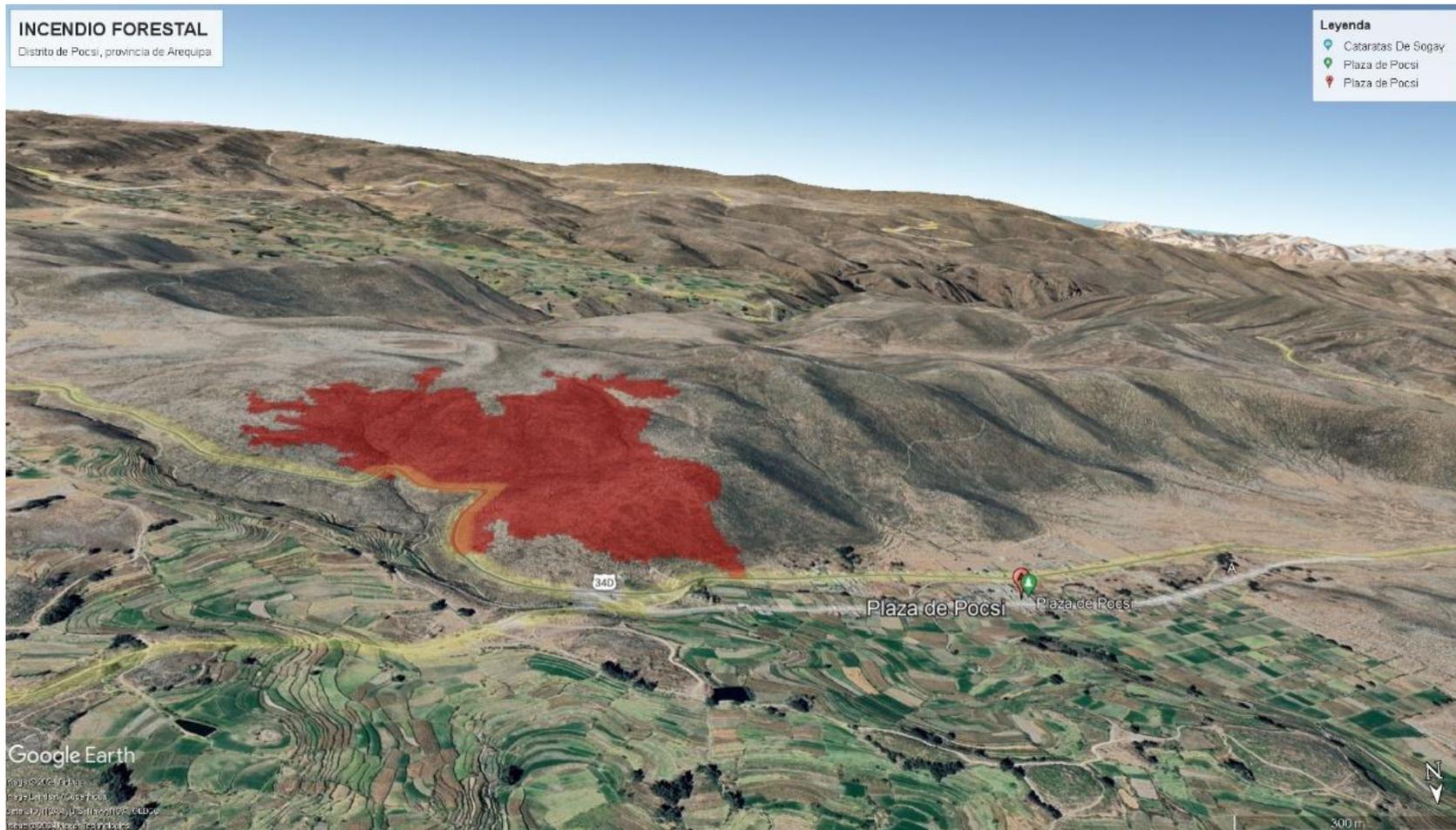
Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi del día de mayo del 2024



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Anexo B

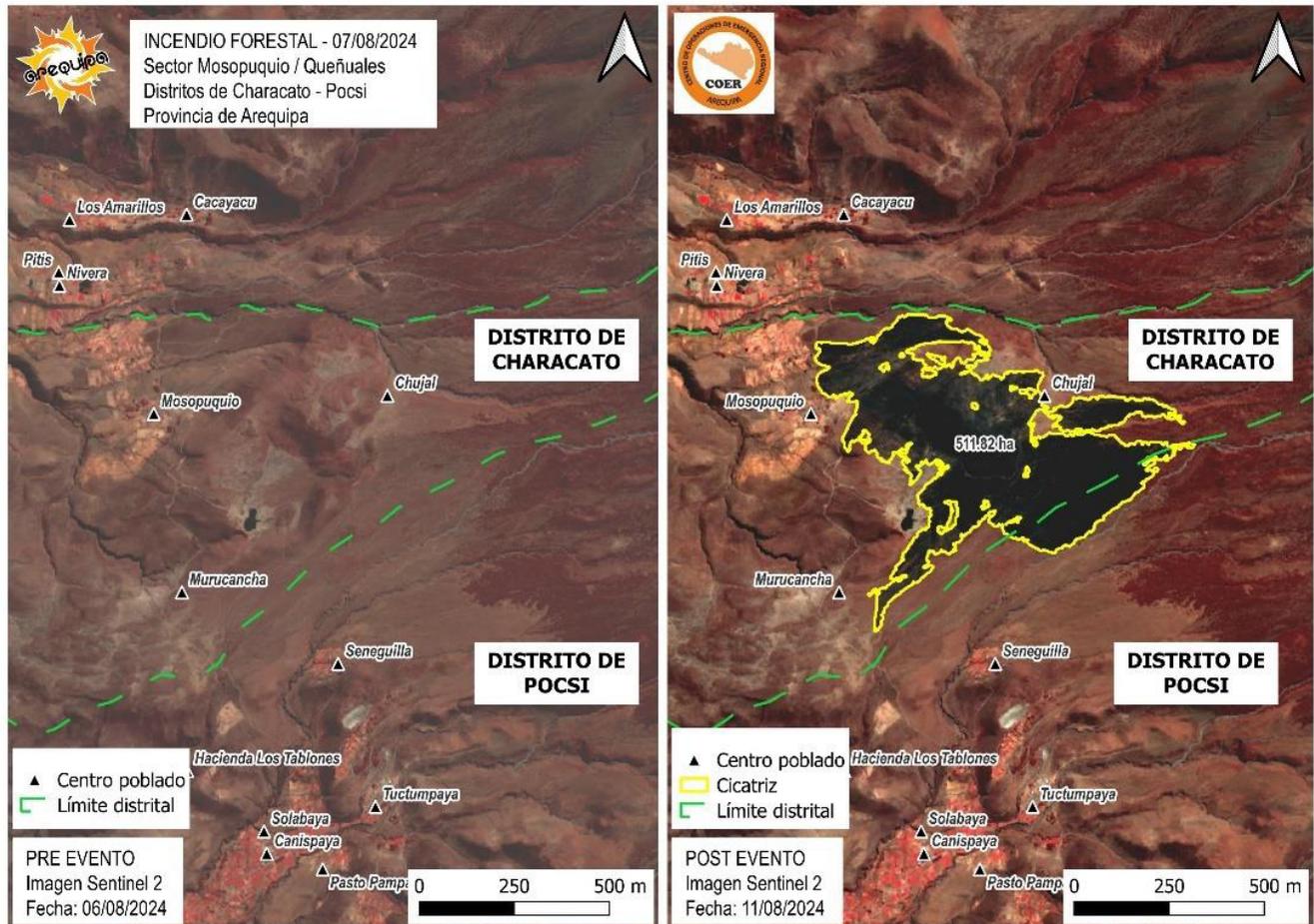
Panorámico de la cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Pocsi del 25 de mayo del 2024



Nota. Visualización del área destruida mediante Google Earth

Anexo C

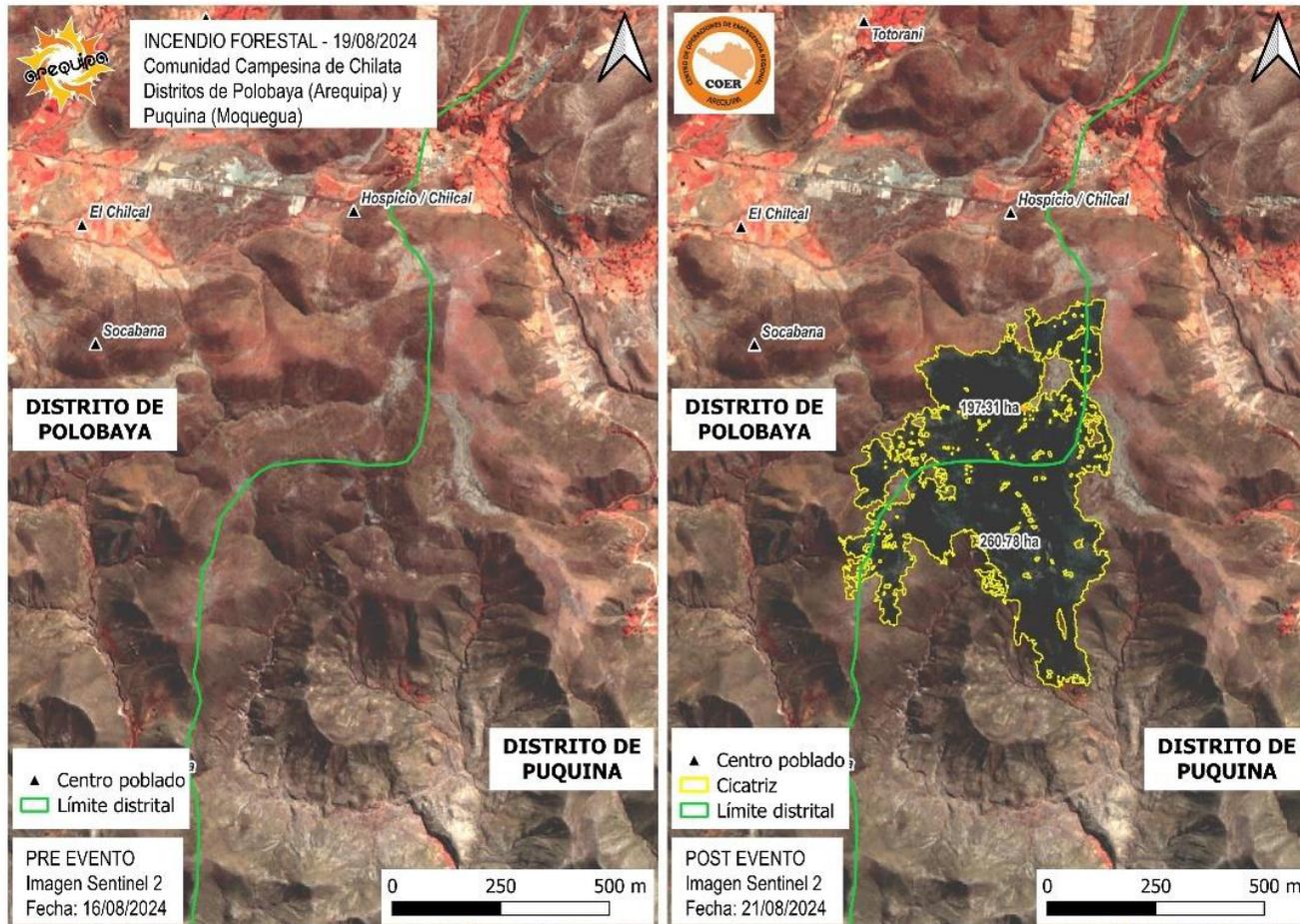
Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en los distritos de Characato y Pocsi del 07 de agosto del 2024



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Anexo D

Cicatriz ocasionada por el incendio forestal en el distrito de Polobaya del 19 de agosto del 2024, en la frontera con Moquegua



Nota. Elaboración propia en base a la información del COER – Arequipa

Anexo E

Área afectada por el incendio forestal en el distrito de Machaguay, ocurrido el 06 de noviembre del 2024



Nota. Fotografía propia tomada el 03 de diciembre del 2024, durante una visita de campo al distrito

Anexo F

Solicitud para el uso de información sobre los incendios forestales en el 2024, dirigida al GORE Arequipa

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Arequipa, 13 de enero del 2025

ASUNTO: SOLICITO LA AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE DATOS GEOESPACIALES DE INCENDIOS FORESTALES GENERADA EN EL 2023

DR. ROHEL SÁNCHEZ SÁNCHEZ
Gobernador Regional de Arequipa

ATENCIÓN: LIC. JOSÉ LUIS BARREZUETA REYES
Coordinador del Centro de Operaciones de Emergencia Regional – Arequipa



Yo, **CAROLINA LUCIA VASQUEZ ALIAGA** identificada con DNI N° 7289641, domiciliado en **Pasaje Pizarro C-2, José Luis Bustamante y Rivero**, ante Usted me presento y expongo:

Que habiendo laborado durante septiembre del 2023 hasta el 31 de diciembre del 2024 en la Gerencia Regional de Gestión del Riesgo de Desastres y posteriormente en el Centro de Operaciones de Emergencia Regional – COER Arequipa, he aportado significativamente a la elaboración de la base de datos referente a Incendios forestales en nuestra región. Es por ello que solicito la autorización para el uso de los datos geoespaciales, así como fotos de asistencias técnicas a gobiernos locales y visitas de campo que se llevaron a cabo, con la finalidad de presentar un informe de suficiencia profesional en la Universidad Nacional Federico Villarreal, titulado **"ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024"** cuya línea de investigación es Proceso digital de imágenes y señales, para optar el título profesional de Ingeniera Geógrafa. Agradeciendo de antemano que dicha autorización sea enviada de manera digital a los siguientes correos electrónicos: 2015023491@unfv.edu.pe y carolina.vasall@gmail.com

Sin otro particular, quedo a la espera de su respuesta.

Se adjunta:

- Copia de DNle
- Copia de Orden de Servicio N°0006582-2024
- Copia de constancia de prestación de servicios

Atentamente,


 Carolina Lucia Vasquez Aliaga
 DNI: 72896411

Celular: 955074160
Correo: carolina.vasall@gmail.com

Nota. Documento registrado en Mesa de partes del GORE Arequipa, con Documento: 7831503 y Expediente: 4820175

Anexo G*Autorización para el uso de información sobre los incendios forestales en el 2024*

	GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA "Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"	
GERENCIA REGIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES		
Arequipa, 16 de enero del 2025		
OFICIO N° 018-2025-GRA/GRGRD		
Señora: CAROLINA LUCIA VASQUEZ ALIAGA		
Presente.-		
Asunto:	Autorización para el uso de datos geospaciales generados en el 2024	
Referencia:	Doc: 7831503 Exp: 4820175	
Por medio del presente me dirijo a usted, para hacerle llegar un cordial saludo a nombre del Gobernador Regional de Arequipa, Dr. Rohel Sánchez Sánchez, y del mío propio.		
Realizada la evaluación de su solicitud, se le AUTORIZA a la BACH. CAROLINA LUCIA VASQUEZ ALIAGA , el uso de los datos geospaciales, fotos de asistencias técnicas a gobiernos locales y visitas de campo que se llevaron a cabo, para que pueda presentar el informe de suficiencia profesional en la Universidad Nacional Federico Villarreal, titulado " ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024 ".		
Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima personal.		
Atentamente,		
 GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA Lic. José Luis Barreuzeta Reyes Gerente Regional de Gestión del Riesgo de Desastres		
JLBR/ c.c.: Archivo Folios: 01 Reg. Doc.: 7845816 Reg. Exp.: 4820175		
Cambio y Desarrollo		

Nota. Documento de autorización

Anexo H

Mapa de ubicación en A-3

Nota. En la página 57

Anexo I

Mapa de focos de calor en A-3

Nota. En la página 58

Anexo J

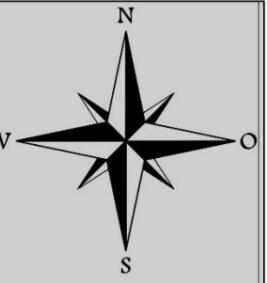
Mapa de cicatrices en A-3

Nota. En la página 59

Anexo K

Mapa de densidad de incendios forestales en A-3

Nota. En la página 60



LEYENDA

-  Capital provincial
-  Límite distrital
-  Límite provincial
-  Región Arequipa
-  Límite departamental

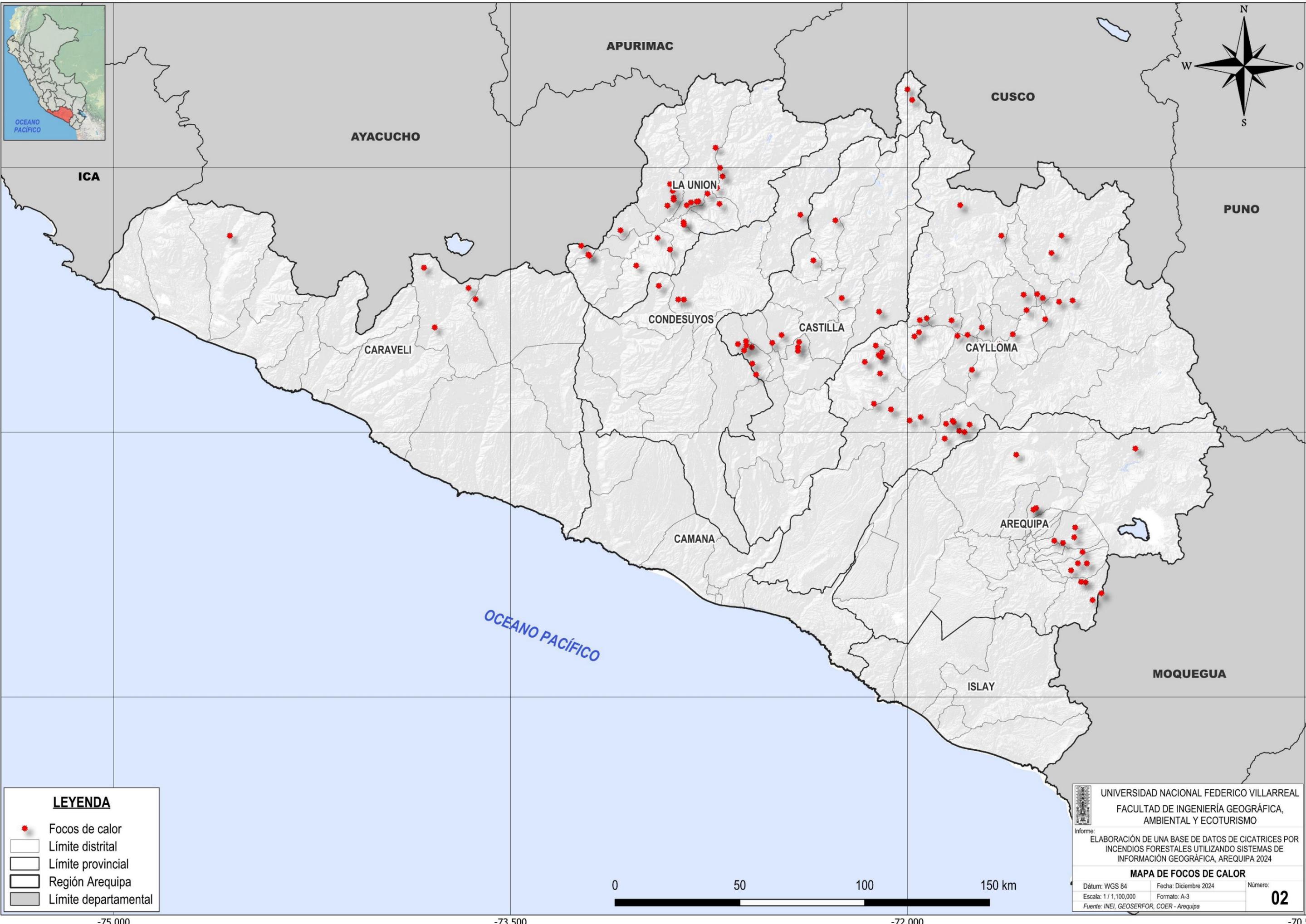
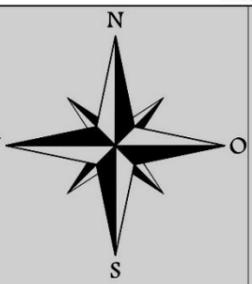


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA,
 AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Informe:
 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR
 INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE
 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

MAPA DE UBICACIÓN

Dátum: WGS 84	Fecha: Diciembre 2024	Número:
Escala: 1 / 1,100,000	Formato: A-3	01
Fuente: INEI		



LEYENDA

- Focos de calor
- Límite distrital
- Límite provincial
- Región Arequipa
- Límite departamental

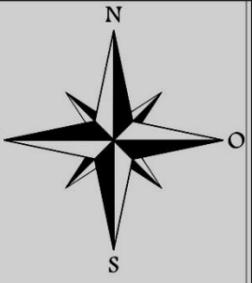


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA,
 AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Informe:
 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR
 INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE
 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

MAPA DE FOCOS DE CALOR

Dátum: WGS 84	Fecha: Diciembre 2024	Número:
Escala: 1 / 1,100,000	Formato: A-3	02
Fuente: INEI, GEOSERFOR, COER - Arequipa		



LEYENDA

- Cicatrices
- Límite distrital
- Límite provincial
- Región Arequipa
- Límite departamental

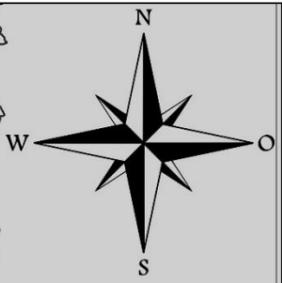
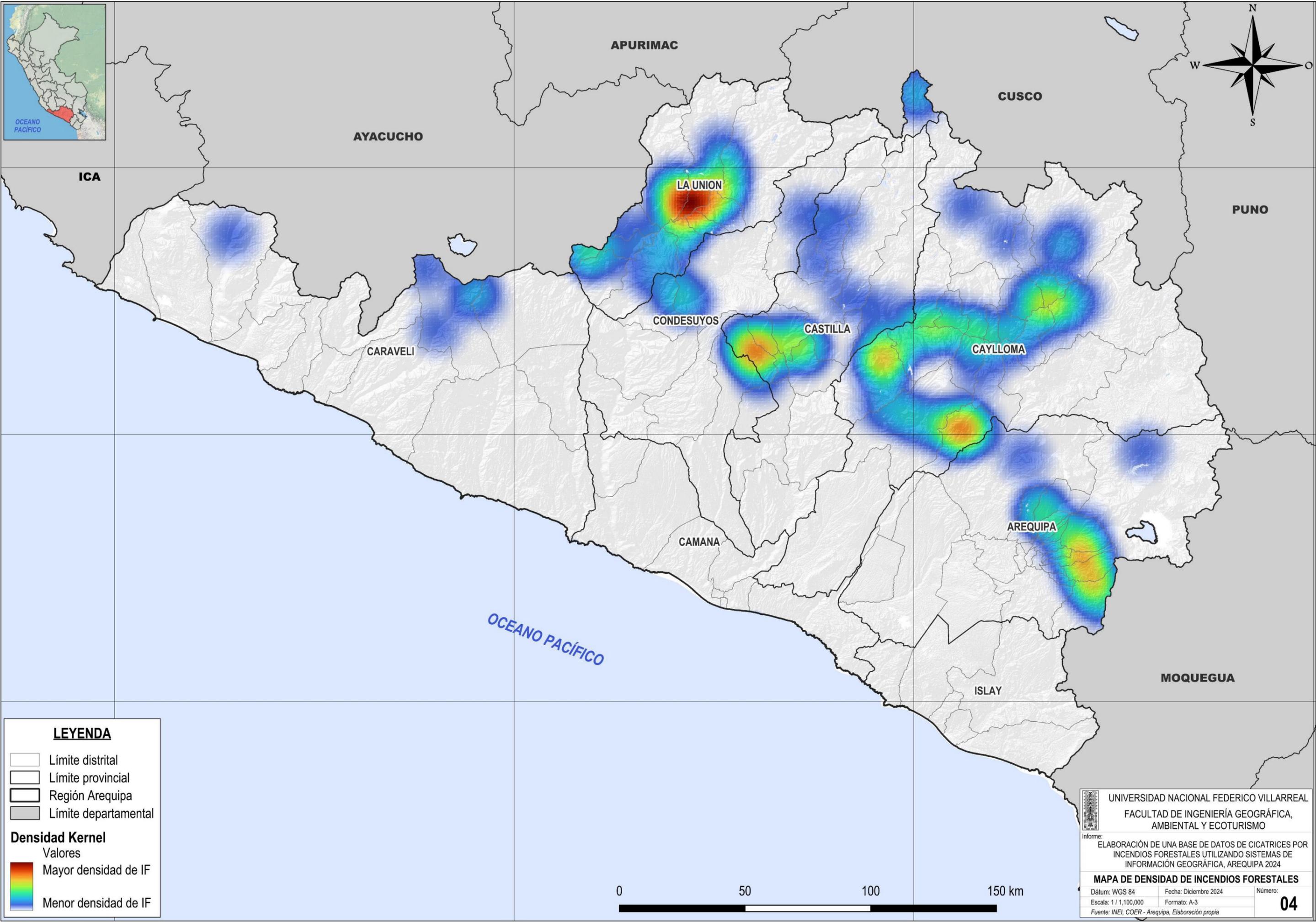


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
 FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA,
 AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Informe:
 ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR
 INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE
 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

MAPA DE CICATRICES

Dátum: WGS 84	Fecha: Diciembre 2024	Número:
Escala: 1 / 1,100,000	Formato: A-3	03
Fuente: INEI, COER - Arequipa, Elaboración propia		



-15.000
-16.000
-17.000

15.000
16.000
17.000

-17.000

-17.000

LEYENDA

- Límite distrital
- Límite provincial
- Región Arequipa
- Límite departamental

Densidad Kernel
Valores

- Mayor densidad de IF
- Menor densidad de IF



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA,
AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Informe:
ELABORACIÓN DE UNA BASE DE DATOS DE CICATRICES POR
INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO SISTEMAS DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, AREQUIPA 2024

MAPA DE DENSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES

Dátum: WGS 84	Fecha: Diciembre 2024	Número:
Escala: 1 / 1,100,000	Formato: A-3	04
Fuente: INEI, COER - Arequipa, Elaboración propia		

-75.000

-73.500

-72.000

-70.500

-75.000

-73.500

-72.000

-70.500