



**INDECI**  
DEFENSA CIVIL, tarea de todos



## Análisis de áreas afectadas por incendios forestales en la región de Cusco en el mes de setiembre del 2024

Finalidad: Generar información de afectación sobre incendios forestales que contribuya a la toma de decisiones para la gestión reactiva del riesgo de desastres.

---

**Dirección de Preparación**

Subdirección de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres

Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO NORMATIVO.....	2
3. FINALIDAD.....	4
4. OBJETIVOS .....	5
4.1. Objetivo General .....	5
4.2. Objetivos Específicos .....	5
5. ÁREA DE ESTUDIO .....	5
6. ANTECEDENTES.....	7
6.1. Incidencia de incendios forestales en el periodo 2003 – 2023.....	8
6.2. Reporte de daños por incendios forestales en el periodo 2003-2023 .....	10
6.3. Incendios forestales registrados en la región de Cusco en el periodo 2003-2024 13	
7. MARCO TEÓRICO .....	16
7.1. Google Earth Engine: Herramientas para el análisis geoespacial.....	16
7.2. Métodos de detección de incendios forestales .....	17
8. METODOLOGÍA.....	19
8.1. Selección de imágenes satelitales.....	20
8.2. Generación de mosaico pre y post incendio forestal .....	21
8.3. Cálculo de índice NBR y DNBR .....	21
8.4. Determinación del umbral de índices .....	23
8.5. Exportación de resultados en vector .....	24
8.6. Sistematización de información de emergencias por peligro de incendios forestales del SINPAD .....	25
8.7. Limitaciones en el registro y georeferenciación de emergencias por incendios forestales.....	27
8.8. Focos de calor de la plataforma FIRMS .....	30
9. RESULTADOS .....	31
10. CONCLUSIONES .....	47
11. RECOMENDACIONES .....	48
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
12. ANEXOS.....	51
12.1. Información del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación para la región de Cusco en el mes de septiembre del 2024.....	51

---

## TABLAS

Tabla 1: Número de emergencias por incendios forestales en el Perú, en el periodo 2003-2023 .....	8
Tabla 2: Número de emergencias de incendios forestales por mes, periodo 2003-2023 .....	9
Tabla 3: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023 .....	10
Tabla 4: Número acumulado de área de cultivo afectada y destruida por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023 .....	12
Tabla 5: Número acumulado de emergencias por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el periodo 2003-2024 .....	14
Tabla 6: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el año 2024 .....	15
Tabla 7: Número acumulado de cobertura vegetal afectada y perdida por incendios forestales en el departamento de Cusco en el año 2024 .....	15
Tabla 8: Características de imágenes Sentinel-2 .....	20
Tabla 9: Resolución espacial y espectral del satélite Sentinel-2/MSI .....	20
Tabla 10: Características de los sensores satelitales utilizados en FIRMS .....	30
Tabla 11: Número acumulado de áreas de cobertura vegetal quemada por incendios forestales en el departamento de Cusco, registrados en el SINPAD, septiembre 2024 .....	31
Tabla 12: Número acumulado de áreas de cobertura vegetal quemada por incendios forestales en el departamento de Cusco, registrados en el SINPAD y obtenido en GEE, septiembre 2024 .....	32

---

## FIGURAS

Figura 1: Mapa de Área de Estudio.....	6
Figura 2: Número de emergencias por incendios forestales en el Perú, en el periodo 2003-2023 .....	9
Figura 3: Número de emergencias de incendios forestales por mes, periodo 2003-2023 .....	10
Figura 4: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023 .....	11
Figura 5: Número acumulado de área de cultivo afectada y destruida por incendios forestales, en el periodo 2003-2023.....	13
Figura 6: Número acumulado de emergencias por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el periodo 2003-2024 .....	14
Figura 7: Comparación de la respuesta espectral de vegetación saludable y áreas quemadas.....	18
Figura 8: Esquema metodológico.....	19
Figura 9: Combinación de bandas B4, B3, B2 (Color natural) y B12, B8A y B4 .....	20
Figura 10: Imagen satelital de Sentinel 2 mes de agosto (antes) y mes de setiembre (después).....	21
Figura 11: Combinación de bandas B12, B8A y B4, índice NBR y DNBR .....	22
Figura 12: Determinación de umbral con NBR .....	23
Figura 13: Determinación de umbral con DNBR .....	24
Figura 14: Área afectada por incendio forestal en formato vector .....	25
Figura 15: Localización de emergencias registradas en SINPAD sobre imagen Sentinel-2 .....	26
Figura 16: Registro de coordenadas en el formulario de evaluación rápida .....	26
Figura 17: Registro de coordenadas en el formulario de empadronamiento .....	27
Figura 18: Ubicación de registro SINPAD y área quemada en imagen Sentinel-2 .....	28
Figura 19: Registro de emergencia en el SINPAD, mes de agosto y setiembre en la provincia de Canchis.....	28
Figura 20: Quemas agrícolas en la provincia de La Convención y Paucartambo .....	29
Figura 21: Validación de áreas quemadas con focos de calor de FIRMS en GEE .....	30
Figura 22: Comparación de área de cobertura vegetal registrada por el SINPAD vs GEE, setiembre del año 2024 .....	33
Figura 23: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Acomayo, departamento de Cusco.....	34
Figura 24: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Anta, departamento de Cusco.....	35
Figura 25: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Calca, departamento de Cusco.....	36
Figura 26: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Canas, departamento de Cusco.....	37
Figura 27: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Canchis, departamento de Cusco.....	38
Figura 28: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco.....	39
Figura 29: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Cusco, departamento de Cusco.....	40
Figura 30: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Espinar, departamento de Cusco.....	41
Figura 31: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de La Convención, departamento de Cusco .....	42
Figura 32: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Paruro, departamento de Cusco.....	43

---

Figura 33: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Paucartambo, departamento de Cusco.....	44
Figura 34: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Quispicanchi, departamento de Cusco .....	45
Figura 35: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Urubamba, departamento de Cusco .....	46

## 1. INTRODUCCIÓN

El Perú, ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, es altamente vulnerable a una variedad de peligros de origen natural debido a su ubicación geográfica y compleja geomorfología. Las placas tectónicas en subducción en la costa del Pacífico, sumadas a los 28 de los 32 climas mundiales que el Perú presenta (SENAMHI, 2020), junto con la influencia de la Cordillera de los Andes, exponen al territorio a peligros constantes como sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías e incendios forestales. Estos peligros afectan directamente a la población, constituyéndose como desastres y mitigar sus impactos representan un desafío significativo para el desarrollo sostenible del país.

En las últimas décadas, el cambio climático ha aumentado la frecuencia, extensión y severidad de estos desastres, y los incendios forestales en particular han cobrado relevancia debido a sus efectos devastadores sobre el ecosistema. La evaluación precisa de las áreas afectadas resulta crítica para diseñar estrategias efectivas de preparación, respuesta y rehabilitación en el marco de la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

En ese sentido es importante mencionar que la “teledetección se ha convertido en una herramienta imprescindible para el análisis y la evaluación de los riesgos naturales” (Chuvienco y Cocero, 2004). El análisis de fenómenos a través de imágenes satelitales, ha demostrado ser una herramienta fundamental para cuantificar de manera precisa y eficiente las áreas afectadas por desastres. Google Earth Engine (GEE), una plataforma geoespacial basada en la nube, permite procesar grandes volúmenes de datos satelitales, como los proporcionados por las misiones Sentinel, para obtener resultados precisos y replicables. Sin embargo, en el contexto peruano, la integración de estas tecnologías en los sistemas de gestión de desastres sigue siendo limitada debido a barreras técnicas e institucionales.

Por otro lado, el Sistema Nacional de Información para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) se ha consolidado como el principal instrumento para consolidar la afectación por emergencias, el cual es registrado actualmente por los responsables de la oficina de Gestión de Riesgo de desastres o la que haga sus veces, de cada municipalidad distrital a nivel nacional. Cabe precisar que, para el registro de las áreas afectadas por incendios forestales, la cuantificación se basa predominantemente en observaciones visuales, lo que introduce incertidumbre en las estimaciones y podría subestimar la magnitud del daño real. Por ello, la importancia de integrar herramientas más avanzadas, como GEE, a fin de validar y complementar los datos registrados en SINPAD.

El presente estudio tiene como objetivo aplicar técnicas de análisis avanzadas de teledetección ante incendios forestales en la región de Cusco obtenidos mediante Google Earth Engine durante el mes de setiembre del año 2024. La metodología incluye el análisis de imágenes satelitales Sentinel y la aplicación del índice normalizado de área quemada (NBR) y diferencial de área quemada (dNBR), con el fin de delimitar con precisión las áreas quemadas y contrastarlas con los valores reportados oficialmente en

el SINPAD. Se espera que los resultados resalten la importancia de estas herramientas tecnológicas en la Gestión del Riesgo de Desastres y fortalezcan el uso de datos confiables para la toma de decisiones en el Perú.

## 2. MARCO NORMATIVO

A continuación, se presenta el marco normativo que sustenta la elaboración del presente estudio, de acuerdo a las competencias de la Subdirección de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres de la Dirección de Preparación:

- 2.1. Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, que aprueba el reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

Artículo 8. – Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

8.1 El Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación.

Artículo 9. – Funciones del INDECI

9.3. Realizar a nivel nacional, la supervisión, seguimiento y evaluación de la implementación de los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación, proponiendo mejoras y medidas correspondientes.

9.15 Realizar estudios e investigaciones inherentes a los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación y realizar a nivel nacional, la supervisión, monitoreo y evaluación de la implementación de estos procesos, proponiendo mejoras y medidas correspondientes.

Artículo 29. – Preparación

La Preparación está constituida por el conjunto de acciones de planeamiento, de desarrollo de capacidades, organización de la sociedad, operación eficiente de las instituciones regionales y locales encargadas de la atención y socorro, establecimiento y operación de la red nacional de alerta temprana y de gestión de recursos, entre otros, para anticiparse y responder en forma eficiente y eficaz, en caso de desastre o situación de peligro inminente, a fin de procurar una óptima respuesta en todos los niveles de gobierno y de la sociedad.

- 2.2. Decreto Supremo N° 043-2013-PCM y sus modificatorias, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI.

Artículo 53.- Funciones de la Dirección de Preparación.

- g. Dirigir y coordinar el desarrollo de un proceso sistemático, estandarizado y continuo para recopilar información existente sobre la tendencia de los riesgos; así como, las estadísticas de daños producidos por emergencias pasadas, a fin de actuar oportunamente en caso de desastre o de peligro inminente.
- i. Promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades organizaciones, técnicas, de equipamiento, de investigación y materiales en los tres niveles de gobierno, entidades privadas y la población, referidas al proceso de preparación para la respuesta”.
- j. Fortalecer, en el ámbito nacional, regional y local, la gestión de recursos tanto de infraestructura como de ayuda humanitaria obtenidos mediante fondos públicos, de la movilización nacional y de la cooperación internacional.
- k. Realizar estudios, proyectos e investigaciones inherentes al proceso de preparación.
- m. Brindar asistencia técnica, en los tres niveles de gobierno para la ejecución de las actividades inherentes al proceso de preparación.

Artículo 55.- La Sub-Dirección de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres, depende de la Dirección de Preparación.

Es responsable de realizar estudios e investigaciones inherentes al proceso de preparación y de desarrollar un proceso sistemático, estandarizado y continuo para recopilar información existente sobre la tendencia de los riesgos, así como las estadísticas de daños producidos por emergencias pasadas, a fin de actuar oportunamente en caso de desastres o de peligro inminente.

Artículo 56.- Funciones de la Sub-Dirección de Sistematización de Información sobre Escenarios de Riesgo de Desastres.

- b. Formular metodologías para sistematizar la información existente sobre escenarios de riesgos de desastres en los tres niveles de gobierno.
- c. Realizar estudios e investigaciones inherentes al proceso de preparación.
- d. Brindar asistencia técnica, en los tres niveles de gobierno para la ejecución de las actividades inherentes al sub proceso de información sobre escenarios del riesgo de desastres.
- g. Desarrollar un proceso sistemático, estandarizado y continuo para la recopilación de información existente sobre tendencias de los riesgos de desastres; así como, de estadísticas de daños producidos por emergencias pasadas, en el ámbito nacional.

2.3. La Resolución Jefatural N°106-2018-INDECI y sus modificatorias, que crea la Unidad Funcional del Centro de Estudios, Procesamiento de Información e Investigación para la Gestión Reactiva – CEPIG.

Artículo 2.- Funciones de la Unidad Funcional CEPIG

c. Proponer las metodologías y mecanismos para la elaboración de las mejoras en los procesos de la Gestión Reactiva, sobre la base de las investigaciones aplicadas realizadas.

g. Brindar información geoespacial para el conocimiento y evaluación del riesgo de desastres.

2.4. Decreto Supremo N°038-2021-PCM, que aprueba la “Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050”.

2.5. La Resolución Jefatural N°277-2021-PCM, que aprueba la “Directiva para el acceso y uso de imágenes satelitales y aéreas para acciones de respuesta y rehabilitación por desastre o peligro inminente” cuyo objetivo principal es definir las acciones y responsabilidades para la evaluación, obtención, descarga, procesamiento, distribución y almacenamiento de imágenes satelitales y aéreas para la toma de decisiones en los niveles de emergencia 4 y 5, ante peligro inminente o desastre.

2.6. La Resolución Jefatural N°298-2021-PCM, que aprueba la “Agenda de Investigación Aplicada de la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres 2022-2026”, cuyo objetivo es promover el desarrollo de investigaciones aplicadas y estudios en el marco de los procesos relacionados a la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres.

2.7. La Resolución Ministerial N°324-2023-PCM, que aprueba los “Lineamientos para la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades”, a fin de facilitar la organización, aplicación y registro de la Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) por parte de las entidades públicas de los tres niveles de gobiernos integrantes del SINAGERD.

2.8. La Resolución Jefatural N°000004-2024-INDECI/JEF INDECI, que aprueba la Guía para la utilización de los formularios para la evaluación de daños y análisis de necesidades.

### 3. FINALIDAD

Generar información de afectación sobre incendios forestales que contribuya a la toma de decisiones para la Gestión Reactiva del Riesgo de Desastres.

#### **4. OBJETIVOS**

##### **4.1. Objetivo General**

Aplicación de técnicas de análisis avanzadas de teledetección ante incendios forestales en la región de Cusco durante el mes de setiembre del año 2024

##### **4.2. Objetivos Específicos**

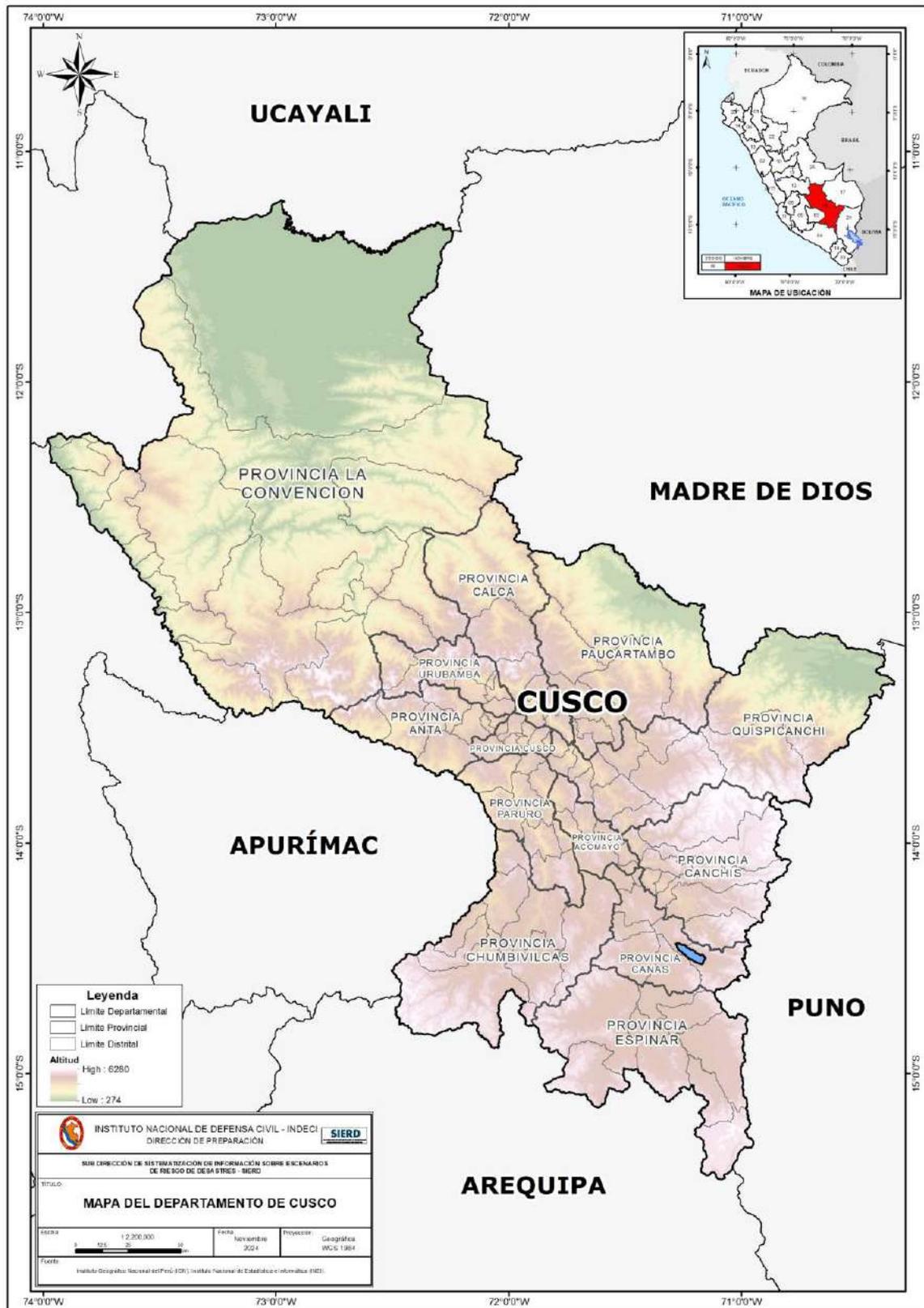
- Recopilar información sobre registro de emergencias ante incendios forestales durante el mes de setiembre en el SINPAD.
- Desarrollar metodología para la delimitación de las zonas afectadas por incendios forestales en la región de Cusco mediante el uso de imágenes satelitales.
- Identificar y cuantificar las zonas afectadas por incendios forestales en la región de Cusco.
- Analizar las áreas afectadas por incendios forestales obtenidas en GEE con los registros SINPAD en el mes de septiembre.

#### **5. ÁREA DE ESTUDIO**

El departamento de Cusco, se ubica en el centro sur del país, limita al norte con Junín y Ucayali, al este con Madre de Dios, al sur con Arequipa y Puno, y al oeste con Apurímac y Ayacucho. Tiene una superficie aproximada de 71,986 Km<sup>2</sup> y se encuentra entre las latitudes sur de 11°10' y 15°20' y los meridianos 70°10' y 74°00' longitud oeste. Comprende por 13 provincias: Acomayo, Anta, Calca, Canas, Canchis, Chumbivilcas, Cusco, Espinar, La Convención, Paruro, Paucartambo, Quispicanchi y Urubamba. Además, tiene una población total de 1,205,527 habitantes y una densidad de 16.75 hab/ Km<sup>2</sup>, según Censo Nacional de Población 2017.

# ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Figura 1: Mapa de Área de Estudio



Según el mapa climático elaborado en base al método de clasificación climática de Warren Thornthwaite del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2020), el departamento de Cusco presenta 16 tipos de climas determinados por su altitud y características geográficas. En la región de la sierra predomina un clima lluvioso con deficiencia de humedad en otoño e invierno, siendo templado en general. En el oeste, a más de 4,200 m s. n. m., cerca de Apurímac, se encuentra un clima semiseco, templado y con invierno seco. El valle del río Urubamba es notable por su diversidad climática, que incluye climas semisecos y templados, fríos con deficiencia de humedad en otoño e invierno, y lluviosos con estaciones secas. Estas condiciones se explican por la influencia de la Cordillera Oriental, que bloquea la humedad proveniente de la Amazonía, y las brisas valle-montaña.

En las provincias de Quispicanchi y Canchis, situadas entre 4,000 y 5,000 m s. n. m., predominan climas muy lluviosos y fríos con alta humedad todo el año, así como climas semifríos con humedad abundante. Sobre los 5,000 m s. n. m., prevalecen climas glaciares con temperaturas extremadamente bajas y hielo permanente. Por otro lado, en la selva alta de Quispicanchi, Paucartambo y La Convención, se encuentran los climas más húmedos y lluviosos del país, como el de Quincemil, en Quispicanchi, que registra una precipitación anual de 6,914 mm<sup>1</sup>. En Espinar y partes de Chumbivilcas y Sicuani se observan climas lluviosos y fríos con invierno seco, además de climas semifríos con humedad constante.

La precipitación presenta una marcada estacionalidad, con una temporada húmeda que se extiende desde noviembre hasta marzo y una temporada seca que abarca de mayo a agosto. Durante la temporada húmeda, los valores de precipitación oscilan entre 78 mm y 156 mm, mientras que en la temporada seca se reducen significativamente, fluctuando entre 0mm y 5 mm. La precipitación anual acumulada se estima en 688 mm<sup>1</sup>.

En términos de temperatura, se observan variaciones notables: los valores mínimos promedio se sitúan entre -1.6 °C y 6.7 °C, mientras que los máximos promedio oscilan entre 20 °C y 21.7 °C<sup>1</sup>. Por otro lado, las velocidades del viento también varían estacionalmente.

## **6. ANTECEDENTES**

El Perú es altamente vulnerable a fenómenos naturales y a impactos antropogénicos, lo que incrementa los riesgos enfrentados por sus ecosistemas y comunidades. En este contexto, los incendios forestales se han convertido en una amenaza significativa, especialmente en regiones como Cusco, donde las condiciones climáticas, culturales y geográficas favorecen su ocurrencia y propagación. Ello combinado con las prácticas humanas como la quema agrícola no controlada, agrava las afectaciones sobre áreas naturales, comprometiendo tanto la biodiversidad como los medios de vida locales.

A continuación, se muestra la incidencia de los incendios forestales para el periodo 2003 – 2023, la cual se da entre los meses de agosto y diciembre, coincidiendo con la

---

<sup>1</sup> <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=08&localidad=0019>

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

temporada seca. Asimismo, se desarrolla el reporte de daños ocasionados por este peligro a nivel departamental y finalmente, los incendios forestales registrados en la región de Cusco para el periodo 2003-2024.

### 6.1. Incidencia de incendios forestales en el periodo 2003 – 2023

El número de emergencias por incendios forestales registradas en el SINPAD desde el año 2003 al 2023, muestra una tendencia creciente a partir del año 2016. Este incremento puede reflejar varios factores, como la variabilidad climática, la mayor frecuencia de períodos secos, o un aumento en la actividad humana en áreas vulnerables a incendios, como la agricultura, la ganadería y la minería.

En el año 2022 y 2023 se alcanzó los números más alto de emergencias, con 382 y 342 respectivamente. Esto sugiere que durante estos años los incendios forestales fueron más recurrentes o más severos, lo que podría estar vinculado a fenómenos climáticos extremos o un mayor uso de prácticas agrícolas insostenibles, como la quema de cultivos y la expansión agrícola.

El año 2020, fue un año atípico debido a la pandemia de COVID-19, y este contexto pudo influir significativamente en el aumento de los incendios forestales registrados. La crisis económica originada por la pandemia podría haber impulsado un aumento en las prácticas de quema agrícola, dado que algunos actores rurales recurrieron a estas técnicas como medio para asegurar la producción de cultivos o para limpiar tierras de manera expedita, ante la incertidumbre económica generalizada. Esta situación, sumada a las restricciones de movilidad y a la disminución de los mecanismos de control durante el periodo de confinamiento, habría favorecido la proliferación de incendios forestales causados por actividades antrópicas, incrementando la frecuencia y magnitud de estos eventos en comparación con años previos.

Tabla 1: Número de emergencias por incendios forestales en el Perú, en el periodo 2003-2023

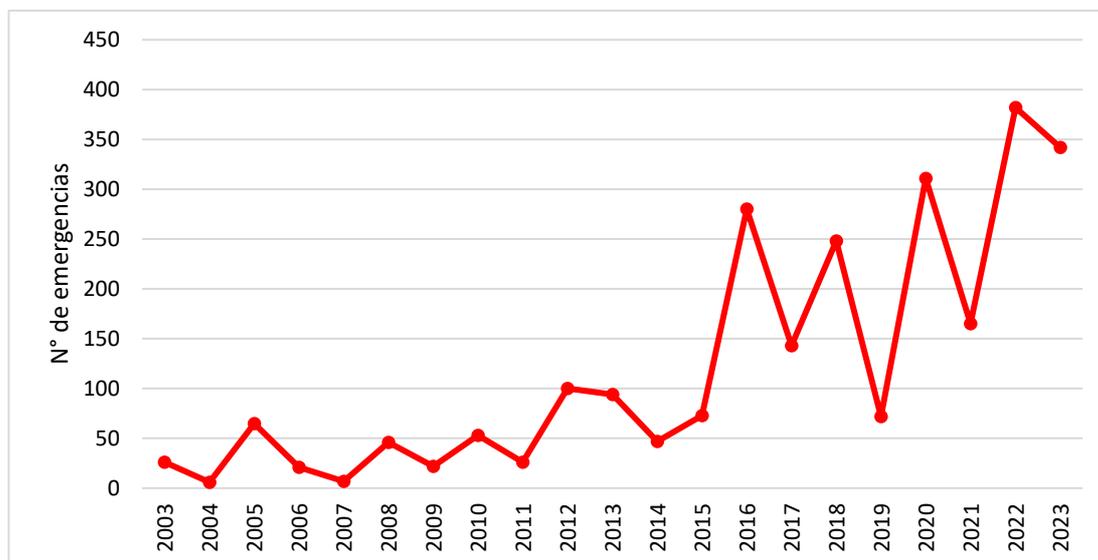
Año	Emergencias
2003	26
2004	6
2005	65
2006	21
2007	7
2008	46
2009	22
2010	53
2011	26
2012	100
2013	94
2014	47
2015	73
2016	280
2017	143
2018	248
2019	72
2020	311

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

2021	165
2022	382
2023	342

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

*Figura 2: Número de emergencias por incendios forestales en el Perú, en el periodo 2003-2023*



*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

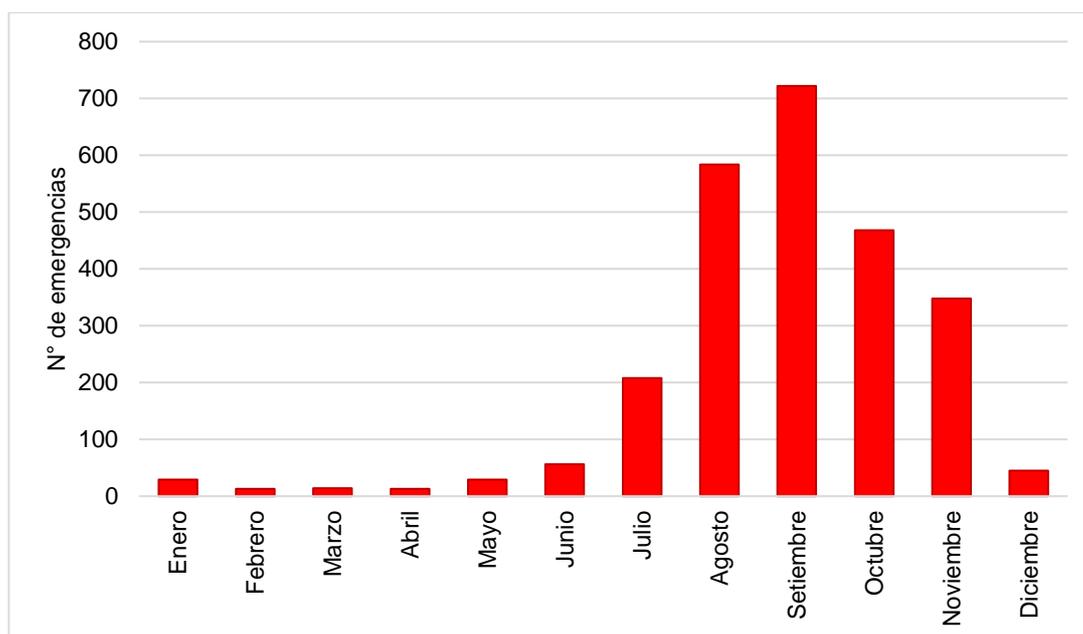
*Tabla 2: Número de emergencias de incendios forestales por mes, periodo 2003-2023*

Mes	Emergencias
Enero	29
Febrero	13
Marzo	14
Abril	13
Mayo	29
Junio	56
Julio	208
Agosto	584
Septiembre	722
Octubre	468
Noviembre	348
Diciembre	45

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

*Figura 3: Número de emergencias de incendios forestales por mes, periodo 2003-2023*



*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDEC).

### 6.2. Reporte de daños por incendios forestales en el periodo 2003-2023

En el Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) en el periodo 2003 – 2023, a nivel nacional, se ha registrado un total de 2,529 emergencias, 7,799 damnificados y 64,426 afectados. Siendo el departamento de Cusco con mayor número de emergencias registradas por incendios forestales (599), seguido de Apurímac (406), y Puno (273). El departamento de Lambayeque registra el mayor número acumulado de afectados, a pesar de solo registrar 26 emergencias, una cifra 11 veces menos que el departamento de Cusco.

Por otro lado, con respecto a las regiones con menor número de emergencias por incendios forestales, se visualiza que son Ica, Loreto y Tacna. Siendo Ica la que tiene menor número de damnificados y Tacna, menor número de afectados.

*Tabla 3: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023*

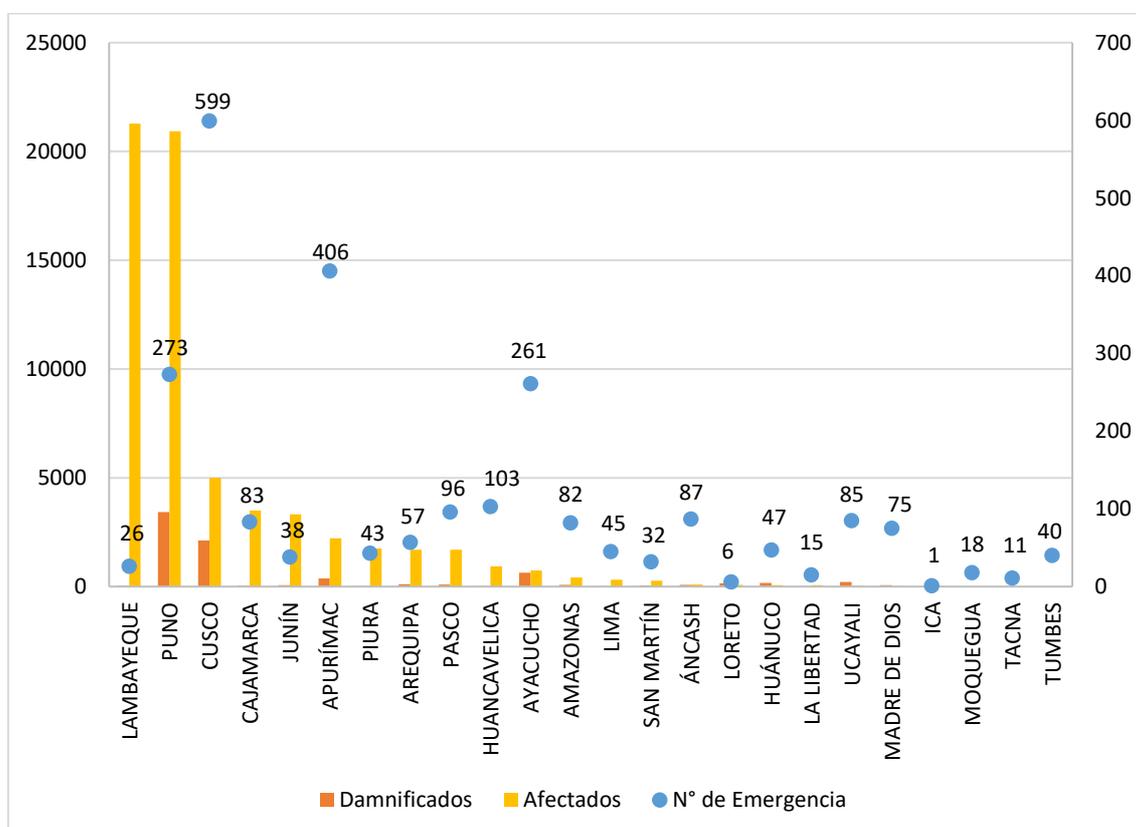
N°	Departamento	N° de Emergencia	Damnificados	Afectados
1	Amazonas	82	78	414
2	Áncash	87	84	102
3	Apurímac	406	371	2 224
4	Arequipa	57	116	1 693
5	Ayacucho	261	643	742
6	Cajamarca	83	43	3 497
7	Cusco	599	2 116	4 997
8	Huancavelica	103	25	933
9	Huánuco	47	163	70
10	Ica	1	0	6
11	Junín	38	72	3 330
12	La Libertad	15	10	64

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

13	Lambayeque	26	32	21 283
14	Lima	45	9	310
15	Loreto	6	154	74
16	Madre De Dios	75	68	10
17	Moquegua	18	0	0
18	Pasco	96	89	1 693
19	Piura	43	16	1 757
20	Puno	273	3 433	20 925
21	San Martín	32	59	271
22	Tacna	11	1	0
23	Tumbes	40	0	0
24	Ucayali	85	217	31

Nota. Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Figura 4: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023



Nota. Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Con respecto, a la afectación de la cobertura vegetal producto de los incendios forestales, el SINPAD para el periodo 2003-2023, presenta información de área de cultivo afectado y destruidos en hectáreas.

El departamento de Puno es el que mayor extensión de área de cultivo afectada y destruida presenta en comparación al resto de departamentos, a pesar de no ser de los primeros departamentos con mayor número acumulado de emergencias por incendios forestales. Seguidamente, se encuentran los departamentos de Cusco y Apurímac, con gran extensión de daños.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Las regiones más afectadas se ubican predominantemente en la zona andina del país, donde las características climáticas de la temporada seca y las prácticas agrícolas tradicionales, como la quema de rastrojos, aumentan la probabilidad de incendios forestales. En contraste, regiones de la selva como Loreto, Madre de Dios y San Martín presentan los menores valores de afectación acumulada. Esto puede atribuirse a sus condiciones climáticas húmedas, menos propicias para la propagación de incendios forestales.

*Tabla 4: Número acumulado de área de cultivo afectada y destruida por incendios forestales por departamentos, en el periodo 2003-2023*

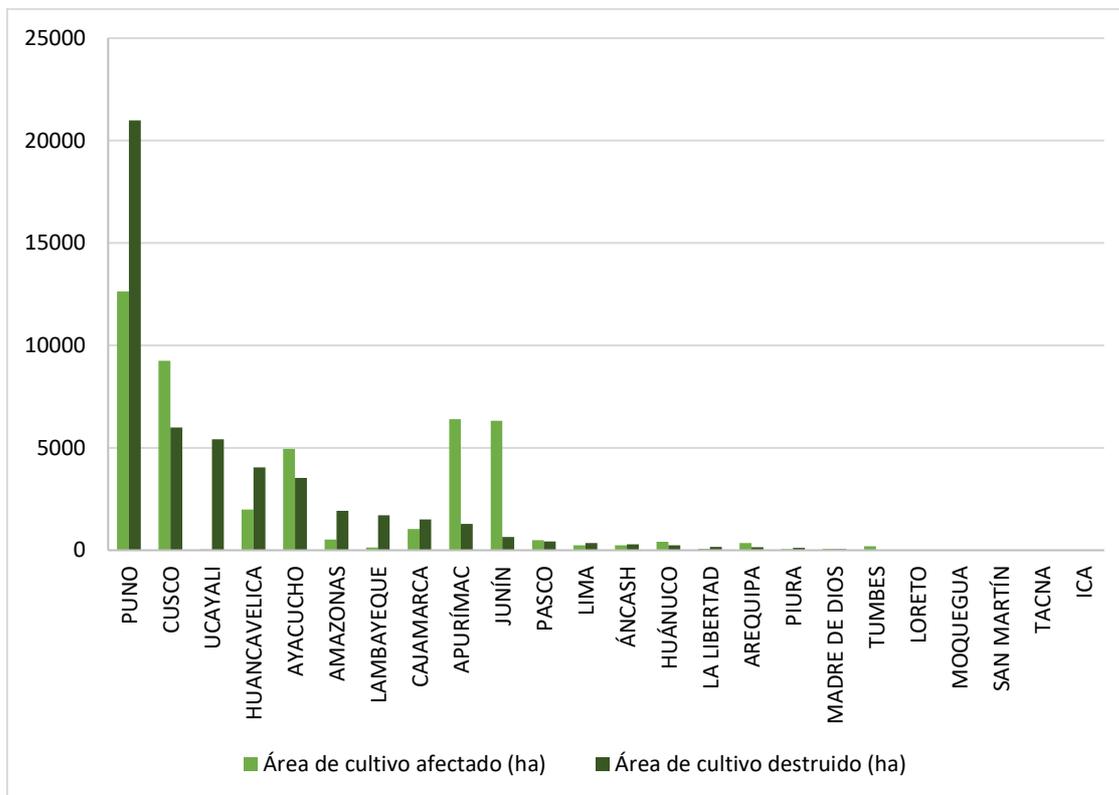
N°	Departamento	N° de Emergencia	Área de cultivo afectado (ha)	Área de cultivo destruido (ha)
1	Amazonas	82	523.39	1 919.96
2	Áncash	87	242.336	292.476
3	Apurímac	406	6 403.534	1 288.519
4	Arequipa	57	344.95	142.55
5	Ayacucho	261	4 956.245	3 526.52
6	Cajamarca	83	1 035.98	1 506.65
7	Cusco	599	9 246.427	5 987.343
8	Huancavelica	103	1 991.746	4 038.863
9	Huánuco	47	419.225	238
10	Ica	1	0	0
11	Junín	38	6 321	650
12	La Libertad	15	66	169
13	Lambayeque	26	140.6	1 712.35
14	Lima	45	239	354.9
15	Loreto	6	6	24
16	Madre De Dios	75	65.5	59.01
17	Moquegua	18	2.43	17.83
18	Pasco	96	489.4	432.8
19	Piura	43	61.5	114.5
20	Puno	273	12 637.265	20 987.765
21	San Martín	32	20	17
22	Tacna	11	14.03	6.76
23	Tumbes	40	192	29
24	Ucayali	85	41.5	5 415.325

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

El gráfico indica una clara distinción entre áreas de cultivo afectadas y destruidas a nivel departamental. Esto refleja que los incendios forestales tienen un impacto diferenciado en función de factores climáticos, geográficos y antrópicos.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

*Figura 5: Número acumulado de área de cultivo afectada y destruida por incendios forestales, en el periodo 2003-2023*



*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

### 6.3. Incendios forestales registrados en la región de Cusco en el periodo 2003-2024

En el departamento de Cusco se ha registrado 599 emergencias acumulados por incendios forestales en el periodo 2003-2023. En el año 2024, se tiene 402 emergencias con códigos cerrado al 27 de noviembre en el SINPAD, cifra que podría igualarse al total de registros en 20 años, al cierre del año.

Desde el 2018 hasta el 2024, se observa un incremento notable en la cantidad de emergencias, identificándose fluctuaciones como en el año 2007 y 2009, pero con tendencia general ascendente. Algunos años destacan por picos pronunciados en el número de emergencias, como 2016 (41), 2018 (75), 2020 (58), 2022 (106) y 2024 (402). Estos picos pueden estar relacionados con factores como condiciones climáticas extremas, aumento de actividades antrópicas (quema agrícola, expansión agrícola) o eventos económicos y sociales que redujeron el control y monitoreo de estas actividades.

El incremento drástico que se da del año 2023 (85 emergencias) y el año 2024 (402 emergencias), equivalente a casi cinco veces más, merece particular atención. Este fenómeno subraya la importancia de evaluar e implementar acciones concretas para reducir estas cifras, así como de analizar en profundidad los factores que contribuyen al incremento de la incidencia de incendios forestales en la región.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

*Tabla 5: Número acumulado de emergencias por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el periodo 2003-2024*

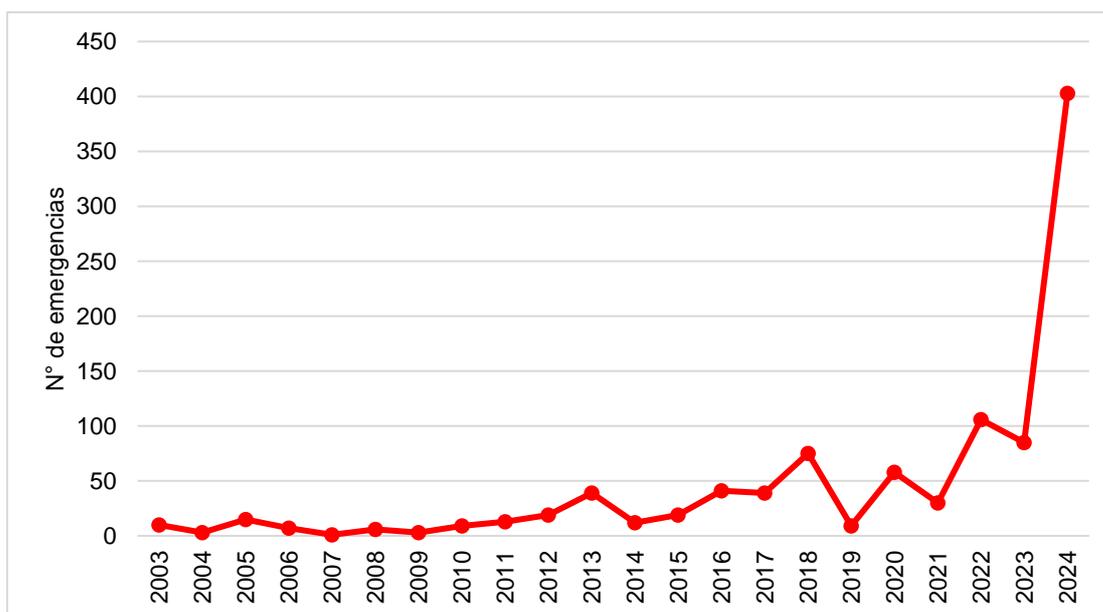
Año	Emergencias
2003	10
2004	3
2005	15
2006	7
2007	1
2008	6
2009	3
2010	9
2011	13
2012	19
2013	39
2014	12
2015	19
2016	41
2017	39
2018	75
2019	9
2020	58
2021	30
2022	106
2023	85
2024*	403

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

\*Cifra al 27 de noviembre del 2024.

La distribución de emergencias no sigue un patrón estrictamente lineal; hay periodos de relativa estabilidad (como entre 2003 y 2009) seguidos de incrementos abruptos, especialmente después de 2018.

*Figura 6: Número acumulado de emergencias por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el periodo 2003-2024*



*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Las emergencias por incendios forestales en las provincias de la región de Cusco a noviembre del año 2024, muestra que la provincia de La Convención registra el mayor número de emergencias y afectados, seguido por la provincia de Chumbivilcas. La provincia de Canas, registra el mayor número de damnificados, a pesar de no contar con el mayor número de emergencias. Por otro lado, se observa provincias en donde no se tiene personas damnificados y afectados, las cuales son: Paruro, Paucartambo, Quispicanchi y Urubamba.

*Tabla 6: Número acumulado de emergencias, damnificados y afectados por incendios forestales en el departamento de Cusco, en el año 2024\**

Provincia	Número de emergencias	Número de damnificados	Número de afectados
Acomayo	5	0	0
Anta	29	2	3
Calca	15	17	2
Canas	28	115	44
Canchis	34	21	12
Chumbivilcas	64	71	37
Cusco	12	2	0
Espinar	74	28	27
La Convención	84	18	53
Paruro	6	0	0
Paucartambo	14	0	0
Quispicanchi	27	0	0
Urubamba	15	0	0

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

\*Cifra al 27 de noviembre del 2024.

Si bien se tiene provincias en donde no hay personas damnificadas y afectadas, si ha registrado daños en cobertura vegetal, ya sea zonas agrícolas o cobertura natural. El SINPAD, a partir de este año, presenta estadística de cobertura natural.

Con respecto a los daños a cultivos agrícolas, las provincias de Espinar y Canas, son las que presentan mayor cantidad de áreas afectadas y perdidas, mientras que las provincias con menor cantidad son Cusco, Paucartambo y Urubamba.

En relación a la cobertura natural, la provincia de Canchis, presenta mayor superficie de cobertura natural perdida (5,621.49 ha), seguido por la provincia de Cusco (4,061.5 ha). La provincia de Espinar y Chumbivilcas, presenta cifras significativas, con más de 2,000 ha de cobertura natural afectada. La pérdida de cobertura natural evidencia un grave impacto ambiental, alterando significativamente la estructura y función de los ecosistemas, la biodiversidad, y servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades locales y el entorno en general.

*Tabla 7: Número acumulado de cobertura vegetal afectada y perdida por incendios forestales en el departamento de Cusco en el año 2024\**

Provincia	Cultivo afectado (ha)	Cultivo perdido (ha)	Cobertura natural afectado (ha)	Cobertura natural perdido (ha)
Acomayo	17.0	0.0	0.0	212.05
Anta	21.0	17.0	774.0	1,061.5
Calca	16.45	4.12	280.64	652.1

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Provincia	Cultivo afectado (ha)	Cultivo perdido (ha)	Cobertura natural afectado (ha)	Cobertura natural perdido (ha)
Canas	233.8	595.7	1,028.0	961.0
Canchis	3.34	1.0	1,668.57	5,621.49
Chumbivilcas	78.25	100.6	2,721.0	1,238.5
Cusco	0.0	0.0	167.4	4,061.5
Espinar	2,701.8	1,049.8	3,219.5	1,580.0
La Convención	37.87	79.95	62.8	992.8
Paruro	4.12	3.35	126.0	118.0
Paucartambo	0.0	0.0	8.0	858.0
Quispicanchi	1.91	1.91	42.25	1,167.53
Urubamba	0.0	3.31	12.0	317.49

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

\*Cifra al 27 de noviembre del 2024.

## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Google Earth Engine: Herramientas para el análisis geoespacial

Google Earth Engine (GEE) es una plataforma basada en la nube diseñada para el análisis y visualización de grandes volúmenes de datos geoespaciales. Lanzada en 2010 por Google, GEE proporciona acceso a un extenso repositorio de imágenes satelitales, datos geográficos y herramientas analíticas, permitiendo a investigadores, gobiernos y organizaciones desarrollar soluciones para problemas ambientales y de gestión de recursos naturales. Su capacidad de procesamiento en la nube y su accesibilidad a través de un entorno de programación basado en JavaScript hacen de GEE una herramienta poderosa y flexible para el análisis geoespacial.

Una de las principales ventajas de Google Earth Engine es su capacidad para manejar y procesar grandes cantidades de datos satelitales, como las imágenes RADAR de Sentinel-1 o los productos ópticos de Landsat y MODIS. Esto es particularmente útil en estudios de detección de inundaciones, donde se requiere el análisis de series temporales de imágenes para evaluar cambios en la superficie terrestre antes, durante y después de un evento de inundación. GEE permite realizar este tipo de análisis rápidamente, aprovechando su infraestructura de computación en la nube para procesar datos a gran escala sin la necesidad de equipos informáticos costosos o almacenamiento local de grandes volúmenes de datos.

Además, GEE ofrece una variedad de herramientas analíticas para la detección de cambios, clasificación de imágenes, análisis de series temporales, y otros métodos avanzados de análisis geoespacial. En el contexto de los incendios forestales, esta herramienta permite identificar con precisión las áreas afectadas, cuantificar la magnitud de los daños y evaluar su impacto sobre los ecosistemas. La combinación de datos de alta resolución temporal y espacial facilita la generación de mapas temáticos detallados, que son fundamentales para la toma de decisiones.

Otra ventaja significativa de Google Earth Engine es su enfoque en la colaboración y la accesibilidad. Al ser una plataforma de libre acceso, facilita la participación de una amplia gama de usuarios, desde científicos y académicos hasta profesionales de la

gestión del riesgo de desastres y responsables de políticas públicas. Su capacidad para compartir scripts y resultados permite una mayor transparencia y reproducibilidad de los estudios, fomentando la colaboración interdisciplinaria y la creación de soluciones innovadoras. En el caso del Perú, donde los recursos y capacidades técnicas pueden ser limitados, GEE representa una herramienta clave para acceder a tecnologías avanzadas de análisis geoespacial y mejorar la capacidad de respuesta ante desastres de origen natural o de acción humana.

En el presente estudio, Google Earth Engine será utilizado para procesar imágenes satelitales y cartografiar las áreas afectadas por incendios forestales en la región de Cusco. Las herramientas de análisis de GEE permitirán identificar las zonas quemadas, calcular la extensión de la afectación sobre la cobertura natural y los cultivos. Al integrar estas capacidades tecnológicas, se busca proporcionar información técnica confiable que pueda ser utilizada para orientar estrategias de prevención, preparación y respuesta en la región, contribuyendo así a una gestión más eficiente del riesgo de desastres.

## **7.2. Métodos de detección de incendios forestales**

Los métodos de detección de incendios forestales han mostrado un avance significativo a través de las tecnologías de la teledetección, el cual permite detectar de manera remota las zonas afectadas por el fuego. Estos métodos incluyen la utilización de imágenes satelitales, sensores aéreos y sistemas térmicos que permiten identificar focos de calor, áreas quemadas y cambios en la cobertura vegetal. Adicionalmente, los índices espectrales y modelos computacionales han mejorado la precisión en la detección y evaluación de incendios, proporcionando herramientas clave para el monitoreo en tiempo real y la gestión de emergencias.

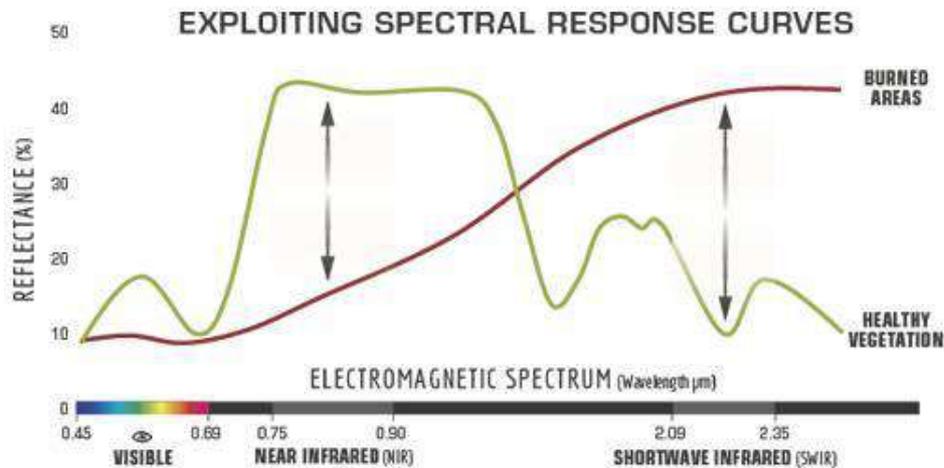
### **7.2.1. Índice Normalizado de Área Quemada (NBR)**

El Índice Normalizado de Área Quemada (NBR, por sus siglas en inglés) se ha consolidado como el índice espectral más empleado disponible, debido a que ofrece resultados superiores en comparación con otros índices (Epting, Verbyla, & Sorbel, 2005). Esta herramienta espectral está diseñada para identificar y realzar las áreas afectadas por incendios, utilizando una combinación de longitudes de onda del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR), lo que le otorga alta sensibilidad a la presencia de cenizas y carbón en el suelo.

La vegetación saludable se distingue por una alta reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) y una baja reflectancia en la porción SWIR del espectro electromagnético. En cambio, las áreas recientemente quemadas presentan un patrón opuesto, con baja reflectancia en el NIR y alta reflectancia en el SWIR. Estas diferencias espectrales, que alcanzan su máximo en las regiones NIR y SWIR del espectro, permiten diferenciar eficazmente la vegetación sana de las zonas afectadas por el fuego (UN-Spider, 2024).

# ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Figura 7: Comparación de la respuesta espectral de vegetación saludable y áreas quemadas



Nota. De USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Center. (s.f.). Spectral response. U.S. Department of Agriculture. Recuperado de <https://www.fs.usda.gov/about-agency/gtac>.

La fórmula del Índice Normalizado de Área Quemada es la siguiente:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Presenta valores que oscilan entre -1 y 1. Los valores altos están asociados con vegetación en buen estado, mientras que los valores bajos corresponden a áreas de suelo desnudo o afectadas por incendios recientes. Por otro lado, las zonas que no han sido afectadas por incendios suelen presentar valores cercanos a cero, lo que permite identificar áreas intactas.

## 7.2.2. Severidad de incendio (DNBR)

La severidad del incendio se evalúa mediante el dNBR, el cual calcula la diferencia entre los valores de NBR obtenidos a partir de imágenes satelitales adquiridas antes y después de un evento de incendio. Este índice cuantifica la magnitud de los cambios en la cobertura terrestre provocados por el fuego, permitiendo estimar el nivel de daño. Valores elevados de dNBR están asociados con áreas de alta severidad, mientras que valores negativos pueden reflejar procesos de regeneración vegetal o crecimiento reciente de vegetación posterior al incendio (Van Gerrevink & Veraverbeke, 2021).

El diferencial NBR (dNBR) se obtiene comparando el NBR calculado antes y después de un incendio utilizando imágenes satelitales. Este indicador permite evaluar la severidad del daño causado por el fuego: valores altos de dNBR reflejan un impacto severo, mientras que valores negativos pueden indicar regeneración vegetal o crecimiento reciente tras el incendio (Van Gerrevink & Veraverbeke, 2021). A continuación, se indica la fórmula.

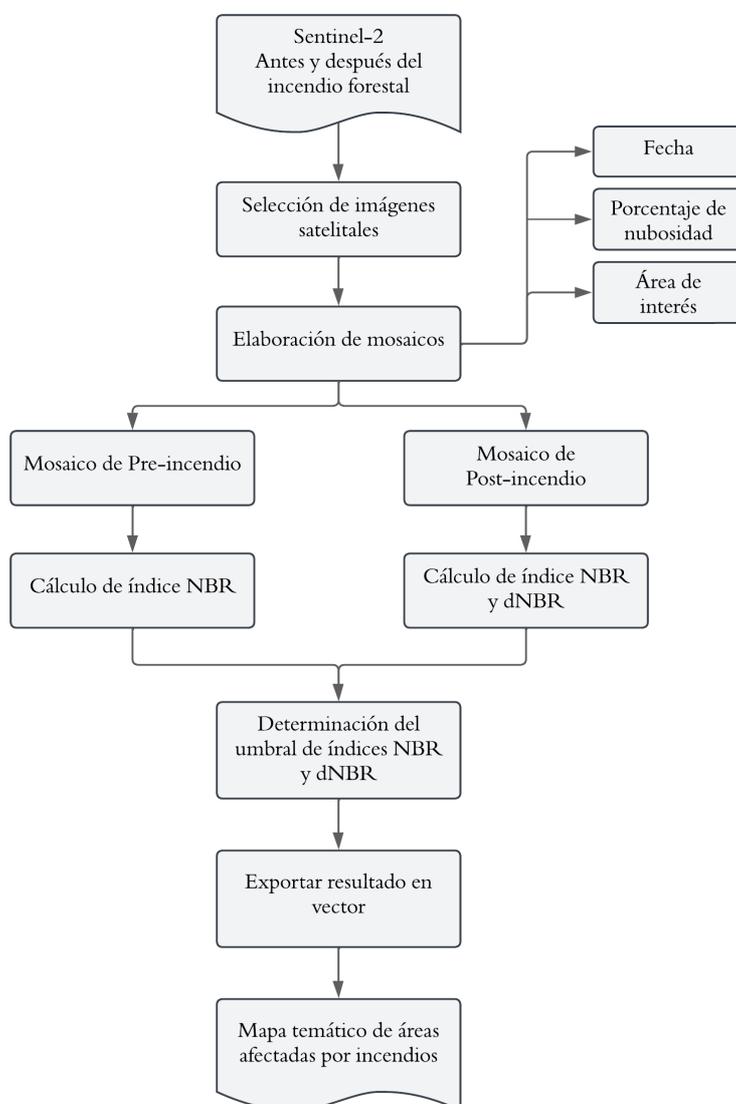
$$dNBR = NBR_{pre} - NBR_{post}$$

## 8. METODOLOGÍA

En base al análisis realizado a los registros de emergencias del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación en el periodo 2003-2023, se ha identificado que la región de Cusco presenta el mayor número de emergencias por incendios forestales, asimismo, en el mes de setiembre se presenta mayor incidencia de este peligro, el cual coincide con la temporada seca.

La metodología empleada para identificar y delimitar las áreas quemadas por incendios forestales en la región de Cusco, en el mes de setiembre del año 2024, es través de la plataforma Google Earth Engine, en el que se ha aplicado técnicas de análisis avanzado de teledetección. A continuación, se muestra el procedimiento realizado para la obtención de las áreas quemadas:

Figura 8: Esquema metodológico



### 8.1. Selección de imágenes satelitales

En este estudio se empleó datos satelitales disponibles en la plataforma de Google Earth Engine (GEE) de Sentinel 2, el cual a diferencia de otros satélites presenta una resolución temporal de 5 días, permitiendo así un mejor seguimiento y monitoreo de las emergencias por incendios forestales, y una resolución espacial de 10 metros, para una mejor distinción de los elementos analizados.

Para la visualización de las áreas quemadas por incendios forestales se realizó la combinación de bandas B12, B8A, B4, el cual fue empleado para contrastar con los resultados obtenidos del índice NBR y DNBR.

Tabla 8: Características de imágenes Sentinel-2

Colección de imágenes	Bandas espectrales	Resolución temporal	Resolución espacial
COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED	13 bandas	5 días	10, 20, y 60

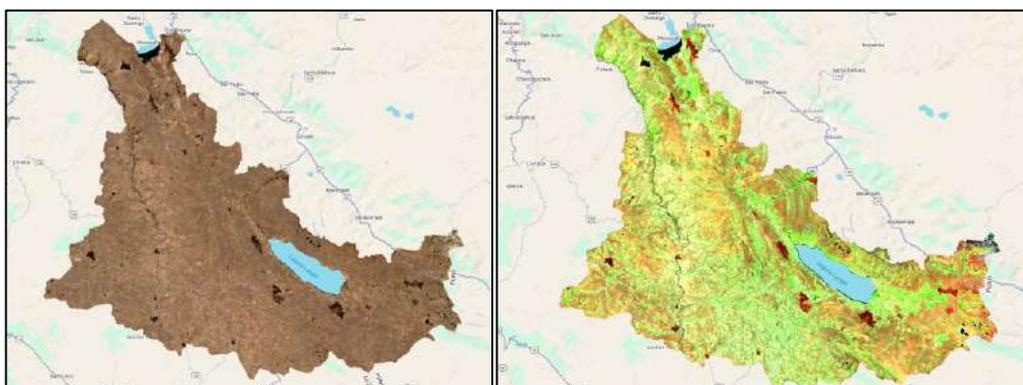
Tabla 9: Resolución espacial y espectral del satélite Sentinel-2/MSI

Sentinel-2/MSI	Bandas	Resolución (m)
Banda 2	Blue	10
Banda 3	Green	10
Banda 4	Red*	10
Banda 5	Red-edge-1	20
Banda 6	Red-edge-2	20
Banda 7	Red-edge-3	20
Banda 8	NIR	10
Banda 8A	NIR plateau*	20
Banda 11	SWIR-1	20
Banda 12	SWIR-2*	20

\*Bandas usadas en la clasificación de áreas quemadas

A continuación, se muestra la combinación de bandas B4, B3, B2, la cual permite visualizar la superficie terrestre en color natural, pero no resalta las áreas quemadas generado por los incendios forestales, es por ello que se empleó la combinación de bandas B12, B8A, B4.

Figura 9: Combinación de bandas B4, B3, B2 (Color natural) y B12, B8A y B4



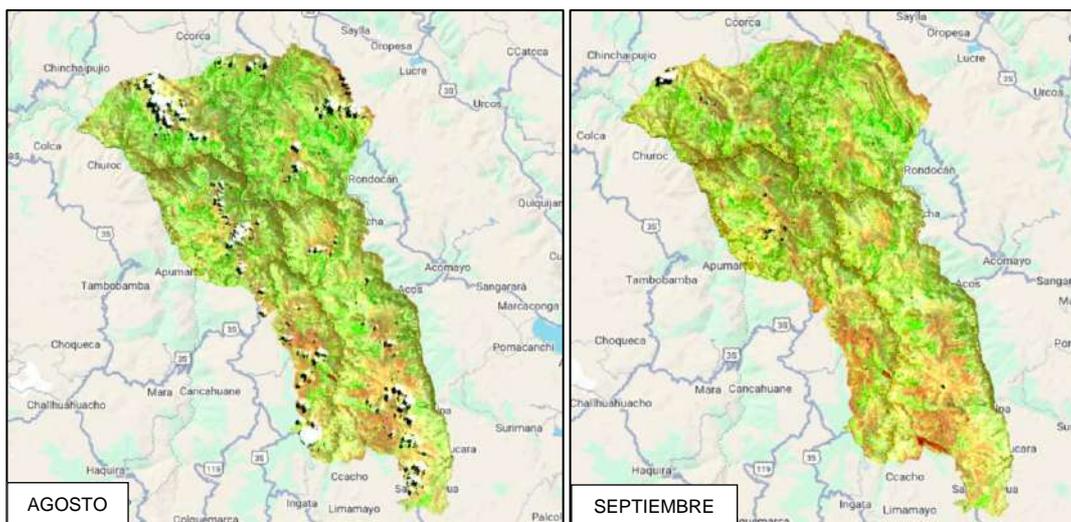
## 8.2. Generación de mosaico pre y post incendio forestal

Se elaboraron mosaicos de imágenes satelitales correspondientes a las trece provincias de la región de Cusco. Para el mosaico de pre incendio, se seleccionaron imágenes del mes de agosto, las cuales sirvieron como base para el análisis comparativo entre las condiciones previas y posteriores al incendio. Para ello, se utilizaron datos de la misión Sentinel-2, priorizando aquellas escenas con el menor porcentaje de nubosidad y, en particular, las capturadas durante la última semana de agosto. Este criterio permitió asegurar que el análisis pre-incendio no incluyera eventos ocurridos antes del mes de setiembre, garantizando la coherencia temporal con el periodo de estudio.

Para el mosaico post-incendio, se integraron múltiples imágenes satelitales por provincia, ya que una sola escena no era suficiente para cubrir la totalidad del área de estudio. Los mosaicos se generaron considerando las fechas disponibles en el satélite Sentinel-2 y priorizando las imágenes con menor porcentaje de nubosidad. Además, se seleccionaron imágenes de fechas cercanas entre sí dentro del mes de setiembre, lo que permitió capturar de manera más precisa el estado de la cobertura vegetal afectada por los incendios forestales.

Este enfoque metodológico facilitó la comparación entre las condiciones de la cobertura vegetal previas al evento (agosto) y las posteriores (setiembre), proporcionando una base para identificar las áreas impactadas por los incendios.

Figura 10: Imagen satelital de Sentinel 2 mes de agosto (antes) y mes de setiembre (después)



## 8.3. Cálculo de índice NBR y DNBR

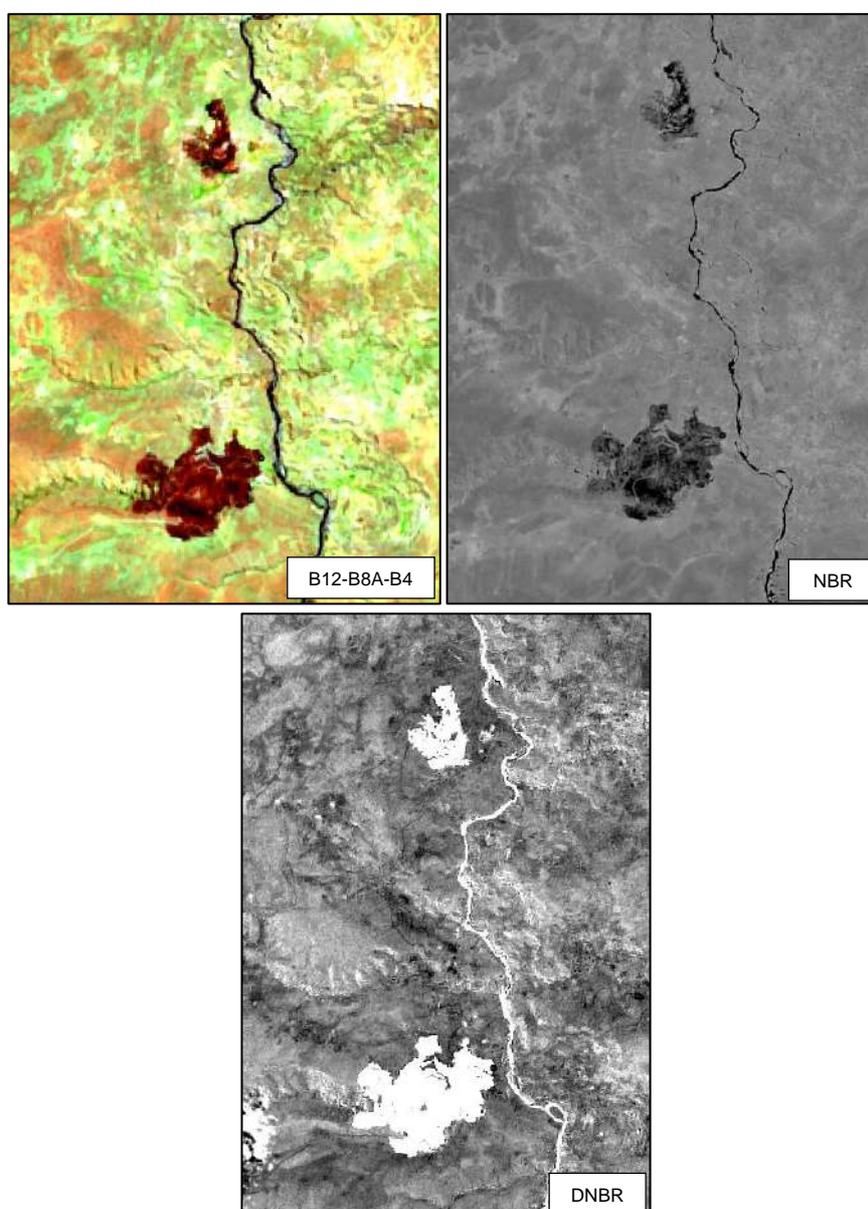
Para la delimitación de las áreas quemadas, se empleó el Índice Normalizado de Áreas Quemadas (NBR), diseñado para resaltar la vegetación afectada mediante la combinación de longitudes de onda del infrarrojo cercano (NIR) y del infrarrojo de onda corta (SWIR). Los valores del NBR varían entre -1 y 1: los valores cercanos a 1 representan vegetación en buen estado o áreas densamente vegetadas, mientras que los valores cercanos a -1 indican áreas afectadas por incendios forestales o suelos desnudos. Además, se calculó la diferencia entre el NBR pre y post incendio (dNBR), lo que permitió también delimitar las áreas impactadas por los incendios.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

En la Figura 11 se muestran dos áreas quemadas por incendios forestales, donde se aplicó la combinación de bandas B12 (SWIR), B8A (NIR) y B4 (rojo), permitiendo resaltar las cicatrices de la vegetación afectada en tonos rojizos. Posteriormente, con el índice NBR, las áreas quemadas se identifican mediante tonalidades oscuras, por presentar valores cercanos a -1. Al aplicar el dNBR, las cicatrices de la vegetación afectada se destacan en tonalidades blancas, asociadas a valores superiores a 0.1, reflejando así la severidad del daño ocasionado por los incendios.

Por otro lado, en el índice NBR, los ríos se visualizan con un tono gris oscuro, al igual que la vegetación afectada, debido a que presentan valores cercanos a -1, producto de las propiedades reflectivas del agua en las bandas de infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR) utilizadas en el cálculo del índice. En el caso del dNBR, los ríos toman un tono claro como resultado de la diferencia entre los valores pre y post incendio, producto de la consistencia espectral del agua en ambas fechas.

Figura 11: Combinación de bandas B12, B8A y B4, índice NBR y DNBR



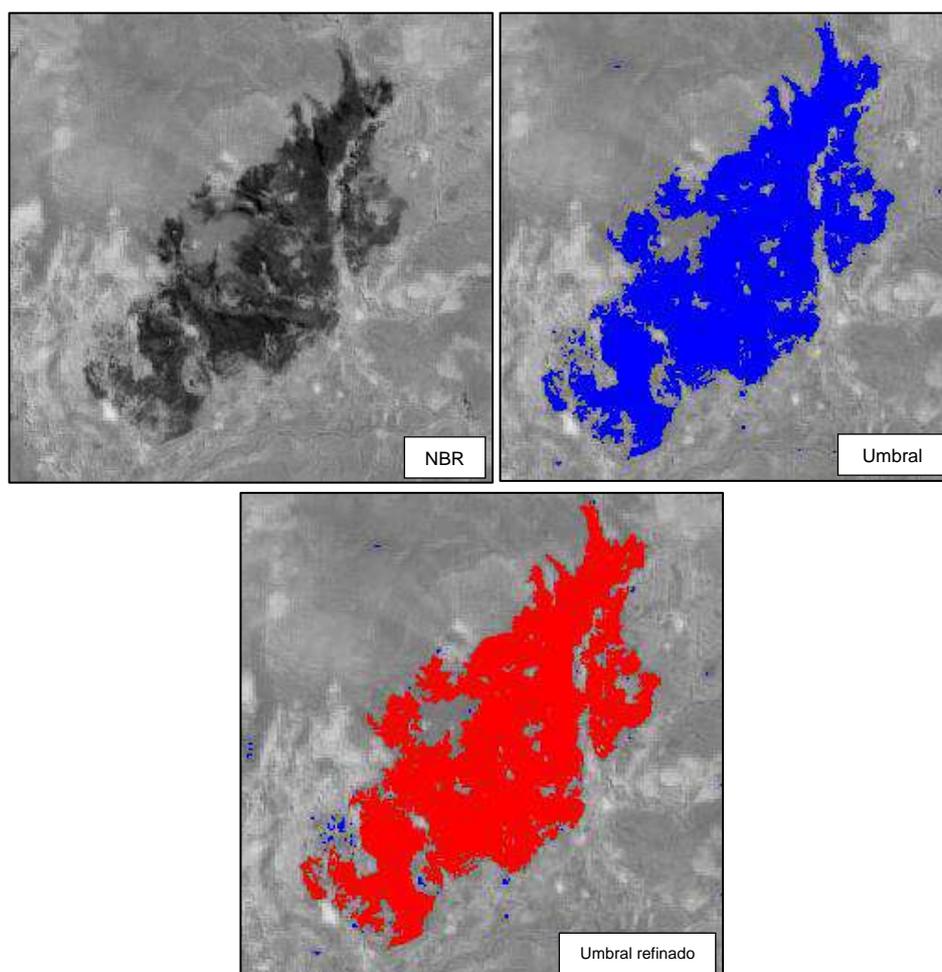
#### 8.4. Determinación del umbral de índices

Luego de realizar el índice NBR, se estableció un umbral específico del índice posterior al incendio. Este umbral consideró valores entre 0 a -1, ya que este rango es representativo de superficies afectadas por incendios forestales. La selección del umbral se fundamentó en la interpretación espectral del NBR, que resalta áreas quemadas debido a la reducción significativa de la reflectancia en el NIR y el aumento en el SWIR.

Una vez aplicado el umbral, las áreas clasificadas como quemadas se visualizaron mediante una máscara en una tonalidad específica (en este caso, azul). Este enfoque permitió diferenciar de manera efectiva las áreas afectadas por incendios de las no afectadas, proporcionando un insumo clave para el análisis y representación cartográfica de las cicatrices.

Para optimizar la delimitación de las áreas quemadas, se refinó el umbral aplicado al índice NBR mediante el análisis de la conectividad de los píxeles. Este proceso permitió filtrar áreas pequeñas o dispersas, que podrían no representar de manera adecuada las verdaderas zonas afectadas por el incendio. La máscara resultante del umbral optimizado se visualizó en color rojo.

Figura 12: Determinación de umbral con NBR

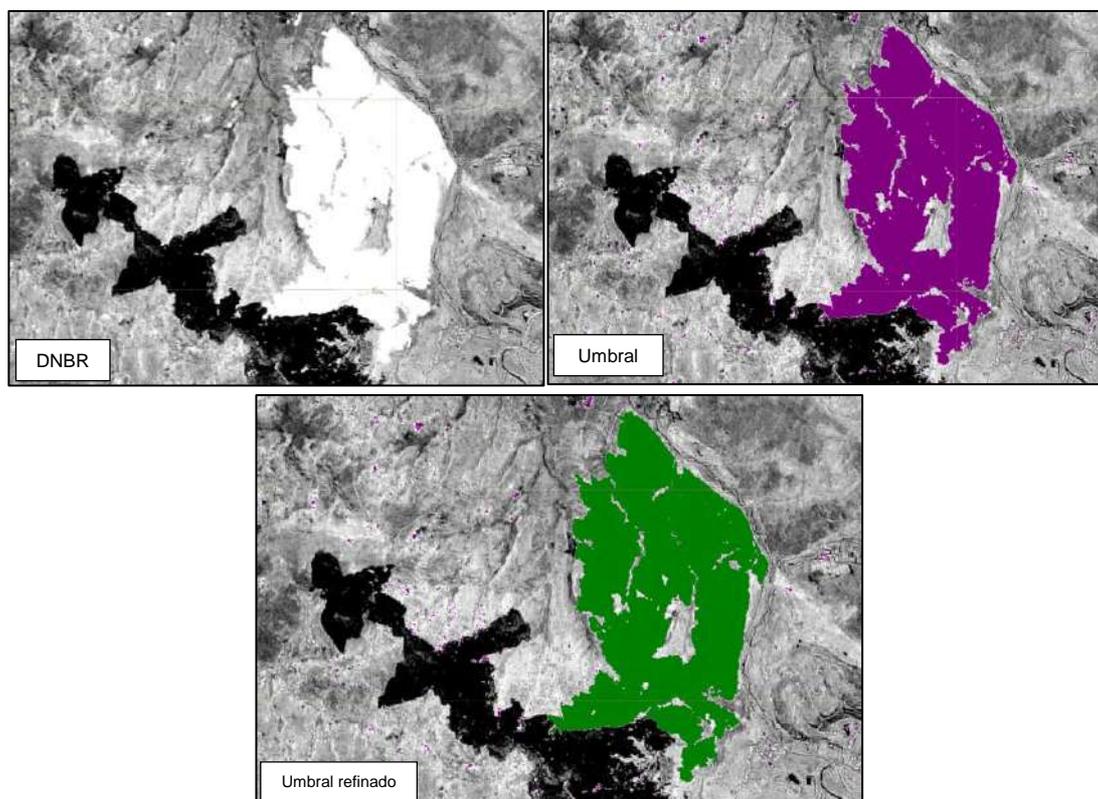


## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Para emplear las áreas afectadas por incendios forestales a través del índice DNBR, se aplicó un umbral también, considerando valores entre 0.1 a 1. Este rango refleja las áreas de mayor severidad en la afectación por incendios forestales, dado que el índice dNBR destaca la intensidad de la quemadura, con valores más altos indicativos de áreas severamente afectadas.

La aplicación del umbral se puede visualizar a través de la máscara de color morado. Asimismo, para mejorar la delimitación de las áreas quemadas, se empleó el análisis de conectividad de los píxeles. Este refinamiento permitió optimizar la clasificación, y la máscara resultante del umbral ajustado fue representada en color verde.

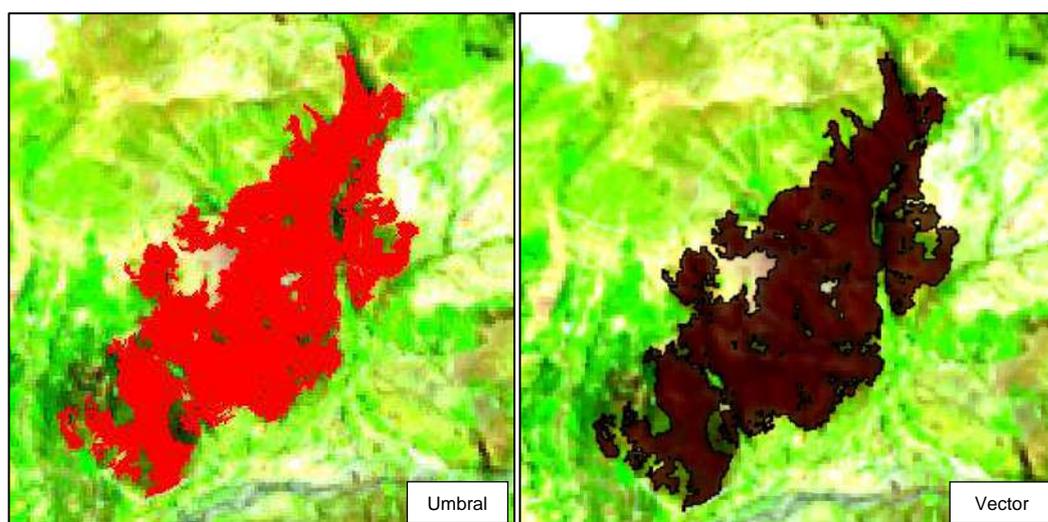
Figura 13: Determinación de umbral con DNBR



### 8.5. Exportación de resultados en vector

Una vez aplicado el índice NBR y dNBR y el umbral correspondiente para identificar las áreas afectadas por el incendio, el siguiente paso consistió en la exportación de los resultados de formato raster a formato vectorial. Esta exportación permitió convertir las áreas delimitadas en una capa de polígonos, facilitando su análisis y manipulación en sistemas de información geográfica (SIG).

Figura 14: Área afectada por incendio forestal en formato vector



### 8.6. Sistematización de información de emergencias por peligro de incendios forestales del SINPAD

El Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) cuenta con un módulo de Emergencias, en el cual se registra información relacionada con la evaluación de daños y análisis de necesidades, atención humanitaria y las acciones de coordinación realizadas por las autoridades locales y públicas en respuesta a una emergencia.

El registro de una emergencia en el SINPAD comprende el registro de los formularios de evaluación rápida, empadronamiento, daños diversos y la atención a familias beneficiarias de bienes de ayuda humanitaria. Este registro es realizado por el jefe de la oficina de Defensa Civil, o quien haga sus veces en cada municipalidad, con base en los formularios de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) completados en campo, siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución Ministerial N°324-2023-PCM.

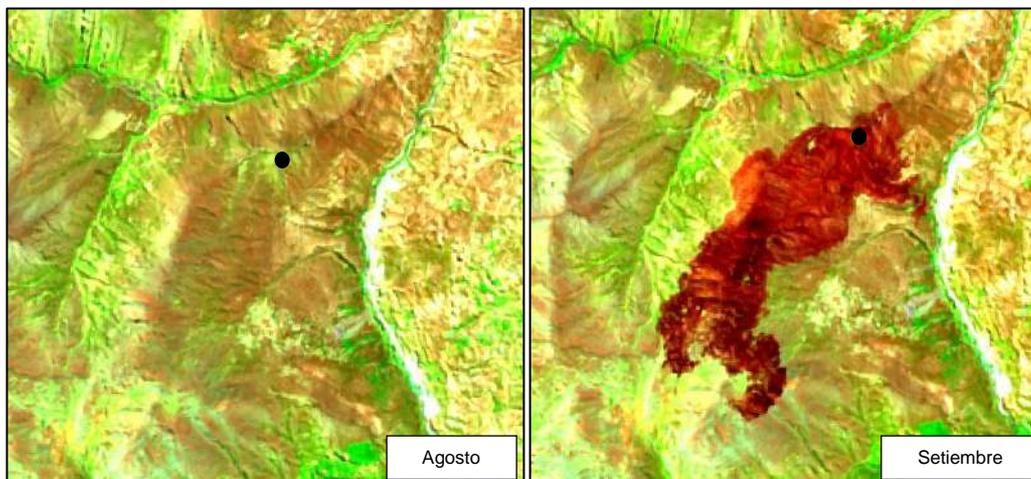
De acuerdo con los Lineamientos del EDAN, los formularios de Evaluación Rápida y de Empadronamiento Familiar y Medios de Vida son responsabilidad de los Gobiernos Locales, mientras que el Empadronamiento de Medios de Vida corresponde a los Gobiernos Regionales. El formulario de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades – EDAN, por su parte, es completado por los Gobiernos Locales desde el ítem 1.0 al 8.0, y por los Gobiernos Regionales desde el ítem 9.0 al 11.0, que se refiere a la evaluación sectorial. Sin embargo, a la fecha, los cuatro formularios son elaborados mayoritariamente por los Gobiernos Locales, y en su mayoría sin una coordinación efectiva con los Gobiernos Regionales.

En este estudio, se empleó el registro de emergencias por peligro de incendios forestales del SINPAD de la región de Cusco desde el 1 de setiembre al 30 de setiembre del año 2024, las cuales cuentan con código cerrado, es decir, con formularios registrados y aprobados por el COEN. Las coordenadas geográficas de los registros

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

SINPAD fueron procesadas en formato vectorial e integradas en la plataforma Google Earth Engine para su visualización y análisis en las imágenes satelitales.

Figura 15: Localización de emergencias registradas en SINPAD sobre imagen Sentinel-2



Es importante resaltar que las coordenadas geográficas de la emergencia se generan a partir de la información registrada en los formularios de evaluación rápida o empadronamiento del SINPAD.

Figura 16: Registro de coordenadas en el formulario de evaluación rápida

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDEC).

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Figura 17: Registro de coordenadas en el formulario de empadronamiento

The screenshot shows the SINPAD registration interface. At the top, it displays the following information: Código SINPAD: 210375, Grupo de Peligro: PELIGROS ANTRÓPICOS, Tipo de Peligro: INCENDIOS FORESTALES, Ubicación: CUSCO / ESPINAR / OCORURO, and Fecha / Hora del Evento: 2024-09-30 12:30:00. The main form area includes fields for No. Formulario (EMP-000029184), Fecha y Hora (01/10/2024 12:00), Peligro Secundario (INCENDIOS FORESTALES), and Grupo Poblal (MARQUEB: ALTO). Below these are fields for Caserio, Anexo, Barrio, and Sector (FLORIDA). Further down are fields for Urbanización, Calle, Manzana, Edificio, Piso, and Departamento. A sidebar on the left contains navigation icons for 'INFORMACIÓN GENERAL', 'PERSONA', 'VIVIENDA', and 'MEDIO DE VIDA', along with a 'Salir' button. At the bottom left, there are fields for Altura (metros) (8675), Tipo de Coordenada (GEOGRÁFICAS), Latitud (°) (-15.166766495332643), and Longitud (°) (-71.11827596856595). A 'Geotag map' button is located at the bottom right of the form area. A satellite map is displayed at the bottom right, showing a red dot indicating the registered location and a black polygon representing the actual burned area.

Nota. Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

### 8.7. Limitaciones en el registro y georeferenciación de emergencias por incendios forestales

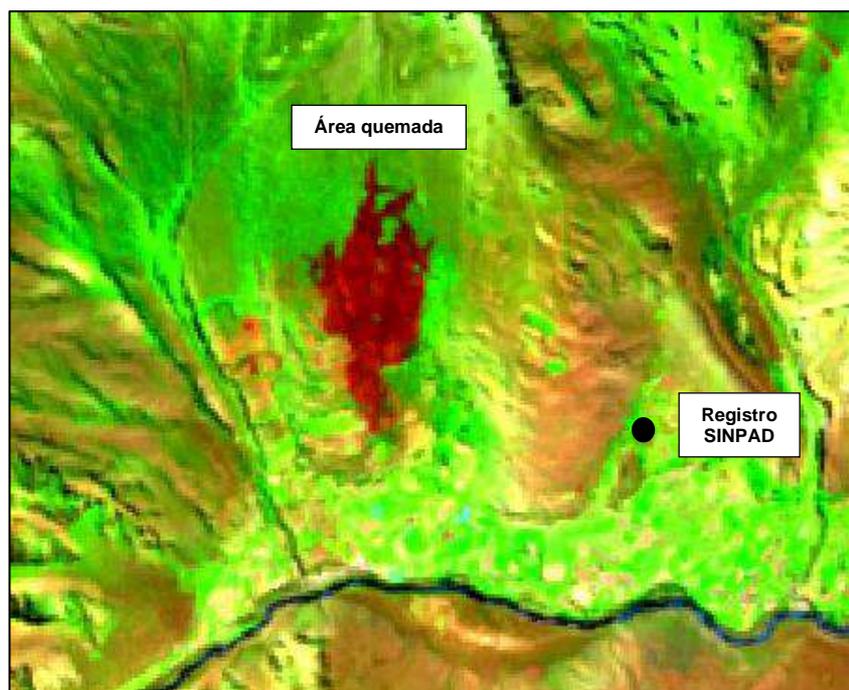
- La localización de las emergencias registradas en el SINPAD, visualizadas en la plataforma Google Earth Engine (GEE), evidenció que estas no siempre coinciden con las áreas quemadas de vegetación detectadas mediante imágenes satelitales. Esta discrepancia se debe al procedimiento de registro empleado en el SINPAD, donde las coordenadas pueden ingresarse manualmente o mediante georeferenciación en el mapa.

El método manual consiste en posicionar el marcador dentro del polígono correspondiente al centro poblado y señalar la zona de la emergencia. Este procedimiento es más propenso a errores, ya que la precisión de la ubicación depende directamente del criterio y la exactitud del usuario al realizar el registro. Como resultado, se generan inconsistencias entre la ubicación registrada del evento y el área afectada real.

En la Figura 18, se observa el área quemada, destacada en rojo en la imagen, la cual se encuentra distante del punto vectorial negro, que representa la ubicación de la emergencia registrada en el SINPAD, dejando en evidencia la necesidad de mejorar los procedimientos de georeferenciación para una mayor precisión.

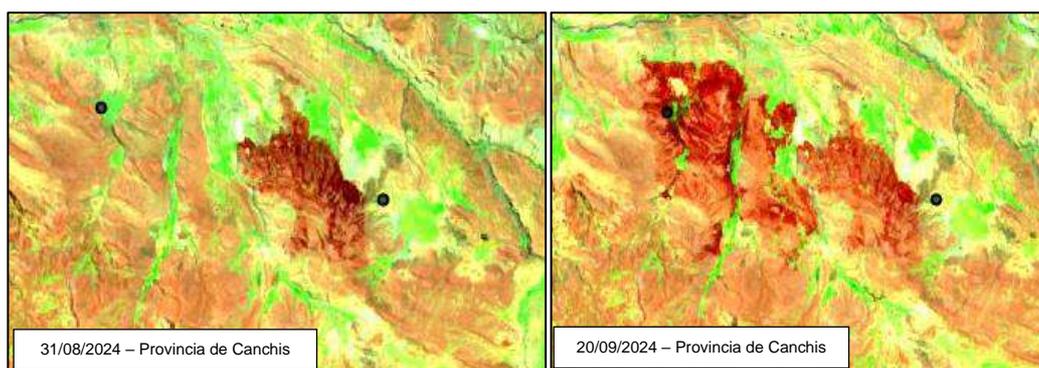
## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Figura 18: Ubicación de registro SINPAD y área quemada en imagen Sentinel-2



- b) El registro de algunas emergencias por incendios forestales en el SINPAD no se realizó dentro de las primeras cuatro horas posteriores al evento, tal como lo establecen los lineamientos y la guía EDAN. Este incumplimiento se evidenció mediante el análisis de imágenes satelitales, las cuales mostraron que una emergencia ocurrida en el mes de agosto fue registrada en el SINPAD recién en el mes de setiembre, lo que altera las estadísticas correspondientes al periodo de setiembre.

Figura 19: Registro de emergencia en el SINPAD, mes de agosto y setiembre en la provincia de Canchis



- c) En la región andina e interandina, que constituye una zona de transición entre la región andina y la ceja de selva, es común la práctica de quemas para preparar las áreas de cultivo antes de la siembra. Estas quemas se realizan con el propósito de eliminar los residuos resultantes de la remoción de vegetación nativa, facilitando así el uso del suelo para nuevas plantaciones.

Sin embargo, las áreas quemadas resultantes de estas prácticas pueden ser interpretadas erróneamente como incendios forestales al aplicar índices como el NBR. Este error se puede evitar al analizar las características de las áreas

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

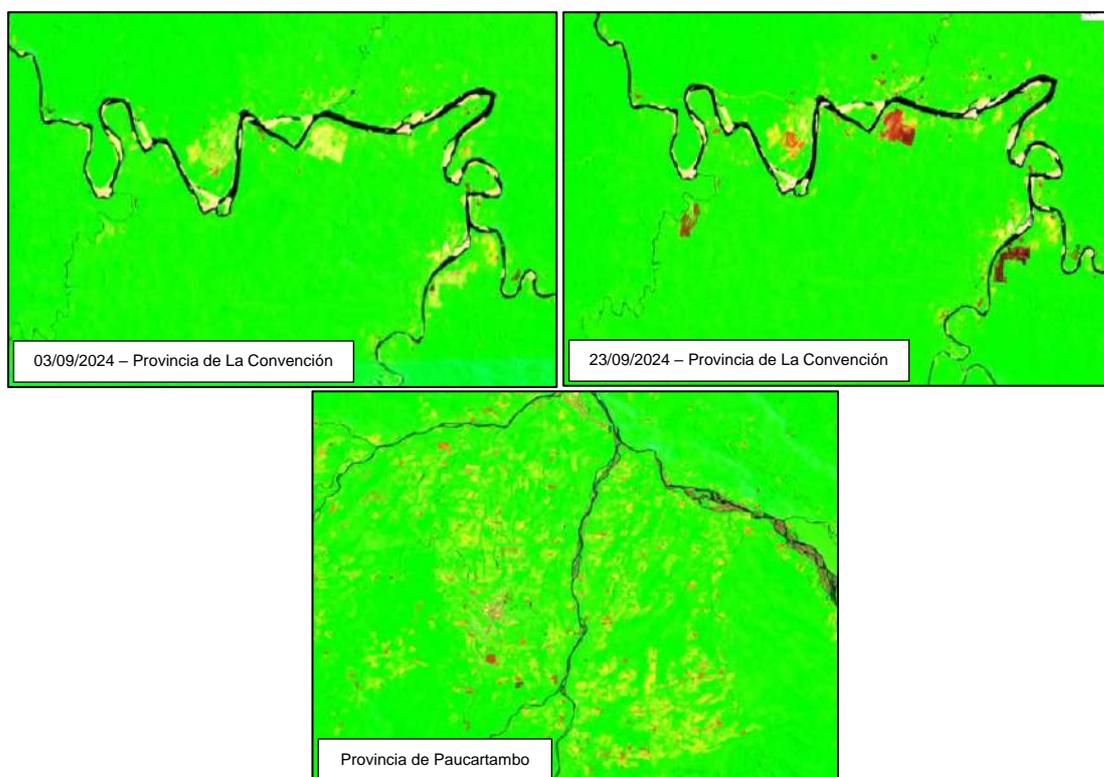
afectadas: las quemas agrícolas suelen presentar formas regulares y coinciden con parcelas de cultivo previamente delimitadas. Estas evidencias permiten diferenciarlas de incendios forestales, que tienden a extenderse de manera más irregular y abarcar ecosistemas forestales.

En la Figura 20 se presentan imágenes satelitales correspondientes a la Provincia de La Convención y Paucartambo, obtenidas mediante la combinación de bandas B12 (SWIR), B8A (NIR) y B4 (rojo), permitiendo resaltar las áreas quemadas en tonalidades rojizas.

En la Provincia de La Convención, la comparación temporal evidencia la aparición de zonas quemadas con formas geométricas regulares, lo cual sugiere que estas áreas corresponden a prácticas agrícolas orientadas a la preparación de terrenos para la siembra. Por otro lado, en la Provincia de Paucartambo, se identifican patrones similares que confirman la presencia de quemas agrícolas.

La regularidad en la geometría de las áreas afectadas y su coincidencia con parcelas de cultivo permiten diferenciarlas de los incendios forestales, los cuales tienden a presentar formas irregulares y una extensión más dispersa. Estas observaciones resaltan la importancia de realizar un análisis contextualizado, considerando las dinámicas locales para evitar clasificaciones erróneas al momento de identificar áreas afectadas por incendios forestales. Asimismo, es fundamental recordar que, según el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2017), un incendio forestal es un fuego no controlado que afecta áreas forestales, causando daños ecológicos, económicos y sociales.

Figura 20: Quemadas agrícolas en la provincia de La Convención y Paucartambo



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

- d) La presencia de nubosidad persistente en las imágenes satelitales sobre algunas zonas de la región de Cusco, no permitió una delimitación y por ende una cuantificación más precisa del área quemada por los incendios forestales.

### 8.8. Focos de calor de la plataforma FIRMS

La Plataforma FIRMS (Fire Information for Resource Management System), desarrollada y gestionada por la NASA, ofrece información en tiempo real sobre focos de calor detectados por los sensores satelitales MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite). Estos focos de calor están relacionados con incendios activos, quemas agrícolas y otros fenómenos térmicos.

A continuación, se presentan las principales características de los sensores utilizados en la plataforma FIRMS:

Tabla 10: Características de los sensores satelitales utilizados en FIRMS

Satélite	Terra y Aqua	Suomi NPP	NOAA-20	NOAA-21
Sensor	MODIS	VIIRS	VIIRS	VIIRS
Año de lanzamiento	1999 (Terra) y 2002 (Aqua)	2011	2017	2022
Resolución espacial	1 km	375 m	375 m	375 m
Resolución espectral	36 bandas	22 bandas	22 bandas	22 bandas
Resolución temporal	2 veces al día	2 veces al día	2 veces al día	2 veces al día
Limitaciones	Afectado por nubes densas o humo espeso Baja resolución espacial			

Nota. De Fire Information for Resource Management System (FIRMS). NASA Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS). Recuperado de <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>.

Para el estudio, se descargaron datos en formato vectorial desde la plataforma FIRMS, correspondientes a los focos de calor detectados por los sensores satelitales MODIS y VIIRS desde el 1 de setiembre al 30 de setiembre de la región de Cusco, año 2024. Estos datos fueron utilizados para validar las áreas quemadas identificadas mediante los índices NBR y dNBR procesados en Google Earth Engine (GEE).

La integración de los datos de FIRMS con las detecciones realizadas en GEE permitió contrastar la ubicación de las áreas afectadas, asegurando una mayor precisión y extensión en la identificación de zonas quemadas y fortaleciendo la evaluación de los daños generados por incendios forestales.

Figura 21: Validación de áreas quemadas con focos de calor de FIRMS en GEE



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### 9. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de aplicar técnicas de análisis avanzadas de teledetección en GEE se compararán con los valores registrados en el SINPAD, los cuales son reportados por los jefes de la Oficina de Gestión de Defensa Civil, o sus equivalentes, de cada municipalidad.

A continuación, se presenta los daños en cobertura vegetal registrados en el SINPAD producto de los incendios forestales para la región de Cusco durante el mes de setiembre:

*Tabla 11: Número acumulado de áreas de cobertura vegetal quemada por incendios forestales en el departamento de Cusco, registrados en el SINPAD, septiembre 2024\**

Provincia	N° Emergencias	Cultivo afectado (ha)	Cultivo perdido (ha)	Cobertura natural afectado (ha)	Cobertura natural perdido (ha)	Total Cobertura vegetal (ha) SINPAD
Acomayo	3	17	0	0	42.05	59.1
Anta	9	3	3	426	29	461.0
Calca	8	13.4	1.1	236.64	313.1	564.2
Canas	2	15	162	700	200	1077.0
Canchis	12	1	1	431.02	1727.44	2160.5
Chumbivilcas	15	1.71	21.81	1137.5	109	1270.0
Cusco	2	0	0	4	4	8.0
Espinar	17	604	153	546	813.3	2116.3
La Convención	31	3.5	40.45	24.55	179.75	248.3
Paruro	1	3.07	3.07	0	0	6.1
Paucartambo	3	0	0	0	330	330.0
Quispicanchi	11	0	0	8.25	934.25	942.5
Urubamba	4	0	0	10	110.8	120.8
<b>TOTAL</b>	<b>118</b>	<b>661.7</b>	<b>385.4</b>	<b>3524.0</b>	<b>4792.7</b>	<b>9363.8</b>

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

\*Información al 27 de noviembre 2024.

Se registró un total de 118 emergencias por incendios forestales en la región de Cusco, distribuidas en las 13 provincias. La provincia de La Convención destaca con el mayor número de emergencias (31), mientras que provincias como Paruro y Cusco presentan los registros más bajos, con 1 y 2 emergencias, respectivamente.

La provincia de Espinar y Canas registran mayor impacto en cultivos, mientras que las provincias de Cusco, Paucartambo, Quispicanchi y Urubamba, no reportan daños significativos. Por otro lado, la provincia de Canchis y Chumbivilcas registran mayor impacto en cobertura natural, a diferencia de la provincia de Paruro que no registra daños en el mes de setiembre.

Se observa que, aunque la provincia de La Convención registra el mayor número de emergencias (31), su afectación total es relativamente baja (248.3 ha). En contraste, provincias con menos emergencias, como Canchis (12) y Espinar (17), reportan los mayores niveles de daño.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

*Tabla 12: Número acumulado de áreas de cobertura vegetal quemada por incendios forestales en el departamento de Cusco, registrados en el SINPAD y obtenido en GEE, septiembre 2024\**

Provincia	Cobertura vegetal (ha) SINPAD	Cobertura vegetal (ha) aprox GEE
Acomayo	59.1	397.5
Anta	461.0	1899.2
Calca	564.2	1786.1
Canas	1077.0	1918.0
Canchis	2160.5	1959.5
Chumbivilcas	1270.0	3662.8
Cusco	8.0	2.1
Espinar	2116.3	1655.0
La Convención	248.3	823.7
Paruro	6.1	2264.4
Paucartambo	330.0	1138.4
Quispicanchi	942.5	705.0
Urubamba	120.8	71.1
TOTAL	9363.8	18282.8

*Nota.* Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

\*Información al 27 de noviembre 2024.

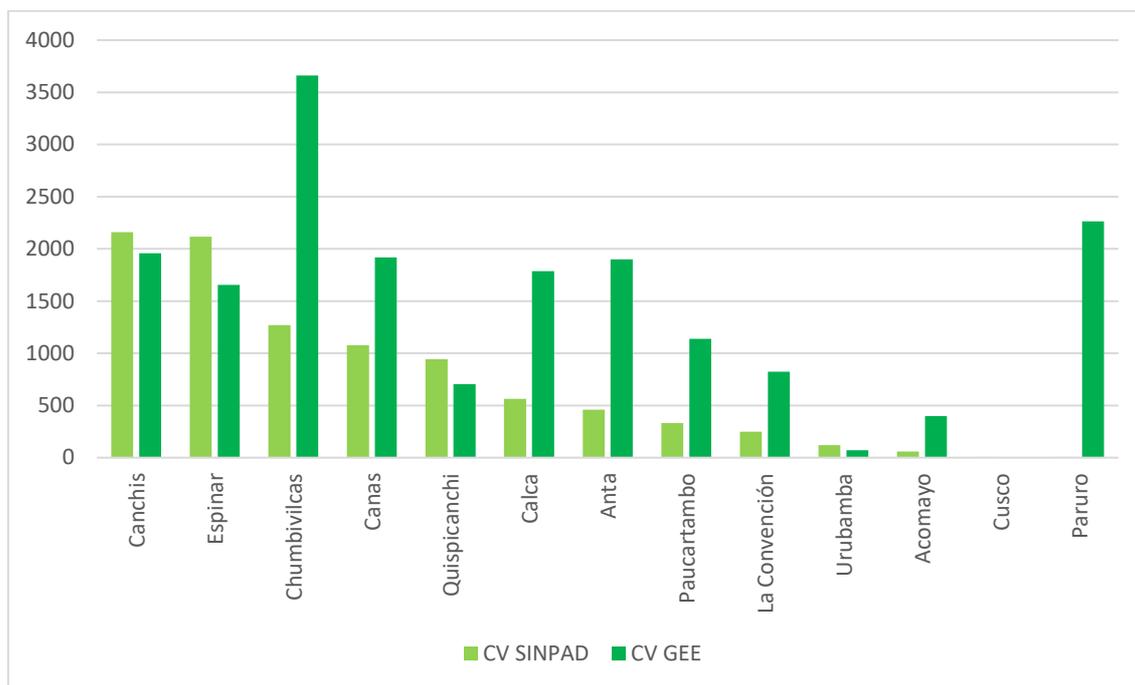
Al comparar los datos del SINPAD con los de Google Earth Engine (GEE), se observa que GEE registra una afectación mucho mayor en la cobertura vegetal, con un total de 18,282.8 ha frente a las 9,363.8 ha reportadas por SINPAD, casi el doble. Esta diferencia sugiere que los datos del SINPAD podrían no reflejar la magnitud real del impacto, probablemente debido a limitaciones en los métodos utilizados para recopilar la información.

La provincia de Chumbivilcas y Paruro, presenta cifras de GEE significativamente más altas que las del SINPAD, con una diferencia de más de 2,000 ha en ambos casos. Ello indica que en ambas provincias no se estarían registrando los daños ocasionados por los incendios forestales. Por otro lado, provincias como Espinar y Canchis presentan valores más cercanos entre ambas fuentes, aunque GEE sigue registrando un impacto mayor.

Tanto la provincia de Cusco como Urubamba, presentan afectaciones bajas según ambas fuentes, aunque GEE ofrece cifras ligeramente más cercanas, lo que sugiere que las metodologías de registro son más consistentes y precisas, además que han sido las provincias menos impactadas por los incendios.

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

Figura 22: Comparación de área de cobertura vegetal registrada por el SINPAD vs GEE, septiembre del año 2024



Nota. Adaptada de Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación (SINPAD) del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

En varias provincias, se observan valores más altos en GEE en comparación con los reportados por el SINPAD, especialmente en lugares como Chumbivilcas, Anta y Paruro, donde la diferencia es más notable. Esto sugiere que el SINPAD podría estar subestimando el impacto real debido a las limitaciones en su forma de registrar los datos o que los responsables de la oficina de Defensa Civil no estén registrando las emergencias por diversos motivos, desconociendo así la verdadera afectación de cobertura vegetal.

Para efectos comparativos, se considerará la suma de los valores registrados en el SINPAD correspondientes a las áreas de cultivos afectadas y pérdidas, así como a la cobertura natural afectada o perdida, con el fin de obtener un total consolidado de cobertura vegetal en hectáreas. Esto se justifica debido a que los incendios forestales suelen originarse a partir de la quema no controlada de residuos agrícolas en áreas de cultivo. El valor obtenido será comparado con el total de áreas afectadas por incendios forestales identificadas mediante el análisis en Google Earth Engine (GEE).

## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

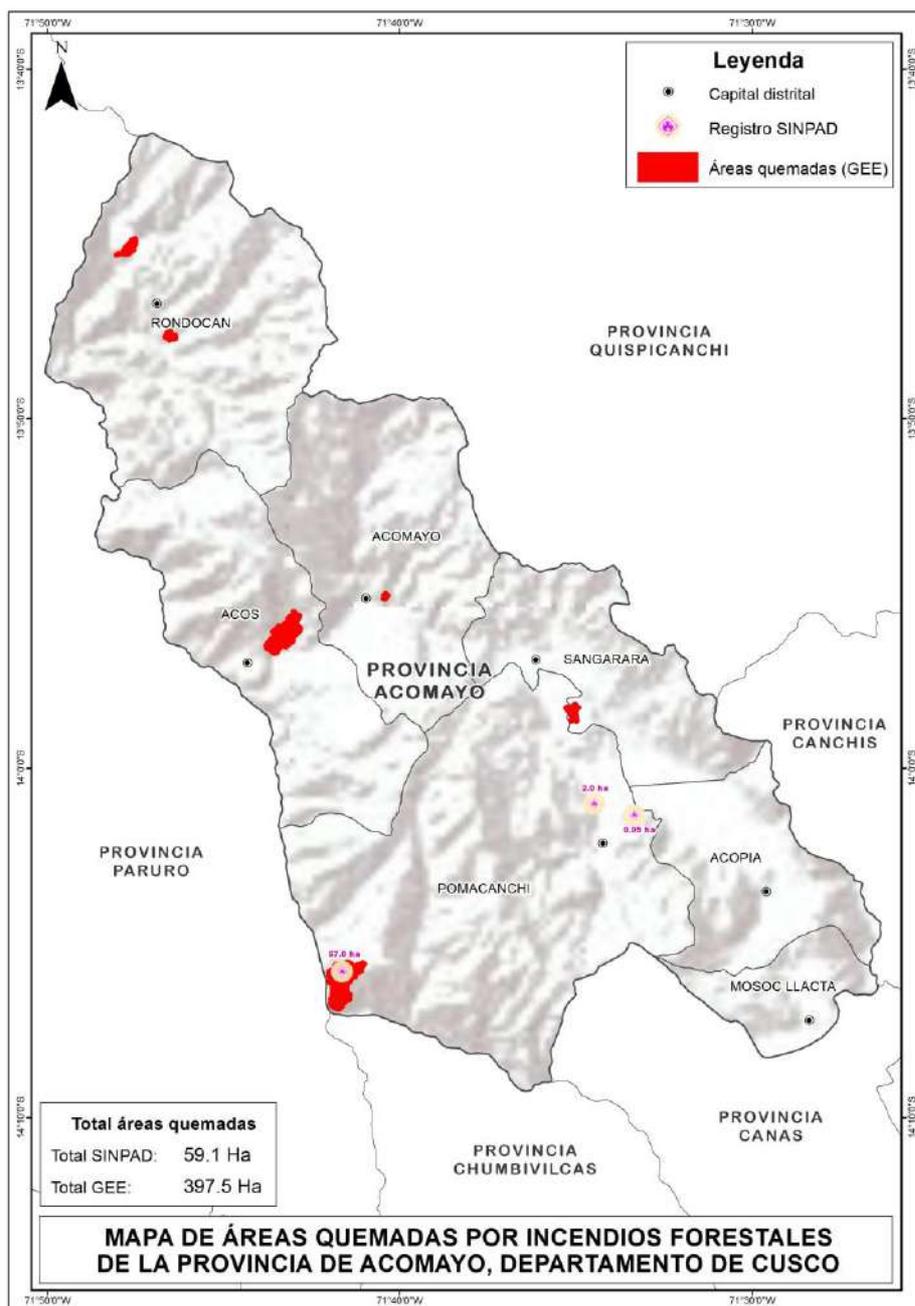
### ▪ Provincia de Acomayo:

SINPAD: Reporta 59.1 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 397.5 ha aproximadamente, lo que representa un valor significativamente mayor.

Se observa que GEE muestra un valor siete veces mayor al área registrada en el SINPAD, lo que se interpreta que los responsables de la oficina de Defensa Civil no están registrando todas las emergencias suscitadas por incendios forestales.

Figura 23: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Acomayo, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

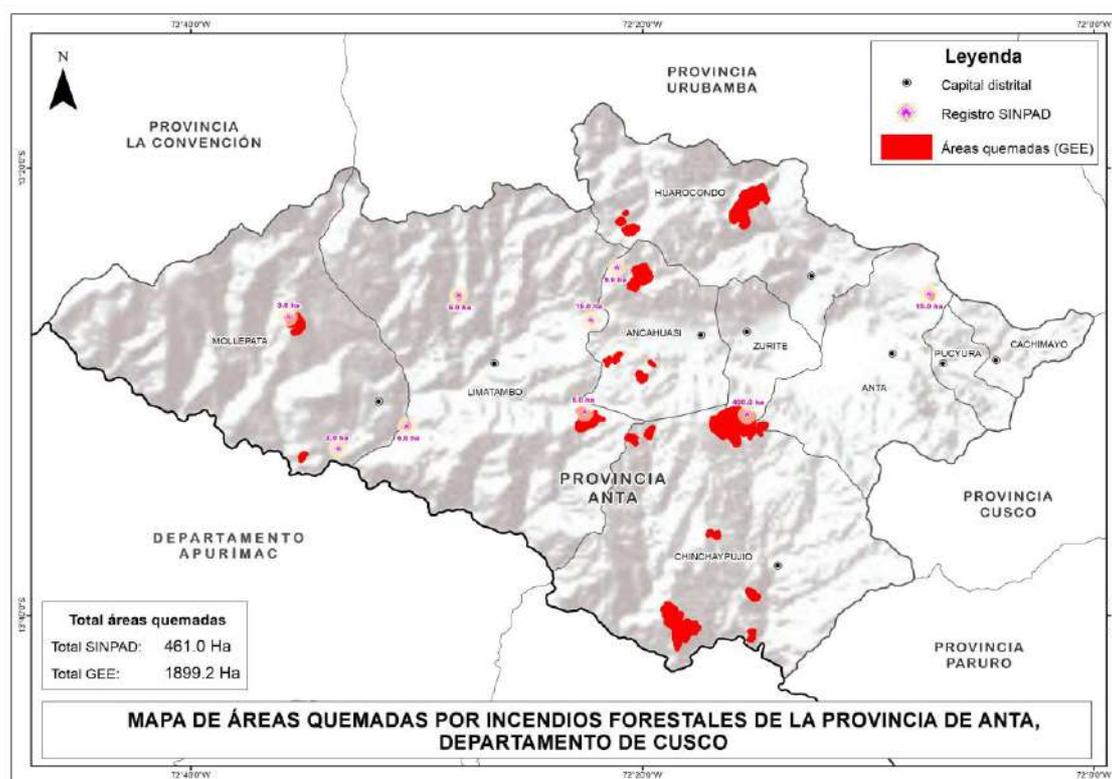
### ▪ Provincia de Anta:

SINPAD: Reporta 461.00 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1899.2 ha, lo que representa un valor significativamente mayor.

Se observa que GEE identificó un área cuatro veces mayor, a los registros SINPAD. Asimismo, se visualiza la existencia de áreas quemadas en los distritos de Huarocondo, Ancahuasi y Chinchaypujio sin un registro SINPAD, lo que indica que estos daños no han sido reportados.

Figura 24: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Anta, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

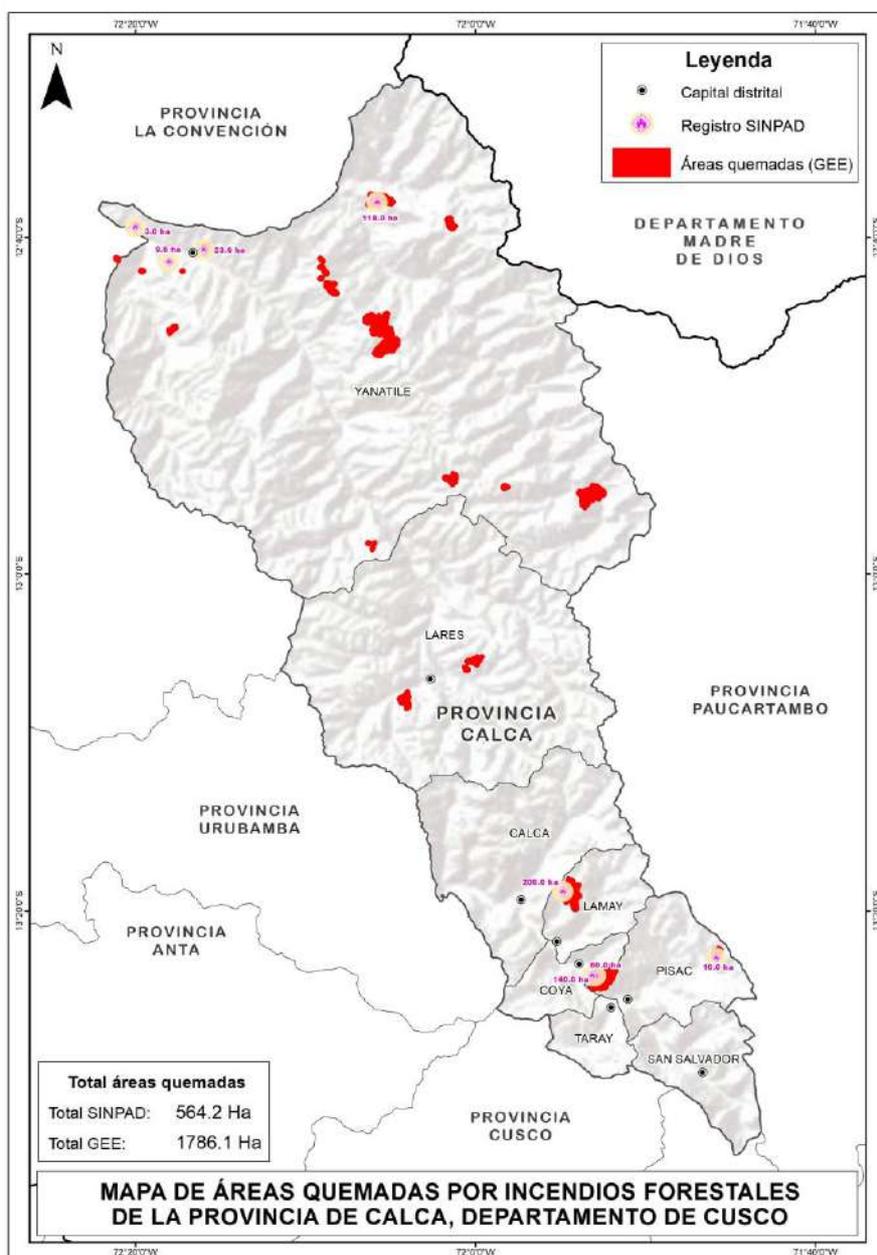
### ▪ Provincia de Calca:

SINPAD: Reporta 564.2 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1786.1 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área tres veces mayor a los registros SINPAD. Asimismo, se visualiza que las áreas quemadas del distrito de Lares no han sido reportadas en el SINPAD. Esta misma situación se repite en el distrito de Yanatile.

Figura 25: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Calca, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Canas:

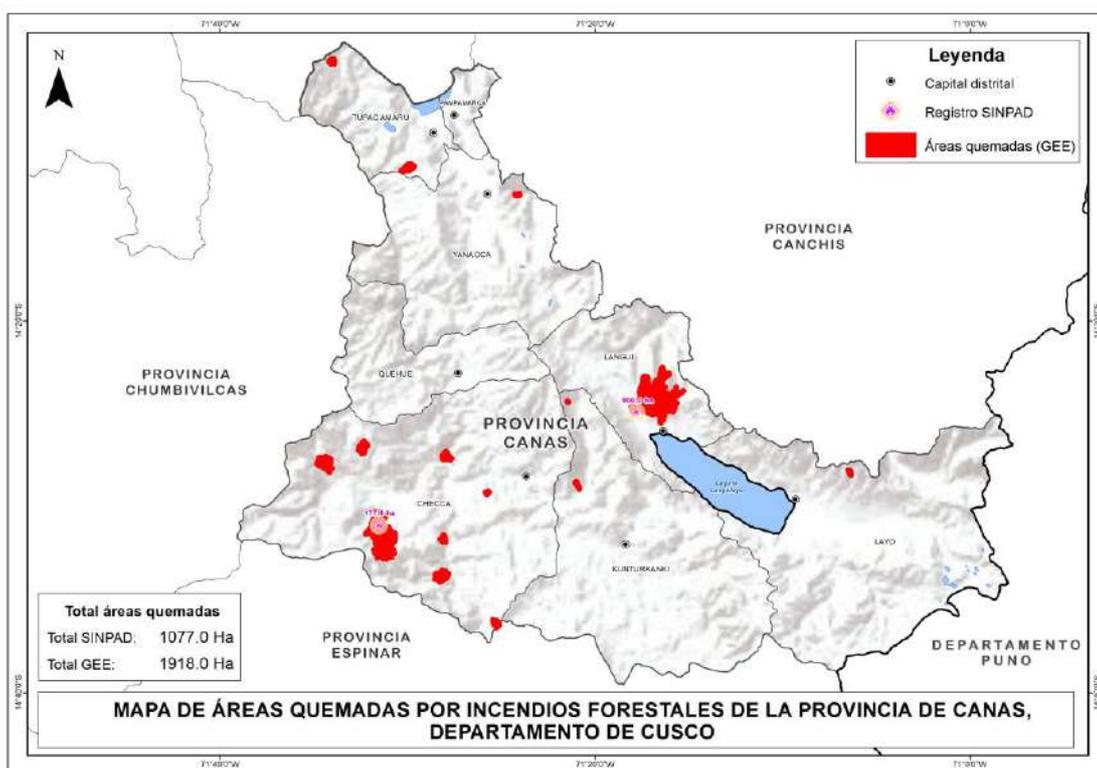
SINPAD: Reporta 1077.00 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1918.0 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área mayor a los registros SINPAD. Asimismo, se visualiza áreas quemadas en los distritos de Tupac Amaru, Layo, Checca, Kunturkanki y Yanaoca que no han sido reportadas en el SINPAD.

El distrito de Pampamarca y Quehue no presentan áreas quemadas por incendios forestales en el mes de setiembre, a diferencia del distrito de Checca, el cual presenta un mayor número de áreas quemadas.

Figura 26: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Canas, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Canchis:

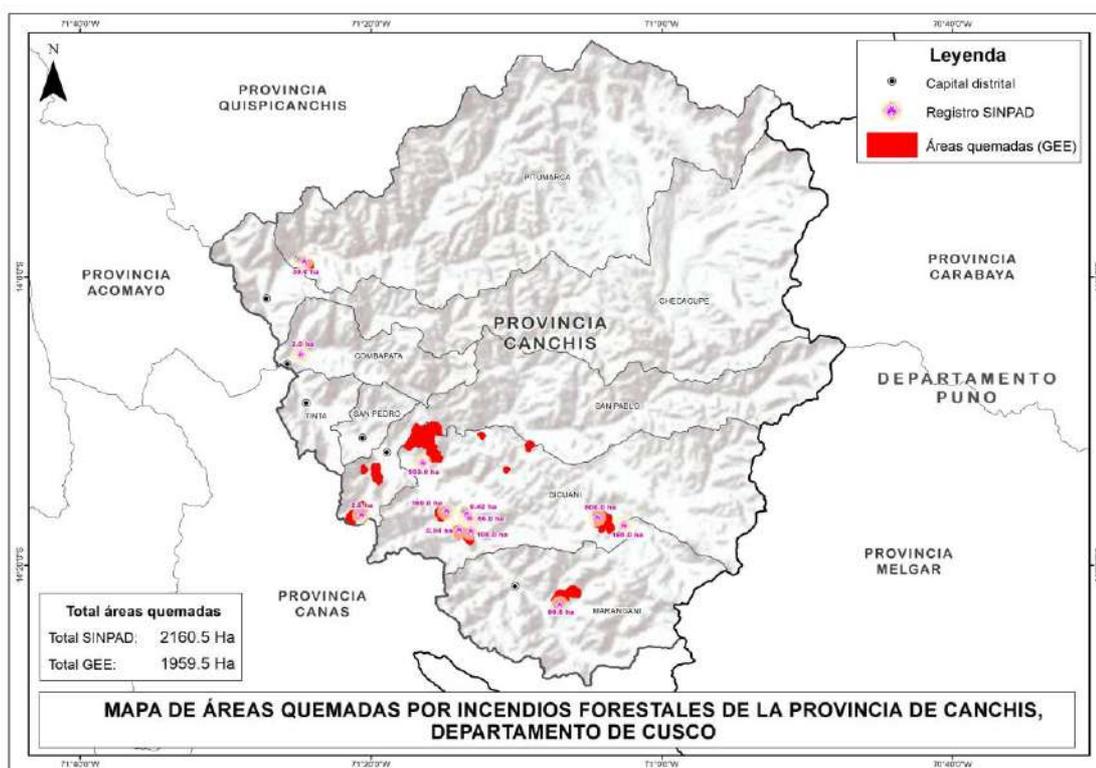
SINPAD: Reporta 2160.46 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1959.5 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área mayor a los registros SINPAD. Asimismo, se visualiza áreas quemadas en los distritos de Tupac Amaru, Layo, Checca, Kunturkanki y Yanaoca que no han sido reportadas en el SINPAD.

El distrito de Pampamarca y Quehue no presentan áreas quemadas por incendios forestales en el mes de setiembre, a diferencia del distrito de Checca, el cual presenta un mayor número de áreas quemadas.

Figura 27: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Canchis, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

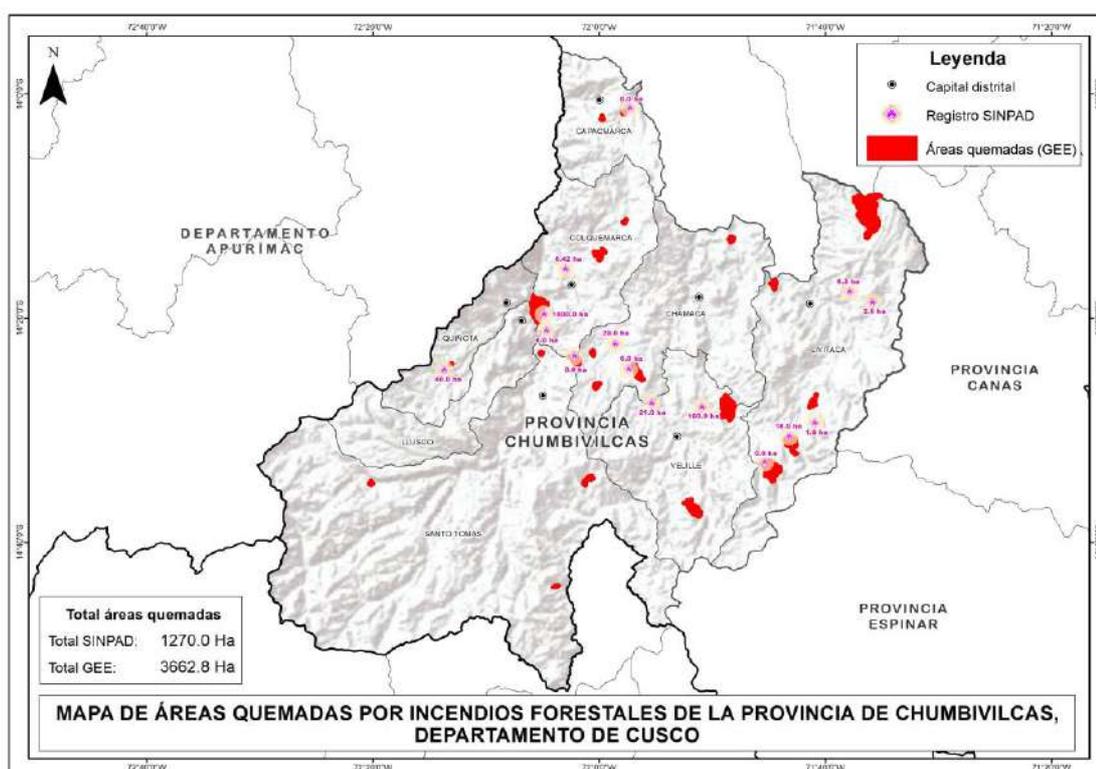
### ▪ Provincia de Chumbivilcas:

SINPAD: Reporta 1270.0 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 3662.8 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área casi tres veces mayor a los registros SINPAD. Asimismo, se visualiza que todos los distritos presentan áreas quemadas por incendios forestales en el mes de setiembre, los cuales no han sido registrados en su totalidad en el SINPAD.

Figura 28: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Chumbivilcas, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Cusco:

SINPAD: Reporta 8.0 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 2.1 ha de cobertura vegetal.

Se observa que los valores registrados en el SINPAD son mayores a lo obtenido a través de GEE. Asimismo, la provincia de Cusco presenta la menor cantidad de áreas quemadas por incendios forestales durante el mes de setiembre en la región de Cusco.

Por otro lado, solo los distritos de San Sebastián y San Jerónimo tienen registrado en el SINPAD afectación a la cobertura vegetal.

Figura 29: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Cusco, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Espinar:

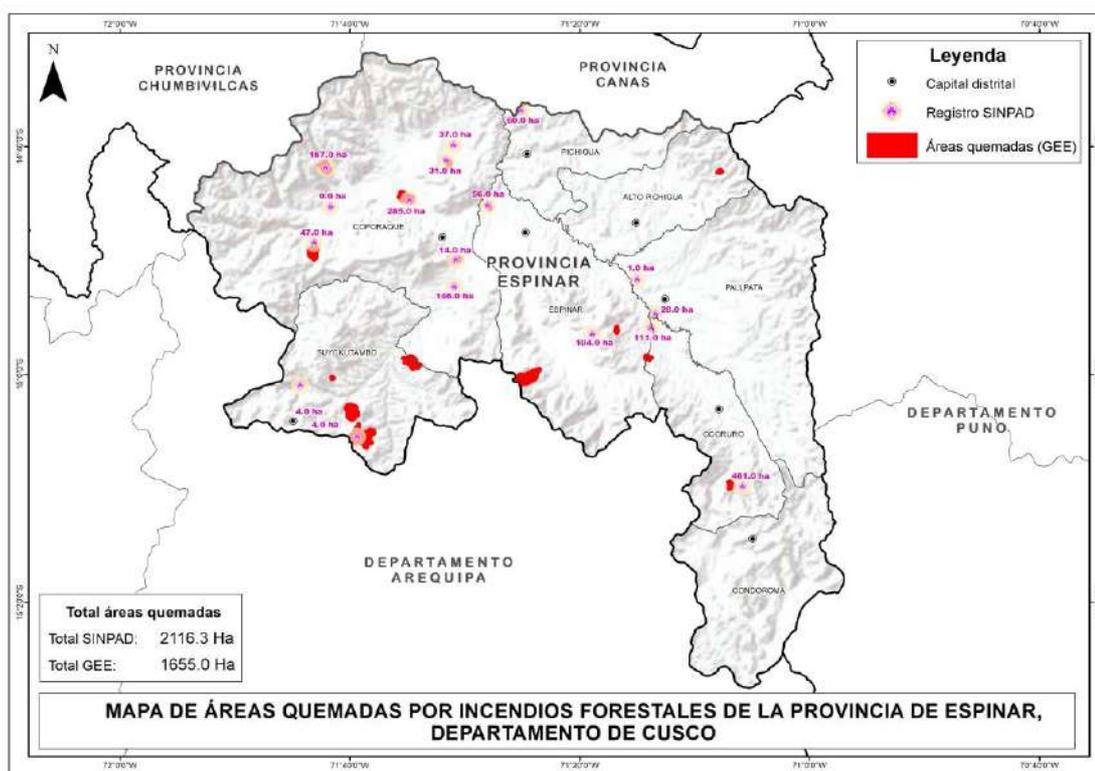
SINPAD: Reporta 2116.3 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1655.0 ha de cobertura vegetal.

Se observa que los valores registrados en el SINPAD son mayores a lo obtenido a través de GEE. Asimismo, todos los distritos de la provincia de Espinar, a excepción de Condorama, presentan registros SINPAD y áreas quemadas obtenidas en GEE.

El distrito de Coporaque presenta el mayor número de registros SINPAD y también de áreas quemadas a consecuencia de los incendios forestales en el mes de setiembre.

Figura 30: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Espinar, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de La Convención:

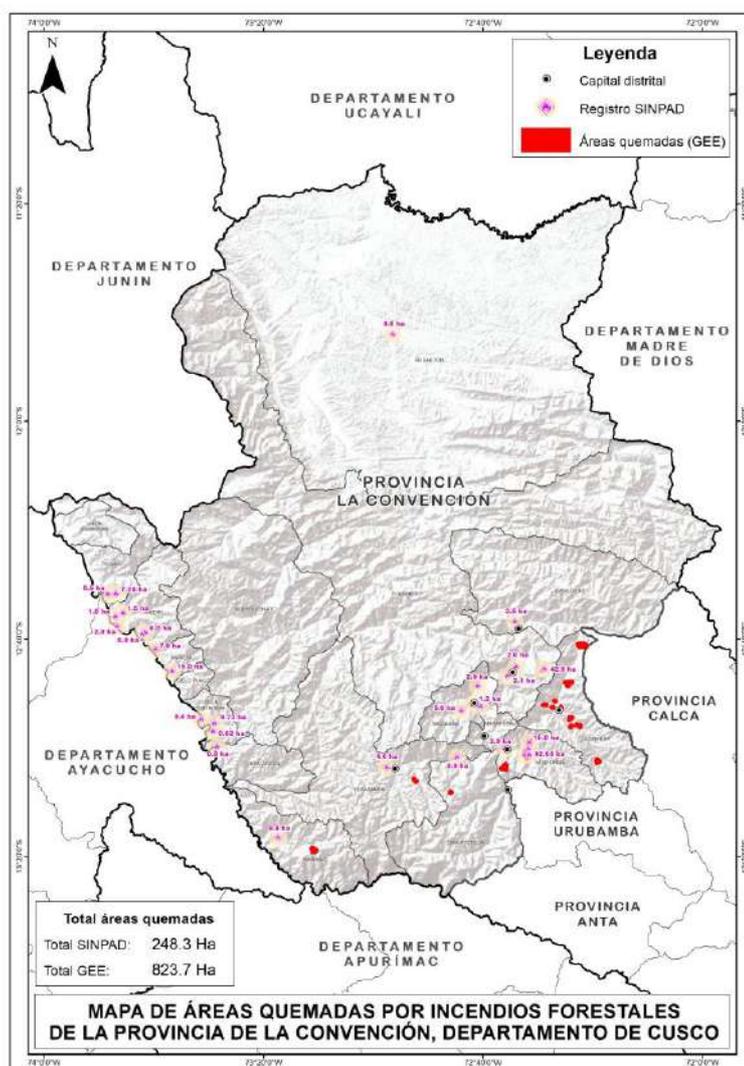
SINPAD: Reporta 248.25 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 823.7 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área tres veces mayor a los registros SINPAD. Asimismo, se observa que no todas las áreas identificadas por GEE en la provincia de La Convención, han sido reportados en el SINPAD.

Por otro lado, los distritos de Union Ashaninka, Cielo Punco y Kumpirushiato no presentaron áreas quemadas identificadas en el GEE ni registros SINPAD durante el mes de setiembre.

Figura 31: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de La Convención, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

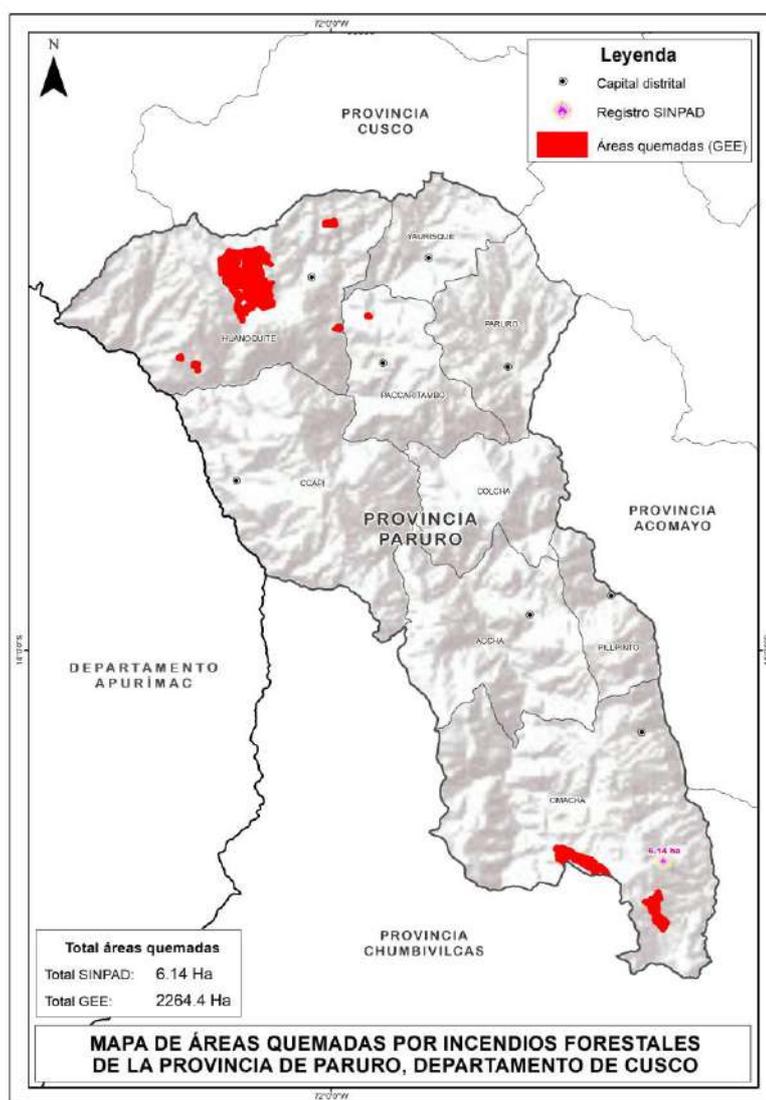
### ▪ Provincia de Paruro:

SINPAD: Reporta 6.1 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 2264.4 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó 2,258.3 ha mayor a los registros SINPAD, lo que evidencia problemas en el registro de los daños ocasionados por los incendios forestales. Asimismo, se observa que solo hay un registro SINPAD dentro de todas las áreas quemadas identificadas por GEE. Por otro lado, solo los distritos de Huanocute, Paccaritambo y Omacha han presentado áreas quemadas durante el mes de setiembre.

Figura 32: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Paruro, departamento de Cusco



## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Paucartambo:

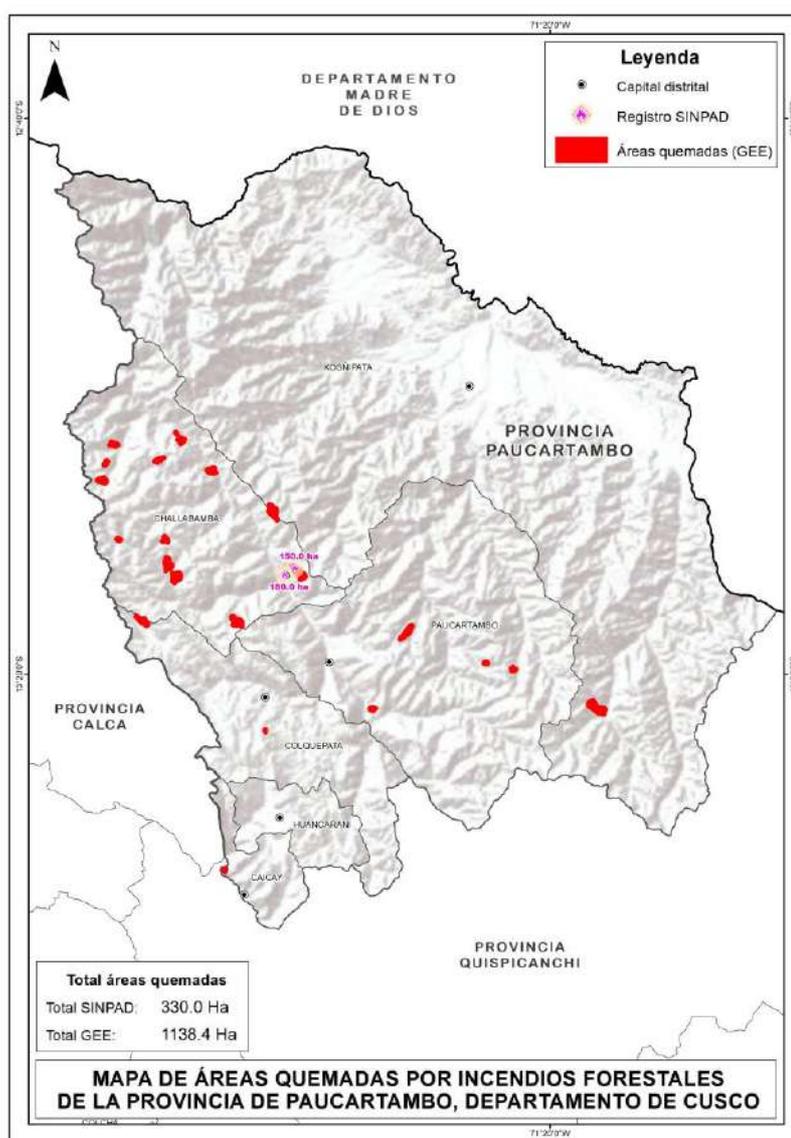
SINPAD: Reporta 330.0 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 1138.4 ha de cobertura vegetal.

Se observa que GEE identificó un área tres veces mayor a los registros SINPAD.

Asimismo, se observa que las áreas quemadas identificadas por GEE en los distritos de Paucartambo, Kosñipata, Caicay y Colquepata no han sido reportados en el SINPAD. Esta situación se repite en el distrito de Challabamba, y solo cuenta con 2 registros SINPAD. Por otro lado, solo el distrito de Huancarani no presentó áreas identificadas en el GEE ni registros SINPAD durante el mes de setiembre.

Figura 33: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Paucartambo, departamento de Cusco





## ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

### ▪ Provincia de Urubamba:

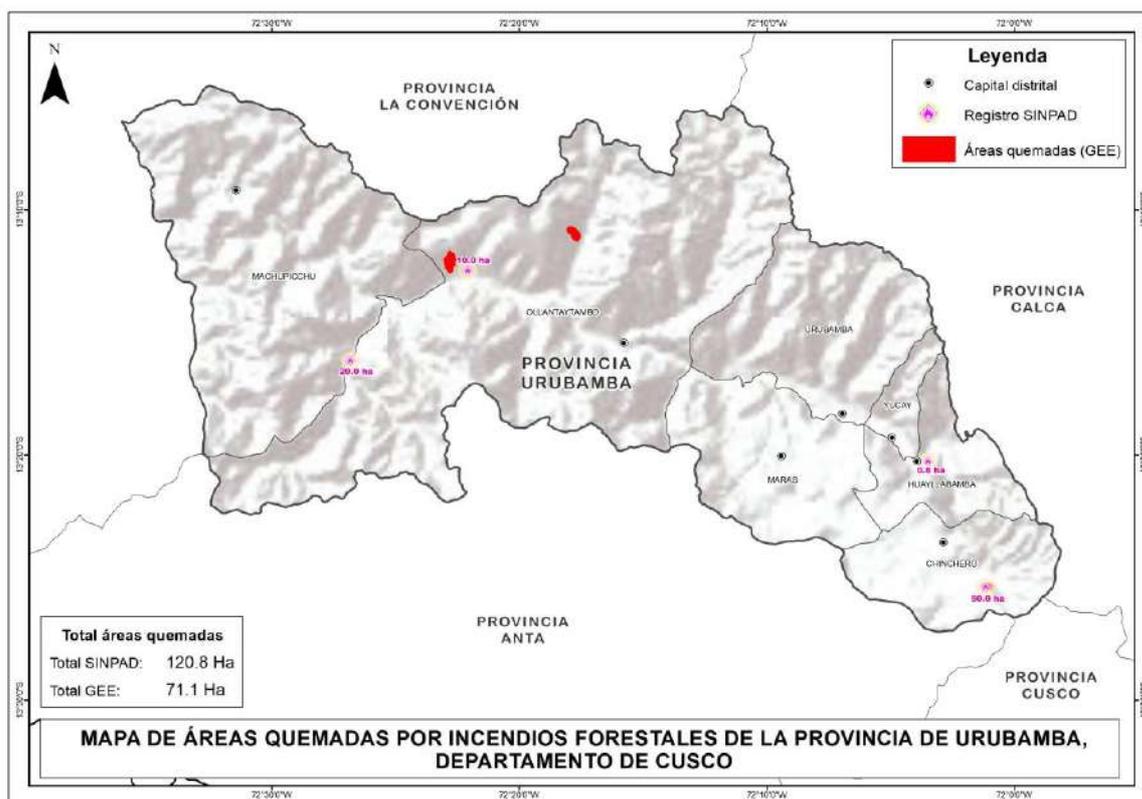
SINPAD: Reporta 120.8 ha de cobertura vegetal quemada.

GEE: Estima 71.1 ha de cobertura vegetal.

Se observa que los registros SINPAD presentan un área mayor a lo obtenido por GEE, lo que podría indicar una sobreestimación de las áreas afectadas. Asimismo, se observa un área quemada en el distrito de Ollantaytambo no registrado en el SINPAD.

Por otro lado, los distritos de Machupicchu, Urubamba, Maras y Yucaj no presentaron áreas quemadas ni registros SINPAD durante el mes de setiembre.

Figura 35: Mapa de áreas quemadas por incendios forestales de la provincia de Urubamba, departamento de Cusco



ANÁLISIS DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA  
REGIÓN DE CUSCO EN EL MES DE SETIEMBRE DEL 2024

**10. CONCLUSIONES**

Características	SINPAD	GEE
Cuantificación de áreas quemadas	La cuantificación de áreas quemadas por incendios forestales, se basa principalmente en observaciones visuales y reportes de campo, dando lugar a estimaciones subjetivas que sobreestiman o subestiman las áreas dañadas.	Emplea imágenes satelitales, lo que asegura una cuantificación más confiable de los daños a la cobertura vegetal por incendios forestales. Asimismo, a través de índices espectrales se realiza una estimación más precisa de los daños a la cobertura vegetal
Delimitación de áreas quemadas	Si registra información de áreas pequeñas recogidas en campo por los responsables de la oficina de Defensa Civil.	El índice NBR y dNBR empleado para la delimitación de áreas quemadas, muestra mejor precisión en áreas extensas, donde los cambios en la vegetación son más marcados y homogéneos. Sin embargo, en áreas pequeñas (2.0 ha aprox) o fragmentadas, el NBR no es tan eficiente, ya que la resolución espacial limitada y la presencia de diferentes superficies, como vegetación quemada y suelo desnudo, puede generar imprecisiones.
Accesibilidad a zona de emergencia	Omisión de registros por parte de los responsables de la oficina de Defensa Civil o los que hagan sus veces, debido a la inaccesibilidad a la zona, falta de recursos para transportarse, omisión de funciones, la rotación de personal de la oficina, entre otras razones.	A través de las imágenes satelitales de Sentinel-2, se puede acceder a zonas inaccesibles de manera remota, no obstante, es importante que se verifique in situ la emergencia. Asimismo, a través de índices espectrales se realiza una estimación más precisa de los daños a la cobertura vegetal
Visibilidad del área quemada	Su visibilidad puede verse limitada por el relieve de la superficie terrestre, no obstante, no presenta limitaciones por nubosidad como si lo tienen las imágenes satelitales. Asimismo, puede visualizar la zona afectada el mismo día de la emergencia.	La presencia de nubosidad en las imágenes satelitales dificulta la delimitación de las áreas quemadas por incendios forestales, no permitiendo una cuantificación precisa de los daños en la cobertura vegetal.  Asimismo, depende de la resolución temporal de las imágenes satelitales, puesto que podría no haber una imagen de la zona de emergencia debido a esta característica.

## 11. RECOMENDACIONES

- a) Difusión del presente estudio a la Dirección Desconcentrada de INDECI – Cusco y el Gobierno Regional para conocimiento y empleo del mismo. Así como brindar el asesoramiento técnico a nivel local a solicitud del mismo. Realizar este análisis a escala local permitirá identificar con mayor precisión las áreas afectadas por incendios forestales, al mismo tiempo que ayudará a identificar las brechas metodológicas existentes en la cuantificación de estas áreas.
- b) La SD-SIERD, brindara asistencia técnica a los gobiernos locales y regionales a solicitud, para el uso de la plataforma Google Earth Engine. con la finalidad de complementar y validar los registros del SINPAD mediante el análisis de imágenes satelitales.
- c) Se recomienda compartir el presente informe con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) para su conocimiento y con el propósito de que puedan implementar acciones dentro del marco de sus competencias funcionales. Asimismo, la Dirección de Preparación, a través de SD SIERD, está en capacidad de brindar asesoría técnica a la entidad sobre la metodología empleada en el análisis de incendios forestales, en caso sea requerido.

Adicionalmente, se sugiere que la SD SIERD, en coordinación con SERFOR, desarrolle un estudio conjunto para la identificación de áreas afectadas por incendios utilizando imágenes de radar. Esto debido a que las imágenes multiespectrales presentan limitaciones ante la presencia de nubosidad, mientras que las imágenes radar no se ven afectadas por condiciones meteorológicas adversas, como nubes o lluvia. Esta tecnología se posiciona como una herramienta ideal para el monitoreo en tiempo real de incendios forestales, incluso en escenarios de baja visibilidad, permitiendo una mayor precisión en la identificación y evaluación de áreas afectadas

- d) Los gobiernos locales y regionales a través del COER de la región de Cusco, deben establecer un sistema de monitoreo continuo que aproveche las imágenes satelitales gratuitas de alta resolución, como las de Sentinel-2, así como datos de observación en tiempo real proporcionado por la plataforma de FIRMS. De esta forma, los gobiernos locales y regionales podrán detectar y visualizar los incendios activos dentro de su jurisdicción y validar de si se trata o no de un incendio forestal.

Firmado digitalmente

**CARMEN ROSA GUERRA FLORES**  
ASISTENTE TECNICO EN GRD  
SUBDIR. SISTEMAT. INFORM. ESCEN. RIESGOS DESAST.  
Instituto Nacional de Defensa Civil

“Visto el informe que antecede, y estando conforme con su contenido en todos  
sus extremos, lo suscribo en señal de conformidad”

**CARLOS ALEJANDRO PICHILINGUE SIME**  
SUBDIRECTOR  
SUBDIR. SISTEMAT. INFORM. ESCEN. RIESGOS DESAST.  
Instituto Nacional de Defensa Civil

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chuvienco, E., Cocero, D., Aguado, I., Palacios, A., & Prado, E. (2004). Improving burning efficiency estimates through satellite assessment of fuel moisture content. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D13), D13102. <https://doi.org/10.1029/2003JD003467>

Epting, J., Verbyla, D., & Sorbel, B. (2005). Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+. *Remote Sensing of Environment*, 96(3–4), 328-339. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.03.002>

Instituto Nacional de Defensa Civil (s/f). Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación.

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2021). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Gobierno del Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/serfor/informes-publicaciones/1122794-plan-de-prevencion-y-reduccion-de-riesgos-de-incendios-forestales>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2020). *Clasificación climática de Warren Thornthwaite*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

UN-SPIDER. (2024). *Normalized Burn Ratio*. United Nations Office for Outer Space Affairs. Recuperado de <https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio>

USDA Forest Service, Remote Sensing Applications Center. (s.f.). Spectral response. U.S. Department of Agriculture. Recuperado de <https://www.fs.usda.gov/about-agency/gtac>

Van Gerrevink, M. J., & Veraverbeke, S. (2021). Evaluación de la sensibilidad hiperespectral de la tasa de quema normalizada diferenciada para evaluar la gravedad del incendio. *Sensores remotos*, 13(22), 4611. <https://doi.org/10.3390/rs13224611>

## 12. ANEXOS

### 12.1. Información del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación para la región de Cusco en el mes de septiembre del 2024

#### REPORTE SINPAD Nro 681: NACIONAL - REPORTE DE DANOS INCENDIOS FORESTALES 2024



Actualizado al 27 de noviembre de 2024 14:00 horas

UBICACIÓN	VIDA Y SALUD (PERSONA)						DANOS MATERIALES				DANOS A SECTORES DIVERSOS				ÁREA NATURAL PROTEGIDA	
	DAMIFICADA	AFFECTADA	FALLECIDA	LESIONADA	DESAPARECIDA	AFFECTADA A SALUD Y/O TRANSIBILIDAD	PERSONA AFFECTADA EN SUS MEDIOS DE VIDA	VIVIENDA DESTRUIDA	VIVIENDA INHABITABLE	VIVIENDA AFFECTADA	CULTIVO AFFECTADO (ha)	CULTIVO PERDIDO (ha)	ANIMAL AFFECTADO	ANIMAL PERDIDO		COBERTURA NATURAL AFFECTADA (ha)
DEPA. CUSCO	73	18	0	4	0	45	46.4	11	30	16	661.63	335.43	3193	679	3523.95	4792.69
PROV. ACOMAYO	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	17	0	10	0	0	42.05
200487 de 23/09/2024																0.05
200494 de 21/09/2024																2
207543 de 01/09/2024																2
PROV. ANTA	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	17	3	10	0	426	29
200003 de 19/09/2024																0
208393 de 10/09/2024																10
209463 de 19/09/2024																5
209200 de 17/09/2024							1				3	3				6
209497 de 14/09/2024																15
208323 de 14/09/2024																5
209400 de 19/09/2024																2
209487 de 19/09/2024																2
209497 de 19/09/2024																1
209894 de 24/09/2024																2
PROV. CALCA	17	0	0	3	0	4	12	0	8	0	13.4	1.1	0	673	236.64	213.1
209494 de 25/09/2024																400
210181 de 25/09/2024																70
210170 de 25/09/2024																16
210070 de 25/09/2024																15
209443 de 23/09/2024																3
209372 de 23/09/2024																0.52
209419 de 23/09/2024																9.64
209281 de 19/09/2024																18
209331 de 14/09/2024																0.56
PROV. CARIAS	27	2	0	0	0	27	19	0	17	2	15	162	0	0	700	260
209472 de 19/09/2024																200
210020 de 25/09/2024																700
PROV. CARCHI	14	0	0	0	0	0	0	5	2	0	1	1	3	0	431.02	127.44
200613 de 24/09/2024																1
209323 de 15/09/2024																150
209754 de 15/09/2024																60
208127 de 09/09/2024																30
209482 de 23/09/2024								1								
209473 de 21/09/2024									2		1	1	3			
209433 de 20/09/2024																0.42
209481 de 20/09/2024																80
208613 de 14/09/2024																56
208613 de 14/09/2024																50
208613 de 14/09/2024																300
207093 de 03/09/2024																950
207080 de 01/09/2024																0.02
PROV. CHUMBILCAS	11	13	0	0	0	6	161	4	2	12	1.71	21.81	2302	0	1137.5	109
209444 de 15/09/2024																109
208777 de 09/09/2024																190
210083 de 20/09/2024																0
209893 de 24/09/2024																208
209400 de 22/09/2024																1723
209460 de 19/09/2024																1000
208680 de 09/09/2024																20
210031 de 09/09/2024																1.5
210220 de 27/09/2024																8
209693 de 24/09/2024																156
209697 de 20/09/2024																10
207985 de 09/09/2024																20
208190 de 09/09/2024																60
208001 de 11/09/2024																20
208195 de 09/09/2024																60
PROV. CUSCO	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	4
208461 de 11/09/2024																4
209061 de 19/09/2024																4

