



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO
SOSTENIBLE

TESIS

EFFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL
MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA
LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGIÓN
CUSCO, 2024

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR:

Br. PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

ASESOR:

Dr. WALTER ORESTES ANTEZANA JULIÁN
ORCID 0000-0001-9446-7338

CO-ASESOR:

Dr. RICARDO ZUBIETA BARRAGÁN
ORCID 0000-0002-4315-7695

Financiado por el Instituto Geofísico del Perú
en el marco del Contrato N°PE501088039-
2024-PROCIENCIA - CONCYTEC

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** WALTER ORESTES ANTEZANA JULIÁN
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: "EFECTOS DE LOS INCEDIOS FORESTALES SOBRE EL
MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI,
.....
PROVINCIA ACOMAYO, REGIÓN CUSCO, 2024"
.....

Presentado por: PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO DNI N° 70914903;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de MAESTRO EN CAMBIO CLIMÁTICO Y
DESARROLLO SOSTENIBLE
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 01 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 04 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 03 de JUNIO de 2026.....



Firma

Post firma.....
WALTER ORESTES ANTEZANA JULIÁN

Nro. de DNI.....
23943240

ORCID del Asesor.....
0000-0001-9446-7338

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:597202347

INFORME FINAL_TESIS_PILAR.IRURI.docx

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:597202347

340 páginas

Fecha de entrega

3 jun 2026, 6:42 p.m. GMT-5

73.411 palabras

Fecha de descarga

3 jun 2026, 7:07 p.m. GMT-5

420.331 caracteres

Nombre del archivo

INFORME FINAL_TESIS_PILAR.IRURI.docx

Tamaño del archivo

63.9 MB

4% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 3%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**
64 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.
-  **Texto oculto**
12429 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA DE POSGRADO

INFORME DE LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES A TESIS

Dr. LEONCIO SOLIS QUISPE, Director de la Escuela de Posgrado, nos dirigimos a usted en condición de integrantes del jurado evaluador de la tesis intitulada **EFFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGIÓN CUSCO, 2024** del / de la Br. PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO. Hacemos de su conocimiento que el (la) sustentante ha cumplido con el levantamiento de las observaciones realizadas por el Jurado el día **VEINTITRÉS DE ABRIL DEL 2026**.

Es todo cuanto informamos a usted fin de que se prosiga con los trámites para el otorgamiento del grado académico de MAESTRO EN CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Cusco, 29 DE MAYO DEL 2026

Dr. ANDRES CORSINO ESTRADA ZUÑIGA
Primer Replicante

Dr. MARCO AUGUSTO SOTOMAYOR BERRIO
Segundo Replicante

Dr. RICARDO GONZALES QUISPE
Primer Dictaminante

Mg. NILTON MARIANO MONTOYA JARA
Segundo Dictaminante

DEDICATORIA

“La madre, ya durante el embarazo, forma no sólo el organismo del hijo, sino indirectamente toda su humanidad” (Juan Pablo II, Carta a las Familias, 16).

Me preguntan qué es el amor, y yo respondo con tu nombre, Eduarth Antonio, mi hijo amado. En cada jornada de este proyecto caminaste conmigo, sin saberlo, como luz en mis días y aliento en mis noches. Fuiste mi inspiración más pura, la llama que me sostuvo hasta el final.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación recibió financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y del Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA) en el marco del concurso "E041-2024-03 Proyectos de Investigación Básica" (contrato PE501088039-2024), a través del Instituto Geofísico del Perú (IGP), que en la actualidad lleva a cabo el proyecto "Estudio de efectos de quemas controladas, alternativa para posible reducción de los impactos ocasionados por incendios sobre la cobertura vegetal en regiones frecuentemente afectadas". Asimismo, reconozco con gratitud el valioso apoyo de cada persona que, directa o indirectamente, ayudaron a la realización de este estudio. Expreso mi gratitud genuina a:

Al Dr. Walter Antezana, quien asesoró esta tesis y enseña de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por brindarme su tiempo, orientación y vastos conocimientos, los cuales fueron fundamentales para enriquecer este trabajo.

Al Dr. Ricardo Zubieta, quien es coasesor e investigador del Instituto Geofísico del Perú, por compartir conmigo saberes clave y brindar los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación. Destaco especialmente su profesionalismo y compromiso, que orientaron significativamente la elaboración de este estudio con el propósito de aportar conocimiento científico en beneficio del país.

Al Dr. Ricardo Gonzales por su meticulosidad en las observaciones, la fortaleza de sus criterios académicos y su apoyo académico que enriqueció significativamente este trabajo. De igual manera, manifiesto mi agradecimiento al Mg. Nilton Montoya por sus consejos y contribuciones relevantes.

A mi familia, especialmente a mi madre Hilda, por su apoyo sin condiciones y constante. Su respaldo fue esencial para llevar a cabo las labores de campo, sin el cual esta investigación no habría sido posible.

A las amistades que forjé en el Instituto Geofísico del Perú, por su permanente acompañamiento, colaboración y guía.

A los pobladores de las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, por su generosidad, disposición y valioso tiempo durante la ejecución del trabajo de campo.

A todos y cada uno de ustedes, gracias. Mi gratitud será siempre permanente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE ANEXO.....	viii
Resumen.....	1
Abstract	2
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.1. Situación problemática	5
1.2. Formulación del problema.....	7
1.2.1. Problema general.....	8
1.2.2. Problemas específicos.....	8
1.3. Justificación de la investigación	8
1.3.1. Justificación ambiental.....	8
1.3.2. Justificación social.....	9
1.3.3. Justificación económica.....	10
1.4. Objetivos de la investigación.....	11
1.4.1. Objetivo general.....	11
1.4.2. Objetivos específicos.....	11
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	12
2.1. Bases teóricas.....	12
2.1.1. Definición de matorrales.....	12
2.1.2. Tipos de matorrales.....	12
2.1.3. Ecosistemas de matorral andino del Perú.....	14
2.1.4. Composición de especies en los matorrales.....	15
2.1.5. Dinámica de los matorrales.....	15
2.1.6. Fisionomía de los matorrales.....	16
2.1.7. Definición de incendio forestal.....	17
2.1.8. Tipos de incendios forestales.....	17
2.1.9. Dinámica del Fuego.....	18
2.1.10. Relación entre la intensidad térmica y la severidad ecológica del fuego en los incendios forestales.....	19
2.1.11. Quemadas agrícolas descontroladas como factor de riesgo para incendios en vegetación natural.....	20
2.1.12. Vulnerabilidad de los ecosistemas de matorral andino frente a fuegos forestales en el Perú.....	21
2.1.13. Períodos de ocurrencia de incendios en la región andina del Perú.....	22
2.1.14. Efectos del fuego sobre las propiedades del suelo.....	23
2.1.15. Efectos del fuego sobre la condición física del suelo.....	23
2.1.16. Efectos del fuego sobre la condición química del suelo.....	24
2.1.17. Impacto de los eventos de incendio en la cobertura y composición vegetal.....	29
2.1.18. Resiliencia y respuesta adaptativa de la vegetación frente a incendios forestales.....	29
2.1.19. Mecanismos de regeneración vegetativa post-incendio.....	30
2.1.20. Procesos de resiliencia y recuperación ecológica después de incendios forestales.....	31
2.1.21. Indicadores de diversidad vegetal.....	32
2.2. Marco conceptual.....	33
2.3. Antecedentes empíricos de la investigación	38
2.3.2. Antecedentes para la variable: Cobertura vegetal.....	45
2.4. Hipótesis	53
2.4.2. Hipótesis nula.....	54

2.4.3. Hipótesis específicas.....	54
2.5. Identificación de variables e indicadores.....	54
2.5.1. Variables e indicadores.....	54
2.6. Operacionalización de variables	55
CAPITULO III: METODOLOGÍA	56
3.1. Ámbito de estudio.....	56
3.1.1. Localización política.....	56
3.1.2. Localización geográfica.....	58
3.1.3. Descripción de área de estudio 1 – comunidad de Santa Lucia.....	63
3.1.4. Descripción de área de estudio 2 – comunidad de Toccorani.....	66
3.2. Tipo y nivel de investigación.....	71
3.3. Unidad de análisis.....	72
3.4. Población de estudio	73
3.5. Tamaño de muestra	73
3.6. Técnicas de selección de muestra	83
3.7. Técnicas de recolección de información.....	101
3.8. Instrumentos.....	101
3.9. Técnicas de análisis e interpretación de la información	102
3.9.1. Análisis de la información.....	102
3.9.2. Interpretación de la información.....	104
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	105
4.1. Contexto ambiental y caracterización del fuego.....	105
4.1.1. Precipitación durante el periodo de estudio.....	105
4.1.2. Dinámica térmica y temperaturas máximas registradas durante una quema prescrita.....	107
4.1.3. Mapa de severidad del fuego (análisis satelital).....	112
4.2. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados.....	114
4.2.1. Resultados y discusión de impactos del fuego en el suelo y la vegetación.....	115
4.3. Pruebas de hipótesis.....	188
4.3.2. Hipótesis específicas.....	188
4.4. Presentación de resultados	190
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	198
5.1. Conclusiones.....	198
5.1.1. Propiedades físico – química del suelo.....	198
5.1.2. Cobertura vegetal.....	199
5.2. Recomendaciones	200
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	202
ANEXOS	220

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distribución de matorrales por altitud del Perú	14
Tabla 2: Clasificación de los suelos según intervalos de pH	24
Tabla 3: Categorías de salinidad edáfica y respuesta de la vegetación.....	25
Tabla 4: Parámetros de fertilidad de materia orgánica	26
Tabla 5: Indicadores edáficos empleados para la evaluación de la fertilidad del suelo en función de la capacidad de intercambio catiónico.....	26
Tabla 6: Fertilidad de nitrógeno.....	27
Tabla 7: Parámetros edáficos asociados a la disponibilidad de fósforo en el suelo.....	28
Tabla 8: Parámetros edáficos asociados a la disponibilidad de potasio en el suelo.....	28
Tabla 9: Accesibilidad vial de la comunidad Santa Lucía Anexo de Santa Ana.....	65
Tabla 10: Accesibilidad vial de la Comunidad de Toccorani.	69
Tabla 11: Parámetros físico-geográficos y socioambientales observados en las fechas de eventos registrados de incendios forestales en Santa Lucía y Toccorani	71
Tabla 12: Localización georreferenciada de los sitios de muestreo de suelo en la comunidad de Santa Lucía (Área de estudio 01).....	75
Tabla 13: Localización georreferenciada de los sitios de muestreo de suelo en la comunidad de Toccorani (Área de estudio 02).....	77
Tabla 14: Dimensionamiento de la muestra en relación con la superficie evaluada.....	78
Tabla 15: Transectos trazados con el objetivo de inventariar la vegetación presente en la Comunidad de Santa Lucía (Área de estudio 01).....	81
Tabla 16: Delimitación de transectos para el inventario de cobertura vegetal en la comunidad de Toccorani (Área de estudio 02)	83
Tabla 17: Evaluación de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo en el laboratorio. 90	
Tabla 18: Variables de vegetación incluyendo frecuencia, proporción de dominancia, cobertura y el índice de valor de importancia.....	98
Tabla 19: Valores de referencia para la evaluación del índice de Shannon-Wiener	100
Tabla 20: Rangos de interpretación del índice de Margalef	100
Tabla 21: Temperatura registrada en un matorral andino durante una quema prescrita a nivel del suelo y a 3 cm de profundidad (septiembre 2025, San Juan, Acomayo).....	108
Tabla 22: Contenido relativo de arena, limo y arcilla (%) en suelos de matorral de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad y temporada.	115
Tabla 23: Clasificación textural de los suelos según condición (área quemada / no quemada), profundidad (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada de muestreo (octubre 2024 / abril 2025) en las comunidades Santa Lucía y Toccorani, situadas dentro del distrito de Pomacanchi, en la provincia de Acomayo, región Cusco.	116
Tabla 24: pH del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.....	126
Tabla 25: Niveles de pH registrados en los puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente)	127
Tabla 26: Conductividad eléctrica (C.E.) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	130
Tabla 27: Evaluación de la conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm) en sitios de muestreo del matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	131
Tabla 28: Materia orgánica (M.O.) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	134
Tabla 29: Ma Materia Orgánica (%) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no	

quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	135
Tabla 30: Contenido de intercambio catiónico (C.I.C.) en los suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.....	138
Tabla 31: Capacidad de intercambio catiónico (meq/cm) del suelo en los sitios de muestreo del matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	139
Tabla 32: Nitrógeno (N) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	142
Tabla 33: Contenido de N (%) disponible en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	143
Tabla 34: Fosforo (P) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	146
Tabla 35: Contenido de P disponible (ppm) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	147
Tabla 36: Potasio (K) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	150
Tabla 37: Contenido de K disponible (ppm) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).	151
Tabla 38: Composición florística registrada en la comunidad de Santa Lucía, según condición del área no quemada.....	154
Tabla 39: Composición florística registrada en la comunidad de Santa Lucía, según condición del área quemada.....	158
Tabla 40: Composición florística registrada en la comunidad de Toccorani, según condición del área no quemada	165
Tabla 41: Composición florística registrada en la comunidad de Toccorani, según condición del área quemada.....	168
Tabla 42: Comparación de parámetros ecológicos de especies vegetales en áreas quemada y no quemada, ordenadas según el IVI del área no quemada en la comunidad de Santa Lucía (Acomayo).	175
Tabla 43: Comparación de parámetros ecológicos de especies vegetales en áreas quemada y no quemada, ordenadas según el IVI del área no quemada en la comunidad de Toccorani (Acomayo).181	
Tabla 44: Índices de Shannon-Wiener (H') y Margalef (Dmg) en áreas quemadas y no quemadas de las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo que representa los elementos esenciales para la ignición de un incendio forestal.	17
Figura 2: Tipología de los incendios forestales.	18
Figura 3: Elementos que influyen en el comportamiento y avance del fuego forestal.	19
Figura 4: Esquema del proceso de regeneración vegetativa después del fuego.	31
Figura 5: Localización política del área de estudio a nivel nacional, regional y local (Santa Lucía y Toccorani, distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, Cusco).	57
Figura 6: Representación cartográfica de la ubicación geográfica del área de estudio en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, región Cusco.	60
Figura 7: Cobertura vegetal del área de estudio en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Pomacanchi, Acomayo, Cusco).	61
Figura 8: Distribución histórica de eventos de fuego en el área de estudio correspondiente a Santa Lucía y Toccorani (Cusco).	62
Figura 9: Ubicación espacial del sitio de estudio 1 correspondiente a la comunidad de Santa Lucía	63
Figura 10: Evidencia visual del siniestro registrado en la comunidad de Santa Lucía	64
Figura 11: Condición del paisaje luego del evento de fuego registrado en la comunidad de Santa Lucía.	64
Figura 12: Red de acceso Cusco – Pomacanchi	65
Figura 13: Accesibilidad vial de la comunidad Santa Lucia Anexo de Santa Ana	66
Figura 14: Ubicación espacial del sitio de estudio 2 correspondiente a la comunidad de Toccorani	67
Figura 15: Evidencia visual del siniestro registrado en la comunidad de Toccorani	68
Figura 16: Condición del paisaje luego del evento de fuego registrado en la comunidad de Toccorani	68
Figura 17: Accesibilidad vial de la comunidad Toccorani	69
Figura 18: Esquema metodológico del procedimiento de muestreo de las propiedades físico-químicas	74
Figura 19: Puntos definidos para el muestreo de suelo en la comunidad de Santa Lucía	75
Figura 20: Puntos definidos para el muestreo de suelo en la comunidad de Toccorani	76
Figura 21: Esquema metodológico del procedimiento de muestreo de cobertura vegetal	79
Figura 22: Ubicación de los transectos para el inventario de cobertura vegetal en la comunidad de Santa Lucía	79
Figura 23: Ubicación de transectos para el inventario de la cobertura vegetal en la comunidad de Toccorani.	82
Figura 24: Esquema de la excavación llevada a cabo en las ubicaciones designadas para el muestreo de suelo	84
Figura 25: Fase de muestreo del suelo realizada en la comunidad de Santa Lucía	84
Figura 26: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada antes de la temporada lluviosa en sectores no quemados por incendios forestales	85
Figura 27: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales	85
Figura 28: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales	86
Figura 29: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales	86
Figura 30: Fase de muestreo del suelo realizada en la comunidad de Toccorani	87
Figura 31: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales	87
Figura 32: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales	88
Figura 33: Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales	88

Figura 34: Muestreo de suelo en áreas impactadas por incendios forestales en la comunidad de Toccoarani, posterior al período lluvioso	89
Figura 35: Apertura de calicatas para muestreo de suelo	91
Figura 36: Muestreo y extracción de suelo para análisis	91
Figura 37: Entrega de muestras del suelo	92
Figura 38: Recepción de muestras de suelo en el laboratorio para su procesamiento	92
Figura 39: Instalación de sensores con el propósito de registrar los datos correspondientes de temperatura del suelo durante una quema prescrita en un ecosistema de matorral altoandino, adyacente a áreas afectadas por incendios forestales	93
Figura 40: Registro de valores de temperatura del suelo medidos en una quema prescrita.	94
Figura 41: Esquema del diseño de transecto para el muestreo de la cobertura vegetal	95
Figura 42: Muestreo de la vegetación en sectores intactos de la comunidad de Santa Lucía utilizando transectos	95
Figura 43: Inventario de especies vegetales a través de transectos en áreas impactadas por incendios en la comunidad de Santa Lucía	96
Figura 44: Muestreo de la vegetación en parcelas sin afectación por incendios en la comunidad de Toccoarani, utilizando transectos	96
Figura 45: Muestreo de la vegetación en zonas afectadas por incendios de la comunidad de Toccoarani, utilizando transectos	97
Figura 46: Esquema del proceso metodológico de la investigación	103
Figura 47: Dinámica mensual de precipitación tras los incendios forestales en Santa Lucía y Toccoarani (2024–2025).	106
Figura 48: Dinámica térmica durante una quema prescrita en matorral andino (septiembre 2025, San Juan, Acomayo).	109
Figura 49: Mapa que muestra el nivel de afectación por incendio forestal en la comunidad de Santa Lucía, obtenido mediante el índice dNBR a partir de imágenes Sentinel-2 (MSI)	113
Figura 50: Mapa que muestra el nivel de afectación por incendio forestal en la comunidad de Toccoarani, obtenido mediante el índice dNBR a partir de imágenes Sentinel-2 (MSI).	113
Figura 51: Contenido de arena (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	118
Figura 52: Contenido de limo (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	121
Figura 53: Contenido de arcilla (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	124
Figura 54: pH del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	128
Figura 55: Conductividad eléctrica (CE) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.	132
Figura 56: Contenido de materia orgánica (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada. Contenido de materia orgánica (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	136
Figura 57: Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	140
Figura 58: Contenido de nitrógeno disponible (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	144
Figura 59: Contenido de fósforo disponible (ppm P_2O_5) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	148
Figura 60: Contenido de potasio disponible (ppm K_2O) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.	152
Figura 61: Número de especies registradas por familia botánica en el área no quemada de la comunidad de Santa Lucía	156
Figura 62: Distribución de especies según forma de crecimiento en el área no quemada – Santa Lucía	157
Figura 63: Distribución de especies por duración de vida en el área no quemada – Santa Lucía	158
Figura 64: Número de especies registradas por familia botánica en el área quemada de la comunidad	

de Santa Lucía	159
Figura 65: Distribución de especies según forma de crecimiento en el área quemada – Santa Lucía	160
Figura 66: Distribución de especies por duración de vida en el área quemada – Santa Lucía	161
Figura 67: Número de especies registradas por familia botánica en el área no quemada de la comunidad de Toccorani	166
Figura 68: Distribución de especies según forma de crecimiento en el área no quemada – Toccorani	167
Figura 69: Distribución de especies por duración de vida en el área no quemada – Toccorani	168
Figura 70: Número de especies registradas por familia botánica en el área quemada de la comunidad de Toccorani	169
Figura 71: Distribución de especies según forma de crecimiento en el área quemada – Toccorani	171
Figura 72: Distribución de especies por duración de vida en el área quemada – Toccorani	171

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo A: Matriz de consistencia.....	221
Anexo B: Dimensiones de ambas variables.....	222
Anexo C: Operacionalización de variables.	223
Anexo D: Reporte complementario del evento ígneo en la comunidad de Santa Lucia.	225
Anexo E: Reporte complementario del evento ígneo en la comunidad de Toccorani.	226
Anexo F: Informe de análisis de laboratorio primera temporada en la comunidad de Santa Lucia..	227
Anexo G: Informe de análisis de laboratorio primera temporada en la comunidad de Toccorani....	229
Anexo H: Informe de análisis de laboratorio segunda temporada en la comunidad de Santa Lucia.	231
Anexo I: Informe de análisis de laboratorio segunda temporada en la comunidad de Toccorani. ...	233
Anexo J: Resultados consolidados del análisis físico-químico del suelo.....	235
Anexo K: Inventario florístico del área no quemada en la comunidad de Santa Lucía.....	255
Anexo L: Inventario florístico del área quemada en la comunidad de Santa Lucía.	264
Anexo M: Inventario florístico del área no quemada en la comunidad de Toccorani.	276
Anexo N: Inventario florístico del área quemada en la comunidad de Toccorani.....	283
Anexo O: Registro climático de la estación meteorológica de Pomacanchi.	290
Anexo P: Panel fotográfico.	291
Anexo Q: Registro fotográfico de especies vegetales observadas en campo.....	301
Anexo R: Resolución de autorización del SERFOR para investigación científica de flora silvestre.	318

Resumen

Los incendios forestales constituyen una amenaza creciente para los matorrales andinos del Cusco, principalmente por el uso inadecuado del fuego en actividades agropecuarias. Estos eventos alteran la vegetación y pueden modificar las propiedades del suelo; sin embargo, sus efectos en estos ecosistemas aún son poco conocidos. El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de los incendios sobre la vegetación y las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, Cusco, Perú.

El muestreo de suelos se realizó en áreas quemadas y no perturbadas, considerando profundidades de 0–3 y 3–10 cm. Se analizaron variables físicas y químicas, incluyendo pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y nutrientes esenciales. Asimismo, la vegetación se evaluó mediante transectos lineales, registrando riqueza, composición florística, rebrote y dominancia, además de estimar la diversidad mediante los índices de Shannon-Wiener y Margalef.

Los resultados mostraron que los suelos, de textura franco-arenosa, presentaron variaciones asociadas principalmente a la profundidad y estacionalidad, sin efectos significativos del fuego. En contraste, las áreas quemadas registraron menor riqueza y diversidad de especies, con predominio de herbáceas pioneras, mientras que en áreas no perturbadas persistieron especies leñosas. En conjunto, los resultados evidencian que los incendios afectan principalmente la vegetación, mientras el suelo mantiene relativa estabilidad, destacando la capacidad de regeneración de los matorrales altoandinos.

Palabras Clave: Incendios forestales, Matorral andino, Propiedades del suelo, Cobertura vegetal, Resiliencia ecológica.

Abstract

Forest fires represent an increasing threat to the Andean shrublands of Cusco, primarily due to the inappropriate use of fire in agricultural and livestock activities. These events alter vegetation structure and may modify soil properties; however, their effects on these ecosystems remain poorly understood. This study aimed to evaluate the impact of forest fires on vegetation and the physicochemical properties of soils in the communities of Santa Lucía and Toccoarani, Cusco, Peru.

Soil sampling was conducted in burned and unburned areas at depths of 0–3 cm and 3–10 cm. Physical and chemical properties were analyzed, including pH, electrical conductivity, organic matter, cation exchange capacity, and essential nutrients. Vegetation was assessed using linear transects, recording species richness, floristic composition, resprouting, and dominance, while diversity was estimated using the Shannon–Wiener and Margalef indices.

The results showed that the sandy loam soils exhibited variations mainly related to depth and seasonality, with no significant effects of fire. In contrast, burned areas showed lower species richness and diversity, with a predominance of pioneer herbaceous species, whereas woody species persisted in unburned areas. Overall, the findings indicate that forest fires primarily affect vegetation, while soil properties remain relatively stable, highlighting the natural regeneration capacity and ecological resilience of high Andean shrubland ecosystems.

Keywords: Forest Fires, Andean Shrubland, Soil Properties, Vegetation Cover, Ecological Resilience.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, los incendios forestales se han incrementado de forma sostenida en las últimas décadas, siendo la región Cusco una de las más afectadas (Zubieta et al., 2019). La mayoría de estos eventos tiene origen antrópico; aproximadamente el 98 % se asocia al uso inadecuado del fuego en actividades agrícolas (Álvarez et al., 2023). Esta problemática se ve agravada por el aumento de las condiciones de sequía vinculadas al cambio climático, especialmente en el sur del país, donde se ha intensificado el déficit hídrico, incrementando la vulnerabilidad de los ecosistemas altoandinos frente al fuego (Zubieta et al., 2021; IPCC, 2021).

Los matorrales andinos y pastizales presentan alta susceptibilidad a los incendios, particularmente durante periodos de estiaje (Ccanchi, 2021), lo que resalta la necesidad de fortalecer la gestión del riesgo en el marco del SINAGERD y de contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la acción climática y la conservación de los ecosistemas terrestres.

La investigación se desarrolló en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, ubicadas en el distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, región Cusco, dentro de la cuenca alta del río Apurímac. Estas comunidades se encuentran en un ecosistema de matorral andino, caracterizado por vegetación arbustiva y herbácea adaptada a altitudes entre 3 600 y 3 800 m s. n. m., con clima templado-frío subhúmedo y suelos de desarrollo moderado.

Durante el año 2024, ambas zonas fueron afectadas por incendios forestales de alta severidad registrados por el INDECI (2024). En Santa Lucía, el incendio ocurrido el 21 de octubre afectó aproximadamente 511 ha, mientras que en Toccorani, el evento del 1 de septiembre comprometió cerca de 233 ha. Estos disturbios ocasionaron una reducción significativa de la cobertura vegetal nativa, mayor exposición del suelo superficial y aumento

de la susceptibilidad a procesos erosivos, con impactos negativos sobre la productividad del ecosistema.

Diversos estudios indican que los incendios pueden modificar las propiedades edáficas en función de la intensidad del evento y la cobertura vegetal. Se han reportado variaciones en el pH, la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes (Certini, 2005; Casas, 2019; Hermitaño y Crisóstomo, 2021), así como reducciones de nitrógeno y materia orgánica en pastizales altoandinos (Román, 2023). Asimismo, se ha evidenciado que el fuego reduce la biomasa vegetal y favorece el establecimiento de especies pioneras, predominando las herbáceas sobre las arbustivas durante la fase de regeneración (Rosales-Rodríguez et al., 2020; De la Cruz y Cóndor, 2023).

La recurrencia de incendios en comunidades altoandinas del Cusco ha generado impactos negativos sobre la biodiversidad, la cobertura vegetal y las características físico-químicas del suelo, además de favorecer la propagación de especies pirófilas, lo que dificulta la recuperación ecológica (Ccanchi, 2021; Muñoz et al., 2022). A pesar de la existencia de normativas nacionales, la limitada prevención, el control insuficiente y la baja sensibilización comunitaria continúan restringiendo una gestión eficaz del riesgo.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar los efectos de los incendios forestales en el matorral andino de las comunidades de Santa Lucía y Toccorani durante el año 2024, mediante la evaluación de las variaciones en las propiedades físico-químicas del suelo y los cambios en la cobertura vegetal, con el fin de aportar información científica que respalde estrategias de manejo sostenible, restauración ecológica y conservación de la biodiversidad en los ecosistemas altoandinos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

Desde el año 2019, distintos informes han puesto en evidencia un incremento continuo en la incidencia de incendios forestales, fenómeno que ha favorecido un mayor volumen de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2021). En este marco, a partir de la implementación del Protocolo de Kioto en 1997, los Estados han asumido responsabilidades internacionales dirigidas a la conservación de la biodiversidad y a la mitigación de los efectos del cambio climático, incluyendo aquellos asociados a los incendios forestales. Dado que su dinámica difiere según la ubicación geográfica, la intensidad y el periodo de ocurrencia, resulta necesario aplicar estrategias ajustadas a las particularidades de cada territorio (Castillo et al., 2023).

La ocurrencia de sequías de larga duración constituye un factor determinante en la intensificación de los incendios forestales, debido a la reducción de la humedad disponible en la cobertura vegetal (Zubieta et al., 2021; Zubieta et al., 2023). En diversas regiones de América Latina afectadas por incendios, se ha documentado que el proceso de regeneración puede prolongarse por períodos mayores a diez años en zonas impactadas por incendios forestales. Sin embargo, la información sobre los efectos en ecosistemas andinos y las causas antrópicas que los provocan sigue siendo limitada (Arce y De La Cruz-Lozado, 2020).

En ciertos contextos ecológicos, el uso del fuego puede facilitar procesos de regeneración vegetal. Sin embargo, cuando el fuego mediante la quema no se maneja adecuadamente, puede generar la pérdida de especies nativas y alterar la organización y diversidad de la vegetación, como ha sido reportado en los matorrales andinos de Ecuador (Muñoz et al., 2022; FAO, 1999).

La normativa peruana relacionada con la quema de residuos agrícolas con el fin de prevenir incendios (MINAGRI, 2012) puede presentar deficiencias en prevención y en la

imposición de sanciones. De hecho, dañar, quemar coberturas boscosas puede ser severamente sancionado con pena privativa de la libertad (Ley 29263). Estas debilidades legales o prohibiciones del uso fuego para quemas, limitan una respuesta efectiva ante los riesgos y responsabilidades asociados a estos eventos (Meza, 2021).

Por ejemplo, en la región Cajamarca, se han reconocido diversos elementos asociados a la vulnerabilidad frente a los incendios forestales, siendo los principales elementos de riesgo el clima y la carga de combustible vegetal. En menor medida, influyen los centros poblados, la accesibilidad del terreno, las características de la vegetación y la pendiente (Nakada, 2022).

La vegetación herbácea responde estacionalmente a la precipitación (Richter and Moreira, 2005). La vegetación de las regiones de Cajamarca y Cusco exhiben una conducta estacional parecida, con un crecimiento positivo de la vegetación durante las lluvias y una acumulación de materia seca durante el estiaje. Sin embargo, la presencia de biomasa seca durante el periodo de estiaje, en combinación con las particularidades climáticas, la configuración topográfica y el empleo del fuego en prácticas agrícolas, crea condiciones favorables para la generación de incendios forestales en ecosistemas andinos de alta montaña. Estos eventos se presentan con mayor frecuencia en áreas situadas por encima de los 1 500 m s.n.m., donde impactan principalmente a pastizales y matorrales (Zubieta et al., 2019; Ccanchi, 2021).

En el ámbito local, estudios desarrollados en comunidades de la región Cusco, como Paruro y Calca, los agricultores reconocen que la quema de rastrojos perjudica el suelo, pero continúan usándola por su simplicidad, rapidez y el bajo costo que implica dar inicio a la quema. Aunque algunos conocen técnicas de control del fuego, por ejemplo, dividir en varias pequeñas partes o montones el material combustible antes de ser quemado (Álvarez, 2021), su aplicación es limitada por la falta de formación y sensibilización. Esto resalta la necesidad de fortalecer la articulación entre comunidades e instituciones como MINAM, SERFOR, COEN

e INDECI, a fin de mejorar la prevención, respuesta y resiliencia ante incendios (Álvarez et al., 2023).

Estudios desarrollados en el contexto regional del Cusco señalan que un porcentaje considerable de los incendios forestales, cercano al 80 %, presenta un origen humano, principalmente vinculado a actividades agropecuarias. Esta problemática ha sido registrada tanto en el Plan de Prevención y Reducción del Riesgo de Incendios Forestales elaborado por el SERFOR (2018) como en el Plan Multisectorial de Incendios Forestales recientemente aprobado (PCM, 2025). La reiteración de estos eventos constituye un riesgo para la preservación de diversas especies nativas, entre las que se encuentran la queuña (*Polylepis* spp.), el wayruru cusqueño (*Cytharexylon herrerae*), el chachacomo (*Escallonia resinosa*), el kiswar (*Buddleja* spp.) y la t'asta (*Escallonia myrtilloides*). De manera adicional, la presencia de especies pirófilas introducidas, como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y el pino (*Pinus radiata*), caracterizadas por un elevado contenido de resinas, aumenta la inflamabilidad del paisaje y facilita la rápida propagación del fuego (Gil, 2020).

En la región Cusco, investigaciones realizadas en comunidades como Macay y Salloc han documentado una disminución marcada de la biomasa vegetal, con reducciones cercanas al 70 %, y una recuperación parcial de aproximadamente el 22 % luego de ocho meses. Estos resultados demuestran que la recuperación ecológica en dichas áreas es lenta y no siempre asegura el restablecimiento de especies de interés para el pastoreo (Román, 2023). Sin embargo, a nivel nacional persisten vacíos de información respecto a los efectos que la quema y los incendios forestales ocasionan sobre las especies arbustivas, tanto en ecosistemas andinos como amazónicos.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre el matorral andino en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre las propiedades físico - químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?
- ¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación ambiental

La presente investigación tiene como propósito analizar los impactos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal en ecosistemas de matorral andino ubicados en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, en la provincia de Acomayo, región Cusco, los cuales presentan una alta vulnerabilidad frente al fuego. Para tal fin, se articuló el estudio de las propiedades físico-químicas del suelo con la evaluación de los procesos de regeneración de la vegetación. Este abordaje permitió generar evidencia científica acerca de las alteraciones ecológicas asociadas a los incendios, cuyo conocimiento resulta esencial, dado que estos eventos influyen tanto en la degradación del suelo y la disminución de la biodiversidad como en la reducción de la capacidad de los ecosistemas para sostener funciones fundamentales, tales como la regulación del régimen hídrico y el almacenamiento de carbono.

Los resultados obtenidos representan un aporte significativo para sustentar iniciativas orientadas a la restauración ecológica y para promover lineamientos de manejo sostenible en los ecosistemas arbustivos altoandinos, en un contexto marcado por una creciente presión

climática y antrópica. Este planteamiento es concordante con los lineamientos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2024), que resaltan la necesidad de fortalecer la gestión del riesgo desde una perspectiva de paisaje frente a los efectos del cambio climático, como estrategia para reducir la ocurrencia de incendios forestales.

1.3.2. Justificación social

En el Perú, los incendios forestales se asocian principalmente a prácticas humanas relacionadas con el empleo del fuego, de acuerdo con lo señalado por el SERFOR (2018). Esta situación ha motivado la implementación de disposiciones normativas que restringen el uso del fuego para la eliminación de rastrojos durante las labores de preparación agrícola, conforme a lo establecido por el MINAGRI (2012). Con fines de reducir el impacto a la sociedad y ecosistemas, las acciones destinadas a mitigar los efectos perjudiciales de los incendios forestales, provocados principalmente por prácticas agrícolas tradicionales, resultan urgentes y deben ser fortalecidas. Recientemente, Taboada y Martínez (2025) evidenciaron que las comunidades andinas reconocen el riesgo de ocurrencia de incendios forestales y las consecuencias que estos pueden generar. Sin embargo, las políticas gubernamentales orientadas a abordar este riesgo se han centrado predominantemente en generar conciencia y hacer cumplir las prohibiciones sobre las quemas agrícolas, dejando de lado las complejas dinámicas socioculturales involucradas. En este contexto, Álvarez et al. (2023) plantean la necesidad de replantear la gestión del uso del fuego, promoviendo esquemas de manejo participativos y ambientalmente responsables que integren prácticas como la quema prescrita y refuercen los mecanismos de gestión a nivel local. Considerando el aumento de los episodios de sequía en el sur del Perú asociados al cambio climático (Zubieta et al., 2021b), la adopción de este tipo de enfoques resulta cada vez más pertinente. De no intervenir, estos eventos podrían intensificarse en los próximos años, afectando directamente a los medios de vida y al bienestar de los propios pobladores de las comunidades de Santa Lucía y Toccorani.

En este contexto, esta tesis puede contribuir a implementar acciones concretas de formación y concientización en las comunidades, en coordinación con las autoridades e instituciones competentes. Por ello, se recomienda incorporar medias regulativas en los estatutos comunales, a fin de consolidar un enfoque participativo y normativo que articule el conocimiento local con las políticas de gestión del riesgo y conservación ambiental.

1.3.3. *Justificación económica*

Los incendios forestales generan no solo impactos ambientales, sino también importantes consecuencias económicas y sociales que afectan tanto a las poblaciones locales como a las instituciones del Estado peruano. Durante el año 2024, se reportaron a nivel nacional más de 2 700 eventos asociados a incendios forestales, los cuales comprometieron aproximadamente 28 000 hectáreas, con mayor incidencia en la zona sur del país, situación que derivó en la declaratoria de estado de emergencia en varias regiones (PCM, 2025). Estas cifras evidencian la magnitud del impacto económico y la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención y manejo del fuego. El estudio tiene como finalidad aportar información técnico-científica sobre los efectos de los incendios forestales en ecosistemas dominados por vegetación arbustiva. Los hallazgos pueden ser útiles para respaldar la elaboración de normativas comunales orientadas a la prevención y sanción de quemas inadecuadas.

Esto contribuirá a reducir la frecuencia de estos eventos de quemas que lleguen a convertirse en incendios forestales. Por lo tanto, una adecuada gestión preventiva permitiría reducir el gasto público destinado a la atención de emergencias, actualmente orientado a acciones reactivas ejecutadas por instituciones como los Centros de Operaciones de Emergencia Regionales y Locales. Estas acciones incluyen el despliegue de brigadas, la logística operativa y las actividades de recuperación de los ecosistemas afectados.

A nivel local, la prevención de incendios forestales contribuye a la conservación de los recursos naturales de los cuales dependen la agricultura y la ganadería comunal, disminuyendo

la necesidad de inversiones destinadas a la recuperación productiva. En la región Cusco, el sector agropecuario constituye una de las principales fuentes de sustento económico rural y aporta aproximadamente el 9 % del Producto Bruto Interno (PBI) regional, según el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2024). Además, el INEI (2023) reporta que Cusco aporta aproximadamente el 3.9 % del PBI nacional, lo que evidencia la importancia de proteger la base productiva frente a los incendios forestales. La prevención de incendios, además de ser más efectiva, representa un menor costo en comparación con la respuesta ante emergencias.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar los efectos de los incendios forestales sobre el matorral andino en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.
- Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal del matorral andino mediante el análisis del IVI, el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener en las comunidades de Santa Lucia y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Definición de matorrales

Los matorrales son comunidades vegetales dominadas por arbustos, es decir, plantas leñosas de porte bajo o mediano que generalmente alcanzan entre 0.5 y 3 metros de altura. Estas especies presentan múltiples ramificaciones desde la base, formando coberturas que pueden variar desde densas y cerradas hasta abiertas y discontinuas, dependiendo de las condiciones ambientales.

Desde el punto de vista fisionómico, los matorrales corresponden a lo que internacionalmente se denomina *shrublands* o *scrub*, caracterizados por la dominancia de arbustos acompañados de herbáceas, subarbustos y, en algunos casos, árboles dispersos.

Este tipo de vegetación se desarrolla en ambientes donde factores limitantes como la aridez, bajas temperaturas, suelos poco fértiles o disturbios recurrentes restringen el establecimiento de bosques. Entre estos disturbios destacan los incendios forestales, el pastoreo intensivo y los procesos de degradación, los cuales favorecen la persistencia y expansión de especies arbustivas (van der Maarel & Franklin, 2012; Box & Fujiwara, 2012).

2.1.2. Tipos de matorrales

De acuerdo con la clasificación fisiognómica y ecológica propuesta por Box y Fujiwara (2012), los matorrales pueden agruparse según la densidad de los arbustos, las condiciones ambientales y el estado sucesional que representan:

a) Matorral denso (Thicket)

Formación compacta con copas entrelazadas que limitan la visibilidad del suelo. Se presenta en zonas relativamente húmedas o como etapa inicial de regeneración tras disturbios.

b) Matorral abierto o semiabierto (Shrubland)

Dominado por arbustos dispersos, lo que permite mayor presencia de herbáceas y suelo expuesto. Es común en regiones semiáridas y zonas altoandinas.

c) Matorral ralo o estepario (Shrub-steppe)

Vegetación arbustiva dispersa con baja cobertura, típica de ambientes áridos y de transición entre desiertos y pastizales.

d) Matorral espinoso (Thorn-scrub)

Compuesto por especies adaptadas a la escasez de agua, como *Prosopis*, *Acacia* y *Mimosa*, frecuente en zonas secas interandinas.

e) Matorral xerofítico

Integrado por especies con adaptaciones a la sequía, como hojas pequeñas o carnosas, predominante en condiciones de alta evapotranspiración.

f) Matorral altoandino o de montaña

Dominado por especies resistentes a condiciones extremas como heladas, radiación intensa y vientos fuertes, incluyendo géneros como *Baccharis*, *Parastrephia* y *Chuquiraga*.

g) Matorral almohadillado (Cushion shrubland)

Formado por arbustos de crecimiento compacto que adoptan formas almohadilladas, adaptadas a condiciones de alta montaña.

h) Matorral secundario

Se desarrolla tras disturbios como incendios o sobrepastoreo, compuesto por especies pioneras y asociado a etapas intermedias de sucesión ecológica (Pickett & Cadenasso, 2012).

2.1.3. Ecosistemas de matorral andino del Perú

En el Perú, la caracterización de la cobertura vegetal a escala nacional fue desarrollada por el Ministerio del Ambiente mediante el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015), el cual identifica los principales tipos de vegetación considerando variables ambientales, climáticas y fisiográficas. Entre estos, destaca el matorral arbustivo (Ma), ampliamente distribuido a lo largo de la cordillera andina, con mayor presencia en el centro y sur del país, entre aproximadamente 1 500 y 3 800 m s. n. m., ocupando cerca de 7 496 882 hectáreas (5.83 % del territorio nacional).

En el gradiente altitudinal de 2 500 a 3 800 m s. n. m., los matorrales altoandinos se desarrollan bajo condiciones subhúmedas, conformando comunidades dominadas por arbustos de hoja caduca y persistente, con presencia ocasional de especies arbóreas de porte reducido.

Estos ecosistemas presentan alta diversidad específica y heterogeneidad estructural. Predominan especies arbustivas nativas como *Dodonaea viscosa*, *Kageneckia lanceolata* y *Barnadesia dombeyana*, acompañadas por especies herbáceas y trepadoras como *Mutisia acuminata*. En ambientes más secos se incorporan suculentas y cactáceas, como *Agave americana* y *Opuntia subulata*. Asimismo, se registran árboles de baja estatura como *Acacia macracantha*, *Schinus molle* y *Caesalpinia spinosa*, junto con especies introducidas adaptadas a estas condiciones, como *Spartium junceum* y *Tecoma sambucifolia*. En función del gradiente altitudinal, los matorrales del Perú se clasifican en distintos pisos ecológicos:

Tabla 1:

Distribución de matorrales por altitud del Perú.

PISO ALTITUDINAL	TIPOS DE MATORRAL
basimontano (< 2000 m. s. n. m.)	Matorral basimontano
Montano (2000–3000 m. s. n. m.)	Matorral montano
Altimontano (3000 – límite del pajonal andino)	Matorral altimontano

Fuente: Adaptado de MINAM (2015, pp. 79–80)

2.1.4. Composición de especies en los matorrales

La composición de especies en los matorrales está determinada por la interacción entre factores ambientales, como el clima, el suelo, la disponibilidad de recursos y el historial de disturbios del ecosistema. Estas formaciones están dominadas por arbustos leñosos, acompañados por subarbustos, herbáceas perennes, gramíneas y, en menor proporción, árboles jóvenes dispersos.

La diversidad de estas comunidades refleja el equilibrio entre especies dominantes, que concentran la mayor biomasa, y especies acompañantes que aportan a la complejidad funcional del sistema (Lepš, 2012). En ambientes altoandinos predominan géneros como *Baccharis*, *Parastrephia*, *Adesmia* y *Chuquiraga*, adaptados a condiciones de bajas temperaturas y alta radiación. En contraste, en matorrales xerófitos son frecuentes especies con adaptaciones a la sequía, como *Prosopis*, *Acacia* y *Opuntia*, así como arbustos esclerófilos.

Asimismo, las interacciones ecológicas entre especies, como la competencia, la facilitación y la herbivoría, influyen en la estructura y dinámica del matorral a lo largo del tiempo (Van Andel, 2012).

2.1.5. Dinámica de los matorrales

La dinámica de los matorrales está estrechamente vinculada con los procesos de sucesión ecológica y con la frecuencia e intensidad de disturbios naturales o antrópicos. Pickett y Cadenasso (2012) señalan que la vegetación cambia continuamente debido a la mortalidad de plantas, la llegada de nuevos individuos, la competencia y las variaciones ambientales. En los matorrales, estos cambios se observan principalmente en:

- **Regeneración post-disturbio:**

Disturbios como incendios, sobrepastoreo o deforestación abren espacio para que especies pioneras (generalmente de rápido crecimiento) colonicen el área.

- **Reemplazo de especies:**

A medida que el sistema se estabiliza, algunas especies adquieren ventaja competitiva y desplazan gradualmente a otras.

- **Colonización y dispersión:**

La llegada de nuevas especies depende de la producción y movilidad de semillas. Poschlod, Tackenberg y Bonn (2012) destacan que la capacidad de dispersión influye directamente en la frecuencia de una especie en la comunidad.

- **Heterogeneidad ambiental:**

Variaciones en el suelo, la humedad o la topografía generan microhábitats que favorecen cambios diferenciales en la vegetación.

2.1.6. Fisionomía de los matorrales

La fisionomía de los matorrales se refiere a los rasgos externos que definen su apariencia general. Box y Fujiwara (2012) explican que la estructura y forma del matorral reflejan la interacción entre las adaptaciones de las plantas y las condiciones ambientales del sitio. Los elementos fisionómicos más característicos incluyen:

- Altura de los arbustos, que suele variar entre 0.5 y 3 metros.
- Ramificación desde la base, típica en muchas especies arbustivas.
- Cobertura del dosel, que puede ser densa, semiabierta o muy rala.
- Presencia de herbáceas y gramíneas, que influyen en la textura visual del matorral.
- Adaptaciones visibles, como hojas pequeñas y coriáceas en zonas secas, o formas compactas tipo almohadilla en ambientes de alta montaña.

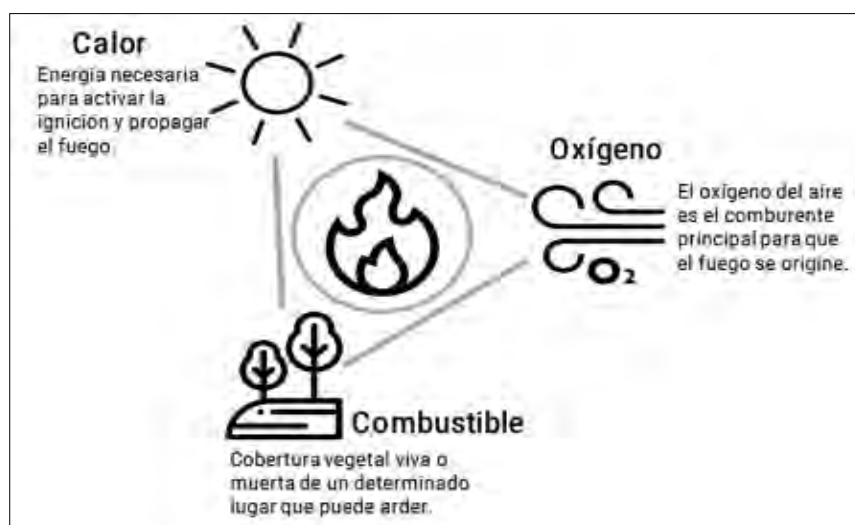
Estas características permiten diferenciar distintos tipos de matorrales y comprender la manera en que responden al clima, al suelo y a los disturbios que los afectan.

2.1.7. Definición de incendio forestal

Un incendio forestal es un fuego no deseado que se origina de manera natural o por actividades humanas, y que se extiende sin control sobre la vegetación silvestre. Este tipo de incendios afecta los recursos forestales y puede generar impactos ecológicos, económicos y sociales. Para que un fuego de este tipo se inicie, deben coincidir tres elementos fundamentales: una fuente de calor, material vegetal que actúe como combustible y oxígeno atmosférico (SERFOR, 2017; SERNANP, 2016; CENEPRED, 2020).

Figura 1:

Modelo que representa los elementos esenciales para la ignición de un incendio forestal.



Fuente: Adaptado de CENEPRED (2020).

2.1.8. Tipos de incendios forestales

Los incendios forestales pueden manifestarse de distintas formas según la acumulación y disposición del combustible. CENEPRED (2020) distingue tres tipos principales de incendios.

a) Incendio subterráneo:

En el cual el fuego avanza por debajo de la superficie, consumiendo humus, raíces y materia orgánica acumulada en grietas o afloramientos rocosos; esta modalidad se caracteriza por no generar llamas visibles y producir escasa cantidad de humo.

b) Incendios superficiales:

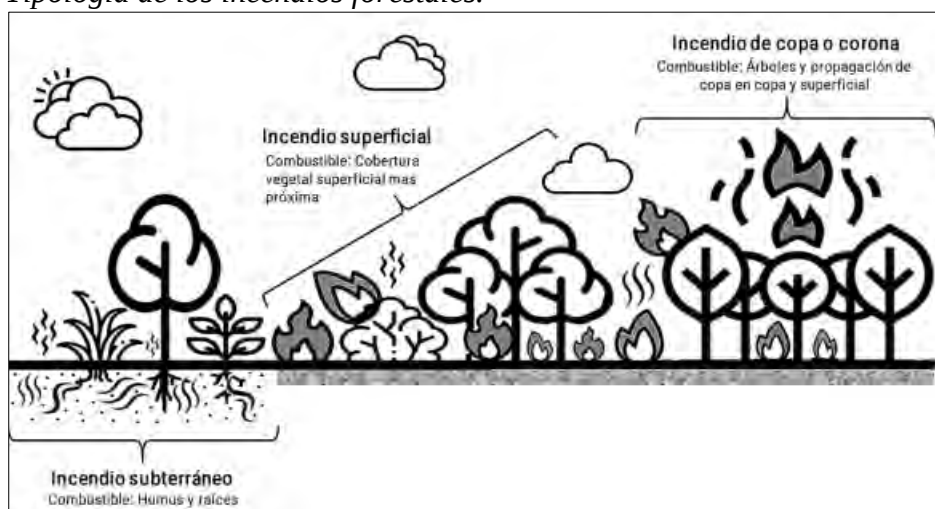
Donde las llamas consumen combustibles ubicados sobre el suelo, como hojarasca, hierbas, pajonales, arbustos y ramas, sin afectar completamente el tronco de los árboles.

c) Incendios de copa o coronas:

Se desarrollan en la parte superior de la vegetación, propagándose de copa en copa y, en ocasiones, simultáneamente de manera superficial, causando un daño más severo en el ecosistema.

Figura 2:

Tipología de los incendios forestales.



Fuente: Adaptado de CENEPRED, Guía metodológica para la elaboración de escenarios de riesgo por incendios forestales, 2020.

2.1.9. Dinámica del Fuego

Según Pausas y Keeley (2019), los incendios forestales son procesos ecológicos dinámicos cuya intensidad, propagación y efectos están determinados por la interacción entre el combustible, el clima y el régimen de fuego propio de cada ecosistema.

a) El combustible:

Cantidad, tipo, humedad y disposición de la vegetación, constituye la materia que mantiene la combustión; su estructura influye directamente en el tipo de incendio y su severidad (CENEPRED, 2020).

b) El clima y el comportamiento atmosférico:

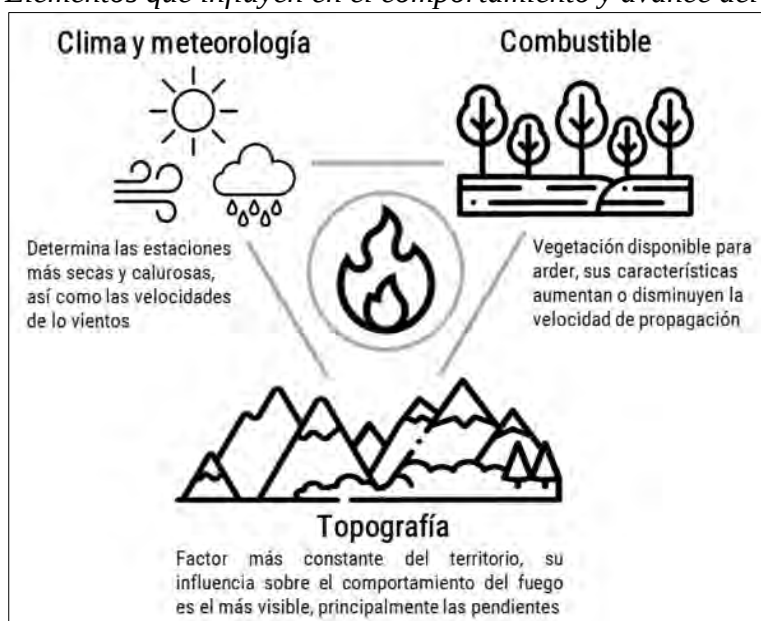
Principalmente la temperatura, el viento y la humedad relativa, regulan la ignición y la propagación del fuego (CENEPRED, 2020).

c) La topografía:

Condiciona la dirección y velocidad de avance, ya que pendientes pronunciadas favorecen incendios más rápidos y de mayor intensidad (CENEPRED, 2020).

Figura 3:

Elementos que influyen en el comportamiento y avance del fuego forestal.



Fuente: Adaptado de CENEPRED, Guía metodológica para la elaboración de escenarios de riesgo por incendios forestales (2020).

2.1.10. Relación entre la intensidad térmica y la severidad ecológica del fuego en los incendios forestales

Las variaciones estacionales atípicas, marcadas por largos periodos de sequía, afectan directamente la magnitud y fuerza de los incendios. Estas condiciones extremas propician una combustión más profunda y aumentan los efectos subterráneos del fuego (Ryan, 2022).

a. Severidad del fuego: Se entiende por severidad del fuego los efectos e impactos ecológicos que se generan sobre un ecosistema una vez que ha finalizado el evento ígneo. Se analiza el nivel de daño o alteración que el fuego provoca en la vegetación, el suelo y el

contenido de materia orgánica. Los incendios de alta severidad se relacionan con disminuciones significativas de la cobertura vegetal, pérdida de materia orgánica superficial y modificaciones en la composición y estructura de la comunidad vegetal (Ryan, 2022).

b. Intensidad del fuego: La intensidad se refiere a la cantidad de energía térmica liberada durante el avance del fuego, considerando la duración del evento y la extensión del frente de llamas (kW/m) (National Wildfire Coordinating Group, 2006). Gutiérrez (2015) señala que esta magnitud se vincula directamente con las temperaturas alcanzadas durante la combustión y determina el poder destructivo del fuego durante el evento.

En cuanto a los rangos térmicos, los incendios de superficie suelen registrar temperaturas entre 400 y 800 °C, mientras que los incendios subterráneos rara vez superan los 200 °C. En cambio, los incendios de copa o de alta intensidad pueden exceder los 1000 °C, generando daños ecológicos más severos (Mataix-Solera & Cerdà, 2009; Gutiérrez et al, 2024). Cuando el fuego alcanza niveles elevados de intensidad, se generan pérdidas de nutrientes por volatilización, desaparición de la cobertura vegetal superficial y modificaciones en la fauna y microbiota del suelo. Además, condiciones climáticas extremas (como el aumento de temperaturas, la baja humedad relativa o las sequías prolongadas) incrementan la cantidad de biomasa disponible, favoreciendo incendios más intensos (Gutiérrez et al, 2024).

2.1.11. Quemas agrícolas descontroladas como factor de riesgo para incendios en vegetación natural

Las comunidades rurales del país mantienen el uso tradicional del fuego en labores agropecuarias, utilizada principalmente para eliminar residuos de cosechas (SERFOR, 2018) y favorecer el rebrote de pastos (Román et al, 2024). No obstante, cuando estas acciones no se realizan bajo condiciones controladas, pueden derivar en incendios forestales severos. De acuerdo con Vélez (2000), este riesgo aumenta debido a la biomasa acumulada por tierras sin

cultivo y al aumento de la proporción de adultos mayores en zonas rurales, lo que limita la supervisión del fuego. Ante ello, se requiere una mayor educación, regulación y apoyo técnico en el uso del fuego. Recientemente, Zubieta et al. (2025), en un estudio en el sur del Perú, resaltan la necesidad de adoptar estrategias integradas que combinen la gestión del fuego con conocimientos tradicionales, de manera que favorezcan la actividad agrícola y ganadera y disminuyan el riesgo de incendios.

2.1.12. Vulnerabilidad de los ecosistemas de matorral andino frente a fuegos forestales en el Perú

Según Zubieta et al. (2021a), los ecosistemas de pastizales en Perú presentan la mayor vulnerabilidad frente a los incendios, seguidos de matorrales y bosques. No obstante, el matorral andino constituye la tercera prioridad en los escenarios de riesgo frente a fuegos forestales. En la región de Cusco, el informe del CENEPRED (2020) indica que más de 919 692 ha de vegetación de tipo pajonal húmedo altoandino, y 254 198 ha de pajonal húmedo altimontano se encuentran en situaciones de riesgo extremo ante la ocurrencia de incendios, sugiriendo que las coberturas arbustivo-herbáceas, incluidos los matorrales andinos, también presentan una elevada vulnerabilidad. Este escenario incluye la exposición de 4 zonas arqueológicas y 12 sitios arqueológicos dentro del nivel de riesgo más elevado, evidenciando la amenaza del fuego para el patrimonio cultural.

De forma más específica, las coberturas clasificadas como pajonal húmedo subnival suman aproximadamente 233 154 ha en riesgo muy alto, y otras 107 349 ha se encuentran en nivel alto, lo que refuerza la necesidad de enfocar la atención en vegetaciones similares a matorrales andinos, dada su estructura herbáceo-arbustiva y su susceptibilidad al fuego.

Según el Ministerio del Ambiente (2024), los pastizales son los ecosistemas más impactados por los incendios, mientras que los matorrales andinos y los bosques naturales

presentan niveles de afectación relativamente menores. Esto es corroborado por Zubieta et al., 2021a y Ccanchi, 2021. Por ejemplo, en la región de Cajamarca, los matorrales arbustivos representan la segunda cobertura vegetal más vulnerable, con un 25.9 % de exposición al fuego, equivalente a 77,135.33 hectáreas, donde predominan como combustibles los arbustos y hierbas (Nakada, 2022).

Por otro lado, los suelos con aptitud forestal (F), que abarcan aproximadamente 2'093,173.20 hectáreas en la sierra peruana, presentan alta vulnerabilidad debido a sus pendientes pronunciadas. En particular, las regiones de Cusco, Apurímac y Áncash han perdido cerca de 2'443,207 hectáreas de matorrales como consecuencia directa de incendios forestales (Manta, 2017). A diferencia de ecosistemas herbáceos, donde la carga vegetal es mucho menor (material vegetal seco o húmedo), el uso del fuego en matorrales o cuya propagación de quema alcance en ecosistemas arbustivos es altamente peligroso y puede difícil de extinguir. Por ejemplo, durante las emergencias declaradas por el gobierno en 2016 y 2024, los ecosistemas más afectados fueron precisamente ecosistemas boscosos y matorrales (PCM, 2016; PCM, 2024).

2.1.13. Períodos de ocurrencia de incendios en la región andina del Perú

En las zonas altoandinas, los incendios se relacionan principalmente con la quema de pastizales y restos agrícolas, actividad que se intensifica de manera estacional entre julio y noviembre (Álvarez et al., 2023). De acuerdo con Manta (2017), estos incendios pueden intensificarse o prolongarse durante periodos de sequía, dado que la menor humedad del material vegetal incrementa la facilidad de propagación del fuego. A escala nacional, los meses con mayor frecuencia de estos eventos son agosto y noviembre (Zubieta et al., 2019). No obstante, esto puede variar dependiendo de la región en el Perú y el momento de inicio de la temporada de lluvias, que limita la propagación de los incendios. Esta situación es

particularmente relevante en los Andes peruanos, donde la distribución espacial y temporal de las precipitaciones resulta altamente compleja (Espinoza et al., 2009). Por ejemplo, los periodos de sequía en los Andes pueden favorecer un aumento de hasta el 400 % en la frecuencia de incendios, como ocurrió en los años 2005, 2010, 2016 y 2020 (Zubieta, 2023).

2.1.14. Efectos del fuego sobre las propiedades del suelo

El suelo es un elemento fundamental de los ecosistemas forestales y puede experimentar múltiples cambios debido a los incendios. Entre las propiedades físicas más afectadas por el calor generado se incluyen la textura, el porcentaje de arcilla, la estructura del suelo, la densidad aparente y la porosidad (González, 2017). Estas alteraciones pueden dificultar la recuperación de la vegetación, dejando el suelo descubierto por más tiempo y susceptible a la acción de procesos erosivos. La magnitud de estas alteraciones suele aumentar conforme se incrementa la severidad del incendio (Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

Asimismo, la degradación de las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo puede limitar, de forma temporal o incluso prolongada, el desarrollo de la vegetación, especialmente en el horizonte superficial, donde los impactos del fuego son más inmediatos (Román et al., 2024). La intensidad del calor generado durante los incendios determina la magnitud de estos efectos: en incendios de alta intensidad, la temperatura superficial del suelo puede alcanzar hasta 1000 °C en bosques de coníferas, entre 500 y 700 °C en matorrales y rondar los 200 °C en pastizales (Martínez et al., 1991, citado en Rosero y Osorio, 2013).

2.1.15. Efectos del fuego sobre la condición física del suelo

a. Textura: En los matorrales, la profundidad promedio del suelo mineral está carbonizada en el orden de menos de 0,4 pulgadas (1 cm) (Neary, 2005). La textura y la estructura no se alteran notablemente. Suele incrementarse la textura en la porción de arena en los terrenos quemados (Mataix-Solera y Cerda, 2009). Elementos que conforman la fracción

textural del suelo, compuesta por arena, limo y arcilla, presenta una elevada resistencia térmica, por lo que usualmente no experimenta modificaciones debido a la acción del fuego, salvo cuando se alcanzan temperaturas muy altas en los estratos superficiales del suelo, particularmente en el horizonte A. La arcilla es la parte textural más susceptible, ya que su textura es más susceptible inicia el cambio hacia temperaturas del suelo cercanas a 400 °C, alcanzando una completa devastación con temperaturas que oscilan entre 700 y 800 °C. Para que el limo o la arena experimenten impactos, se necesitan temperaturas que superen los 1,414 °C (Neary, 2005).

2.1.16. Efectos del fuego sobre la condición química del suelo

a. Potencial de hidrogeniones (pH): Después de un incendio, el pH del suelo suele incrementarse como consecuencia de la acumulación de cenizas ricas en compuestos básicos, como el carbonato de potasio (K_2CO_3), el cual genera un medio alcalino al hidrolizarse en contacto con el agua. Sin embargo, este efecto puede ser transitorio: en condiciones de lluvias intensas, los cationes básicos se lixivian, lo que puede generar una disminución del pH incluso por debajo de los niveles originales (De Las Heras et al., 2001; Sabuco, 2013). La respuesta del pH frente a un disturbio varía en función de múltiples factores, tales como el tipo de vegetación quemada, las temperaturas alcanzadas durante el incendio y y el grado de combustión alcanzado por la biomasa, determinante en la conformación química de las cenizas generadas (Mataix-Solera y Cerdà, 2009).

Tabla 2:

Clasificación de los suelos según intervalos de pH.

Intervalo de pH	Categoría
< 3,5	Ultra acido
3,6 – 4,4	Extremadamente acido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente acido
5,1 – 5,5	Fuertemente acido

5,6 – 6,0	Moderadamente ácido
6,1 – 6,5	Ligeramente ácido
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.º 005-2020-MIDAGRI (2020).

b. Conductividad eléctrica (C.E.): Tras un incendio forestal, la conductividad eléctrica del suelo puede incrementarse de manera transitoria como consecuencia de la disolución de sales minerales presentes en las cenizas, incluyendo iones como K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} . Sin embargo, a medida que transcurre tiempo, las lluvias arrastran estos elementos por lixiviación, lo que genera una disminución progresiva de la conductividad eléctrica (Mataix-Solera y Cerdà, 2009). La CE es un indicador esencial para evaluar la salinidad del suelo. Aunque anteriormente se expresaba en mmhos/cm, hoy se usa la unidad decisiemens por metro (dS/m), siendo ambas equivalentes ($1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ dS/m}$) (Yasser y Hamed, 2023).

Tabla 3: Categorías de salinidad edáfica y respuesta de la vegetación

Categorías de salinidad edáfica y respuesta de la vegetación.

Grupo USDA	Extracto de saturación (dS/m)	Contenido salino del suelo (g de sal/100 g de suelo)	Respuesta fisiológica de las plantas	Clasificación
I (A)	0-0.8	0-0.05	Tolerante	Baja salinidad
	0.8-2	0.05-0.13	Óptimo	Moderada baja salinidad
II (B)	2-4	0.13-0.26	Moderadamente baja sensible	Moderada alta salinidad
III (C)	4-8	0.26-0.51	Moderadamente alta sensible	Salino
IV (D), V (E), VI (F)	8-16	0.51-1.02	Sensible	Muy salino

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.º 005-2020-MIDAGRI (2020).

c. Materia orgánica (M.O.): La materia de origen orgánico contenida en el suelo puede verse significativamente reducida tras un incendio forestal, especialmente en los primeros 5 cm del perfil edáfico. Esta pérdida depende de la severidad del incendio y del nivel térmico

alcanzado, se considera que cuando las temperaturas superan aproximadamente los 450 °C se produce una combustión más intensa de la materia orgánica. En eventos de alta severidad, puede perderse hasta un 40 % de la M.O. superficial, equivalente a 35–40 Tn/Ha. No obstante, incendios de baja intensidad pueden generar efectos opuestos, favoreciendo la acumulación de materia orgánica residual no completamente oxidada, o la adición de nutrientes desde la ceniza (De Las Heras et al., 2001; Sabuco, 2013).

Tabla 4:

Parámetros de fertilidad de materia orgánica.

Nivel	Materia Orgánica (%)
Muy baja	Menor de 1.0
Baja	1.0 – 2.0
Medio	2.0 – 3.5
Alta	3.5 – 5.0
Muy alta	Mayor de 5.0

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.º 005-2020-MIDAGRI (2020).

d. Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.): La CIC refleja la capacidad del suelo para almacenar y poner a disposición cationes esenciales como K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ está estrechamente vinculada al contenido de fracciones arcillosas y materia orgánica. Posteriormente a un evento de incendio, es común registrar incrementos transitorios de estos elementos, asociados a la disolución de compuestos presentes en las cenizas (Mataix et al., 1996). Sin embargo, este incremento no implica necesariamente una mejora en la CIC, ya que dichos cationes pueden ser rápidamente arrastrados por lixiviación (Ruiz del Castillo, 1988). Además, concentraciones elevadas de ciertos elementos pueden alterar el equilibrio iónico y dificultar la absorción de otros nutrientes esenciales (Herranz et al., 1991).

Tabla 5:

Indicadores edáficos empleados para la evaluación de la fertilidad del suelo en función de la

capacidad de intercambio catiónico.

Nivel	CIC (meq/100 g de suelo)
Muy baja	Menor de 5
Baja	5 – 10
Medio	10 – 20
Alta	20 – 40
Muy alta	Mayor de 40

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.° 005-2020-MIDAGRI (2020).

e. Contenido de nitrógeno (N): El nitrógeno es muy sensible al fuego debido a que se volatiliza fácilmente. Durante un incendio, especialmente de baja o moderada intensidad, puede perderse en forma de gases como NO_x y N₂. Aunque a veces se observa un aumento temporal del nitrógeno en el suelo por las cenizas, este efecto dura poco, ya que las lluvias lo arrastran fácilmente al ser poco retenido por el suelo (De Las Heras et al.2001; Sabuco, 2013). Incendios repetitivos también reducen las reservas de nitrógeno en la biomasa subterránea, como en *Quercus coccoifera*, lo que afecta su capacidad de regeneración (Ferran et al., 2005). Cabe destacar que el nitrógeno no es aportado al suelo por meteorización del material rocoso inicial, sino a través de fijación atmosférica o insumos externos como fertilizantes sintéticos (Neary et al., 2005).

Tabla 6:

Fertilidad de nitrógeno.

Nivel	Nitrógeno (%)
Muy bajo	Menor de 0.05
Bajo	0.05 – 0.15
Medio	0.15 – 0.25
Alto	0.25 – 0.50
Muy alto	Mayor de 0.50

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.° 005-2020-MIDAGRI (2020).

e. Contenido de fósforo (P): Luego de eventos de quema, se observa una mayor disponibilidad de fósforo en el suelo, especialmente en los primeros centímetros del perfil de 0 a 3 cm (Hermitaño y Crisóstomo, 2020). Este aumento está asociado a la transformación de la

materia orgánica por efecto del calor, lo que favorece la liberación de compuestos que contienen fósforo. Sin embargo, este efecto tiende a disminuir en capas más profundas del suelo (Román, 2022). Sin embargo, a pesar del incremento aparente, la disponibilidad real para las plantas puede ser limitada, ya que el fósforo se encuentra asociado a la materia orgánica y a micorrizas, lo que restringe su asimilación directa desde la solución del suelo (Neary et al., 2008).

Tabla 7:

Parámetros edáficos asociados a la disponibilidad de fósforo en el suelo.

Nivel	Fosforo disponible (ppm)
Muy bajo	Menor de 4
Bajo	4 - 7
Medio	7 - 14
Alto	Mayor de 14

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.° 005-2020-MIDAGRI (2020).

f. Contenido de potasio (K): El potasio disponible en el suelo tiende a incrementarse como consecuencia del incendio, siendo más evidente en los primeros centímetros del perfil edáfico (0–3 cm). Este aumento se debe a la disponibilidad de formas solubles de potasio como resultado de la quema del material vegetal, que se depositan como cenizas sobre la superficie del suelo (Montalvo e Hilario, 2020). En pastizales altoandinos, se ha registrado un ligero aumento de K después de incendios recientes, aunque esta respuesta puede variar según la fuerza del evento ígneo y la eficiencia del suelo en la retención de compuestos (Román, 2022).

Tabla 8:

Parámetros edáficos asociados a la disponibilidad de potasio en el suelo.

Nivel	Potasio disponible (ppm)
Muy bajo	Menor de 40
Bajo	40 - 80
Medio	80 - 150
Alto	Mayor de 150

Fuente: Elaboración adaptada a partir del D.S. N.° 005-2020-MIDAGRI (2020).

2.1.17. Impacto de los eventos de incendio en la cobertura y composición vegetal

La dinámica entre la vegetación y los eventos de incendio se manifiesta a través de las transformaciones estructurales, funcionales y composicionales que el fuego induce cambios en el paisaje. No obstante, durante la etapa de regeneración de la cobertura vegetal, de especies nativas por exóticas puede originar efectos adversos, tales como una menor capacidad de interceptación de las precipitaciones, alteraciones en la circulación atmosférica local y una mayor variabilidad térmica y edáfica (González, 2017).

El proceso de regeneración luego del disturbio por fuego, depende de los rasgos funcionales de las especies presentes, especialmente de aquellas que poseen órganos subterráneos como rizomas o yemas hipogeas, los cuales facilitan el rebrote y contribuyen a la resiliencia ecológica del sistema (De la Cruz-Arango y Cóndor, 2023).

De igual modo, la reducción del manto vegetal, con énfasis en las formaciones naturales originales, genera modificaciones en la composición de las comunidades vegetales y restringe la producción de frutos, afectando los procesos ecológicos de las especies animales vinculadas. La disminución de la superficie boscosa genera un incremento en la exposición del suelo a la radiación solar, facilitando propicia cambios en la estructura y diversidad vegetal (Sabuco, 2013).

2.1.18. Resiliencia y respuesta adaptativa de la vegetación frente a incendios forestales

La resiliencia ecológica refleja la capacidad que tiene un ecosistema para recuperarse después de atravesar una perturbación, como un incendio forestal. Esta capacidad no solo implica volver a un estado similar al original, sino también mantener su equilibrio funcional y continuar brindando servicios ecosistémicos.

Solera (2009) explica que, tras un incendio, muchos ecosistemas inician un proceso de regeneración natural donde las plantas rebrotan desde raíces o rizomas que resistieron el calor. Este proceso demuestra la fuerza adaptativa de la vegetación frente al fuego, aunque la

diversidad específica y la organización estructural del paisaje puedan modificarse.

De acuerdo con De la Cruz-Arango y Cóndor (2023), en los ecosistemas andinos la recuperación varía según la intensidad del incendio, el nivel de alteración del suelo y el contexto climático que sigue al disturbio. En zonas donde el fuego no ha sido demasiado intenso, las especies nativas suelen mostrar una rápida respuesta de rebrote, ayudando a estabilizar el suelo y restablecer el equilibrio ecológico. En cambio, cuando el fuego ha sido severo, la recuperación puede ser lenta y requerir años hasta restablecer la cobertura vegetal original.

2.1.19. Mecanismos de regeneración vegetativa post-incendio

La regeneración vegetativa es una de las estrategias más importantes de la naturaleza para enfrentar los efectos del fuego. A través de ella, muchas especies logran sobrevivir rebrotando desde tallos, raíces o ramas que quedaron intactas, o aprovechando las condiciones favorables que deja el incendio, como el aumento temporal de nutrientes en el suelo.

En sentido amplio, el cerrado ubicado en Brasil puede considerarse parte de una gran ecoclina (gradiente de cambios graduales en las características de una especie en distintos espacios del paisaje, en los cuales las poblaciones se adaptan a variaciones ambientales) , bajo un único clima tropical estacional (Coutinho, 1990).

Spadoni et al., 2025, llevo a cabo un estudio en el ecosistema Cerrado en el Brasil, El Cerrado es la sabana tropical más extensa del mundo, con una amplia gama de tipos de vegetación con diferente sensibilidad al fuego. La estructura, el funcionamiento y la rica biodiversidad de las formaciones (no forestales) están estrechamente relacionados con la presencia del fuego, En este ecosistema el fuego es una perturbación natural utilizada por las comunidades indígenas para su preservación. Actualmente, el Cerrado brasileño se ve amenazado por una de vegetación sustancial (es decir, la conversión de vegetación nativa a usos humanos del suelo) y alteraciones en el régimen estacional de incendios, lo que afecta negativamente a la biodiversidad, la población y la regulación climática global. A diferencia

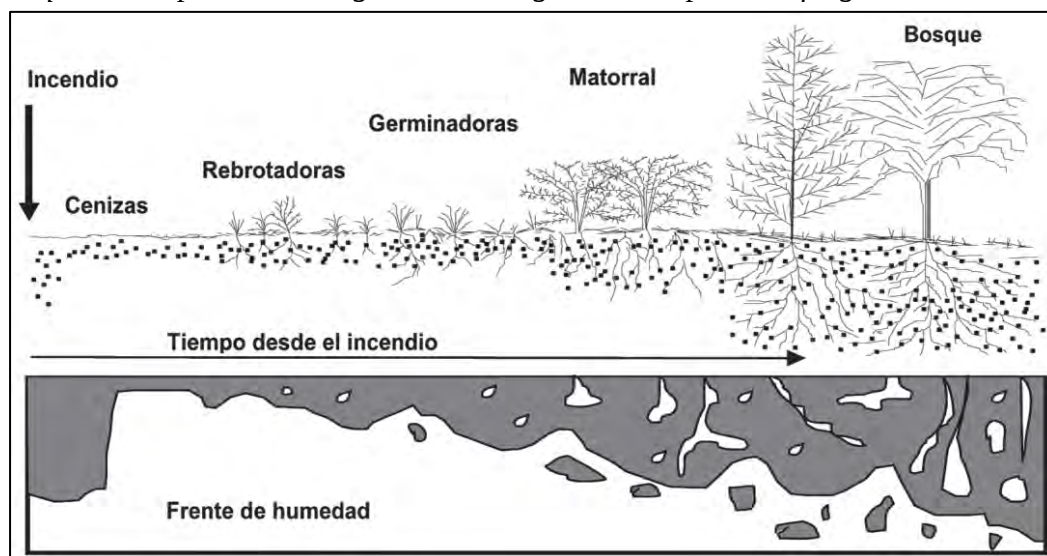
de ecosistemas amazónicos, en ecosistemas andinos, una serie de impactos también se pone manifiesto.

Solera (2009) señala que, luego del fuego, la desaparición de la vegetación protectora altera los niveles de radiación lumínica, contenido hídrico y temperatura ambiental, creando un ambiente propicio para que germinen especies pioneras. Estas plantas cumplen un papel fundamental, pues protegen el suelo, reducen la erosión y abren el camino para que, con el tiempo, se restablezcan especies más complejas.

Por su parte, De la Cruz-Arango y Córdor (2023) mencionan que en los ecosistemas de matorral andino la regeneración puede variar dependiendo del grado de intensidad del fuego y de las condiciones edáficas, aunque comúnmente se registra una recuperación paulatina de la vegetación, especialmente cuando el suelo mantiene su estructura y fertilidad.

Figura 4:

Esquema del proceso de regeneración vegetativa después del fuego.



Fuente: Tomado de Solera et al. (2009).

2.1.20. Procesos de resiliencia y recuperación ecológica después de incendios forestales

El estudio de la regeneración natural ayuda a entender los procesos que provocan modificaciones en la composición y organización de las especies dentro de los ecosistemas (Gómez y Burley, 1991, citado por Salcedo, 2021).

De acuerdo con Salcedo (2021), citando a Aguirre (2013), el estudio de la regeneración natural se realiza en áreas delimitadas, empleando unidades específicas para anotar las observaciones según la categoría vegetal evaluada. En estas secciones se registran todos los individuos relevantes, clasificándolos según categorías predeterminadas, lo que permite reflejar la heterogeneidad y riqueza de especies en cada comunidad vegetal.

Según Gutiérrez et al. (2024), la influencia de los incendios sobre los ecosistemas de altura, especialmente los pastizales de puna, generan cambios significativos sobre la diversidad de especies y las propiedades edáficas, observándose una respuesta ecológica variable considerando la severidad del fuego y del tipo de vegetación afectada. Los autores señalan que las especies herbáceas pioneras suelen mostrar signos de rebrote en los primeros meses tras el incendio, mientras que la recuperación estructural y funcional del ecosistema puede extenderse entre dos y cinco años.

Asimismo, Salcedo (2021), citando a Matteucci y Colma (1982), indica que debido a que generalmente resulta inviable contabilizar todos los individuos presentes en una comunidad, se aplican técnicas de muestreo que permiten aproximar los parámetros poblacionales. Estas metodologías implican seleccionar el área de estudio y determinar la manera de localizar y organizar las unidades donde se realizará la recolección de datos, el número y tamaño de las muestras, así como la forma y dimensiones de cada unidad de registro.

2.1.21. Indicadores de diversidad vegetal

La diversidad biológica de un ecosistema no se basa únicamente en el recuento de especies presentes, sino también de la distribución de los individuos entre ellas. En muchas comunidades, algunas especies son muy abundantes mientras que otras son raras; entre mayor es la dominancia de algunas especies y menor la presencia de las restantes, menor es la

diversidad comunitaria. Por ello, conservar la biodiversidad requiere prestar especial atención a las especies menos comunes (De La Cruz-Arango y Córdor, 2023).

Para evaluar la diversidad se utilizan índices que integran dos componentes principales: se considera tanto la cantidad de especies como la igualdad en la distribución de sus individuos. La diversidad florística se analizó utilizando dos indicadores ampliamente empleados en estudios ecológicos. El primero corresponde al índice H' , el cual considera simultáneamente la cantidad de especies presentes y la distribución relativa de sus individuos dentro de la comunidad. El segundo indicador fue el índice de Margalef, orientado principalmente a estimar la riqueza específica en función del tamaño de la muestra analizada (MINAM, 2015).

2.2. Marco conceptual

Para clarificar el uso de términos en la tesis, una serie de palabras, acrónimos o frases han sido definidas a continuación:

- **Áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices):** Son las zonas que han sido recorridas por el fuego. Esta información es identificada y delimitada por entidades como el SERFOR y el MINAM, permitiendo ubicar espacialmente las cicatrices de incendios mediante polígonos georreferenciados (CENEPRED, 2020; Neary et al., 2005).
- **Biomasa:** Masa total de material vegetal (vivo o muerto) presente en un ecosistema natural, susceptible de ser consumida por el fuego (Neary et al., 2005).
- **CENEPRED:** Es el Centro Nacional encargado de la estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres. Este organismo público tiene la responsabilidad de coordinar y promover acciones orientadas a disminuir los riesgos de desastres, además de fortalecer capacidades en la gestión prospectiva y correctiva del riesgo, dentro del marco del *Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres* (SINAGERD) (CENEPRED, 2024).

- **Cobertura vegetal:** Corresponde a la proporción del terreno que se encuentra cubierta por la parte aérea de las plantas dentro de una parcela o área de muestreo. Este indicador es útil para estimar la abundancia de especies en situaciones donde resulta difícil determinar la densidad de los individuos debido a su tamaño o forma (Matteucci y Colma, 1982, citado por Salcedo, 2021).
- **COEN:** Corresponde al *Centro de Operaciones de Emergencia Nacional*, una entidad dependiente del SINAGERD responsable de coordinar, supervisar y proporcionar información oficial sobre emergencias, riesgos y desastres en todo el país. Funciona de manera continua a nivel nacional, regional y local (INDECI, 2024).
- **COER:** Corresponde al *Centro de Operaciones de Emergencia Regional*, entidad dependiente del SINAGERD que realiza de manera permanente la vigilancia, coordinación y difusión de datos sobre emergencias, riesgos y desastres en cada región del país. Su función principal es articular la respuesta ante situaciones de emergencia entre las instituciones regionales y el COEN (INDECI, 2024).
- **Combustible aéreo:** Material vegetal inflamable ubicado a más de 2 metros sobre el suelo mineral, como copas de árboles y ramas altas (Neary et al., 2005).
- **Combustible disponible:** Cantidad del material vegetal combustible que puede encenderse y sostener un fuego, dependiendo de factores como humedad, densidad y condiciones ambientales (Neary et al., 2005).
- **Datos PISCO:** Son datos de precipitación que se obtienen del producto PISCO del SENAMHI, una base de datos nacional con información climática interpolada cada 5 km. Esta herramienta permite estimar la lluvia en zonas donde no existen estaciones meteorológicas y se usa para estudios hidrológicos, análisis de sequías y balance hídrico (Román, 2023).
- **Efectos del fuego:** Alteraciones de tipo físico, químico y biológico que el fuego genera

sobre los ecosistemas naturales (Neary et al., 2005).

- **Focos de calor:** Son puntos térmicos detectados por sensores satelitales que presentan temperaturas significativamente más altas en relación con su entorno, indicando posible actividad de fuego reciente o activo (SERFOR, 2020). Un foco de calor es definido como anomalía térmica detectada a través de un producto MCD14DL del sensor MODIS del satélite TERRA (Giglio., 2018).
- **Incendio forestal:** Evento no controlado que involucra la propagación del fuego sobre vegetación natural o inducida, como bosques, pastizales, sabanas o humedales, y puede ser de origen natural o antrópico (Pausas, 2020, p. 5).
- **Instituto Geofísico del Perú:** Organismo estatal dedicado a la investigación científica de los fenómenos geofísicos, atmosféricos e hidrológicos en el territorio peruano. Mediante la Dirección de Ciencias de la Atmósfera, Hidrósfera y Cambio Climático (DCAHCC), el IGP realiza investigaciones enfocadas en el monitoreo climático, la modelación atmosférica y el análisis de cómo el cambio climático afecta los ecosistemas y los recursos hídricos del país (IGP, 2023).
- **Estatuto comunal:** Conjunto de normas que regulan la vida comunitaria, la gestión del espacio territorial y de los recursos naturales, considerando las tradiciones y la organización interna de la comunidad. Además, regula la propiedad comunal registrada formalmente (Churats y Álvarez, 2021).
- **Ocurrencia del incendio:** Cantidad o frecuencia de incendios que se registran en una zona específica a lo largo de un intervalo de tiempo determinado (Neary et al., 2005).
- **Plantas herbáceas:** según Serra (2008), son aquellas plantas que presentan tallos blandos y no lignificados, generalmente de crecimiento bajo y flexible, que mueren al final de su ciclo anual o estacional. Estas plantas no desarrollan estructura leñosa permanente y se regeneran principalmente a partir de semillas o estructuras subterráneas.

- **Plantas leñosas:** de acuerdo con Serra (2008), son aquellas que desarrollan tallos y ramas lignificados, lo que les permite mantener su estructura a lo largo de los años. Este grupo incluye árboles y arbustos, cuya longevidad y resistencia contribuyen a la estabilidad y estructura principal de los ecosistemas.
- **Plantas según su ciclo de vida:** según Serra (2008), las plantas se clasifican en anuales, bianuales y perennes. Las plantas anuales finalizan su ciclo de vida en una sola temporada, creciendo desde que emergen hasta que producen semillas, tras lo cual mueren. Las plantas bianuales completan su ciclo vital en dos temporadas: durante la primera se desarrollan y crecen, y en la segunda florecen y producen semillas. Las perennes, en cambio, viven varios años, florecen y producen semillas repetidamente, y pueden ser de hoja caduca o perenne, mostrando gran resistencia a las condiciones ambientales adversas.
- **Quema agrícola:** Práctica tradicional usada en la preparación de tierras para cultivo, consistente en la quema de residuos vegetales. En zonas altoandinas, suele iniciarse desde las partes bajas del terreno para evitar la propagación descontrolada (FAO, 2024).
- **Quema controlada:** Es el uso intencional del fuego bajo condiciones ambientales específicas (humedad, viento, temperatura) y objetivos definidos, con el fin de reducir combustibles o restaurar ecosistemas (Neary et al., 2005; FAO, 2025)).
- **Quema prescrita:** Es referida a una quema controlada y cuya aplicación implica una acción planificada descrita en un documento técnico que establece objetivos ecológicos y operativos del fuego, así como parámetros meteorológicos y de combustible que deben cumplirse para autorizar su ejecución (Neary et al., 2005).
- **MINAM:** El *Ministerio del Ambiente* (MINAM) es la institución encargada de establecer, coordinar y supervisar las políticas ambientales en el Perú. Su trabajo busca conservar los recursos naturales, promover su uso sostenible y garantizar un entorno

saludable que favorezca el bienestar humano. Además, lidera el *Sistema Nacional de Gestión Ambiental*, impulsando acciones en materia de cambio climático, protección de la biodiversidad y control de la contaminación (MINAM, 2023).

- **Muestra simple:** Unidad de muestreo tomada en un momento y lugar determinado, que representa una porción del suelo para su análisis posterior (MINAN, 2014).
- **Recuperación ecosistémica:** De acuerdo con Neary et al. (2005), los incendios forestales generan alteraciones en la vegetación y en las propiedades físico-químicas del suelo, cuya magnitud y duración dependen de la severidad del fuego y de las condiciones ambientales del sitio. En este contexto, la recuperación ecosistémica se entiende, en el presente estudio, como el proceso progresivo mediante el cual el ecosistema inicia la regeneración de la cobertura vegetal y la estabilización de las propiedades del suelo luego del disturbio ocasionado por el incendio forestal.
- **Resiliencia:** Capacidad que tiene un ecosistema de recuperarse y retornar a su condición inicial luego de haber experimentado una perturbación. Esta habilidad está determinada por las propiedades de las especies presentes en el ecosistema y su capacidad para sobrevivir y ajustarse a las variaciones del ambiente (Díaz, 2003, citado por Salcedo, 2021).
- **Transecto:** Línea de muestreo en campo utilizada para registrar la composición y cobertura vegetal (Gutiérrez et al., 2024).
- **SENAMHI:** Es el organismo público peruano responsable de recopilar, analizar y difundir información sobre clima, hidrología y meteorología. Su función es apoyar la planificación del desarrollo, la protección ambiental y la gestión de riesgos ante desastres (SENAMHI, 2023).
- **SERFOR:** Es el organismo rector encargado de supervisar la gestión de los bosques y la fauna silvestre en el Perú, estableciendo políticas, normas y directrices para su

conservación, uso sostenible y protección (SERFOR, 2020).

- **Severidad del incendio:** La severidad del incendio se entiende como el grado de impacto que el fuego tiene sobre los componentes del ecosistema, expresado en cambios ecológicos posteriores al evento (Neary et al., 2005). Autores en ecología del fuego, como Pausas en su enfoque general sobre incendios como perturbaciones ecológicas, señalan que estos efectos varían según la intensidad térmica, la duración del fuego y las condiciones ambientales del sitio (Pausas, 2020).
- **SINAGERD:** Corresponde al sistema nacional encargado de coordinar y articular acciones interinstitucionales para identificar, reducir, preparar y responder frente a situaciones de desastre en el Perú. Funciona de manera descentralizada y promueve la participación de distintos actores (PCM, 2011).
- **Suelo:** Es la capa superficial de la Tierra compuesta por minerales, materia orgánica, agua, aire y seres vivos, cuya profundidad y características varían según la ubicación y los procesos de formación (MINAN, 2014).

2.3. Antecedentes empíricos de la investigación

2.3.1. Antecedentes para la variable: *Propiedades físico – química del suelo*

Sales (2023) llevó a cabo una investigación orientada a analizar las alteraciones generadas por los incendios forestales sobre las propiedades edáficas, con especial énfasis en los cambios asociados al contenido de materia orgánica del suelo. Este estudio fue desarrollado en el contexto del XL Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal, organizado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en España. El área de estudio comprendió los municipios de **Alajar y Zona de Sierra de San Cristóbal en Andalucía, España** (p. 6).

El objetivo general fue, profundizar el conocimiento científico sobre los efectos de los incendios sin control sobre las propiedades físico-químicas de suelos forestales,

considerando particularmente la respuesta de la materia orgánica (p. 6). Su metodología fue, recolectar muestras a 10 cm de profundidad en áreas con diferentes tipos de vegetación (alcornoque, cedro y pino) que sufrieron incendios, para evaluar cómo las características de la biomasa influyen en las modificaciones edáficas post-incendio y se determinaron parámetros como el pH, la conductividad eléctrica, carbonatos, fertilidad, textura y contenido de materia orgánica, aplicando metodologías estandarizadas de laboratorio ampliamente utilizadas en estudios edafológicos (pp. 7–14). Como resultado se observó que ciertos parámetros como el pH y los carbonatos no mostraron variaciones notables tras el incendio. Sin embargo, se observaron descensos importantes en la fracción limo, así como en las concentraciones de potasio, calcio y magnesio en los suelos quemados, independientemente del tipo de vegetación. Otros cambios fueron más específicos, por ejemplo, el fósforo aumentó en casi todos los casos, salvo bajo alcornoque, mientras que la conductividad eléctrica solo aumentó significativamente en ese mismo tipo de cobertura. El nitrógeno mostró reducciones generalizadas, con excepción del suelo bajo pino. En cuanto a la textura, la fracción arena disminuyó en la mayoría de los suelos afectados, salvo en el caso del suelo bajo castaño, y la arcilla presentó respuestas variables según la vegetación analizada (pp. 23-35). El estudio concluye que los efectos del fuego sobre las propiedades del suelo no responden a un patrón homogéneo, sino que están fuertemente condicionados por las características de la biomasa afectada. Estos hallazgos ponen en evidencia la importancia de considerar las particularidades del ecosistema al analizar el impacto de los incendios forestales sobre la calidad edáfica (p. 6).

Certini (2005), motivado por identificar los principales efectos que los incendios generan sobre las propiedades físico-químicos de los suelos forestales, realizó una revisión científica de más de 100 investigaciones empíricas y teóricas procedentes de **diferentes partes**

del mundo, en su artículo de investigación titulado: *Influencia de los incendios en las características edáficas de los suelos forestales*, que publico en la revista *Oecologia* (p. 1).

El objetivo general fue describir con precisión los impactos del fuego en los componentes físicos-químicos del suelo; destacando cómo estos efectos están condicionados por las características edáficas, el tipo de cobertura vegetal involucrada y el grado de severidad del fuego (pp. 2-3). Entre los primeros resultados encontró que la alteración de la acidez del suelo: el pH puede aumentar o disminuir tras un incendio, en función del proceso de quema y de las características químicas del material residual generado. Encontrando reportes que indican que, existe una pérdida significativa de los componentes orgánicos y de los cambios en la configuración del suelo, afectando de manera desfavorable su estabilidad y su aptitud para conservar humedad. A nivel químico, el fuego incrementa temporalmente la presencia y accesibilidad de nutrientes del suelo, entre ellos el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio; sin embargo, estos beneficios pueden ser transitorios debido al riesgo de lixiviación y erosión post-incendio. Un aspecto especialmente crítico es la pérdida de nitrógeno, considerado el nutriente más sensible al fuego por su volatilidad (pp. 3-7). El estudio concluye que el fuego no siempre genera consecuencias negativas: sus efectos pueden ser beneficiosos o perjudiciales, dependiendo de la severidad, frecuencia y contexto ecológico del evento. Por esta razón, recomienda que el fuego sea gestionado con base científica en función de cada ecosistema particular (p. 8).

Carrión-Paladines et al. (2023), motivados por conocer los efectos del fuego provocado por actividades antrópicas sobre los rasgos edáficos que caracterizan a los sistemas naturales de páramo del sur de Ecuador, llevaron a cabo una investigación denominada: *Efectos del fuego de baja severidad en las propiedades físico-químicas del suelo en un páramo andino en el sur de Ecuador*, la cual publicaron en la revista científica *Fire* (p. 1). La zona seleccionada para el

desarrollo del estudio fue la parroquia indígena Saraguro, perteneciente a la provincia de **Loja**, **en territorio ecuatoriano**.

El objetivo general fue realizar una quema experimental con diferentes patrones de ignición en una meseta en el sur de Ecuador para analizar los efectos en las propiedades del suelo (p. 1). La metodología consistió en la realización de quemas experimentales, a partir de las cuales se analizó la dinámica del fuego mediante el registro de la altura de las llamas, la rapidez de avance, las temperaturas generadas en el suelo y el nivel de severidad. Asimismo, se analizó material de suelo correspondiente al estrato de 0–10 cm, tanto a las 24 horas como a un año después de ocurrido las quemas controladas, con la finalidad de evaluar los cambios experimentados por el suelo en sus componentes físicos y químicos (pp. 2–6). En el resultado los investigadores señalan que el intervalo más adecuado para una mayor ignición es durante el fenómeno del Veranillo del Niño, debido a condiciones climáticas como la una disminución en los niveles de humedad atmosférica, acompañada por un aumento térmico y una mayor radiación incidente; pero, principalmente, la ausencia de precipitación (p. 14). Además, observaron que las quemas de baja severidad no tienen efectos significativos en los componentes físico-químicos del suelo, incluyendo la fracción orgánica y el suministro de nutrientes esenciales, incluso hasta un año después de ocurrido la quema (p. 14). Como conclusión, los autores destacan que estos resultados hallados pueden ser ayudar a implementar políticas que permitan utilizar el fuego en la agricultura utilizando medidas de prevención. Sin embargo, recomiendan implementar un monitoreo a largo plazo para evaluar los mecanismos de degradación edáfica y la reducción de nutrientes por lixiviación (p. 15).

Hermitaño y Crisóstomo (2021), inquietados por conocer los efectos d respecto al impacto que generan las quemas de pastos en la calidad del suelo (p. 2), Los autores realizaron

una investigación orientada a *evaluar la influencia de la quema de pastizales sobre las características del suelo*; desarrollando como trabajo académico conducente a la obtención del grado profesional en Ingeniería Ambiental, publicada en el Repositorio Institucional de la Universidad Continental; El trabajo se desarrolló en el distrito de Huamancaca Chico, dentro de la provincia de Chupaca, región **Junín**.

El objetivo central de la investigación fue identificar los cambios en las propiedades del suelo ocasionados por la quema de pastizales en el ámbito local (p. 3). En la metodología se implementaron parcelas experimentales con quemas controladas, empleando un diseño experimental aleatorizado por bloques completos, considerando dos factores con dos niveles cada uno y dos repeticiones por tratamiento. Las muestras edáficas se recolectaron en dos rangos de profundidad, comprendidos entre 0–3 cm y 3–5 cm, con tres repeticiones en cada muestra por parcela antes del fuego y cinco muestras después de la quema (pp. 35–47). La evaluación de los resultados indicó que la quema alteró de manera diferenciada los atributos del suelo, provocando disminuciones notorias en la densidad aparente, la fracción de arcilla y el calcio, mientras que se evidenciaron incrementos relevantes en el limo, la reacción del suelo (pH), la materia orgánica y los macronutrientes fósforo, potasio, magnesio y sodio. Sin embargo, otras propiedades como variables edáficas asociadas a la porosidad total, la retención de humedad a capacidad de campo, el componente arenoso, el carbonato cálcico y la capacidad del suelo para intercambiar cationes no mostraron variaciones significativas (pp. 48-141). En sus conclusiones los autores indican que la quema intensa de los compuestos orgánicos origina una transformación instantánea en la disponibilidad de nutrientes, liberándolos en formas inorgánicas fácilmente asimilables, que se depositan en la capa de ceniza. Esto posibilita un aumento en la disponibilidad de nutrientes a corto plazo, aunque sugieren que el comportamiento de la fertilidad

edáfica frente a incendios no es uniforme en el tiempo, ya que responde tanto a la energía liberada por el fuego como a la profundidad del suelo expuesta (pp. 102-104).

Román (2023), evaluó las modificaciones que provocan los incendios forestales en los atributos físico-químicos del suelo en ecosistemas altoandinos, como parte de un estudio integral sobre la recuperación de pastizales. Se realizó la investigación denominada: *Evaluación de la recuperación de pastizales ante eventos de incendios forestales en las comunidades de Macay y Salloc, Cusco – 2022* (p. 1), la cual fue elaborada con fines de titulación en la carrera de Ingeniería Agropecuaria en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, el cual fue publicado en el Repositorio Institucional del Instituto Geofísico del Perú.

El objetivo general fue, evaluar la regeneración de la vegetación superficial en pastizales sometidos a incendios, tomando como uno de los aspectos analizados se vincula con los atributos físico-químicos del suelo (p. 6). En la metodología realizó un estudio comparativo entre zonas afectadas por incendios sucedidos en 2022 y zonas cercanas no incendiadas empleadas como control, considerando la obtención de muestras edáficas en dos intervalos de profundidad: superficial (0–3 cm) y subsuperficial (3–10 cm). Las propiedades evaluadas fueron la textura (arena, limo, arcilla), el pH y la conductividad eléctrica, junto con la materia orgánica, el nitrógeno total y los niveles de fósforo y potasio presentes en el suelo (pp. 32-55). En los resultados se observaron que, en las áreas expuestas a la acción del fuego, se observó que el pH del suelo experimentó una ligera reducción, evidenciando una leve acidificación tras el incendio. Igualmente, se notó una disminución en los componentes orgánicos del suelo y en los elementos nitrogenados, asociados a la combustión superficial de la biomasa y la pérdida térmica de nutrientes volátiles. Por otro lado, se observó un leve aumento en el fósforo disponible, dicho efecto responde a la conversión

de los componentes orgánicos en formas minerales como consecuencia de la combustión. Respecto al potasio, no se observaron diferencias significativas entre las condiciones, lo que indica una estabilidad relativa de este elemento en el contexto del fuego de intensidad baja a moderada. (pp. 52-82). Llegando a la conclusión de la investigación que el fuego genera alteraciones importantes en el potencial de fertilidad inmediata del suelo, influenciado por la reducción de fracciones orgánicas y de nutrientes fundamentales como el nitrógeno, que son clave para la regeneración vegetal (p. 101).

Casas (2019), interesada en evaluar las modificaciones en las características físicas y químicas del suelo tras ocho meses de ocurrido el incendio forestal (p. 2), ejecutó una investigación académica enfocada en *evaluar los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo ocasionados por incendios forestales en Huacraruco, Cajamarca*, para acceder al grado profesional de Ingeniero Ambiental publicando en la Repositorio Institucional de Universidad Nacional de Cajamarca; la investigación la realizó en el centro poblado Huacraruco, en la región del **Cajamarca**.

El objetivo general fue, examinar los cambios ocasionados por el evento de incendio forestal del año 2018 en los atributos físicos del suelo (textura, color y densidad aparente) y en sus características químicas, especialmente el pH y el contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, los cationes intercambiables, así como los niveles de fósforo y potasio disponibles, carbonatos y nitrógeno total del perfil edáfico (p. 3). Para la metodología comparó zonas quemadas y no quemadas. Para ello, se realizó un muestreo aleatorio de 15 submuestras por condición, en dos estratos de suelo (0–10 cm y 10–20 cm), en los cuales se homogeneizaron para los análisis de laboratorio (pp. 20–25). Con respecto a las características físicas del suelo, se registró un aumento leve en la densidad aparente en

las áreas impactadas por el incendio, con una diferencia de 0.125 g/cm³ frente a los suelos que no fueron afectados por el fuego. No obstante, la textura y el color del suelo no mostraron cambios significativos entre ambas condiciones. Por otro lado, las propiedades químicas mostraron cambios significativos: en los suelos quemados donde se evidenció un aumento de varios indicadores del suelo, incluyendo la materia orgánica, el nitrógeno total, el fósforo disponible, el potasio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico, con incrementos de +1,055 %, +0,080 %, +0,250 ppm, +61 ppm y +4,225 meq/100 g, respectivamente. Por otro lado, el pH se redujo en 0.460 unidades, lo que señala una leve acidificación del terreno. Estos efectos se hicieron más evidentes en los primeros 10 del suelo, lo que evidencia que la influencia del fuego se concentra sobre el horizonte superficial (pp. 27-52). Como conclusión de la investigación señala que el fuego causó modificaciones importantes en las características químicas del suelo, especialmente en el aporte de nutrientes y acidez, mientras que las características físicas se mantuvieron casi intactas (p. 53).

2.3.2. Antecedentes para la variable: Cobertura vegetal.

Ramírez et al. (2025), interesados en comprender cómo los incendios recurrentes transforman la estructura y regeneración de los bosques templados andinos (p. 2), desarrollaron la investigación titulada: *Fire-driven alternative vegetation states across the temperate Andes*, publicada en *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. El estudio fue realizado en la **cordillera de los Andes del sur de Chile**.

El objetivo general de la investigación fue identificar hasta qué punto los bosques de *Nothofagus pumilio* y los matorrales de *Nothofagus antarctica* se desarrollan bajo las mismas condiciones ambientales y, además, analizar cómo el régimen de incendios explica los patrones de distribución de estos tipos de vegetación considerados como

posibles estados alternativos impulsados por el fuego (pp. 2–3). La metodología (pp. 4–7) consistió en la integración de información de campo, estudios previos y análisis comparativos para describir cómo las especies clasificadas como facultativas resprouter/seeder (PFFRS), obligadas colonizadoras (PFOC) y obligadas rebrotadoras (PFOR) responden ante escenarios de fuego de baja y alta severidad, incluyendo la ocurrencia de incendios repetidos. Los autores utilizaron diagramas conceptuales para sintetizar las trayectorias de regeneración y los posibles estados alternativos de la vegetación. El análisis espacial permitió determinar la superposición de nichos entre bosques y matorrales, así como evaluar la frecuencia de cada formación vegetal a lo largo del gradiente de actividad de incendios. Como resultados (pp. 10–14), evidenciaron que incendios de alta severidad eliminan gran parte de los árboles adultos de *Nothofagus* y afectan significativamente a la *Araucaria*, permitiendo la proliferación del bambú *Chusquea*. En cambio, fuegos de baja severidad favorecen el establecimiento de plántulas y la persistencia de individuos juveniles de *Araucaria*. No obstante, cuando un área vuelve a incendiarse en corto tiempo (ya sea con baja o alta severidad) se pierde la fuente de semillas cercana, impidiendo la regeneración de especies arbóreas. En estos escenarios recurrentes, la vegetación deriva hacia sistemas abiertos dominados por *Chusquea* y arbustos rebrotadores, más propenso al fuego. Como conclusión (p.14), los autores señalaron que la combinación de incendios severos y repetidos interrumpe los ciclos naturales de regeneración de los bosques andinos, favoreciendo la transición hacia paisajes más abiertos y altamente inflamables. Recomendaron fortalecer la gestión del fuego y el monitoreo post-incendio para evitar que estos ecosistemas pierdan su estructura forestal y su capacidad de persistencia a largo plazo.

Aguilar-Garavito y Cortina-Segarra (2023), interesados en comprender cómo la recurrencia de incendios afecta la regeneración vegetal y el avance sucesional en los paisajes

andinos del norte (p. 2), desarrollaron la investigación titulada *The current fire regime in northern Andean shrublands hinders tree recruitment and arrests forest succession*, publicada en la revista *Forest Ecology and Management*. El estudio se llevó a cabo en la **cordillera de Iguaque, Colombia**.

El objetivo general (p. 2) fue analizar cómo la frecuencia de incendios y el tiempo transcurrido desde el último fuego influyen en la estructura y composición de la vegetación post-incendio, con especial atención al reclutamiento de especies arbóreas. La metodología (pp. 3–6) consistió en la selección de áreas con distintos historiales de fuego (tres y cinco incendios en treinta años) y diferentes tiempos desde el último evento (1 a 6 años). En estos sitios se evaluaron variables como riqueza, densidad y cobertura de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, así como la abundancia de especies exóticas dominadas por *Pteridium aquilinum*, *Melinis minutiflora* y *Andropogon lehmannii*. Los resultados (pp. 6–9) evidenciaron que, tras el fuego, las comunidades quedaron dominadas por hierbas rebrotadoras y pequeños arbustos, cuya composición se asemejó más a la vegetación de subpáramo que a los antiguos bosques andinos. La riqueza y cobertura de especies herbáceas aumentó independientemente de la frecuencia de incendios, mientras que una mayor recurrencia redujo significativamente la riqueza y densidad de especies leñosas, así como el área basal de arbustos grandes y árboles. Se observó además que las especies forestales y los *obligate seeders* estuvieron prácticamente ausentes en los sitios quemados, lo que indica un fuerte impedimento para la regeneración arbórea. La presencia de especies exóticas fue elevada y persistente, aunque su composición cambió con el tiempo. Como conclusión (p. 10), los autores señalaron que el actual régimen de incendios en las montañas de Iguaque favorece la permanencia de vegetación herbácea y arbustiva tolerante al fuego, pero limita el reclutamiento de árboles y detiene la sucesión hacia bosques de *Quercus*

humboldtii. Recomendaron implementar estrategias integradas de manejo del fuego que protejan los remanentes de bosque andino y promuevan la restauración ecológica en áreas dominadas por matorral post-incendio.

Muñoz-Chamba et al. (2022), interesados en comprender cómo los incendios forestales influyen en la composición y recuperación del matorral andino del sur del Ecuador (p. 13), desarrollaron la investigación titulada *Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales*, publicada en la revista Bosques Latitud Cero. El estudio se llevó a cabo en el matorral del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, ubicado en la ciudad de **Loja-Ecuador**.

El objetivo general (p. 14) fue caracterizar la composición florística, la diversidad y el estado de la regeneración natural del matorral andino afectado por incendios, con el fin de comprender su dinámica sucesional posterior al disturbio. La metodología (pp. 15–17) consistió en el establecimiento de cinco parcelas permanentes de 400 m², complementadas con parcelas anidadas para evaluar las categorías de regeneración: plántulas, brinzales y latizales. Se registraron abundancias, parámetros estructurales e índices de diversidad (Shannon). Los resultados (pp. 17–20) mostraron que el matorral afectado está compuesto por 27 especies pertenecientes a 16 familias, con una diversidad media y la presencia de cuatro especies endémicas. La estructura del matorral estuvo dominada por arbustos como *Lepechinia mutica* y *Dendrophorbium scytophyllum*, que en conjunto representan el 84 % de los individuos. La regeneración natural fue abundante, con 1 008 individuos registrados, destacándose *D. scytophyllum* y *Clethra fimbriata* en todas las categorías evaluadas. Como conclusión (p. 22), los autores señalan que el matorral andino se encuentra en un proceso activo de sucesión natural, con una regeneración adecuada pese al incendio ocurrido cinco años atrás. Se evidencia una estructura dominada por arbustos nativos y la presencia de especies clave

para la recuperación ecológica, lo que resalta la importancia de este ecosistema y su capacidad de resiliencia tras perturbaciones severas.

Rosales-Rodríguez et al. (2020), interesados en analizar la incidencia del fuego en la composición y recuperación de la vegetación del ecosistema forestal Roble-Hualo (p. 2), desarrollaron la investigación titulada: *Situación antes y después del incendio en un ecosistema forestal Roble-Hualo, en la Región del Maule, Chile*, publicada en la revista *Bosque (Valdivia)*. El estudio se realizó en el sector Los Ruiles, Región del **Maule, Chile**, donde se compararon condiciones antes y después de un incendio de gran magnitud ocurrido en 2017.

El objetivo general (p. 2) fue evaluar los efectos del incendio sobre la composición florística, la estructura del dosel y las condiciones edáficas de un ecosistema del tipo forestal Roble-Hualo, con el fin de comprender los procesos de degradación y regeneración post-fuego. La metodología (pp. 3–5) consistió en la instalación de parcelas permanentes dentro y fuera de la superficie impactada por el fuego, donde se registró la regeneración de especies leñosas, la cobertura vegetal, la altura del dosel y parámetros físico-químicos del suelo. Se utilizaron análisis de varianza y comparaciones de promedios para detectar diferencias significativas entre las áreas. El resultado (pp. 5–8) mostró una disminución significativa en la cobertura arbórea y diversidad de especies en el área incendiada, con predominio de rebrotes y especies pioneras adaptadas al fuego. Asimismo, se evidenció una reducción en los componentes orgánicos y la humedad del perfil del suelo, acompañada de una mayor compactación y exposición superficial. Como conclusión (pp. 8–9), los autores señalaron que los incendios forestales provocan una alteración estructural profunda en los ecosistemas templados del Maule, afectando tanto la vegetación como las propiedades edáficas, lo que retrasa los procesos de recuperación natural. Recomendaron la implementación de planes de restauración ecológica basados en especies nativas y en la protección de áreas

remanentes no quemadas.

Zomer y Ramsay (2020), interesado en comprender los cambios en la riqueza y organización de las especies vegetales luego de incendios en ecosistemas altoandinos, desarrolló la investigación titulada: *Análisis de las modificaciones en la diversidad y tipos de crecimiento de la vegetación tras incendios en páramos andinos* publicada en la revista *Journal of Vegetation Science* (31[6], e12975). La investigación se llevó a cabo en áreas de **páramo** ubicadas en el **norte de Ecuador** (p.3).

El objetivo general fue analizar cómo la recurrencia del fuego influye en la organización funcional de la vegetación, especialmente en la composición por formas de crecimiento y en la dinámica de recuperación post-incendio (p. 3). Para ello, se establecieron parcelas permanentes en áreas con diferentes intervalos de tiempo desde la última quema, comparando sitios recientemente quemados con otros de mayor periodo de descanso. Se registraron la extensión y presencia de gramíneas, hierbas, rosetas y arbustos, aplicando métodos de muestreo de vegetación y análisis de diversidad funcional (pp. 3–4). Como resultado, el estudio identificó tres fases sucesionales tras el incendio. La primera estuvo dominada por especies rebrotadoras y herbáceas de rápido crecimiento, lo que incrementó la diversidad funcional en los primeros meses post-fuego (p. 5). En la segunda fase, se observó un aumento notable de gramíneas en macolla (tussock grasses), que redujeron la entrada de luz al suelo y limitaron el establecimiento de nuevas especies. Finalmente, en la fase avanzada, se registró una mayor presencia de arbustos leñosos, evidenciando un proceso de cierre del ecosistema o matorralización, con la reducción de la cubierta herbácea y incremento de la biomasa estructural (pp. 6–7). La investigación concluye que la exclusión prolongada del fuego altera la trayectoria natural de los ecosistemas de páramo, reduciendo su heterogeneidad y afectando la capacidad de regulación hídrica y almacenamiento de carbono del suelo

(p. 8).

De la Cruz y Condor (2023), inquietados por estudiar el proceso de recuperación natural en ecosistemas altoandinos tras incendios (p. 1), llevaron a cabo un análisis en su investigación denominada: *Recuperación ecológica natural de ecosistemas altoandinos tras incendios en el distrito de Chiara, Ayacucho – Perú*, el cual publicaron el artículo científico en la revista Official Journal of de Selva Biosphere; efectuando el estudio en el distrito de **Chiara**, perteneciente a la región de **Ayacucho**, Perú.

El objetivo general (p. 3) fue, regeneración natural de ecosistemas altoandinos afectados por incendios. La metodología (pp. 09-10) consistió en establecer 3 zonas de estudio (Toccto, Incapaperqan y Qewillaqocha) en el recorrido de la ruta Ayacucho–Cusco, en áreas afectadas por incendios, así como áreas que no lo fueron, para ello se aplicó el método de muestreo en transecto de banda de 1x50m², a intervalos de 10m se estableció submuestras de 1m², para determinar la cantidad de muestras se utilizó la Guía Nacional de Inventario de Flora y Vegetación, oficializada por el Ministerio del Ambiente, quienes recomiendan 6 muestras como mínimo para una superficie menor a 1000 ha. El resultado (pp. 11-17) fue, el obtuvo un registro de la flora presente, contabilizando 116 especies dicotiledóneas y 40 monocotiledóneas. En la zona no afectada por el incendio, la especie *F. dolichophylla* fue la más abundante, seguida por *C. vicunarum*. Por otro lado, las áreas que sufrieron incendio mostraron una mayor riqueza de especies en comparación con las zonas sin impacto; sin embargo, los índices de diversidad resultaron bajos en ambos casos. La especie *F. dolichophylla* no se elimina completamente con el fuego, mientras que su regeneración a partir de semillas ocurre de forma muy lenta. Además, se prevé que las áreas afectadas comiencen a recuperarse con las primeras lluvias y alcancen su máximo desarrollo entre 4 y 5 años. Salcedo (2021) en **Cajamarca**, específicamente en el cañón del río Chonta (Sangal), se

ejecutó un estudio que analizó el *proceso de recuperación de la vegetación herbácea tras un incendio forestal, determinando su capacidad y duración*, como parte de un trabajo de titulación en Ingeniería Ambiental (p. 2), el cual se encuentra disponible en el repositorio institucional de dicha universidad.

El objetivo general fue determinar el ritmo y la capacidad de recomposición de la cobertura herbácea luego de un incendio forestal, en un ecosistema andino afectado por procesos de quema recurrente. En su metodología estableció tres franjas altimétricas dentro del área de estudio, separadas por incrementos de 150 m (p. 3). Se definieron cinco parcelas fijas de 1 m² dentro de cada estrato considerado, lo que permitió evaluar de manera continua la dinámica de rebrote y recolonización vegetal durante los meses posteriores al incendio (p. 4). El monitoreo de la vegetación tuvo lugar a finales de 2018, específicamente entre noviembre y diciembre, y de enero a abril y agosto de 2019, registrando cambios notables en la cobertura y composición florística (p. 5). En total, fueron reconocidas 55 especies de plantas pertenecientes a 25 familias diferentes, dentro de las cuales destacaron por su mayor abundancia *Pappobolus cajamarcensis*, *Coreopsis oblanceolata*, *Stevia andina*, así como representantes de los géneros *Cyperus*, *Euphorbia* y *Festuca*, además de *Stipa ichu* y *Linum polygaloides*. (p. 6). Los resultados mostraron un incremento progresivo de la cobertura vegetal: valores esporádicos de 1 % – 2 % en diciembre, raros de 5.4 % – 10.6 % en enero y febrero, dispersos de 30 % – 35 % en marzo, e interrumpidos de 50 % – 64 % en abril y agosto (p. 7). El análisis de diversidad reveló una alta riqueza florística y una baja dominancia de especies, con índices de Margalef entre 5 y 6.6, Simpson de 0.17 a 0.06, y Shannon de 1.79 a 3.25, lo que indica una diversidad media y una estructura comunitaria en proceso de estabilización (p. 8). En conjunto, los resultados evidencian que la vegetación herbácea del cañón del río Chonta posee una notable capacidad de

regeneración natural en el corto plazo, aunque su velocidad y composición dependen de la altitud y de las condiciones microambientales posteriores al incendio (p. 9).

Mendoza y Rupa (2022), inquietados por determinar la reducción de la cobertura vegetal debido a los incendios forestales registrados entre 2019 y 2021 (p. 10), llevaron a cabo un análisis en su investigación denominada: *Cambios en la cobertura vegetal ocasionados por incendios forestales en San Jerónimo, Cusco, entre 2019 y 2021*, el cual publicaron el Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo; el estudio se llevó a cabo en **San Jerónimo**, dentro de la región **Cusco**.

El objetivo general (p. 3) fue, investigar cómo los incendios forestales registrados entre 2019 y 2021 afectaron la cobertura vegetal en San Jerónimo, Cusco. La metodología (pp. 23-41) fue realizado en las áreas donde se registraron incendios forestales entre 2019 y 2021, la delimitación y estimación de las áreas se llevó a cabo mediante técnicas de análisis remoto, haciendo uso de imágenes satelitales del sensor Sentinel-2A, procesadas con apoyo del software ArcMap versión 10.8. Asimismo, la evaluación de la disminución de la cobertura vegetal ocasionada por incendios forestales se realizó utilizando el Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) y Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Como resultado (pp. 42-62) se observaron las áreas que presentaron evidencia de impacto por incendios ocurridos en 2019 fue de 500.07 Ha, en el 2020 afectó 117 Ha y se incrementó notablemente en 2021, con 1 397.22 ha comprometidas. En este contexto, el año 2021 destacó por registrar la mayor pérdida de cobertura vegetal, representando el 18.44 % del área impactada por incendios forestales.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

H1: Los incendios forestales generan cambios significativos en las propiedades físico-químicas del suelo y en la cobertura vegetal del matorral andino.

2.4.2. Hipótesis nula

H0: Los incendios forestales no generan cambios significativos en las propiedades físico-químicas del suelo ni en la cobertura vegetal.

2.4.3. Hipótesis específicas

H1.1: Los incendios forestales modifican la textura del suelo, disminuyendo el porcentaje de arcilla, e incrementarán el contenido de nutrientes, la materia orgánica, el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico.

H1.2: Los incendios forestales reducen la cobertura vegetal y modifican los valores del IVI, índice de Margalef e índice de Shannon-Wiener en el matorral andino.

2.5. Identificación de variables e indicadores

2.5.1. Variables e indicadores

La variable independiente corresponde a los incendios forestales ocurridos en ecosistemas de matorral andino en las comunidades de Toccorani y Santa Lucía durante el año 2024. Estos eventos fueron reportados por el COEN-INDECI (con información sobre fecha, hora y magnitud) y delimitados mediante imágenes satelitales de focos de calor, procesadas con el programa QGIS versión 3.38. La variable se define mediante dos condiciones: las áreas del matorral que fueron afectadas por incendios (área quemada) y las que no resultaron afectadas, que se consideran como control (área no quemada).

La primera variable dependiente corresponde a las propiedades físico-químicas del suelo, evaluadas a través de muestreos en áreas afectadas y no afectadas posterior al incendio forestal considerándose dos temporadas (antes y después de la temporada de lluvias).

La segunda variable dependiente es la cobertura vegetal, evaluada mediante transectos establecidos en áreas quemadas y no quemadas, posterior al incendio y a la temporada de

lluvias.

Las variables e indicadores utilizados en el estudio se detallan en el *Anexo A – Matriz de consistencia*.

2.6. Operacionalización de variables

La descripción de las variables e indicadores utilizados en esta investigación se encuentra detallada en el *Anexo C – Matriz de operacionalización de variables*.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Ámbito de estudio

3.1.1. Localización política

El estudio se llevó a cabo en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, situadas en el distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, en la región Cusco (INEI, 2017).

Ubicación administrativa:

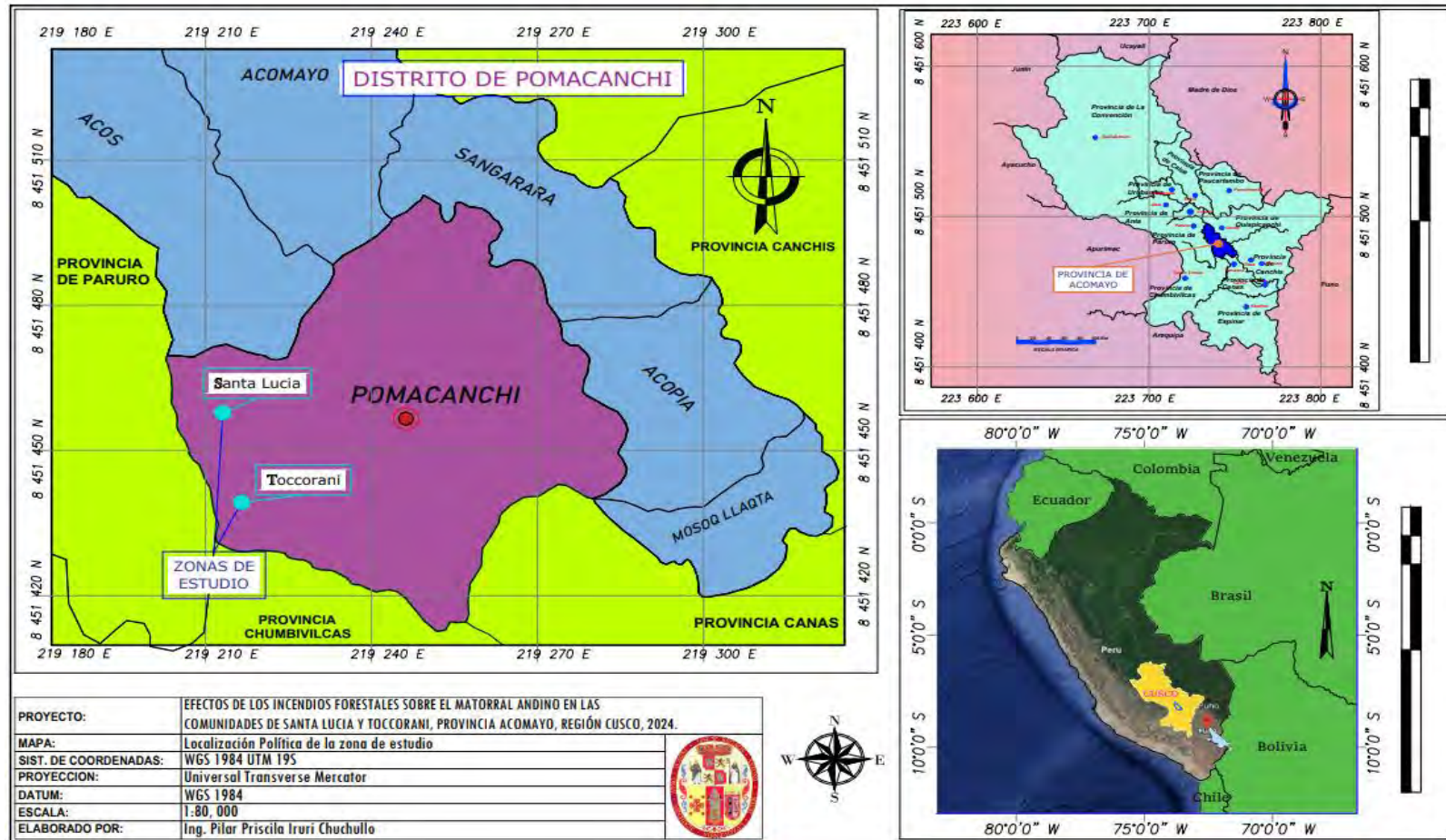
- Departamento: Cusco
- Provincia: Acomayo
- Distrito: Pomacanchi
- Comunidades: Santa Lucia y Toccorani

El distrito de Pomacanchi está ubicado en la parte sureste de la provincia de Acomayo, en la región Cusco. Su territorio abarca desde la cuenca del río Pomacanchi, que desemboca en el Vilcanota, y al otro lado la hoya del río Apurímac, otorgándole una ubicación estratégica entre los sistemas hidrográficos del Vilcanota y el Apurímac. Esta disposición influye en la organización del territorio y la forma en que las comunidades del área, orientadas mayormente a actividades agrícolas y ganaderas, se articulan.

La Figura 5 presenta la ubicación del área de estudio considerando tres niveles: a) un mapa nacional que permite ubicar la región Cusco; b) el mapa regional, con la provincia de Acomayo y el distrito de Pomacanchi; y c) el mapa local, donde se ubican las comunidades de Santa Lucía y Toccorani.

Figura 5:

Localización del área de estudio: desde el contexto nacional hasta las comunidades de Santa Lucía y Toccoarani, Pomacanchi, Acomayo, Cusco.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel-2 y cartografía del Instituto Geográfico Nacional – IGN (2024).

3.1.2. Localización geográfica

El distrito de Pomacanchi forma parte de la provincia de Acomayo, ubicada en la región Cusco, y constituye uno de los siete distritos que la integran (INEI, 2017). Presenta una extensión territorial cercana a los 275,56 km² y se localiza a una altitud promedio de 3 693 m s. n. m., de acuerdo con información cartográfica oficial (IGN, 2024). Su ubicación geográfica aproximada corresponde a los 14°02' de latitud sur y 71°34' de longitud oeste.

La localidad de Pomacanchi se localiza aproximadamente a 107 km en dirección sureste respecto a la ciudad del Cusco. Administrativamente, el distrito está conformado por doce comunidades rurales y dos centros poblados. Su territorio se extiende entre dos zonas hidrográficas bien definidas: por un lado, la cuenca del río Pomacanchi, integrada al sistema del Vilcanota; y por otro, la hoya del río Apurímac, que comprende las partes más altas y de mayor pendiente del distrito.

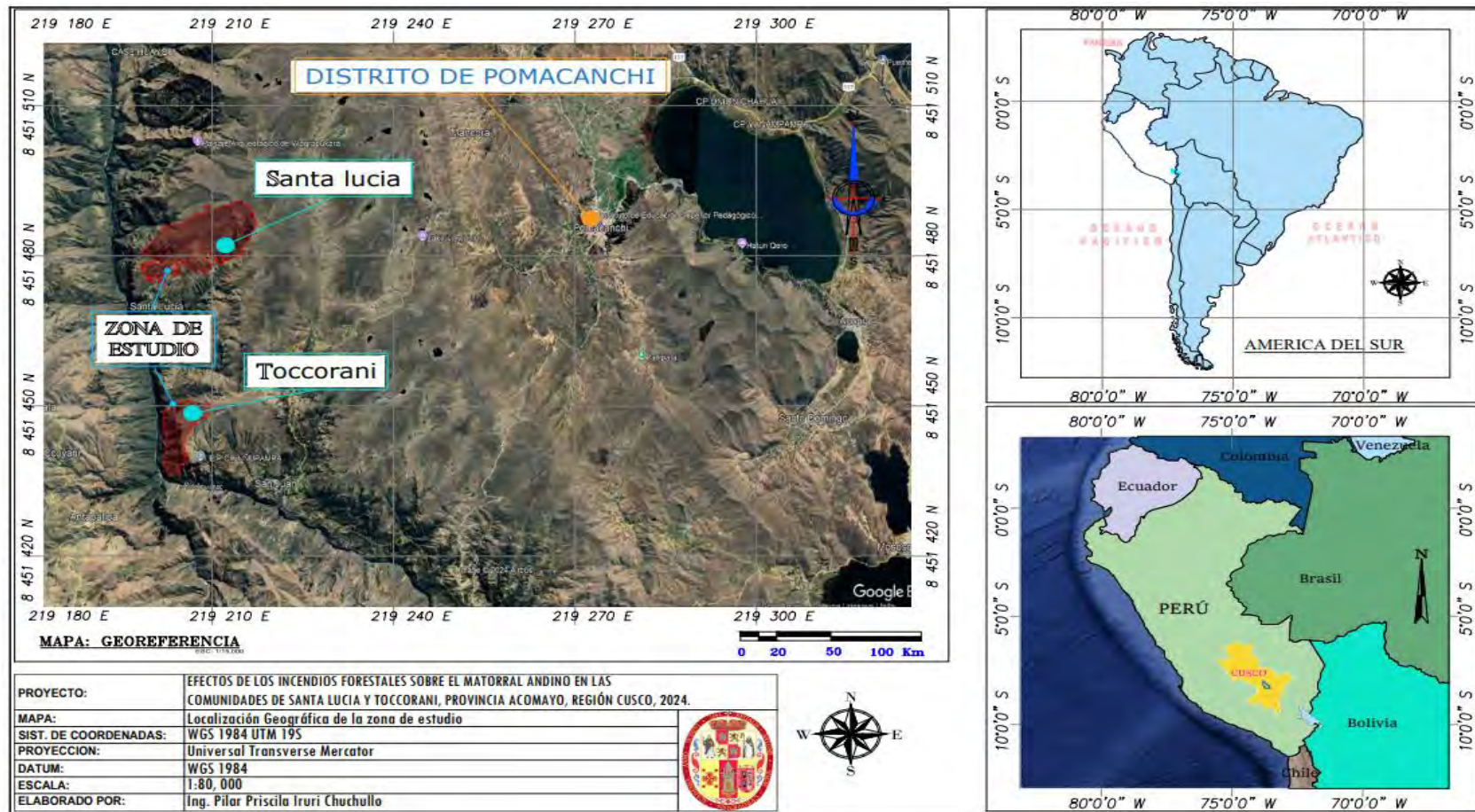
En esta configuración se distinguen dos grandes ecosistemas. La pampa, de relieve suave y amplias praderas, está dedicada principalmente a la ganadería y concentra al centro poblado principal y a la laguna de Pomacanchi. En cambio, la hoya del Apurímac presenta terrenos más accidentados y agrícolas, cubiertos por matorrales andinos y recorridos por el río Apurímac, que da forma al cañón del mismo nombre y constituye el camino natural hacia el Sitio Arqueológico Monumental de Waqrapukara, declarado Patrimonio Cultural de la Nación mediante resolución del Ministerio de Cultura (2017).

Las características altitudinales, el relieve y la disposición de los ríos hacen de Pomacanchi un territorio diverso, donde los ecosistemas y el uso comunal del suelo se relacionan estrechamente con las condiciones naturales del entorno.

Su clima, propio de la región natural quechua, varía entre frío y templado, con temperaturas medias anuales entre -1.51°C y 20.34°C , y precipitaciones que oscilan entre 2.4 mm y 197 mm anuales (SENAMHI, 2023).

Figura 6:

Representación cartográfica de la ubicación geográfica del área de estudio en las comunidades de Santa Lucía y Toccoarani, distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, región Cusco.



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes Sentinel-2 y cartografía del Instituto Geográfico Nacional – IGN (2024).

Figura 7:

Cobertura vegetal del área de estudio en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Pomacanchi, Acomayo, Cusco).



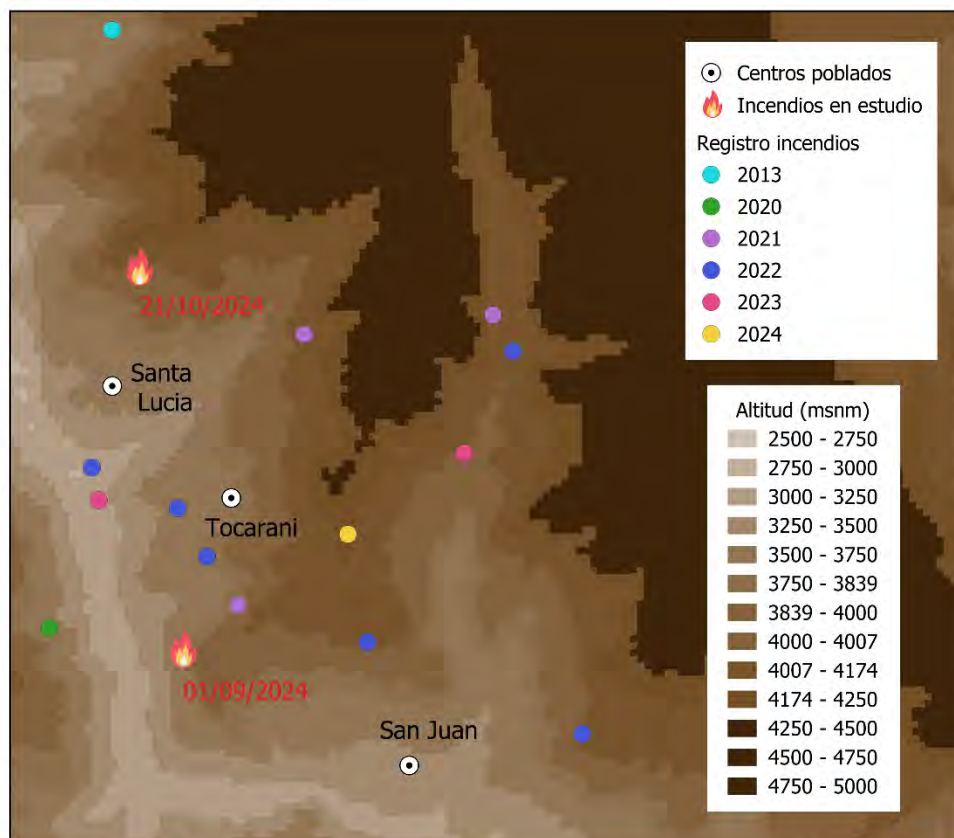
Fuente: Elaboración propia con base en información del Ministerio del Ambiente (MINAM, Mapa Nacional de Ecosistemas, 2019) y del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, Zonificación Agrícola, 2024), y el registro histórico de incendios del *GeoServidor del MINAM*, con imágenes Sentinel-2 (ESA, 2024).

La Figura 7 ilustra los ecosistemas dominantes del área de estudio en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Cusco). En Toccorani, el área afectada por incendios se localiza principalmente sobre zonas de matorral andino y área agrícola, mientras que en Santa Lucía la cicatriz del incendio abarca sectores de matorral andino, pajonal de puna seca y zona agrícola.

Estas unidades ecológicas forman parte del paisaje altoandino característico de la cuenca alta del Cañón de Apurímac, y reflejan la transición entre áreas de uso agropecuario y ecosistemas naturales de montaña.

Figura 8:

Distribución histórica de eventos de fuego en el área de estudio correspondiente a Santa Lucía y Toccorani (Cusco).



Fuente: Elaborado a partir de la información proporcionada por el registro histórico de incendios del GeoServidor del MINAM, con imágenes Sentinel-2 (ESA, 2024).

La información presentada en la Figura 8 evidencia la ocurrencia de 16 incendios forestales entre 2013 y 2024 en el área de estudio, con una mayor concentración de eventos en los años recientes (2021–2024), conforme a los datos del GeoServidor del MINAM.

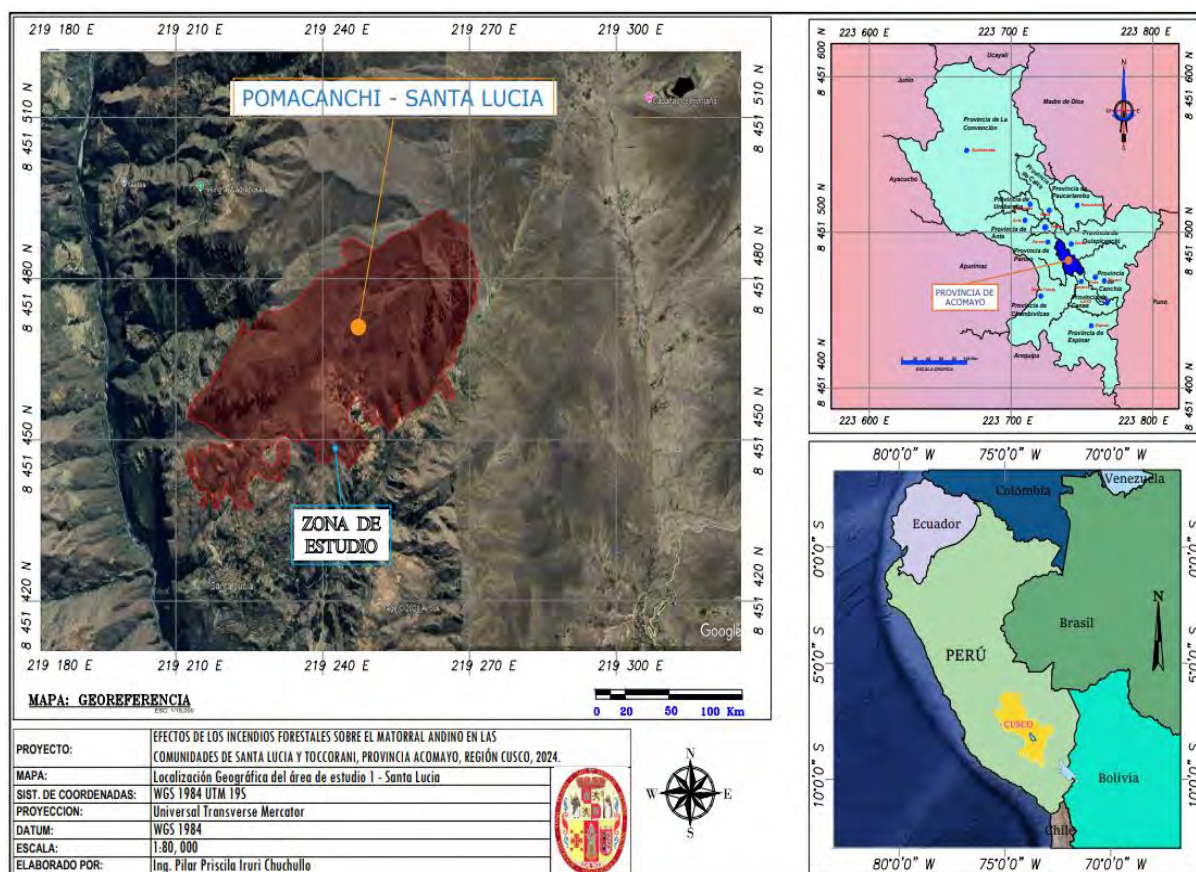
La presencia concentrada de puntos de calor y evidencias de incendios en este sector fue determinante para definir las áreas incluidas en el estudio, dado que permite analizar áreas con diferentes frecuencias y niveles de afectación por fuego. La distribución espacial evidencia que ambas comunidades presentan una alta exposición a incendios recurrentes, lo que los convierte en sitios representativos para realizar evaluaciones exhaustivas para determinar los efectos de los incendios forestales en los ecosistemas estudiados.

3.1.3. Descripción de área de estudio 1 – comunidad de Santa Lucía

- **Reporte complementario N° 10408-22/10/2024 en la comunidad de Santa Lucía:** El evento de incendio forestal se registró en el anexo Santa Ana, perteneciente a la comunidad de Santa Lucía, iniciándose aproximadamente a las 12:30 horas del 21 de octubre de 2024 y siendo controlado alrededor de las 15:00 horas del 22 de octubre del mismo año. Este evento ocasionó afectaciones significativas sobre la cobertura vegetal natural, comprometiendo una superficie aproximada de 200 hectáreas (INDECI, 2024); sin embargo, mediante las áreas con evidencia de temperatura elevada detectadas por el sensor Sentinel-2 procesados con el programa QGIS 3.38.0 se estimó un área de cicatriz del incendio forestal de 511.09 Ha, tomándose esta área en cuenta para la investigación.

Figura 9:

Ubicación espacial del sitio de estudio 1 correspondiente a la comunidad de Santa Lucía.



Nota. El sitio de estudio 1 fue identificado con base en los informes oficiales sobre eventos de incendios forestales proporcionados por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2024). Y superpuesto con imágenes del satélite Sentinel-2 (PTN, 2024).

Figura 10:

Evidencia visual del siniestro registrado en la comunidad de Santa Lucía.



Nota. Se observa la participación de los comuneros de Santa Lucía junto con el personal de la MDP, trabajando en la extinción del incendio forestal ocurrido el 21/10/2024, el cual tuvo una duración de 26 horas. El registro fotográfico forma parte de la documentación incluida en el reporte oficial de atención de emergencias elaborado por el *Instituto Nacional de Defensa Civil* (INDECI, 2024).

Figura 11:

Condición del paisaje luego del evento de fuego registrado en la comunidad de Santa Lucía.



Nota. Se observa la cicatriz dejada por el incendio forestal, que afectó una superficie de 511.09 Ha de ecosistemas de matorrales y pastizales, incluyendo el acceso a la fortaleza de Waqrapukara. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 22-10-2024

- **Accesos:** Desde Cusco se accede por una vía asfaltada hacia el distrito de Pomacanchi y desde allí se accede por una trocha carrozable hacia la comunidad de Santa Lucia Anexo de Santa Ana, el tramo es de 160.6 km, el tiempo de viaje es de 3.6 horas en promedio. El trayecto hacia el área impactada por el incendio (zona de estudio) tomó 15 minutos en vehículo y una hora caminando.

Tabla 9:

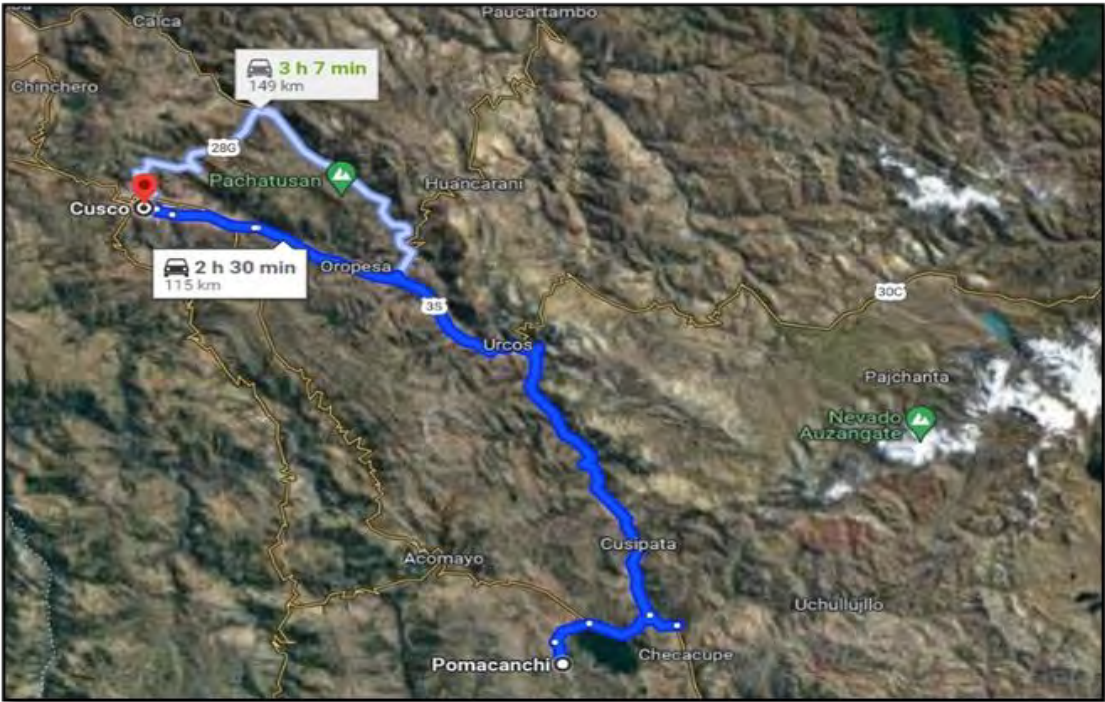
Accesibilidad vial de la comunidad Santa Lucia Anexo de Santa Ana.

N°	Ruta	Tipo de vía	Distancia	Tiempo de viaje	Movilidad	Frecuencia
1	Cusco Pomacanchi	- Asfaltado	115 km	2:30 horas.	Buses, Autos	Diario
2	Pomacanchi Santa Lucia	– Trocha carrozable	45.6 km	1:33 horas.	Autos, Camionetas, Combis	Diario

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12:

Red de acceso Cusco – Pomacanchi.



Nota. Se puede observar el acceso vía terrestre tomando como punto de partida la ciudad del Cusco hacia la jurisdicción distrital de Pomacanchi. Adaptado de (GOOGLE EARTH PRO, 2024).

Figura 13:

Accesibilidad vial de la comunidad Santa Lucía Anexo de Santa Ana.



Nota. Se puede observar el acceso vía terrestre continuando el recorrido hacia la comunidad de Santa Lucía, correspondiente al anexo Santa Ana, lugar donde se suscitó el incendio. Adaptado de (GOOGLE EARTH PRO, 2024).

- **Hidrografía:**

Región Hidrográfica: Amazonas (4)

Sistema de cuencas: Alto amazonas (49)

Cuenca principal: Ucayali (499)

Subcuenca: Apurímac (4999)

- **Principal actividad económica:** Es la agricultura (papa, maíz, cebada, trigo, quinua, olluco y oca), en forestales (eucalipto, pino, queuña y chachacomo) y en ganadería (vacunos, ovinos y animales menores) (INEI, 2017).

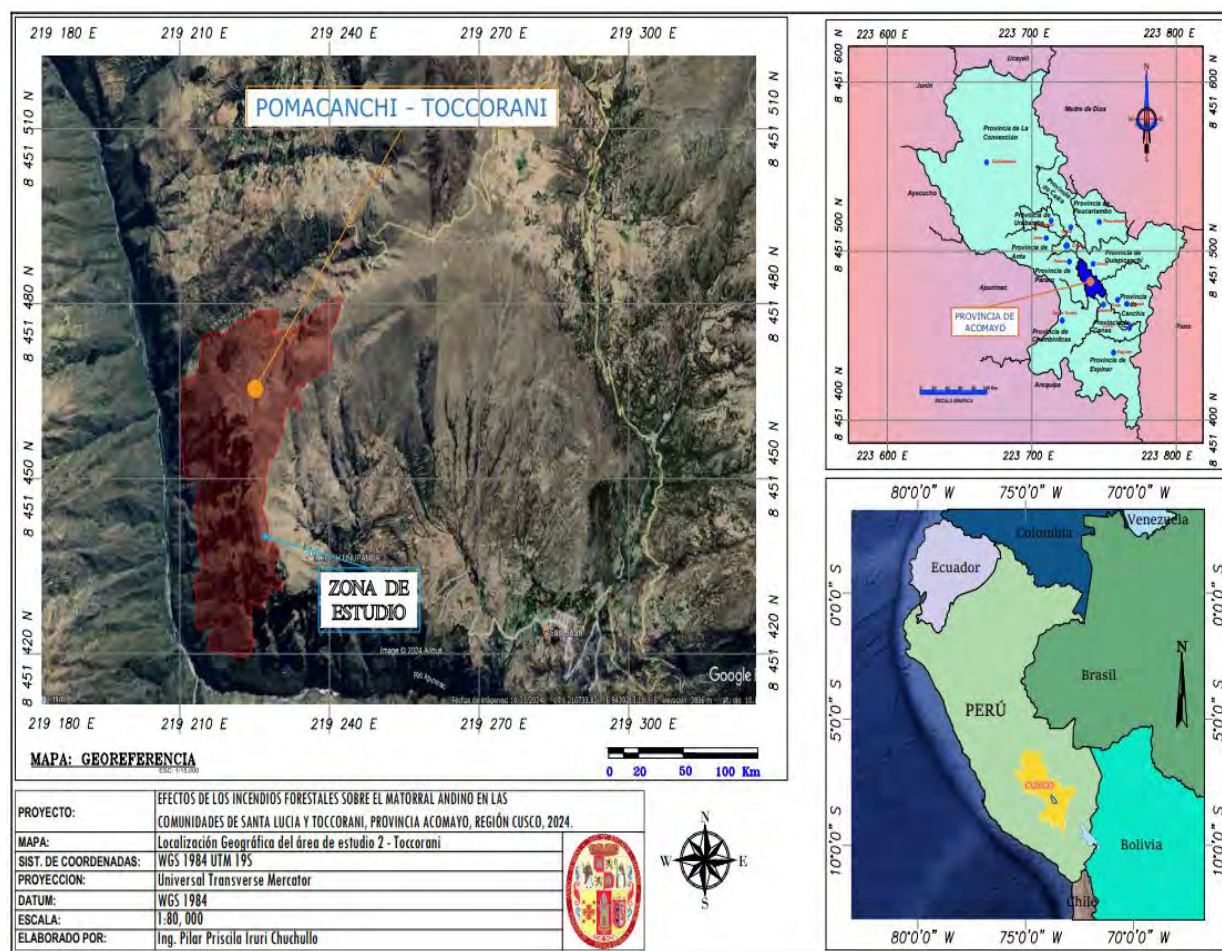
3.1.4. Descripción de área de estudio 2 – comunidad de Toccorani

- **Reporte complementario N° 7644-02/09/2024 en la comunidad de Toccorani:** El incendio forestal registrado en la comunidad de Toccorani se inició aproximadamente a

las 10:00 horas del 01 de septiembre del 2024 y se apagó alrededor de las 14:00 horas del 02 de septiembre del 2024, provocando daños a la salud de una persona, así como a la cobertura natural, afectando cerca de 40 Ha de cobertura natural (INDECI, 2024); sin embargo, mediante los puntos térmicos identificados mediante imágenes del satélite Sentinel-2 procesados con el programa QGIS 3.38.0 se estimó un área de cicatriz del incendio forestal de 233.17 Ha, tomándose esta área en cuenta para la investigación.

Figura 14:

Ubicación espacial del sitio de estudio 2 correspondiente a la comunidad de Toccorani.



Nota. El sitio de estudio 2 fue identificado con base en los informes oficiales sobre eventos de incendios forestales proporcionados por el *Instituto Nacional de Defensa Civil* (INDECI, 2024). Y superpuesto con imágenes del satélite Sentinel-2 (PTN, 2024).

Figura 15:

Evidencia visual del siniestro registrado en la comunidad de Toccorani.



Nota. Se observa la participación de pobladores de la comunidad de Toccorani mientras se ejecutaban las acciones destinadas a reducir y extinguir el evento de fuego ocurrido el 01/09/2024, con una duración aproximada de 29 horas. El registro visual presentado fue obtenido a partir de la documentación oficial del INDECI (2024).

Figura 16:

Condición del paisaje luego del evento de fuego registrado en la comunidad de Toccorani.



Nota. Se observa la cicatriz de fuego después del siniestro, se constató la alteración de una superficie estimada en 233,17 ha al matorral. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 20-10-2024.

- **Accesos:** Desde Cusco se accede por una vía asfaltada hacia el distrito de Pomacanchi y desde allí se accede por una trocha carrozable hacia la comunidad de Toccorani, el tramo es de 144.5 km, el tiempo de viaje es de 3.44 horas en promedio. El ingreso al área de estudio se realiza mediante un recorrido de aproximadamente media hora en vehículo, complementado con una caminata de una hora hasta el sitio impactado por el incendio.

Tabla 10:

Accesibilidad vial de la Comunidad de Toccorani.

Nº	Ruta	Tipo de vía	Distancia	Tiempo de viaje	Movilidad	Frecuencia
1	Cusco Pomacanchi	- Asfaltado	115 km	2:30 horas.	Buses, Autos	Diario
2	Pomacanchi Toccoranu	– Trocha carrosable	29.5 km	1:11 horas.	Autos, Camionetas, Combis	Diario

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17:

Accesibilidad vial de la comunidad Toccorani



Nota. Se puede observar el acceso vía terrestre desde la capital desde la capital distrital de Pomacanchi hacia la comunidad de Toccorani, lugar donde se suscitó el incendio. Adaptado de (GOOGLE EARTH PRO, 2024).

- **Hidrografía:**

Región Hidrográfica: Amazonas (4)

Sistema de cuencas: Alto Amazonas (49)

Cuenca principal: Ucayali (499)

Subcuenca: Apurímac (4999)

- **Principal actividad económica:** Es la agricultura (papa, maíz, cebada, trigo, quinua, olluco y oca), en forestales (eucalipto, pino, queuña y chachacomo) y en ganadería (vacunos, ovinos y animales menores) (INEI, 2017).

En ambas comunidades se observan prácticas tradicionales de uso del fuego vinculadas principalmente con la quema de restos de cultivos (maíz, cebada y trigo) junto con la ampliación de terrenos agrícolas a través del desbroce. Estas prácticas, conocidas localmente como “roce” o “*quema agrícola*”, suelen realizarse durante la época seca (junio–agosto), cuando las condiciones climáticas favorecen la propagación del fuego.

De manera análoga a lo reportado por Álvarez et. al (2022) en su estudio sobre las provincias de Paruro y Calca, los métodos de quema empleados comprenden la quema en montón, el uso de quemas controladas por sectores y de quemas de mayor extensión, ejecutadas en función de la pendiente del terreno, la vegetación presente y las características del suelo. En múltiples situaciones, la utilización del fuego está vinculada a procesos de transformación del uso del suelo, pasando de formaciones arbustivas a zonas destinadas al cultivo o al pastoreo.

Cabe señalar que los incendios registrados en las comunidades de Toccorani y Santa Lucía fueron consecuencia de negligencias durante las prácticas de quema agrícola, lo que evidencia la importancia de reforzar la organización comunal en el manejo del fuego y promover la formación en prácticas de uso sostenible del territorio.

A fin de resumir las principales características físico-geográficas y socioambientales, los resultados obtenidos para las zonas evaluadas se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11:

Parámetros físico-geográficos y socioambientales observados en las fechas de eventos registrados de incendios forestales en Santa Lucía y Toccoarani.

Características	Comunidad de Santa Lucía	Comunidad de Toccoarani
Distrito / Provincia / Región	Pomacanchi / Acomayo / Cusco	Pomacanchi / Acomayo / Cusco
Altura altitudinal (m.s.n.m.)	3 615	3 799
Fecha de ocurrencia	21–22 de octubre de 2024	1–2 de septiembre de 2024
Pendiente del terreno (%)	15–25 % (moderada a fuerte)	20–35 % (fuerte a muy fuerte)
Duración del incendio (hrs)	26	29
Área afectada (ha)	511.09	233.17
Distancia a zona agrícola (m)	180	120
Distancia a carretera (m)	20	3
Distancia al centro poblado (m)	1 022	2 430
Población aproximada (hab.)	420	160
Ecosistema predominante	Pastizales y matorrales	Matorrales andinos
Especies nativas predominantes	<i>Escallonia resinosa</i> (chachacomo), <i>Cantua buxifolia</i> (kantuta), <i>Barnadesia horrida</i> (llaulli)	<i>Escallonia resinosa</i> (chachacomo), <i>Baccharis latifolia</i> (chilca), <i>Barnadesia horrida</i> (llaulli)
Lluvia promedio (mm)	82	18.3
Temperatura media (°C)	19.6	20.3
Velocidad promedio del viento (m/s)	2.3	1.7
Método de quema predominante	En montón y extensiva	En montón y por franjas
Causa probable del incendio	Negligencia durante quema de rastrojos agrícolas	Negligencia en roce agrícola
Actividad económica principal	Agricultura y ganadería familiar	Agricultura y ganadería familiar

Fuente. Información compilada por el investigador a partir de INDECI (2024), IGN (2024), SENAMHI (2023), e imágenes satelitales Sentinel-2 procesadas en QGIS 3.38.0.

3.2. Tipo y nivel de investigación

- **Tipo de investigación:** la investigación corresponde a descriptiva-comparativa con un

enfoque cuantitativo. Se busca caracterizar y comparar los cambios en las propiedades del suelo y la capacidad de recuperación de la cobertura vegetal en ecosistemas de matorral andino afectados por incendios forestales en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani durante el año 2024. Este tipo de estudio permite identificar diferencias entre áreas quemadas y no quemadas (áreas de control), describiendo las tendencias y variaciones de los fenómenos observados (Hernández Sampieri, 2014, p. 92).

- **Diseño de investigación:** No experimental, dado que no se manipularon deliberadamente las variables. Se observó y registró la información directamente en su ambiente natural para el posterior análisis estadístico, cumpliendo con la definición de Hernández Sampieri (2000, p. 152).
- **Enfoque de la investigación:** cuantitativo. Este tipo de investigación se orienta a la descripción y explicación de los fenómenos, analiza relaciones de causa–efecto y permite contrastar hipótesis con el fin de construir y validar teorías científicas (Hernández Sampieri et al., 2014). Considerando los objetivos particulares de la investigación, se utilizó una lógica deductiva en el análisis de los datos.

Se determinó de manera cuantitativa los impactos generados por los episodios de fuego ocurridos en ecosistemas de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, evaluando dos tipos de variables: las características edáficas de naturaleza física y química, que fueron analizadas mediante estadística inferencial para identificar diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas; y la cobertura vegetal, cuya dinámica y respuesta se describió a través de análisis estadístico descriptivo de sus indicadores de abundancia, diversidad y regeneración post-incendio.

3.3. Unidad de análisis

Según lo planteado por Hernández Sampieri et al. (2014), el primer paso consiste en establecer la unidad de análisis para seleccionar una muestra. En esta investigación, la unidad

de análisis está constituida por 02 áreas de matorrales afectadas por los incendios forestales en las comunidades rurales de Santa Lucía y Toccorani, pertenecientes al ámbito distrital de Pomacanchi, a nivel provincial de Acomayo en el año 2024. *Anexo C - Matriz de operacionalización de variables.*

3.4. Población de estudio

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la población se refiere representar la totalidad de los casos que forman una unidad de estudio. La población objetiva del presente trabajo son 02 áreas afectadas por los incendios de origen forestal ocurridos en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, pertenecientes al distrito de Pomacanchi, en la provincia de Acomayo, región Cusco, Perú. En este caso, se trabajó con la totalidad del área impactada en ambas comunidades.

3.5. Tamaño de muestra

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), una muestra se considera representativa cuando constituye una porción de la población que refleja adecuadamente sus características principales en análisis del cual se recolectan datos relevantes para el estudio, los cuales pueden ser delimitados y definidos. El tipo de técnica de muestreo utilizado es probabilística aleatoria, se tomó muestras aleatorias simples en dos áreas de matorrales que presentaron afectación por incendios, según los objetivos específicos del trabajo de investigación:

- **Propiedades físico – químico del suelo:** para ello se tomaron muestras de suelo considerando un nivel de análisis semidetallado o de tercer orden. Para la evaluación del impacto ambiental, la intensidad de muestreo considerada fue de 01 punto de muestreo de suelo por 100 Ha (D.S. N° 013-2010-AG, 2010), Sin embargo, este criterio no se aplicó de forma proporcional a la superficie total, debido a las características de los ecosistemas evaluados. En Toccorani, las 233.17 ha afectadas corresponden

íntegramente a matorral; mientras que, en Santa Lucía, de las 511.09 ha afectadas, solo aproximadamente la mitad es matorral y la otra mitad pastizal. Dado que el estudio se centra exclusivamente en el ecosistema de matorral afectado y no afectado, se estableció un muestreo puntual de cuatro puntos: dos dentro del área afectada y dos fuera de ella, priorizando la representatividad ecológica y la coherencia con los objetivos del estudio. Basado en ello se consideraron 02 puntos de muestreo dentro del área afectada por el incendio y 02 puntos de muestreo fuera área del incendio forestal en ambas comunidades antes de la temporada de lluvia en el año 2024 y posterior a la temperatura de lluvia en el año 2025 (Figura 18). Se establecieron los sitios de muestreo en el terreno utilizando un GPS (Figuras 19 y 20; tablas 12 y 13). La elección de la muestra se realizará desestimando las áreas limitantes como condiciones topográficas asociadas al riesgo de erosión, restricciones derivadas de procesos erosivos, así como limitaciones vinculadas a eventos de inundación y anegamiento del terreno (D.S. N° 005-2022-MIDAGRI, 2022). Finalmente, utilizando un termómetro portátil de termopar K (modelos HI 935002 – HI 935009), se registró la temperatura máxima del suelo durante una quema prescrita realizada para la expansión de las áreas agrícolas dentro de un ecosistema de matorral cercano al área afectada por los incendios. Este registro permitió estimar la temperatura a la que pudo estar expuesto el suelo durante los eventos de fuego.

Figura 18:

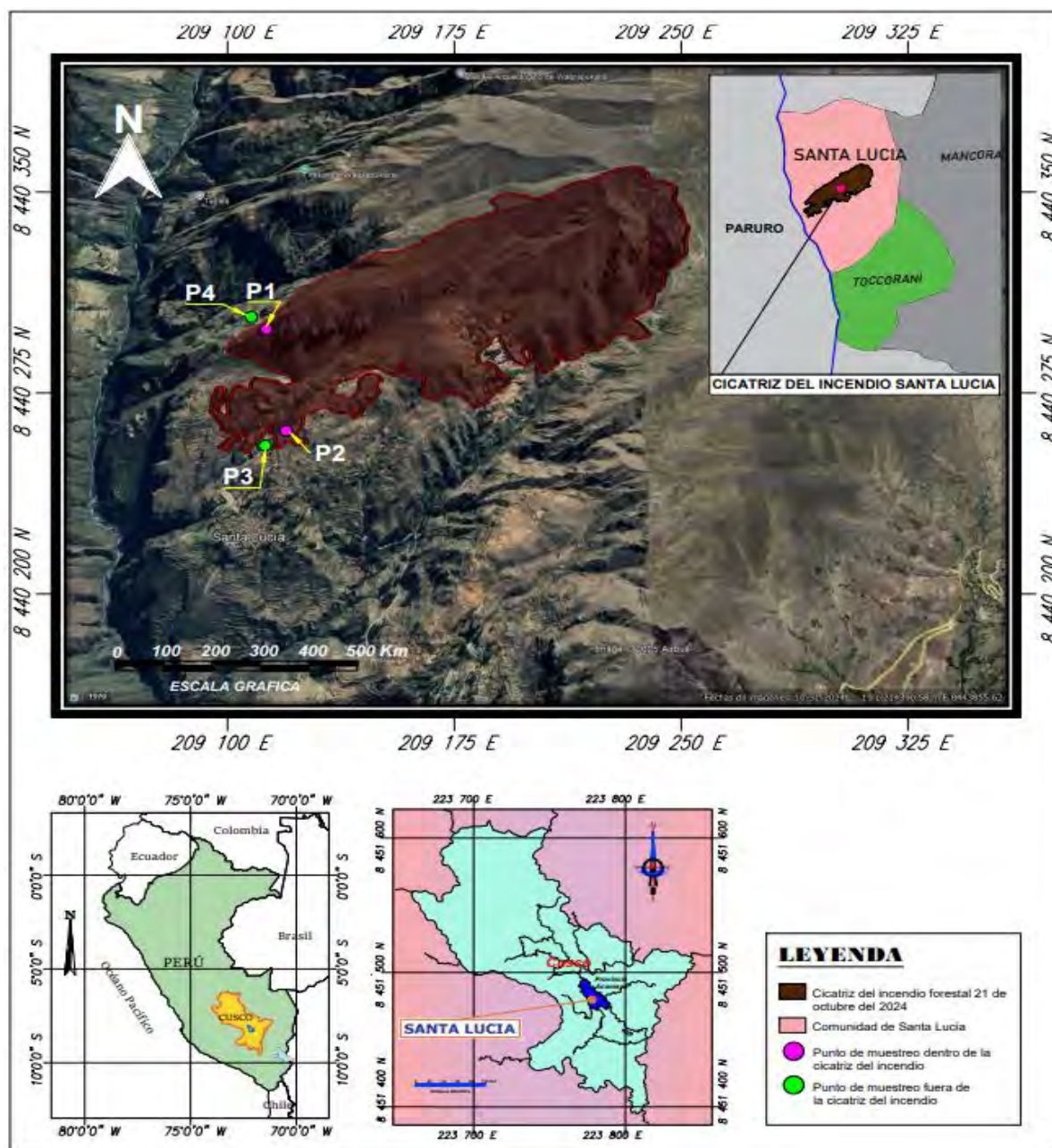
Esquema metodológico del procedimiento de muestreo de las propiedades físico-químicas.



Fuente: Información generada en el presente estudio.

Figura 19:

Puntos definidos para el muestreo de suelo en la comunidad de Santa Lucía.



Nota: P1 y P2 es referida a las calicatas 1 y 2 para la muestra de suelo procedente de áreas que registraron incidencia de incendios forestales. Mientras que, P3 y P4 refiere a las calicatas 3 y 4 para muestra de suelo fuera del área afectada. Adaptado con (QGIS, 2024).

Tabla 12:

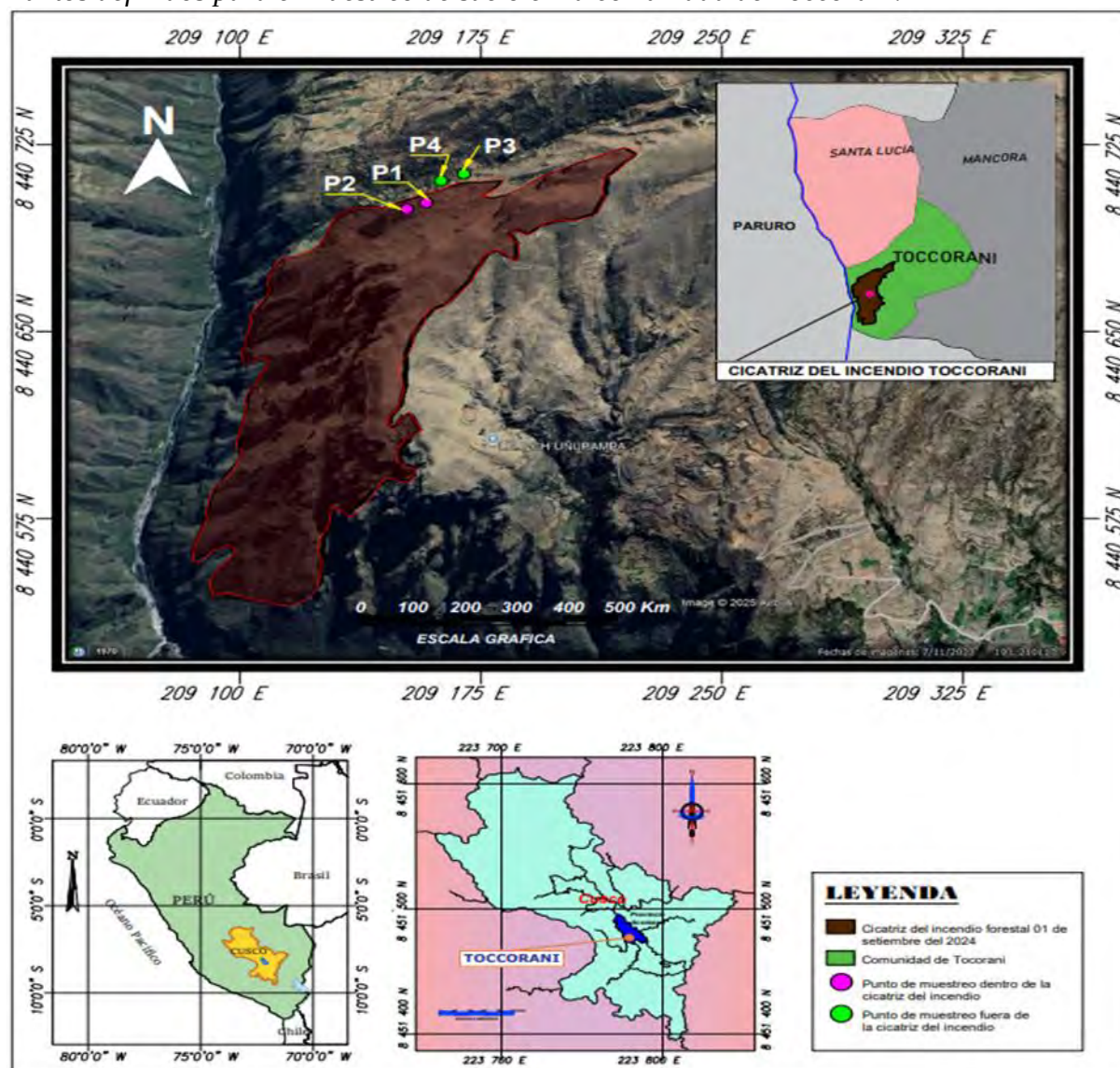
Localización georreferenciada de los sitios de muestreo de suelo en la comunidad de Santa Lucía (Área de estudio 01).

Sitios de muestreo	Coordenadas			Caracterización del área de estudio 01
	Coordenada Este (X)	Coordenada Norte (Y)	Elevación (Z)	
Calicata 01	434870.39	8445232.64	3911	Muestreo de área afectada dentro del IF (1)
Calicata 02	435153.30	8444280.71	3758	Muestreo de área afectada dentro del IF (2)
Calicata 03	435075.77	8444196.44	3715	Muestreo de área no afectada fuera del IF (3)
Calicata 04	434870.59	8445235.25	3911	Muestreo de área no afectada fuera del IF (4)

Fuente: Información generada en el presente estudio.

Figura 20:

Puntos definidos para el muestreo de suelo en la comunidad de Toccorani.



Nota: P1 y P2 es referida a las calicatas 1 y 2 para la muestra de suelo procedente de áreas que registraron incidencia de incendios forestales. Mientras que, P3 y P4 refiere a las calicatas 3 y 4 para muestra de suelo fuera del área afectada. Adaptado con (QGIS, 2024).

Tabla 13:

Localización georreferenciada de los sitios de muestreo de suelo en la comunidad de Toccorani (Área de estudio 02).

Sitios de muestreo	Coordenadas			Caracterización del área de estudio 02
	Coordenada Este (X)	Coordenada Norte (Y)	Elevación (Z)	
Calicata 01	209201.99	8440297.91	3559	Muestreo de área afectada dentro del IF (1)
Calicata 02	209174.73	8440292.40	3559	Muestreo de área afectada dentro del IF (2)
Calicata 03	209301.04	8440333.39	3591	Muestreo de área no afectada fuera del IF (3)
Calicata 04	209245.50	8440337.01	3559	Muestreo de área no afectada fuera del IF (4)

Fuente: Información generada en el presente estudio.

- **Cobertura vegetal:** se determinó el número de muestras aplicando la siguiente fórmula:

$$N=a+b(S)$$

Donde:

- o **N** número total de la muestra.
- o **a** (5) constante.
- o **b** (0.001) constante.
- o **S** superficie total a evaluar (Ha).

Tabla 14:

Dimensionamiento de la muestra en relación con la superficie evaluada.

N°	Área afectada por el IF		a (constante)	b (constante)	S (Ha)	N
1	Comunidad Santa Lucia		5	0.001	511.09	6
2	Comunidad Toccorani		5	0.001	233.17	5

Nota: Cálculo de tamaño mínimo de la muestra según la fórmula basada en las normas y recomendaciones para diseñar el Plan General de Manejo Forestal, aprobado por R.J. N° 109-2003-INRENA, versión modificada (MINAM, 2015).

Demostración del cálculo:

- Para Santa Lucía: $N=5+0.001 \times 511.09=5+0.51109=5.51109$

Se aproxima hacia arriba por recomendación metodológica para garantizar representatividad $N = 6$ muestras.

- Para Toccorani: $N=5+0.001 \times 233.17=5+0.23317=5.23317$.

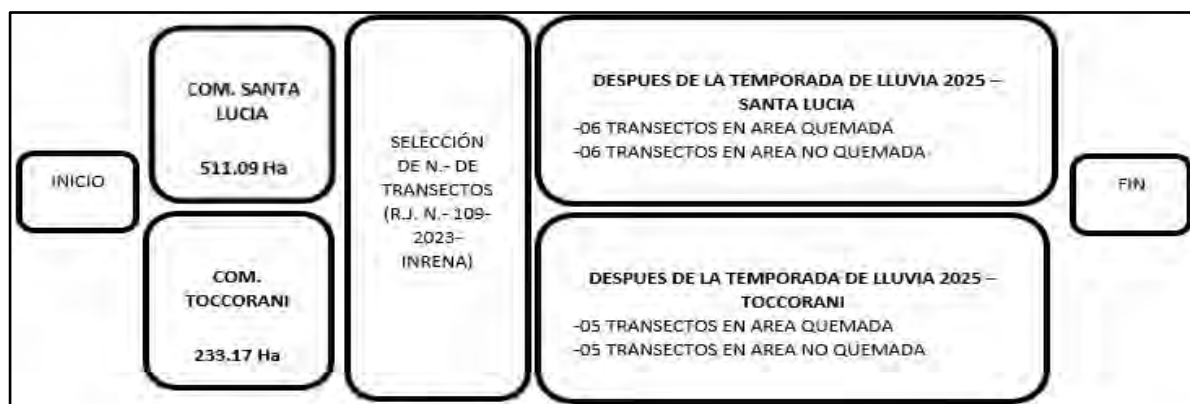
Se aproxima hacia arriba $N = 5$ muestras.

Para la comunidad de Santa Lucia se tomaron 06 unidades de muestreo dentro del área afectado por el incendio forestal y 06 unidades de muestreo fuera del área afectado (Figura 21 y 22; tabla 15). Mientras que en la comunidad de Toccorani se tomaron 05 unidades de muestreo dentro del área afectado por el incendio forestal y 05 unidades de muestreo fuera del área afectado (Figura 21 y 23; tabla 16). Con la finalidad de realizar un inventario de la cobertura vegetal posterior a la época de lluvia donde se observó variaciones en la composición de especies de la vegetación y en la capacidad de rebrote (MINAM, 2015).

Asimismo, se analizó los datos meteorológicos respecto a la precipitación pluvial acumulada mensual desde (2019-2025) y precipitación por mes durante el periodo de estudio (septiembre del 2024 a abril del 2025) mediante los datos obtenidos de SENAMHI proveniente de la estación meteorológica de Pomacanchi, ubicada cerca del área de estudio.

Figura 21:

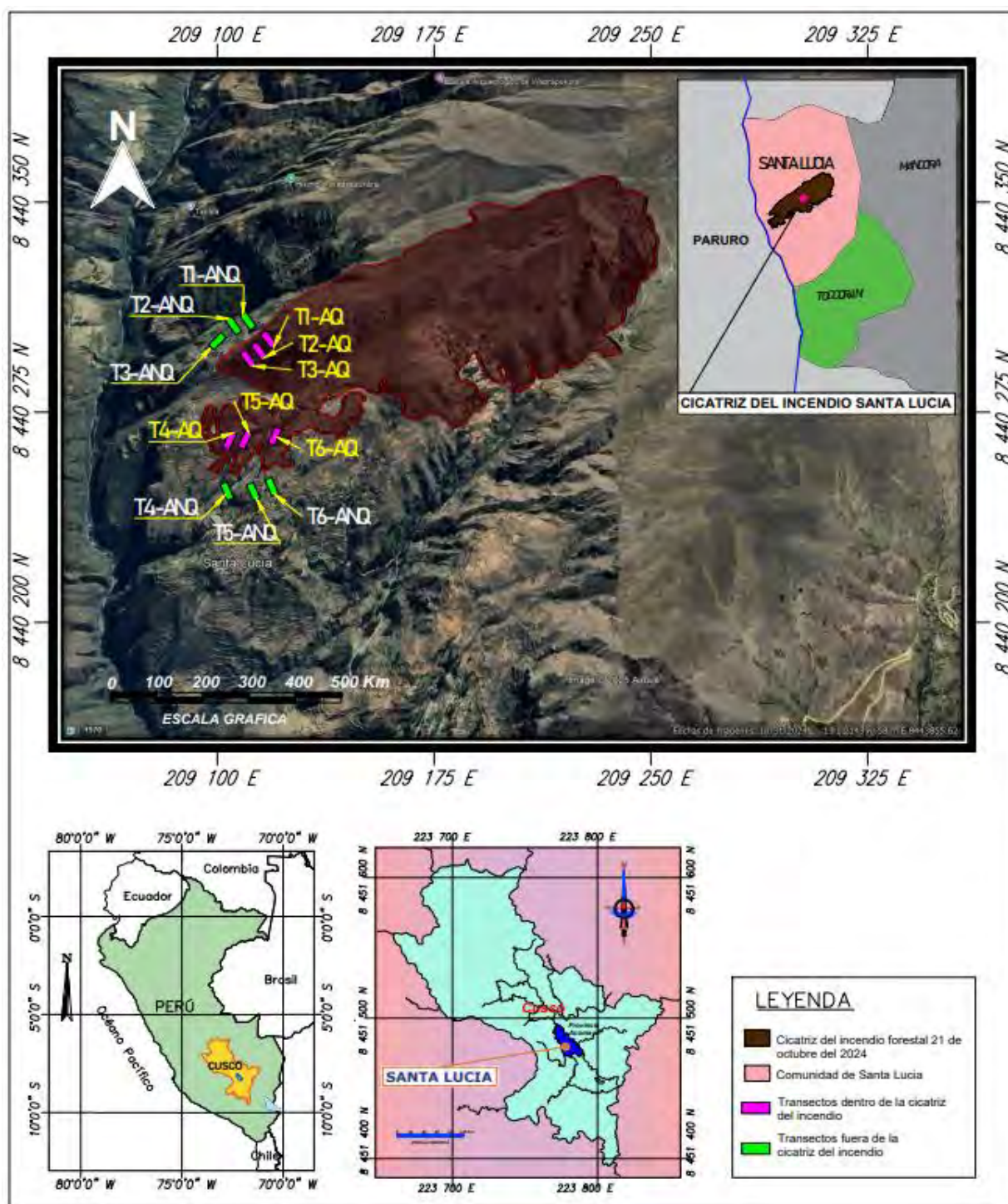
Esquema metodológico del procedimiento de muestreo de cobertura vegetal.



Fuente: Información generada en el presente estudio.

Figura 22:

Ubicación de los transectos para el inventario de cobertura vegetal en la comunidad de Santa Lucía.



Nota: PI refiere al “punto inicial” y PF refiere “punto final” de los transectos trazados, tanto en sectores quemados como no quemados. Los 06 transectos para áreas quemadas son representados por T1-AQ...T6-AQ; mientras que, T1-ANQ...T6-ANQ representa a transectos de áreas no quemadas. Adaptado con (QGIS, 2024).

Tabla 15:

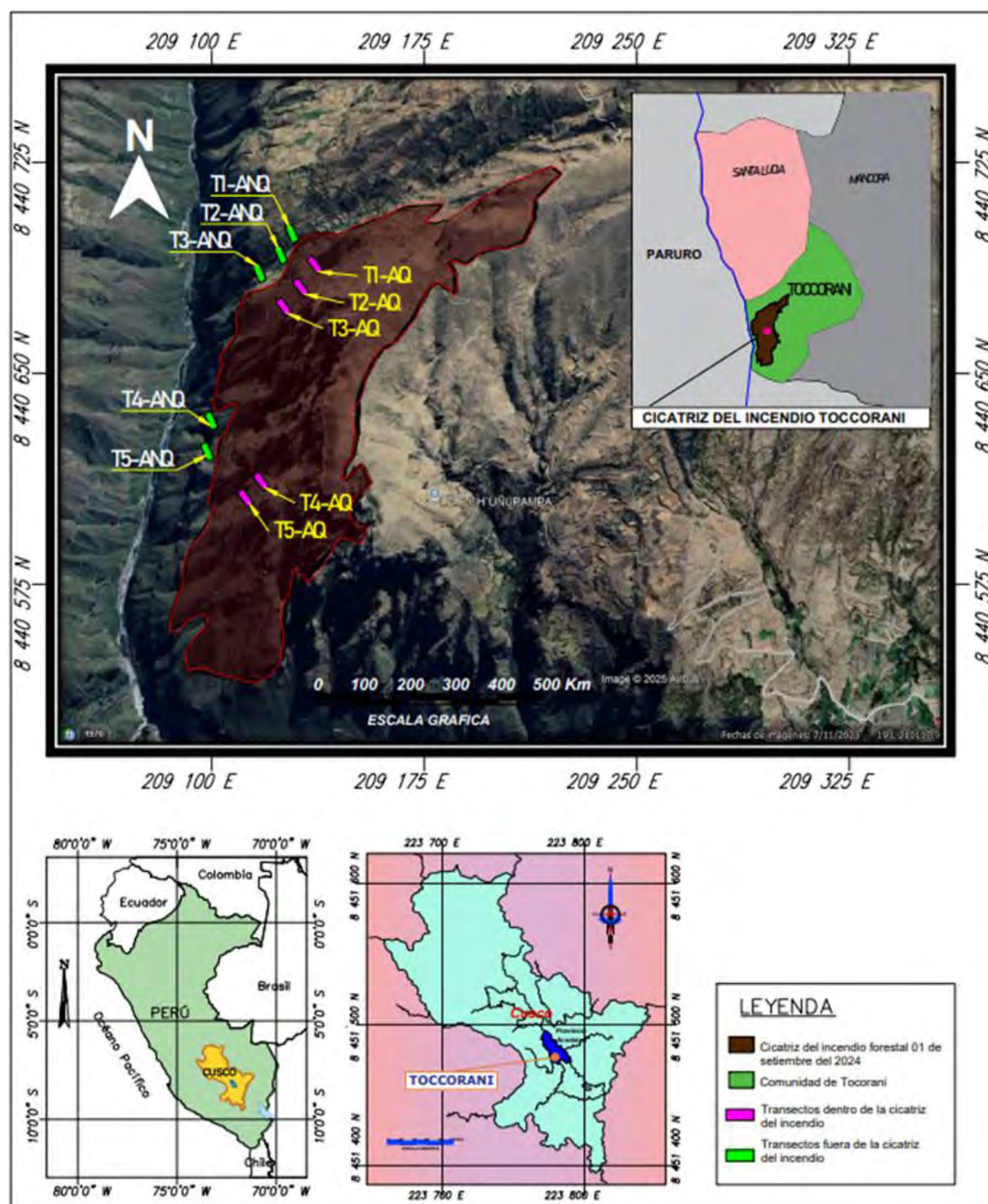
Transectos trazados con el objetivo de inventariar la vegetación presente en la Comunidad de Santa Lucía (Área de estudio 01).

Descripción de transectos del área de estudio 01		Coordenadas		
		Coordenada Este (X)	Coordenada Norte (Y)	Elevación (Z)
Transecto área quemada 01 (T1-AQ)	PI	207863.70	8444985.00	4023.70
	PF	207900.60	8444950.90	4013.70
Transecto área quemada 02 (T1-AQ)	PI	207836.70	8444955.30	3998.20
	PF	207869.40	8444927.00	3994.80
Transecto área quemada 03 (T1-AQ)	PI	207789.50	8444915.00	3972.60
	PF	207833.40	8444887.50	3969.30
Transecto área quemada 04 (T1-AQ)	PI	207711.80	8444174.40	3707.80
	PF	207706.40	8444100.20	3686.10
Transecto área quemada 05 (T1-AQ)	PI	207843.80	8444245.90	3733.10
	PF	207839.10	8444163.40	3701.40
Transecto área quemada 06 (T1-AQ)	PI	208062.50	8444139.50	3753.80
	PF	208044.10	8444049.80	3726.60
Transecto área no quemada 01 (T1-ANQ)	PI	207812.20	8445367.90	3893.90
	PF	207792.80	8443846.10	3610.30
Transecto área no quemada 02 (T1-ANQ)	PI	207794.30	8443748.60	3619.70
	PF	208014.80	8443864.70	3702.60
Transecto área no quemada 03 (T1-ANQ)	PI	208037.00	8443756.40	3710.60
	PF	208087.70	8443885.70	3739.60
Transecto área no quemada 04 (T1-ANQ)	PI	208111.00	8443790.60	3728.60
	PF	207816.00	8445252.20	3910.30
Transecto área no quemada 05 (T1-ANQ)	PI	207752.10	8445250.50	3867.70
	PF	207754.40	8445201.60	3889.90
Transecto área no quemada 06 (T1-ANQ)	PI	207541.80	8445518.00	3637.50
	PF	207522.20	8445405.10	3684.10

Fuente: Información generada en el presente estudio.

Figura 23:

Ubicación de transectos para el inventario de la cobertura vegetal en la comunidad de Toccoarani.



Nota: PI refiere al “punto inicial” y PF refiere “punto final” de los transectos trazados, tanto en sectores quemados como no quemados. Los 05 transectos para áreas quemadas son representados por T1-AQ...T5-AQ; mientras que, T1-ANQ...T5-ANQ representa a transectos de áreas no quemadas. Adaptado con (QGIS, 2024).

Tabla 16:

Transectos trazados con el objetivo de inventariar la vegetación presente en la Comunidad de Toccorani (Área de estudio 02).

Descripción de transectos del área de estudio 01		Coordenadas		
		Coordenada Este (X)	Coordenada Norte (Y)	Elevación (Z)
Transecto área quemada 01 (T1-AQ)	PI	208833.30	8439995.40	3512.40
	PF	208849.30	8439926.40	3528.90
Transecto área quemada 02 (T1-AQ)	PI	208778.40	8439980.80	3488.50
	PF	208803.80	8439910.90	3508.30
Transecto área quemada 03 (T1-AQ)	PI	208721.30	8439959.90	3472.80
	PF	208751.10	8439897.90	3478.60
Transecto área quemada 04 (T1-AQ)	PI	208601.30	8438448.30	3323.40
	PF	208642.30	8438353.40	3340.00
Transecto área quemada 05 (T1-AQ)	PI	208474.10	8438385.40	3214.40
	PF	208520.10	8438309.40	3256.30
Transecto área no quemada 01 (T1-ANQ)	PI	208713.90	8440298.20	3441.90
	PF	208745.40	8440258.90	3427.40
Transecto área no quemada 02 (T1-ANQ)	PI	208694.70	8440214.20	3405.30
	PF	208723.90	8440165.50	3403.20
Transecto área no quemada 03 (T1-ANQ)	PI	208621.50	8440160.10	3371.40
	PF	208643.10	8440121.20	3373.30
Transecto área no quemada 04 (T1-ANQ)	PI	208350.10	8438774.60	3132.30
	PF	208395.50	8438667.90	3176.70
Transecto área no quemada 05 (T1-ANQ)	PI	208315.00	8438615.90	3076.30
	PF	208367.70	8438526.00	3113.70

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Técnicas de selección de muestra

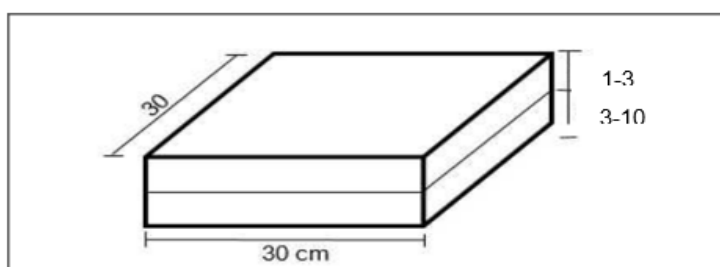
La presente investigación empleó la técnica de selección de muestra aleatoria simple, garantizando que cada unidad de la población tuviera la misma probabilidad de inclusión. El establecimiento de la muestra se basó en el análisis de la población y en la determinación del tamaño de la muestra (Hernández Sampieri et al., 2014).

- **Propiedades de físico – química del suelo:** se recolectó muestras en cuatro puntos de muestreo de 0.30 x 0.30 x 0.15 m en cada comunidad (02 dentro y 02 fuera del área del incendio), en cada calicata se realizaron 02 tomas de muestras a dos niveles de

profundidad de 0.01 – 0.03 m y 0.03 – 0.10 m (Román, 2023; Figura 24). En la comunidad de Santa Lucia se tomaron 08 muestras de suelo antes del inicio de la temporada de lluvias (a los 03 días posteriores al control del IF) y 08 muestras de suelo al inicio de la temporada seca (a los 174 días después del IF) (Figura 19 y 25). Mientras que, en Toccorani se tomaron 08 muestras de suelo previo al comienzo de la temporada de lluvias (a los 49 días posteriores al control del IF) y 08 muestras de suelo al inicio de la temporada seca (a los 222 días después del IF) (Figura 20 y 30), con la finalidad de realizar las comparaciones.

Figura 24:

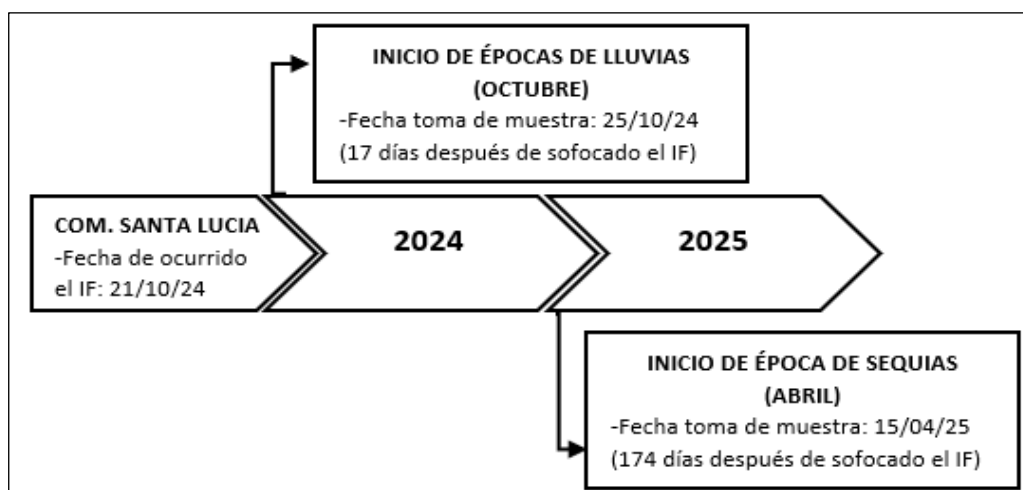
Esquema de la excavación llevada a cabo en las ubicaciones designadas para el muestreo de suelo.



Fuente: Información propia adaptada de Román (2023)

Figura 25:

Fase de muestreo del suelo realizada en la comunidad de Santa Lucía.



Fuente: Información propia adaptada de Román (2023)

Figura 26:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada antes de la temporada lluviosa en sectores no quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área no quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 25-10-2024

Figura 27:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área no quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 25-10-2024

Figura 28:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área no quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 15-04-2025

Figura 29:

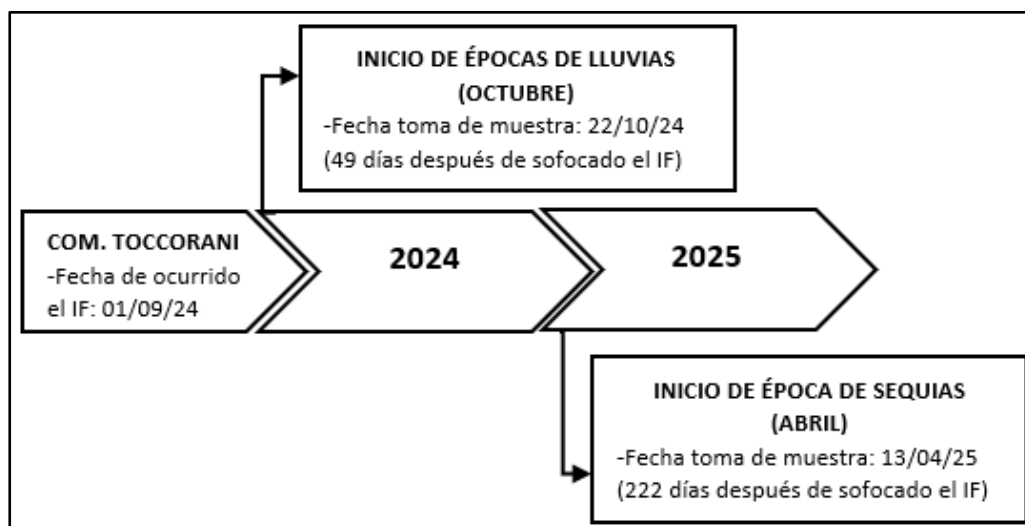
Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Santa Lucía, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 15-04-2025

Figura 30:

Fase de muestreo del suelo realizada en la comunidad de Toccorani.



Fuente: Información propia adaptada de Román (2023)

Figura 31:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área no quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 22-10-2024

Figura 32:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada antes de la temporada de lluvias, en sectores quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 22-10-2024

Figura 33:

Obtención de muestras de suelo en la comunidad de Toccorani, realizada tras la temporada de lluvias, en sectores no quemados por incendios forestales.



Nota: Muestra de suelo en un área no quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 13-04-2025

Figura 34:

Muestreo de suelo en áreas impactadas por incendios forestales en la comunidad de Toccorani, posterior al período lluvioso.



Nota: Muestra de suelo en un área quemado. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 13-04-2025

Para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, se recolectó $\frac{1}{2}$ kg de suelo por cada punto de muestreo, el cual se depositó en bolsas de plástico tipo Ziploc (0.09×0.15 m) con su respectiva etiqueta, y posteriormente, las muestras se remitieron al laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

Se evaluaron las propiedades físicas del suelo, específicamente la estructura textural del suelo, incluyendo proporciones de arena, limo y arcilla, y las propiedades químicas: el potencial de hidrogeniones, la conductividad eléctrica (C.E.), la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K). Estas variables se seleccionaron porque permiten evaluar la fertilidad y la capacidad de

recuperación del suelo después de los incendios: la textura influye en la retención de agua y nutrientes, el pH en la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana, la materia orgánica en la regeneración del ecosistema, la CIC en la retención de nutrientes, y el nitrógeno, fósforo y potasio son elementos esenciales para el crecimiento vegetal (Bazán, 2017).

Tabla 17:

Evaluación de los parámetros físico-químicos de las muestras de suelo en el laboratorio.

Parámetros	Métodos	Unidad de expresión
Físicos		
Textura (arena, limo, arcilla)	Bouyoucos Triangulo textural USDA	%
Químicos		
(pH) Potencial de Hidrogeniones	Potenciómetro	Unidad pH
(C.E.) Conductividad Eléctrica	Conductómetro	mmhos/cm
(C.I.C) Capacidad de Intercambio Catiónico	Saturación de bases	meq/100g
(M.O.) Materia Orgánica	Walkeley – Black	%
(N) Nitrógeno	Micro- Kjeldahl	%
(P) Fosforo	Olsen Modificado	ppm
(K) Potasio	Acetato de Amonio (NH ₄)	ppm

Nota: Los análisis de datos de los parámetros establecidos para el análisis de suelo se realizó con métodos reconocidos a nivel nacional (Bazán, 2017).

Figura 35:

Apertura de calicatas para muestreo de suelo.



Nota: Apertura de calicata en un área no quemada en la comunidad de Santa Lucia de 0.30x0.30x0.10m. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 25-10-2024

Figura 36:

Muestreo y extracción de suelo para análisis.



Nota: Extracción de suelo a dos profundidades de 0-3 cm y de 3-10 cm. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 25-10-2024

Figura 37:

Entrega de muestras del suelo.



Nota: Etiquetado de muestras de suelo para llevarlas a laboratorio. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 25-04-2025

Figura 38:

Recepción de muestras de suelo en el laboratorio para su procesamiento.



Nota: Etiquetado de muestras de suelo para llevarlas a laboratorio. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 10-11-2024

Posteriormente, se registraron datos de temperatura del suelo durante una simulación de quema, realizada en un área de matorral contigua a la zona afectada por los incendios. Para ello, se utilizaron termómetros portátiles con termopar tipo K (modelos HI 935002 y HI 935009), con el objetivo de obtener referencias aproximadas de las temperaturas máximas que podrían haber alcanzado los suelos durante el evento de incendio.

Figura 39:

Instalación de sensores con el propósito de registrar los datos correspondientes de temperatura del suelo durante una quema prescrita en un ecosistema de matorral altoandino, adyacente a áreas afectadas por incendios forestales.



Nota: Quema prescrita con autorización comunal en terrenos del comunero Fructuoso Oros Luna para realizar el roce para la ampliación de la frontera agrícola. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 22-05-2025

Figura 40:

Registro de valores de temperatura del suelo medidos en una quema prescrita.



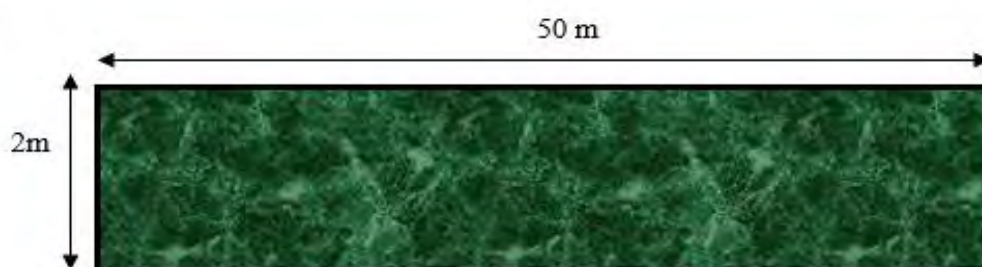
Nota: Toma de datos de temperatura máxima del suelo alcanzada en una quema prescrita. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 22-05-2025

- Cobertura vegetal:** con el fin de comparar con los análisis físico-químicos del suelo, se evaluó la vegetación de matorral tras la ocurrencia de los incendios forestales a fin de medir el rebrote de la cobertura vegetal. Según cálculo del número de unidades muestrales en relación con la superficie destinada al inventario, se realizó 6 transectos dentro y fuera del área del incendio en la comunidad de Santa Lucia (174 días sofocado el incendio forestal) y 5 transectos dentro y fuera del área del incendio en la comunidad de Toccorani (222 días sofocados el incendio forestal) (MINAM, 2015). El diseño de los transectos fueron parcelas rectangulares de 50 x 2 m (debido a la topografía del terreno; Figura 41) para realizar el inventario de las especies, con estas medidas adoptadas se facilitó la medida y control en los registros de información; facilitando la evaluación de las especies a lo largo de un recorrido recto (MINAM, 2015). Basándose en la interpretación de la Directiva del MINAM sobre la Metodología de Zonificación Ecológica y Económica (Decreto N° 010-2006-CONAM/CD, 2016) mediante el

método de transecto al paso para estimar la composición y frecuencia relativa de la vegetación en las áreas de estudio. Este método permitió caracterizar rápidamente la cobertura vegetal y comparar áreas que sufrieron daños y aquellas que permanecieron intactas tras los incendios forestales.

Figura 41:

Esquema del diseño de transecto para el muestreo de la cobertura vegetal



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de (MINAM, 2015)

Figura 42:

Muestreo de la vegetación en sectores intactos de la comunidad de Santa Lucía utilizando transectos.



Nota: Se observa recolección de especies en el primer transecto en parcelas no afectadas por incendios forestales ubicadas en la comunidad de Santa Lucía. Adaptación propia [fotografía]
Fecha: 19-04-2025

Figura 43:

Inventario de especies vegetales a través de transectos en áreas impactadas por incendios en la comunidad de Santa Lucía.



Nota: Se observa recolección de especies en el cuarto transecto en un área afectado por el incendio forestal en la comunidad de Santa Lucia. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 19-04-2025

Figura 44:

Muestreo de la vegetación en parcelas sin afectación por incendios en la comunidad de Toccorani, utilizando transectos.



Nota: Se observa recolección de especies en el primer transecto en áreas no dañadas por incendios forestales ubicadas en la comunidad de Toccorani. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 23-04-2025

Figura 45:

Muestreo de la vegetación en zonas afectadas por incendios de la comunidad de Toccorani, utilizando transectos.



Nota: Se observa recolección de especies en el primer transecto en áreas que sufrieron afectación por incendios forestales en la comunidad de Toccorani. Adaptación propia [fotografía] Fecha: 23-04-2025

Primeramente, para la identificación e inventario de especies vegetales se realizó una observación directa en campo durante el mes de abril de 2025, registrando características morfológicas visibles como forma de hojas, disposición de ramas, presencia de espinas, hábito de crecimiento y rasgos de rebrote. Esta labor contó con la colaboración del señor Valerio Huamaní, comunero de Toccorani y conocedor de la flora local, lo que permitió un reconocimiento contextualizado de las especies.

Posteriormente, la verificación taxonómica a nivel de familia y género se efectuó en gabinete, comparando las fotografías y descripciones tomadas en campo con bibliografía especializada y claves botánicas (De La Cruz-Arango y Cóndor, 2023). Este procedimiento garantizó la correcta identificación de las especies rebrotadas tras los incendios sin necesidad de coleccionar material vegetal, por lo que no se requirió un permiso de colecta científica, conforme al D.S. 018-2015-MINAGRI, normativa que regula únicamente la extracción, colecta y transporte de especímenes.

El proyecto cuenta con la Resolución SERFOR D000158-2024, que autoriza la investigación científica sobre flora silvestre fuera de áreas naturales protegidas, incluyendo la participación de los investigadores y el desarrollo de actividades en las localidades indicadas en el ANEXO 1 y 2 de la resolución.

Cabe señalar que el objetivo principal del estudio no es la caracterización taxonómica exhaustiva de las especies, sino evaluar los impactos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal. La información obtenida permitió calcular indicadores ecológicos como el Índice de Valor de Importancia (IVI), proporcionando datos suficientes y confiables para analizar la dinámica de regeneración del matorral andino posterior al disturbio. La consistencia de los registros se aseguró mediante la comparación con bibliografía especializada y la validación de rasgos morfológicos, lo que respalda la validez de los resultados para los fines del estudio (MINAM, 2015).

Tabla 18:

Variables de vegetación incluyendo frecuencia, proporción de dominancia, cobertura y el índice de valor de importancia.

Parámetros	Descripción	Formula	Unidad de expresión
Abundancia relativa (Ar)	Indica qué parte de la totalidad de especies corresponde a cada población específica. Permite zonificar áreas dentro del marco de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE).	$Ar = \frac{n}{N} \times 100$ n: individuos que pertenecen a una especie específica N: suma de individuos de todas las especies del área	%
Frecuencia relativa (Fr)	Posibilidad de hallar una especie en una unidad muestral.	$Fr = \frac{mi}{M} \times 100$ mi: número de unidades muestrales en que está presente la especie	%

			M: número global de unidades muestrales consideradas	
Dominancia (D)	Superficie cubierta por Miembros de una especie en una zona específica.	$D = \frac{C}{A}$		m ² /Ha
			C: sumatoria del área de cobertura de cada especie (m ²) A: área total de muestreo (Ha)	
Cobertura (AC)	Para árboles y arbustos, se calculó como el área proyectada de la copa. Para herbazales, se estimó como el porcentaje del área ocupada por la proyección de la vegetación sobre la unidad muestral.	$AC = \pi \left(\frac{DC}{2} \right)^2$		m ²
			AC: área de cobertura (m ²) DC: Media del diámetro de la superficie cubierta por la vegetación (m)	
Índice de Valor de la Importancia (IVI)	Mide el peso ecológico de cada especie que integra la vegetación de la comunidad.	$IVI = Ar + Dr + Fr$		%

Nota: Para calcular los parámetros del inventario de cobertura vegetal, se adoptaron las pautas descritas por el MINAM (2015) sobre flora y vegetación.

Finalmente, se calcularon los índices ecológicos que permiten evaluar la biodiversidad del ecosistema. Con el fin de evaluar la diversidad de la vegetación, se calculó el índice de Shannon-Wiener (H'), que toma en cuenta la abundancia y equitatividad de las especies, así como el índice de Margalef (Dmg), que se enfoca en estimar la riqueza específica del área evaluada. Ambos índices ofrecen una visión complementaria respecto a la organización de la vegetación y el estado de recuperación del matorral tras el incendio (Guerrero et al., 2020; Magurran, 2003; Moreno, 2001).

Para su cálculo se aplicaron las fórmulas correspondientes a cada uno de los índices.

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Donde:

o **H'** : índice de Shannon-Wiener.

- o **S** : suma de todas las especies identificadas
- o **p_i** : porcentaje que representa la especie i dentro del total de individuos
calculada como: $p_i = \frac{n_i}{N}$
- o **ln** : logaritmo natural.
- o **N**: total de individuos pertenecientes a todas las especies.

Tabla 19:

Valores de referencia para la evaluación del índice de Shannon-Wiener

Rangos	Nivel de significancia
0.5 a 2	Diversidad baja
2 – 3	Diversidad media
3 a 5	Diversidad alta

Nota: Rangos utilizados para evaluar la diversidad de especies en el área de estudio (De La Cruz-Arango y Córdor, 2023)

$$D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Notación utilizada:

- o **D_{mg}** valor del índice de Margalef.
- o **S** número de especies observadas.
- o **N** número total de individuos contabilizados.
- o **Ln** función logaritmo natural.

Tabla 20: Rangos de interpretación del índice de Margalef

Rangos de interpretación del índice de Margalef

Rangos	Nivel de significancia
Menor a 1.5	Baja diversidad
Entre 1.6 – 3.5	Diversidad media
Mayor a 3.5	Alta diversidad

Nota: Valores para medir la diversidad de especies en el área estudiada (De La Cruz-Arango y Córdor, 2023)

3.7. Técnicas de recolección de información

- Análisis documental.

Para recopilar datos secundarios, se recurrió a diversas fuentes documentales, tales como libros especializados, artículos científicos, tesis, revistas técnicas, manuales y normativas vigentes. Asimismo, se consultaron documentos complementarios relevantes al contexto del estudio, como el *Anexo D – Reporte complementario del incendio forestal en la comunidad de Santa Lucía* (INDECI, 2024) y el *Anexo E – Reporte complementario del incendio forestal en la comunidad de Toccoarani* (INDECI, 2024). Estas fuentes proporcionaron a establecer una estructura teórica y de contexto firme, indispensable para el análisis y la interpretación de los resultados empíricos recolectados en campo.

- Observacional.

Se llevó a cabo observación directa sobre el terreno, mediante la documentación sistemática de información relevante. Para ello, se realizó el muestreo de suelos en puntos seleccionados dentro correspondientes a zonas impactadas por incendios y áreas de referencia no quemadas. Las muestras obtenidas fueron analizadas posteriormente en el laboratorio perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Asimismo, se evaluó la cobertura vegetal empleando el *Anexo K...N - Ficha de inventario de la cobertura vegetal*, con el propósito de cuantificar variables ecológicas clave. Esta información permitió caracterizar de manera precisa las condiciones del ecosistema, aportando solidez y respaldo técnico a la investigación.

3.8. Instrumentos

Los instrumentos y materiales utilizados para la obtención de datos fueron seleccionados conforme a los objetivos de la investigación y validados según su naturaleza. Los análisis físico-químicos del suelo se realizaron empleando métodos estandarizados y reconocidos en la literatura científica, efectuados en el laboratorio de la Facultad de Ciencias

de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, garantizando calibración de equipos, control técnico y confiabilidad de los resultados. La evaluación de la cobertura vegetal se basó en la Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM (19/03/2015), guía normativa validada por especialistas. La medición de la temperatura del suelo se efectuó con un termómetro portátil tipo K previamente calibrado. La delimitación de áreas quemadas y no quemadas se sustentó en imágenes satelitales Sentinel-2 y reportes oficiales del COEN–INDECI.

Se detallan los recursos utilizados:

- Materiales cartográficos: imágenes del satélite Sentinel-2, plataforma Google Earth Pro, Software de Sistemas de Información Geográfica QGIS 3.38.0, datos meteorológicos proporcionados por el SENAHMI.
- Materiales de campo: cámara fotográfica, GPS con sistema MGRS/UTM, termómetros portátiles de termopar K HI 935005 – HI 935005N, pico, pala, wincha de 100 m, bolsas de plástico policlick ziploc (0.09 x 0.15 m), bolsa de papel (0.09 x 0.15 m), regla metálica de 30 cm graduada, etiquetas, plumones indelebles, pintura en spray.
- Materiales de escritorio: computadora portátil HP i5 (9na generación), libreta de apuntes de campo, fichas de registro de datos (suelo y vegetación).
- Servicios contratados: procesamiento y análisis de muestras de suelo en laboratorio, realizado en la Facultad de Ciencias de la UNSAAC, Cusco, alquiler de camioneta (Nissan Frontier, placa W3C-718) para el traslado al sitio de estudio, contratación de dos peones para trabajos de extracción de muestras de suelo y delimitación de transectos.

3.9. Técnicas de análisis e interpretación de la información

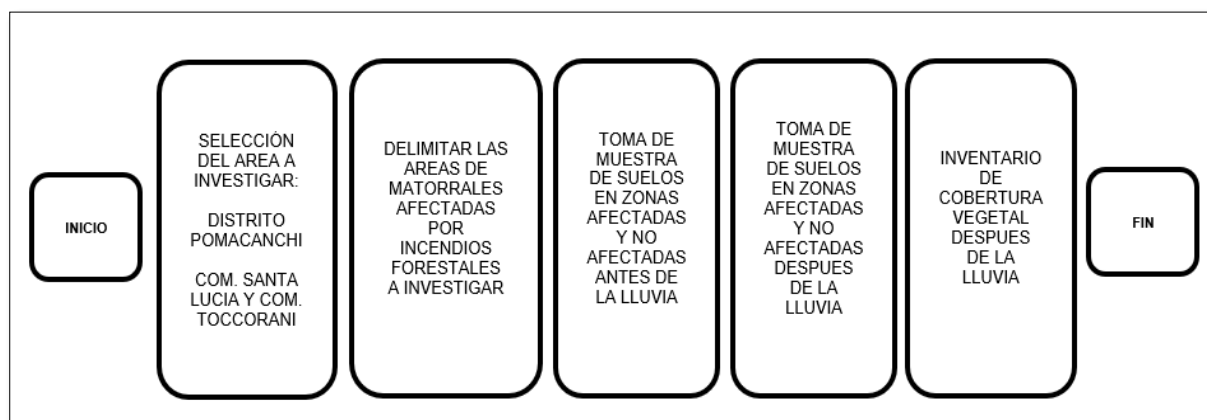
3.9.1. Análisis de la información

Se procedió a realizar el análisis de resultados obtenidos a partir de las muestras de suelo analizadas en el laboratorio, así como de los datos sobre la cobertura vegetal registrados

en los transectos establecidos en ambas comunidades. Para ello, se siguió un plan de análisis estructurado que permitió interpretar de manera sistemática las condiciones físicas y químicas del suelo, así como la configuración y composición de la vegetación evaluada.

Figura 46:

Esquema del proceso metodológico de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Posterior a los datos obtenidos de la toma de muestras en campo y su posterior análisis en laboratorio fueron sistematizados en una base de datos para su análisis en RStudio.

Se evaluaron las propiedades físico-químicas del suelo en ambas comunidades (Santa Lucía y Toccoarani) como una sola unidad fisiográfica, evaluando diferencias según la condición del área (quemada / no quemada), la profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y la temporada (antes y después de las lluvias). Se calcularon estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, mínimo y máximo) y se aplicó un ANOVA de tres vías, comprobando antes que se cumplieran los supuestos de normalidad y uniformidad de varianzas. En caso de interacciones significativas se realizaron comparaciones de medias (LS means) para interpretar los efectos del incendio sobre cada variable del suelo.

Para la cobertura vegetal, el análisis fue de tipo descriptivo. Se presentó la composición florística, el Valor de Importancia (IVI) de las especies y los indicadores ecológicos de Shannon

y Margalef para cada comunidad y condición del área (quemada / no quemada). Esto permitió evaluar la estructura, diversidad y dominancia de la vegetación en respuesta al incendio.

3.9.2. Interpretación de la información

Para la interpretación de la información se recurrió al uso de diversas herramientas que permitieron un análisis integral de los datos recolectados. Utilizándose los programas QGIS 3.38.0 y Google Earth Pro para la visualización espacial y análisis geográfico de la zona de estudio; mientras que, R-Studio y Microsoft Excel fueron empleados para el procesamiento estadístico y la organización de los resultados.

Además, se incorporaron registros fotográficos tomados durante el trabajo de campo, así como los valores reportados por el laboratorio tras el análisis del suelo *Anexo F...I – Informe de análisis de laboratorio*. También se consideraron datos meteorológicos relevantes y la información recopilada sobre la cobertura vegetal, incluyendo el número y disposición de transectos, de acuerdo con lo consignado en el *Anexo K...N – Ficha de inventario de la cobertura vegetal*.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron contrastados con estudios e investigaciones previas relacionadas al tema, lo que permitió una discusión crítica y fundamentada sobre los efectos observados en el área evaluada.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contexto ambiental y caracterización del fuego

Para poder analizar las alteraciones en las propiedades del suelo y la vegetación, resulta fundamental caracterizar las condiciones ambientales que influyeron en la ocurrencia y severidad de los incendios. Aspectos como las lluvias, el nivel de temperatura durante el incendio y la fuerza del fuego influyen notablemente en la magnitud de los impactos ecológicos.

En este contexto, la variación de las lluvias desempeña un papel clave en la recuperación post-incendio, ya que determina la humedad disponible para el rebrote de especies herbáceas y arbustivas. Por su parte, la temperatura alcanzada durante la quema influye en la magnitud de la combustión, mientras que la severidad del fuego integra estos factores, expresando el nivel de modificaciones en las propiedades del suelo y en la cobertura vegetal. La interacción entre estas condiciones permite comprender la dinámica de regeneración observada en los matorrales andinos evaluados.

Antes de presentar los resultados específicos de las variables de suelo y cobertura vegetal, se expone a continuación una caracterización de las condiciones ambientales y del comportamiento del fuego, la cual cumple un rol contextual y referencial para la interpretación integral de los impactos observados posteriormente en ambos componentes del ecosistema.

Por ello, se presentan a continuación los hallazgos correspondientes a las condiciones climáticas y de fuego registradas en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani.

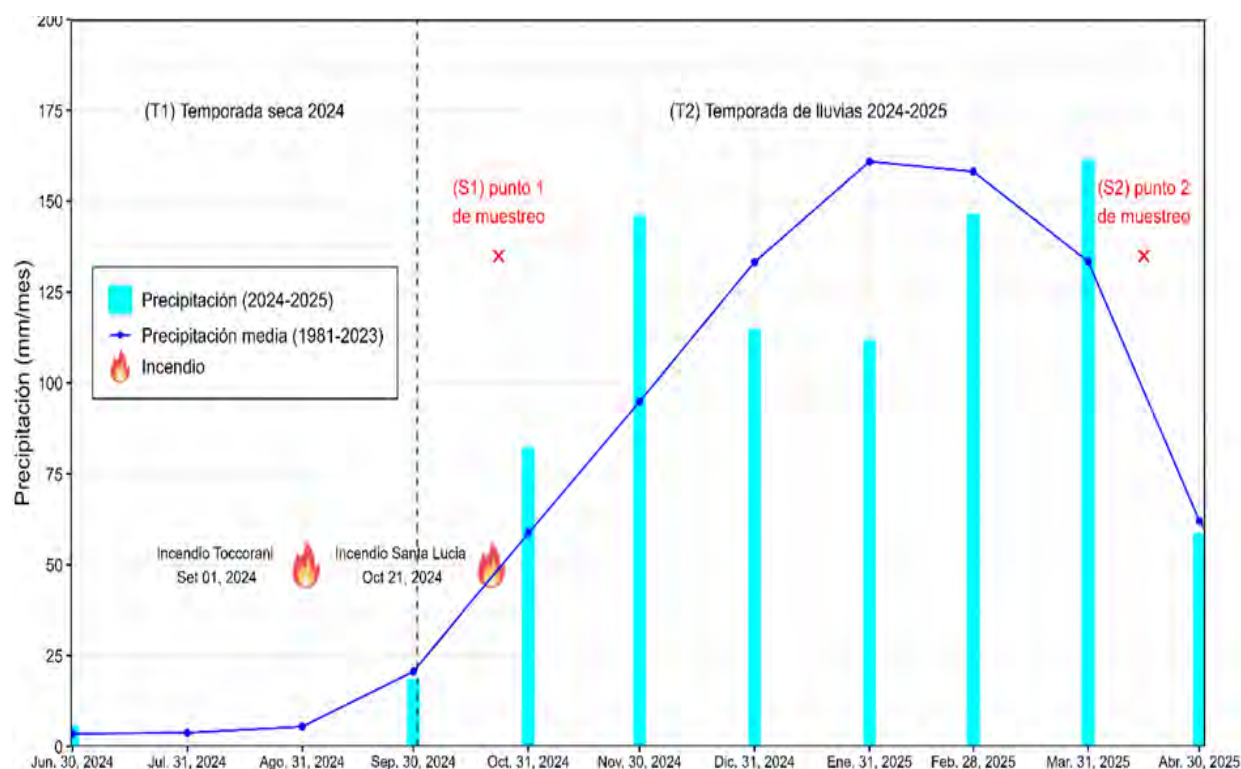
4.1.1. *Precipitación durante el periodo de estudio*

La recuperación del matorral andino tras los incendios forestales está fuertemente influenciada por la precipitación, considerada un factor ambiental clave, incidiendo en la humedad del suelo, la germinación de semillas y el rebrote de la cobertura vegetal. Para evaluar la relación entre la precipitación y la regeneración post-incendio de la cobertura vegetal en las

comunidades de Santa Lucía y Toccoarani, se analizaron datos de precipitación mensual obtenidos a partir de dos fuentes complementarias como son datos meteorológicos de la estación meteorológica de Pomacanchi (periodo 2019–2025) proporcionados por SENAEMI, y la base de datos climáticos PISCO (Periodo 1981–2025), la cual permitió establecer un valor de referencia histórica.

Figura 47:

Dinámica mensual de precipitación tras los incendios forestales en Santa Lucía y Toccoarani (2024–2025).



El análisis gráfico muestra una clara transición estacional entre el periodo seco que abarca de junio a septiembre, mientras que el húmedo se extiende de octubre a abril, presentando precipitaciones mensuales superiores a 100 mm durante los meses de mayor pluviometría (enero–marzo). En particular, durante la temporada de lluvias 2024–2025, posterior al evento de incendio registrado en Toccoarani (01 de setiembre de 2024) y Santa Lucía (21 de octubre de 2024), se registraron acumulados superiores al promedio histórico (1981–

2023), lo cual podría haber favorecido procesos de rebrote en especies herbáceas y pioneras, como se observó en campo (abril de 2025).

Lo cual es consistente con lo reportado por Salcedo (2021), quien observó una recuperación progresiva de la cobertura herbácea en los meses posteriores al incendio, con un incremento significativo de la cobertura entre enero y abril. De manera similar, De La Cruz-Arango y Córdor (2023) señalan que la disponibilidad hídrica en los meses post-incendio es un factor decisivo en la velocidad y composición de la regeneración vegetal, favoreciendo principalmente a especies de ciclo corto o con estrategias adaptativas al fuego.

Durante la temporada de lluvias 2024–2025, el matorral andino afectado por los incendios mostró un inicio de recuperación evidente. Las precipitaciones favorecieron el rebrote de especies herbáceas y la emergencia de nuevas plántulas, lo que refleja una respuesta temprana del ecosistema frente al disturbio. Sin embargo, la regeneración de especies leñosas dominantes, como *Escallonia resinosa*, fue limitada. Esto indica que, aunque las lluvias impulsan la recuperación inicial, el restablecimiento completo de la estructura original del matorral puede requerir más tiempo y depender de la intensidad del incendio sufrido.

4.1.2. Dinámica térmica y temperaturas máximas registradas durante una quema prescrita

Con el objetivo de generar un referente térmico que permita comprender cómo se comporta el fuego en el ecosistema de matorral andino, se realizaron quemas prescritas en una zona adyacente a los sectores impactados por los incendios forestales en la comunidad de San Juan durante septiembre de 2025 (ver Figura 8). La dinámica térmica del fuego se documentó durante las quemas controladas, evaluando desde la superficie del suelo hasta una profundidad de 3 cm. La temperatura se midió cada minuto con un termómetro tipo K. La altura máxima de las llamas superó la capacidad del sensor (~2.5 m), y la velocidad del viento se mantuvo aproximadamente en 2.3 m/s con dirección este-oeste ($E \rightarrow O$). Por ello, la información reportada se centra en la evolución de la temperatura durante las distintas fases del fuego.

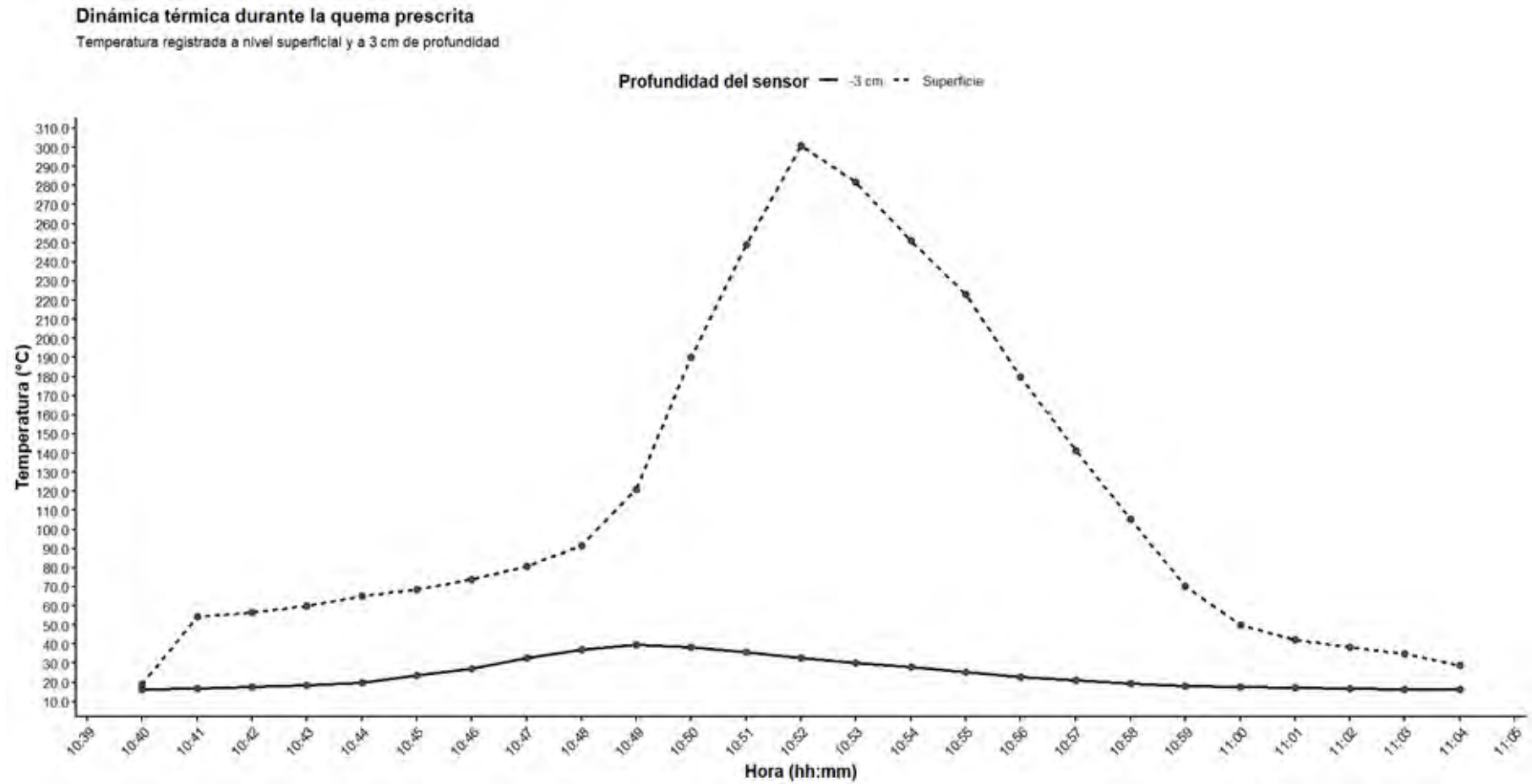
Tabla 21:

Temperatura registrada en un matorral andino durante una quema prescrita a nivel del suelo y a 3 cm de profundidad (septiembre 2025, San Juan, Acomayo).

Hora (hh:mm:ss)	Temp. sensor -3 cm (°C)	Temp. sensor nivel suelo (°C)	Fase del fuego	Observaciones técnicas
10:40:00	16.2	18.8	Combustión inicial	Ignición lenta de vegetación
10:41:00	16.9	54.2	Combustión inicial	Ignición lenta de vegetación
10:42:00	17.5	56.4	Combustión inicial	Combustión parcial de hojarasca
10:43:00	18.5	60.2	Combustión inicial	Fuego en expansión
10:44:00	20.0	65.3	Combustión inicial	Llama visible sostenida
10:45:00	23.5	68.7	Combustión activa	Llama visible sostenida
10:46:00	27.2	73.8	Combustión activa	Llama vertical favorecida por viento leve
10:47:00	32.8	80.6	Combustión activa	Vegetación densa en combustión
10:48:00	37.0	91.6	Combustión activa	Llama alta y persistente
10:49:00	39.8	120.9	Pico de llama	Llama alta y persistente
10:50:00	38.5	190.2	Reducción de llama	Llama comienza a disminuir
10:51:00	36.0	249.0	Disminución de llama	Llama comienza a disminuir
10:52:00	33.0	301.0	Disminución de llama	Llama comienza a disminuir
10:53:00	30.2	282.0	Disminución de llama	Llama comienza a disminuir
10:54:00	28.0	251.0	Postcombustión	Humo visible; llama activa
10:55:00	25.5	223.0	Postcombustión	Humo visible; llama activa
10:56:00	23.0	180.0	Postcombustión	Humo visible; sin llama activa
10:57:00	21.0	141.5	Postcombustión	Humo visible; sin llama activa
10:58:00	19.2	105.3	Postcombustión	Humo visible; sin llama activa
10:59:00	18.1	70.2	Enfriamiento	Llama extinta
11:00:00	17.5	50.1	Enfriamiento	Llama extinta
11:01:00	17.1	42.5	Enfriamiento	Llama extinta
11:02:00	16.8	38.4	Enfriamiento	Llama extinta
11:03:00	16.5	34.8	Enfriamiento	Llama extinta
11:04:00	16.5	28.8	Enfriamiento	Fin del monitoreo

Figura 48:

Dinámica térmica durante una quema prescrita en matorral andino (septiembre 2025, San Juan, Acomayo).



En la fase de combustión inicial (10:40–10:44 hrs), se registró un ascenso progresivo de la temperatura superficial desde 18.8 °C hasta 65.3 °C. A 3 cm de profundidad, la temperatura se mantuvo relativamente estable (16.2–20.0 °C), evidenciando una limitada propagación del calor hacia las capas inferiores del suelo. Esta etapa se caracterizó por una ignición lenta del matorral, donde la vegetación superficial comenzaba a arder parcialmente.

Durante la combustión activa (10:45–10:48 hrs), la temperatura en superficie se incrementó rápidamente, alcanzando los 91.6 °C. A -3 cm, también se observó un aumento notable, con un valor máximo de 37.0 °C. Este incremento refleja una mayor transferencia térmica hacia el suelo superficial, asociada a la combustión completa de la cobertura vegetal. Según DeBano et al. (1998), temperaturas superiores a 60 °C en el horizonte superficial pueden afectar la microbiota edáfica y la estructura del suelo, aunque la magnitud del daño dependerá de la duración de la exposición.

El pico térmico se alcanzó a las 10:52 hrs, donde la superficie del suelo alcanzó una temperatura máxima de 301.0 °C, mientras que a -3 cm se registraron 33.0 °C. Este retraso en el incremento de temperatura a mayor profundidad sugiere una transferencia de calor por conducción. El punto de máxima temperatura coincide con la presencia de llamas intensas sobre el sensor, lo que indica una combustión de alta severidad localizada.

En la fase de reducción de llama (10:50–10:53 hrs), aunque visualmente se observó una disminución en la intensidad del fuego, la temperatura superficial continuó incrementándose, lo cual puede atribuirse a la radiación térmica acumulada en los residuos ardientes y a la persistencia de combustión en vegetación densa. A esta fase le siguió la postcombustión (10:54–10:58 hrs), donde se observaron brasas y humo, pero sin llama visible. Las temperaturas descendieron paulatinamente, alcanzando 105.3 °C en superficie y 19.2 °C a -3 cm.

Finalmente, la fase de enfriamiento (10:59–11:04 hrs) evidenció un retorno gradual a condiciones térmicas similares a las iniciales, con una temperatura final de 28.8 °C en la superficie y 16.5 °C a profundidad, indicando la disipación progresiva del calor residual.

Estos resultados sugieren que el impacto térmico del fuego fue considerablemente más severo en la superficie del suelo, disminuyendo de manera abrupta a pocos centímetros de profundidad. En particular, la temperatura máxima registrada de 301.0 °C a nivel superficial constituye un indicador de alta severidad térmica localizada, suficiente para causar la combustión total de la biomasa aérea, la pérdida parcial de la materia orgánica superficial y la mortalidad de organismos edáficos sensibles al calor. No obstante, la baja temperatura registrada a –3 cm (33.0 °C) evidencia que la transferencia de calor hacia el subsuelo fue limitada, lo que permitió la protección de estructuras subterráneas como raíces, rizomas y bancos de semillas.

Desde una perspectiva ecológica, este patrón térmico explica la respuesta observada en el matorral andino posterior al incendio, caracterizada por una regeneración temprana dominada por especies herbáceas y pioneras, mientras que las especies leñosas presentaron una recuperación más lenta. En este sentido, aunque el valor máximo de 301 °C refleja un evento de fuego intenso en superficie, su corta duración y escasa penetración térmica sugieren un disturbio severo, pero no irreversible, compatible con procesos de sucesión secundaria temprana. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Certini (2005), quien indica que en la mayoría de incendios de baja a moderada intensidad el calor raramente supera los primeros 5 cm del perfil del suelo, así como con Neary et al. (2005), quienes destacan que temperaturas superficiales superiores a 200 °C pueden inducir cambios físicos y químicos temporales, como hidrofobicidad y reducción de materia orgánica, sin comprometer necesariamente la capacidad de recuperación del ecosistema.

4.1.3. Mapa de severidad del fuego (análisis satelital)

Para conocer el nivel de afectación del incendio en las áreas de estudio, se utilizó el mapa de severidad del fuego obtenido mediante la diferencia del Índice Normalizado de Área Quemada (dNBR), propuesta por Key & Benson (2006), calculado a partir de la información de reflectividad de las imágenes satelitales de Sentinel-2. Este índice permite identificar las zonas afectadas por el incendio mediante la comparación de imágenes tomadas antes y después del evento. Su cálculo se basa en el Índice Normalizado de Área Quemada (NBR), que utiliza la banda 8A del infrarrojo cercano (NIR, 865 nm) y la banda 12 del infrarrojo de onda corta (SWIR, 2190 nm) del sensor MSI a bordo de Sentinel-2. La banda 8A, con una resolución espacial de 20 m, es especialmente sensible a la actividad fotosintética y al contenido de clorofila de la vegetación, mientras que la banda 12, también a 20 m de resolución, responde al contenido de humedad en la vegetación y el suelo, siendo altamente sensible a los cambios provocados por el fuego. Juntas, estas bandas permiten detectar con precisión los cambios en la cobertura vegetal y en la humedad del suelo asociados a eventos de incendio.

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

A partir de este índice se calculó el dNBR, mediante la diferencia entre el NBR previo y posterior al incendio:

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

Los valores más altos de dNBR indican mayor severidad del fuego y, por tanto, un mayor grado de alteración de la vegetación y del suelo. En cambio, los valores bajos representan áreas con menor afectación. De acuerdo con Key & Benson (2006), valores de dNBR entre 0,1 y 1,3 corresponden a áreas quemadas con distintos grados de severidad, donde valores en torno a 0,1 indican zonas de baja severidad, mientras que valores cercanos a 1,3 representan zonas de alta severidad con mayor grado de destrucción de la cobertura vegetal y

alteración del suelo.

Figura 49:

Mapa que muestra el nivel de afectación por incendio forestal en la comunidad de Santa Lucía, obtenido mediante el índice dNBR a partir de imágenes Sentinel-2 (MSI).

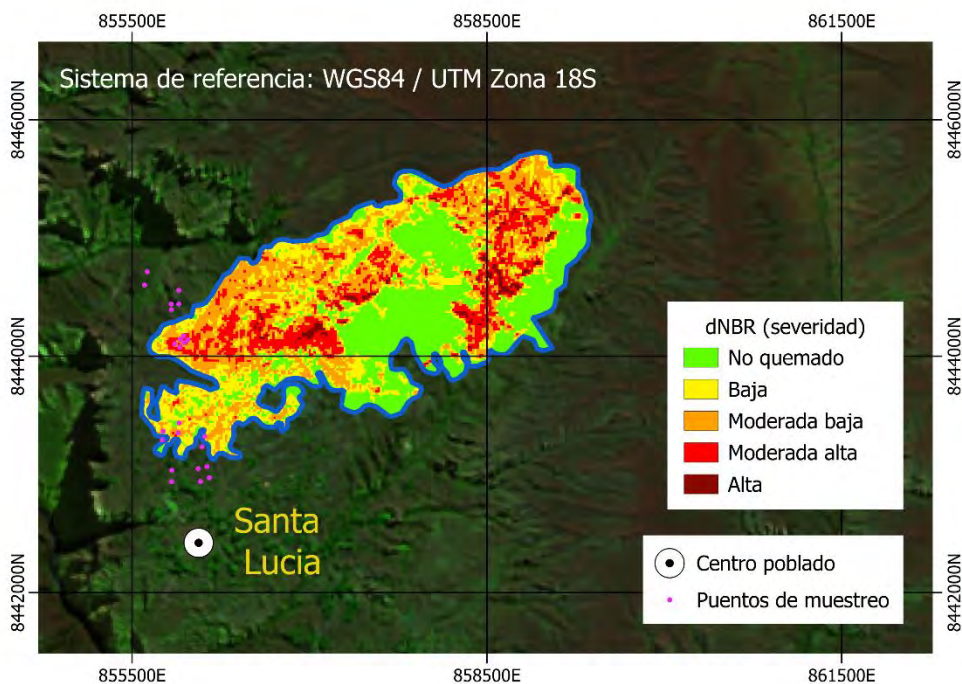
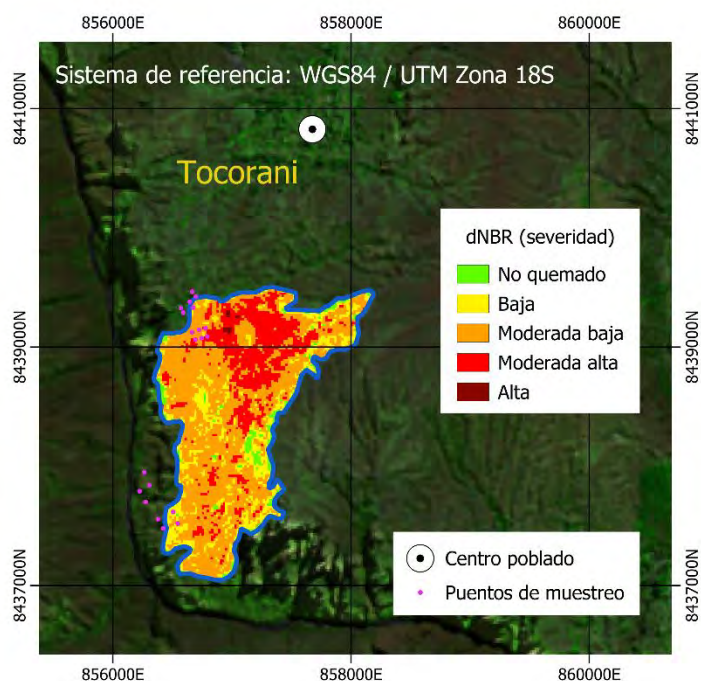


Figura 50:

Mapa que muestra el nivel de afectación por incendio forestal en la comunidad de Toccorani, obtenido mediante el índice dNBR a partir de imágenes Sentinel-2 (MSI).



En la comunidad de Santa Lucía (Figura 49), el análisis del índice diferencial normalizado de área quemada mostró una amplia superficie con categorías de severidad moderada-baja a moderada-alta. Estas áreas evidencian una alteración significativa sobre la vegetación y el suelo, aunque se mantienen sectores periféricos de baja afectación que podrían actuar como focos de regeneración natural.

En Toccorani (Figura 50), los valores del índice dNBR reflejaron una severidad predominantemente baja a moderada, lo que sugiere un fuego de menor intensidad y, en consecuencia, un impacto más limitado sobre la estructura del suelo y la vegetación.

Estas diferencias espaciales en la severidad entre ambas comunidades permiten inferir distintas respuestas ecológicas postincendio, asociadas tanto al tipo de cobertura vegetal predominante como a las condiciones topográficas locales.

4.2. Procesamiento, análisis, interpretación y discusión de resultados

Una vez descritas las condiciones ambientales y el comportamiento del fuego, se analiza el efecto del incendio forestal sobre las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani. Estas propiedades resultan claves para evaluar el estado del suelo, ya que condicionan la disponibilidad de nutrientes, la actividad biológica y los procesos de recuperación del ecosistema tras un disturbio ocasionado por el fuego.

En esta sección se exponen los resultados obtenidos a partir de los análisis de laboratorio y las mediciones realizadas en campo, considerando la comparación entre áreas afectadas por el incendio y áreas no quemadas. Posteriormente, dichos resultados son interpretados y discutidos en relación con antecedentes científicos, con el propósito de identificar tendencias, explicar las diferencias observadas y determinar si los efectos registrados del fuego se ajustan a las hipótesis planteadas en la investigación.

4.2.1. Resultados y discusión de impactos del fuego en el suelo y la vegetación

4.2.1.1. Resultados en las propiedades físico – químicas del suelo

Respecto al objetivo específico 1, referido a “Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024”, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.1.1.1. Impactos del fuego sobre las propiedades físicas del suelo

4.2.1.1.1.1. Textura:

Tabla 22:

Contenido relativo de arena, limo y arcilla (%) en suelos de matorral de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad y temporada.

Santa Lucia								
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	Arena (%)		Limo (%)		Arcilla (%)	
			T 1	T 2	T 1	T 2	T 1	T 2
Área quemada	0 - 3	P1	79	74	19	24	2	2
		P2	77	67	22	30	1	3
	3 - 10	P1	72	77	26	21	2	2
		P2	70	72	28	24	2	4
Área no quemada	0 - 3	P3	74	69	23	28	3	3
		P4	79	79	16	16	5	5
	3 - 10	P3	72	72	25	25	3	3
		P4	77	77	20	20	3	3
Toccorani								
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	Arena (%)		Limo (%)		Arcilla (%)	
			T 1	T 2	T 1	T 2	T 1	T 2
Área quemada	0 - 3	P1	70	70	26	28	4	2
		P2	85	72	12	26	3	2
	3 - 10	P1	65	77	30	21	5	2
		P2	79	72	16	25	5	3
Área no quemada	0 - 3	P3	80	73	16	24	4	3
		P4	73	74	24	22	3	4
	3 - 10	P3	72	77	25	19	3	4
		P4	64	79	31	19	5	2

A partir de los valores de arena, limo y arcilla presentados en la Tabla 22, se determinó la clasificación textural de los suelos mediante el triángulo textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, lo que permitió interpretar las características físicas del suelo en función de la proporción de sus fracciones granulométricas.

Tabla 23:

Clasificación textural de los suelos según condición (área quemada / no quemada), profundidad (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada de muestreo (octubre 2024 / abril 2025) en las comunidades Santa Lucía y Toccorani, situadas dentro del distrito de Pomacanchi, en la provincia de Acomayo, región Cusco.

Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	Clasificación	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Arenoso	Franco arenoso
		P2	Arenoso	Franco arenoso
	3 - 10	P1	Franco arenoso	Arenoso
		P2	Franco arenoso	Franco arenoso
Área no quemada	0 - 3	P3	Franco arenoso	Franco arenoso
		P4	Arenoso	Arenoso
	3 - 10	P3	Franco arenoso	Franco arenoso
		P4	Franco arenoso	Franco arenoso
Comunidad de Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	Clasificación	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Franco arenoso	Franco arenoso
		P2	Arenoso	Franco arenoso
	3 - 10	P1	Franco arenoso	Franco arenoso
		P2	Arenoso	Franco arenoso
Área no quemada	0 - 3	P3	Arenoso	Franco arenoso
		P4	Franco arenoso	Franco arenoso
	3 - 10	P3	Franco arenoso	Franco arenoso
		P4	Franco arenoso	Franco arenoso

La clasificación textural de los suelos en ambas comunidades se realizó con base en los análisis proporcionados por el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (LDAQ-UNSAAC). Los resultados muestran que los suelos

corresponden predominantemente a las categorías **arenoso y franco arenoso**, tanto en la comunidad de Santa Lucía como en la comunidad de Toccorani. Este tipo de textura está generalmente asociado con suelos de alta permeabilidad, rápido drenaje y limitada capacidad de retención de agua y nutrientes (D. S. N.° 005-2020-MIDAGRI, 2020).

Cabe señalar que ambas comunidades forman parte de una misma unidad fisiográfica situada en la zona alta de la cuenca del río Apurímac, correspondiente a ecosistemas de matorrales y pastizales altoandinos, según el Ministerio del Ambiente (2019). Esta condición implica que comparten características geomorfológicas, edafoclimáticas y ecológicas similares, lo que permitió realizar una evaluación comparativa integrada de los impactos del incendio en las propiedades del suelo.

En relación con la dinámica temporal, se observó que, en algunos puntos de muestreo, la textura del suelo presentó variaciones entre la temporada anterior a las lluvias (T1) y posterior (T2), principalmente en áreas quemadas, donde se evidenció una transición de suelos arenosos a franco arenosos, lo que sugiere ligeros cambios en el drenaje y la retención de nutrientes.

En la comunidad de Santa Lucía, estos cambios se registraron en los puntos P1 y P2 (0–3 cm), mientras que en el punto P1 (3–10 cm) se observó un comportamiento inverso. En Toccorani, las variaciones se identificaron principalmente en el punto P2, tanto en la capa superficial como en profundidad.

Por tal motivo, se realizó el análisis estadístico individual de cada fracción textural del suelo (arena, limo y arcilla), considerando la condición del área (quemada y no quemada), la profundidad del muestreo (0–3 cm y 3–10 cm) y la temporada de evaluación (antes y después de lluvias).

El cambio de textura observado en áreas quemadas entre temporadas podría estar relacionado con procesos de recompactación del suelo, arrastre de partículas finas por escorrentía superficial y pérdida de cobertura vegetal tras el incendio, especialmente en zonas con pendiente.

La estabilidad textural observada en las áreas no quemadas resalta el rol protector de la cobertura vegetal frente a la erosión hídrica, tal como señalan Zhou et al. (2024). Estos resultados coinciden con lo reportado por Román et al. (2023) en ecosistemas de pastizales, donde el fuego ejerce un efecto más evidente en la fracción superficial del suelo. En el contexto local, la similitud fisiográfica entre Santa Lucía y Toccorani permitió una respuesta edáfica comparable frente al disturbio por incendio.

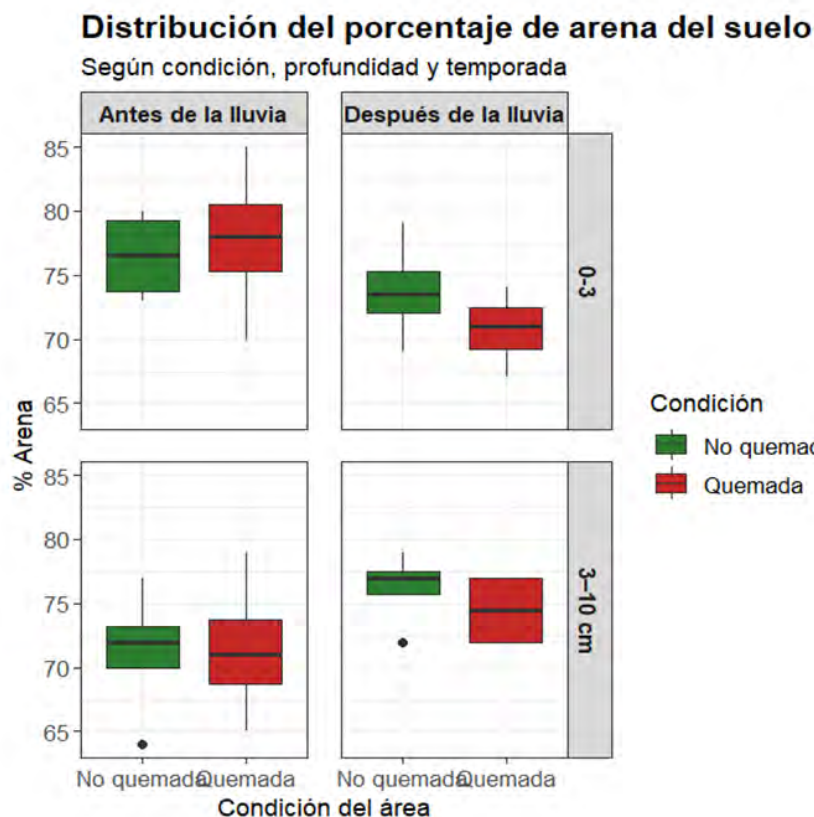
4.2.1.1.1.1 Contenido de arena (%) del suelo en Santa Lucía y Toccorani

El contenido de arena en los suelos evaluados osciló entre un mínimo de 64 % y un máximo de 85 %, con valores promedio comprendidos entre 70.8 % y 77.8 %, evidenciando una predominancia de fracciones arenosas en ambas comunidades.

Como se muestra en la Figura 21, antes de la temporada de lluvias (T1), la capa superficial (0–3 cm) presentó, en general, mayores proporciones de arena en comparación con la capa subsuperficial (3–10 cm), especialmente en áreas no quemadas. Sin embargo, posterior a las lluvias (T2), este patrón tendió a disminuir, observándose en algunos casos un incremento relativo del contenido de arena en capas más profundas, lo que sugiere una posible redistribución vertical del material arenoso.

Figura 51:

Contenido de arena (%) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada



El análisis estadístico (ver Anexo J, Cuadro 02) indicó que no se registraron diferencias significativas en el contenido de arena en función de la condición del área, la profundidad o la temporada de manera independiente ($p > 0.05$). No obstante, se identificó una interacción significativa entre la profundidad del suelo y la temporada de muestreo ($p = 0.009$), lo que evidencia que la variación del contenido de arena depende del efecto combinado de ambos factores.

Asimismo, la comparación de medias (ver Anexo J, Cuadro 03) mostró que, antes de las lluvias, la capa superficial presentó un contenido de arena significativamente mayor (77.1 %) que la capa subsuperficial (71.4 %) ($p = 0.0156$). En contraste, después de las lluvias, esta diferencia dejó de ser significativa. De igual manera, al analizar las variaciones entre temporadas dentro de cada profundidad, se observó que la capa superficial (0-3 cm) presentó una disminución significativa del contenido de arena, pasando de 77.1 % a 72.2 % ($p < 0.0372$),

mientras que en la capa más profunda (3–10 cm) no se registraron cambios estadísticamente significativos.

Estos resultados sugieren que las variaciones en la fracción arenosa del suelo están más asociadas a procesos estacionales, como la precipitación, que a efectos directos del fuego, manteniéndose una relativa estabilidad en la composición textural del suelo. En ese sentido, los resultados también muestran que la interacción entre profundidad y temporada influye ligeramente en la distribución del componente arenoso, destacando que el horizonte superficial responde con mayor intensidad a las fluctuaciones estacionales, mientras que la capa profunda permanece relativamente estable.

En conjunto, los hallazgos obtenidos del estudio de la fracción arenosa en los suelos de Santa Lucía y Toccorani no evidencian diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas, ni entre temporadas o profundidades. Esto indica que la fracción arenosa se mantiene relativamente estable incluso frente a incendios recientes en el matorral andino. La razón principal de esta estabilidad es que la arena es un mineral resistente al calor, de manera que su estructura no se altera fácilmente, incluso bajo temperaturas elevadas superiores a 1414 °C durante un incendio (Neary, 2005; Mataix-Solera & Cerdà, 2009). Además, el impacto térmico más intenso suele concentrarse en la capa superficial del suelo (Mataix-Solera & Guerrero, 2007), por lo que no se esperaban cambios importantes en su distribución.

Estos resultados coinciden con estudios previos que señalan que la textura del suelo se mantiene inalterable tras incendios de baja a moderada severidad, como lo reportan Carrión-Paladines et al. (2023) en páramos andinos, donde las quemadas no modificaron significativamente la textura del suelo. Asimismo, Román (2023) en ecosistemas altoandinos del Cusco y Casas (2019) en Cajamarca encontraron que el contenido de arena permanece

estable incluso después de incendios, mientras que Hermitaño y Crisóstomo (2021) refuerzan que la arena es poco afectada por el fuego debido a su estabilidad mineral.

Finalmente, la clasificación textural realizada mediante el triángulo USDA muestra predominancia de las clases “arenoso” y “franco arenoso”, propias de los ecosistemas de matorral de Pomacanchi en el cañón del río Apurímac, caracterizados por baja retención hídrica, alta aireación y vulnerabilidad a la erosión si no existe cobertura vegetal. Esto resalta la importancia de evaluar no solo la textura, sino su interacción con otras propiedades del suelo como la materia orgánica y la estabilidad estructural tras el incendio.

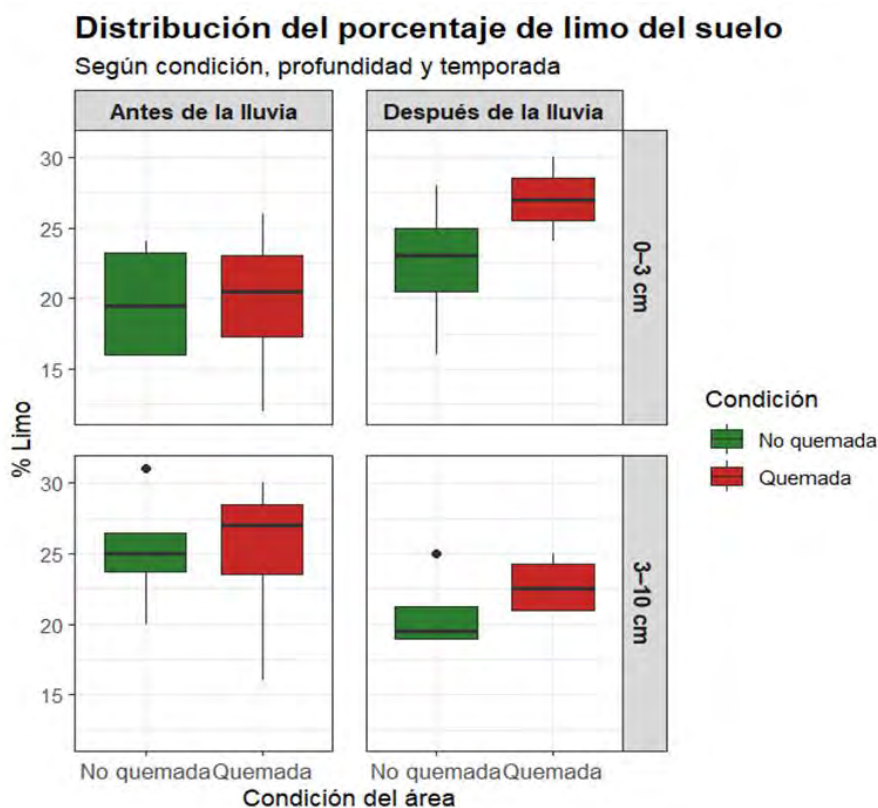
4.2.1.1.1.2 Contenido de limo (%) del suelo en Santa Lucía y Toccoarani

El contenido de limo en los suelos evaluados osciló entre 12 % y 31 %, alcanzando su mayor valor en las áreas quemadas durante la temporada posterior a las lluvias (27.0 %) en los primeros 3 cm del suelo, mientras que los valores más bajos se observaron en áreas no quemadas antes de las lluvias.

Como se muestra en la Figura 52, el comportamiento del limo evidencia variaciones entre condición del área, profundidad y temporada, observándose incrementos en la capa superficial (0–3 cm) después de las lluvias, especialmente en áreas quemadas.

Figura 52:

Contenido de limo (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada



El análisis estadístico (ver Anexo J, Cuadro 06) indicó que la condición del área, la profundidad y la temporada no presentaron efectos significativos sobre el contenido de limo (%), aunque sí se identificó una interacción significativa entre profundidad y temporada ($p = 0.013$), lo que evidencia que la variación del limo depende del efecto combinado de ambos factores.

Asimismo, la comparación de medias (ver Anexo J, Cuadro 07) mostró que antes de las lluvias el contenido de limo fue significativamente mayor en la capa profunda (25.1 %) que en la superficial (19.8 %) ($p = 0.0231$). En contraste, después de las lluvias, aunque la capa superficial presentó un valor mayor (24.8 %) frente a la profunda (21.8 %), esta diferencia no fue significativa.

De igual manera, al analizar las variaciones entre temporadas dentro de cada profundidad (ver Anexo J, Cuadro 08), se observó que en la capa superficial (0-3 cm) el

contenido de limo aumentó significativamente tras las lluvias, pasando de 19.8 % a 24.8 % ($p = 0.0333$), mientras que en la capa profunda (3–10 cm) se evidenció una disminución de 25.1 % a 21.8 %, sin diferencias estadísticamente significativas.

En términos generales, el contenido de limo no mostró diferencias asociadas a la condición del área (quemada/no quemada), aunque sí se observaron variaciones entre profundidades y temporadas, en especial en la capa superficial tras las lluvias (Tablas 29 y 30). Esto indica que los incendios recientes no provocaron alteraciones importantes en esta fracción textural en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, ubicadas en un ecosistema de matorral andino con características fisiográficas similares.

A diferencia de componentes del suelo como la materia orgánica o nutrientes volátiles, el limo es estable frente al fuego, ya que no está compuesto por elementos combustibles y solo podría perderse de manera significativa por erosión o movimientos mecánicos posteriores al incendio (Certini, 2005). No obstante, se observó cierta variabilidad entre los puntos de muestreo, posiblemente relacionada con microambientes locales, como pendiente, compactación del suelo o historial de uso (pastoreo en Santa Lucía y cultivos de Lamay cada cuatro años en Toccorani).

Estos resultados coinciden con Román (2023), quien reporta que tras incendios en pastizales altoandinos el limo puede redistribuirse verticalmente por escorrentía y lluvias, sin generar cambios cuantitativos significativos. De manera similar, Hermitaño y Crisóstomo (2021) señalan que esta fracción textural se mantiene estable salvo en suelos con pendientes pronunciadas o poco consolidados. En conjunto, estos resultados indican que el contenido de limo no fue afectado por los incendios bajo las condiciones ecológicas y topográficas evaluadas.

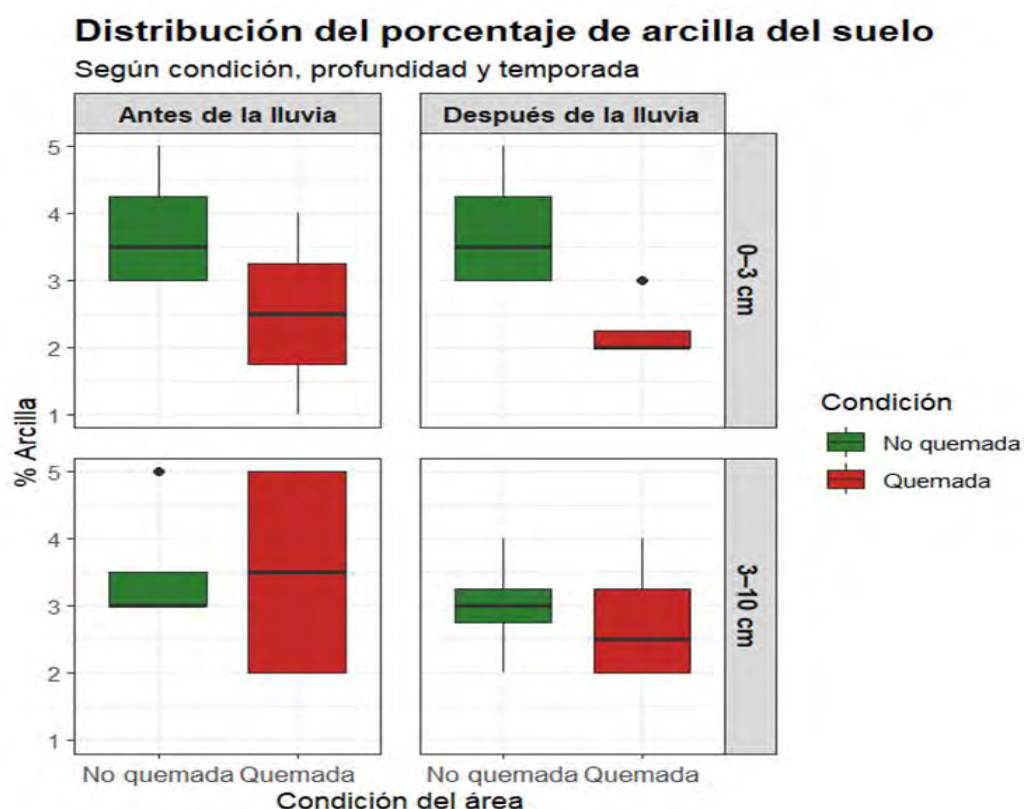
4.2.1.1.1.3 Contenido de arcilla (%) del suelo en Santa Lucía y Toccorani

El contenido de arcilla en los suelos evaluados osciló entre valores bajos y relativamente estables, con medias comprendidas entre 2.25 % y 3.75 %. En los 3 cm superiores del suelo, los valores promedio en áreas no quemadas fueron de 3.75 %, mientras que en áreas quemadas disminuyeron a 2.50 % en la temporada 1 (antes de la lluvia) y a 2.25 % en la temporada 2 (después de las lluvias). En la profundidad de 3–10 cm, los valores variaron entre 3.00 % y 3.50 % en áreas no quemadas, frente a 2.75 % y 3.50 % en áreas quemadas, evidenciando ligeras variaciones sin cambios marcados.

Como se muestra en la Figura 53, la fracción de arcilla presenta una distribución homogénea entre condición del área, profundidad y temporada, sin tendencias claras de incremento o disminución asociadas al incendio o a las lluvias.

Figura 53:

Contenido de arcilla (%) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada



El análisis estadístico (ver Anexo J, Cuadro 10) indicó que no se registraron diferencias significativas en el contenido de arcilla (%) en función de la condición del área, la profundidad o la temporada de muestreo ($p > 0.05$), lo que sugiere que esta fracción textural no experimentó alteraciones detectables atribuibles a incendios recientes. Asimismo, ninguna de las interacciones entre factores resultó significativa, confirmando la estabilidad de la arcilla bajo las condiciones evaluadas.

En términos generales, el análisis descriptivo muestra una leve reducción de los valores en las áreas quemadas, especialmente en la capa superficial (0–3 cm), aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. Este comportamiento coincide parcialmente con Hermitaño y Crisóstomo (2021), quienes reportaron disminuciones de arcilla en suelos sometidos a incendios recurrentes.

La ausencia de cambios significativos podría explicarse por la baja proporción de arcilla presente en los suelos de la zona, predominantemente arenosos y franco arenosos, lo que limita la magnitud de las variaciones detectables tras el fuego. En este sentido, Román (2023) señala que el fuego no modifica directamente la textura del suelo, sino que los posibles cambios en fracciones finas se producen de manera indirecta mediante procesos posteriores como la escorrentía.

De manera similar, Certini (2005) y Sales (2023) indican que los efectos del fuego sobre la arcilla suelen ser indirectos y dependen de procesos erosivos o de pérdida de agregados, especialmente en terrenos con pendiente o baja cobertura vegetal. Además, la resistencia térmica de los minerales arcillosos a temperaturas moderadas (Neary, 2005) contribuye a su estabilidad frente a incendios de baja severidad.

Finalmente, aunque estudios como Carrión-Paladines et al. (2023) en páramos altoandinos han reportado cambios en la textura tras incendios, también señalan que estos dependen del nivel de severidad del fuego y de la estructura previa del suelo. En este caso, la ausencia de diferencias significativas respalda la idea de que la arcilla es una fracción textural altamente estable en ecosistemas andinos con suelos de textura gruesa como los evaluados en este estudio.

4.2.1.2. Impactos del fuego sobre las propiedades químicas del suelo

4.2.1.2.1. Potencial de hidrogeniones (pH):

Tabla 24:

pH del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	pH	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	5.85	7.25
		P2	6.72	6.1
	3 - 10	P1	5.92	7.45
		P2	5.82	5.85
Área no quemada	0 - 3	P3	6.3	6.4
		P4	6.2	6.2
	3 - 10	P3	6.32	6.32
		P4	6.25	6.25
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	pH	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	6.25	6.75
		P2	6.45	6.2
	3 - 10	P1	6.08	5.7
		P2	6.35	6.4
Área no quemada	0 - 3	P3	5.92	6.55
		P4	5.7	6.32
	3 - 10	P3	5.83	6.58
		P4	5.6	6.05

Tabla 25:

Niveles de pH registrados en los puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	pH	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Moderadamente ácido	Neutro
		P2	Neutro	Ligeramente ácido
	3 - 10	P1	Moderadamente ácido	Ligeramente alcalino
		P2	Moderadamente ácido	Moderadamente ácido
Área no quemada	0 - 3	P3	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
		P4	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
	3 - 10	P3	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
		P4	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
Comunidad de Toccoarani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	pH	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Ligeramente ácido	Neutro
		P2	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
	3 - 10	P1	Moderadamente ácido	Moderadamente ácido
		P2	Ligeramente ácido	Ligeramente ácido
Área no quemada	0 - 3	P3	Moderadamente ácido	Ligeramente ácido
		P4	Moderadamente ácido	Ligeramente ácido
	3 - 10	P3	Moderadamente ácido	Ligeramente ácido
		P4	Moderadamente ácido	Moderadamente ácido

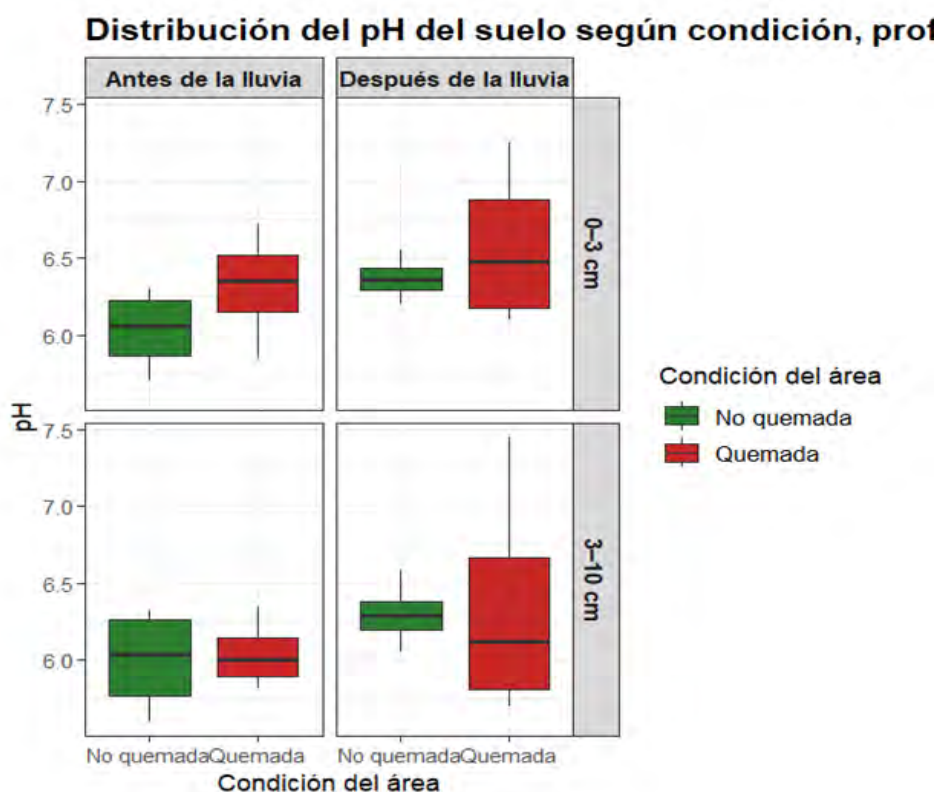
Los valores de pH registrados en los suelos de Santa Lucía y Toccoarani oscilaron entre 5.60 y 7.45, abarcando rangos desde moderadamente ácido hasta ligeramente alcalino, lo que evidencia una variabilidad moderada según la condición del área, profundidad del muestreo y temporada evaluada. En general, se observó una tendencia hacia valores más neutros e incluso ligeramente alcalinos en las áreas quemadas después de la temporada de lluvias, mientras que

las áreas no quemadas mantuvieron valores más estables, predominantemente dentro de la categoría ligeramente ácida.

Como se muestra en la Figura 54, en la comunidad de Santa Lucía las áreas quemadas presentaron un incremento más evidente del pH en la capa superficial (0–3 cm) durante la segunda temporada, alcanzando condiciones neutras e incluso ligeramente alcalinas en algunos puntos. De manera similar, en Toccorani se observó una ligera neutralización del pH superficial tras la quema, mientras que a mayor profundidad (3–10 cm) los valores permanecieron relativamente constantes. En contraste, las áreas no quemadas de ambas comunidades mostraron menor variación temporal, manteniéndose dentro de rangos moderadamente ácidos a ligeramente ácidos.

Figura 54:

pH del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.



El análisis descriptivo confirmó un incremento general del pH después de la temporada de lluvias, tanto en áreas quemadas como no quemadas (ver Anexo J, Cuadro 11). En los primeros 3 cm del suelo, el pH promedio en áreas no quemadas aumentó de 6.03 a 6.37, mientras que en las áreas quemadas pasó de 6.32 a 6.58. Asimismo, los valores máximos más elevados se registraron en suelos quemados, especialmente en la capa subsuperficial, donde se alcanzó un valor de 7.45, posiblemente asociado al efecto residual de compuestos alcalinos presentes en las cenizas.

El análisis de varianza (ver Anexo J, Cuadro 12) mostró que únicamente la temporada de muestreo tuvo un efecto significativo sobre el pH del suelo ($p = 0.050$), mientras que la condición del área, la profundidad y las interacciones entre factores no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). La comparación de medias (ver Anexo J, Cuadro 13) indicó que, después de la época de lluvias (T2), el pH del suelo aumentó en promedio 0.3 unidades respecto a la temporada previa (T1), confirmando un proceso general de neutralización del suelo.

Los resultados indican que las lluvias influyeron en una ligera alcalinización del suelo, lo que puede estar relacionado con el rol que ejercen la pendiente del terreno y la escorrentía superficial en la redistribución de cenizas y compuestos básicos. Según Román (2023), los cambios en el pH tras incendios en pastizales altoandinos fueron leves, probablemente debido a la neutralización de las cenizas producto del incendio ante el efecto de las primeras lluvias. De manera complementaria, Casas (2019) reportó una recuperación progresiva del pH hacia valores preincendio ocho meses después del evento en suelos afectados por fuego en Cajamarca.

Por su parte, Mataix-Solera y Cerdà (2009) señalan que la variación del pH está condicionada principalmente por la intensidad del evento ígneo y por la cantidad de materia

orgánica presente en el suelo, siendo más marcada en incendios intensos y en suelos naturalmente ácidos. En este estudio, la comparación de medias mostró que únicamente la condición de temporada tuvo un efecto significativo sobre el pH, mientras que la condición del área (quemada o no quemada) y la profundidad no mostraron diferencias significativas, lo que indica que los incendios registrados no modificaron de manera evidente el carácter ácido o básico del suelo en el corto plazo.

La variación estacional, posiblemente asociada a las lluvias, habría favorecido procesos de lixiviación y neutralización química en la capa superficial, atenuando los efectos térmicos del fuego (Román, 2023). Similarmente, en ecosistemas de pastizales, los hallazgos de esta investigación sugieren que los suelos del matorral andino presentan una respuesta moderada frente a incendios de baja a moderada intensidad, debido a que las lluvias posteriores favorecen la lixiviación y la neutralización química de la superficie.

En conjunto, los resultados evidencian que el potencial de hidrogeniones del suelo mostró una respuesta temporal más asociada a procesos estacionales que al impacto directo del fuego, reflejando una relativa resiliencia química del suelo frente a incendios recientes bajo las condiciones ecológicas evaluadas.

4.2.1.1.2.2. Conductividad eléctrica (CE):

Tabla 26:
Conductividad eléctrica (C.E.) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.E. (mmhos/cm)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	0.46	0.58
		P2	0.87	0.44
	3 - 10	P1	0.34	0.58
		P2	0.23	0.25

Área no quemada	0 - 3	P3	0.26	0.22
		P4	1.07	1.07
	3 - 10	P3	0.18	0.18
		P4	0.37	0.37
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.E. (mmhos/cm)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	0.47	0.71
		P2	0.8	0.35
	3 - 10	P1	0.21	0.21
		P2	0.49	0.43
Área no quemada	0 - 3	P3	0.47	0.49
		P4	0.18	0.44
	3 - 10	P3	0.17	0.52
		P4	0.17	0.39

Tabla 27:

Evaluación de la conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm) en sitios de muestreo del matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.E. (mmhos/cm)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Baja salinidad	Baja salinidad
		P2	Moderadamente baja salinidad	Baja salinidad
	3 - 10	P1	Baja salinidad	Baja salinidad
		P2	Baja salinidad	Baja salinidad
Área no quemada	0 - 3	P3	Baja salinidad	Baja salinidad
		P4	Moderadamente baja salinidad	Moderadamente baja salinidad
	3 - 10	P3	Baja salinidad	Baja salinidad
		P4	Baja salinidad	Baja salinidad
		Comunidad de Toccorani		
		Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo
T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia			
Área quemada	0 - 3	P1	Baja salinidad	Baja salinidad
		P2	Baja salinidad	Baja salinidad
	3 - 10	P1	Baja salinidad	Baja salinidad

Área no quemada	0 - 3	P2	Baja salinidad	Baja salinidad
		P3	Baja salinidad	Baja salinidad
		P4	Baja salinidad	Baja salinidad
	3 - 10	P3	Baja salinidad	Baja salinidad
		P4	Baja salinidad	Baja salinidad

La conductividad eléctrica (C.E.) del suelo se mantuvo en niveles bajos en todas las áreas y profundidades evaluadas, tanto en la temporada 1 como en la temporada 2. No se observan cambios notables entre áreas quemadas y no quemadas ni entre las dos temporadas.

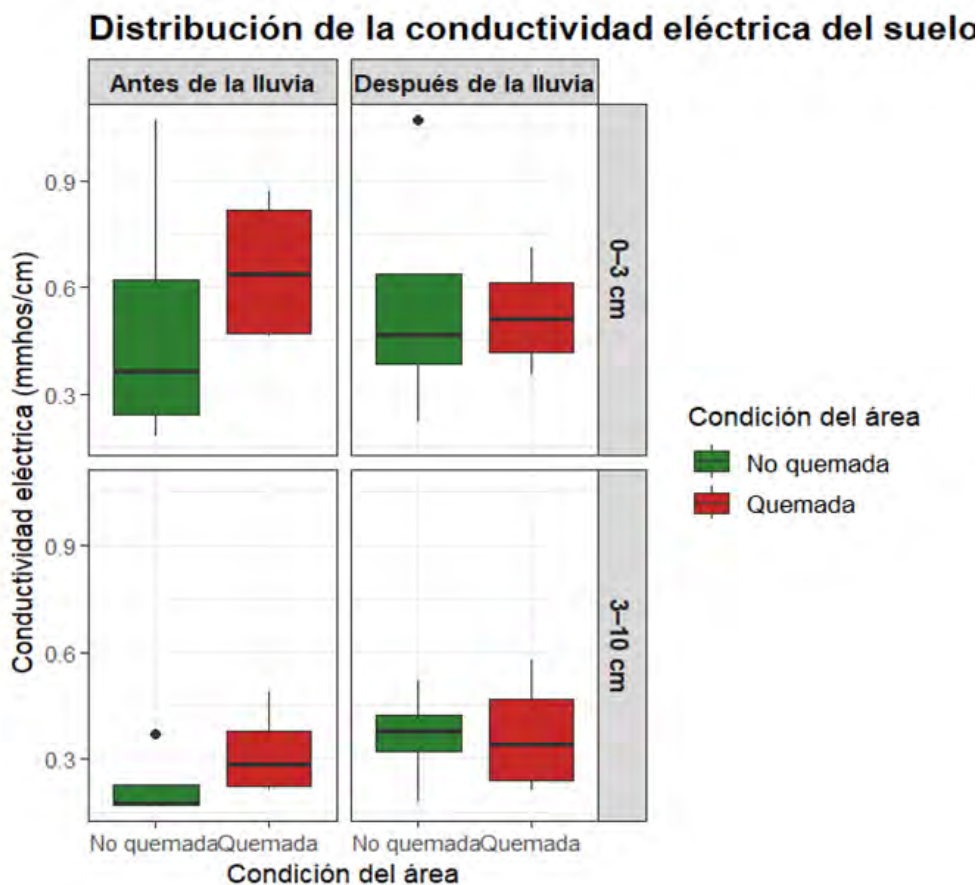
En Santa Lucía, en ambas temporadas y profundidades, la salinidad se mantuvo baja en la mayor parte de los puntos de muestreo. Solo en algunos puntos superficiales (0–3 cm) se observa moderadamente baja salinidad, tanto en áreas quemadas como no quemadas. En el resto de puntos, la salinidad se mantiene baja y estable entre temporadas y profundidades.

En Toccorani, en todas las temporadas y profundidades analizadas, la salinidad se mantuvo baja en todos los puntos de muestreo, sin variaciones aparentes entre áreas quemadas y no quemadas ni entre la temporada 1 y la temporada 2.

En la capa superficial del suelo (0–3 cm), se registraron los niveles más elevados de CE, alcanzando un valor promedio máximo de 0.650 mmhos/cm en el área quemada durante la temporada 1. En contraste, el valor más bajo se registró en la profundidad de 3–10 cm del área no quemada en la misma temporada (0.222 mmhos/cm). En general, los valores de CE tendieron a ser más altos en los suelos quemados, particularmente en la capa superficial. Por otro lado, los suelos no quemados mostraron leves variaciones entre temporadas (ver Anexo J, Cuadro 14).

Figura 55:

Conductividad eléctrica (CE) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.



Las diferencias más marcadas se observaron entre profundidades, lo cual se condice con los resultados del ANOVA, que identificaron un efecto estadísticamente significativo de este factor sobre la CE del suelo (ver Anexo J, Cuadro 15). La profundidad presentó un efecto significativo sobre la conductividad eléctrica del suelo ($p = 0.0087$), evidenciando diferencias entre los estratos 0-3 cm y 3-10 cm. Ni la condición del área ni la temporada tuvieron un impacto significativo sobre los resultados.

La conductividad eléctrica del suelo fue significativamente mayor nivel en los 0-3 cm de la superficie que en la capa inferior de 3-10 cm, lo que sugiere una mayor acumulación de sales solubles en los primeros centímetros del suelo posterior al incendio (ver Anexo J, Cuadro 16).

Los resultados muestran que la conductividad eléctrica (CE) del suelo en Santa Lucía y Toccoarani no fue significativamente alterada por los incendios forestales, lo cual coincide con estudios que señalan que esta propiedad química puede mantenerse estable en incendios caracterizados por una liberación térmica limitada o intermedia (Neary et al., 2005; Mataix-Solera & Guerrero, 2007).

Sin embargo, se evidenciaron diferencias significativas según la profundidad del suelo; los registros de mayor intensidad se concentraron en los primeros centímetros del suelo (0–3 cm). Este patrón sugiere una mayor acumulación de sales solubles en los estratos superiores, lo cual podría explicarse por procesos de lixiviación y redistribución vertical de iones, especialmente tras eventos de lluvia. En ecosistemas altoandinos, Román (2023) también reportó leves incrementos en CE en temporada húmeda, incluso sin efectos directos del fuego.

La estabilidad de la CE frente a la condición del área puede deberse a la rápida recuperación del equilibrio iónico en suelos bien drenados, donde la redistribución de sales en la solución del suelo ocurre con mayor eficiencia (Sparks, 2003), especialmente en zonas de matorral andino donde la vegetación ayuda a retener nutrientes post-incendio (Carrión-Paladines et al., 2023).

4.2.1.1.2.3. Contenido porcentual de materia orgánica (MO):

Tabla 28:

Materia orgánica (M.O.) del suelo en matorrales andinos de Santa Lucía y Toccoarani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	M.O. (%)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	9.1	12.4
		P2	7.2	12.7
	3 - 10	P1	6.8	10.2
		P2	5	11.1

Área no quemada	0 - 3	P3	4.8	8.7
		P4	12.4	12.4
	3 - 10	P3	4.4	4.4
		P4	7.9	7.9
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	M.O. (%)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	5.7	14.3
		P2	7.7	12.5
	3 - 10	P1	4.2	12.1
		P2	4.9	10.3
Área no quemada	0 - 3	P3	6.5	13
		P4	5.9	14.6
	3 - 10	P3	3.8	12.4
		P4	5.5	14

Tabla 29:

Materia Orgánica (%) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

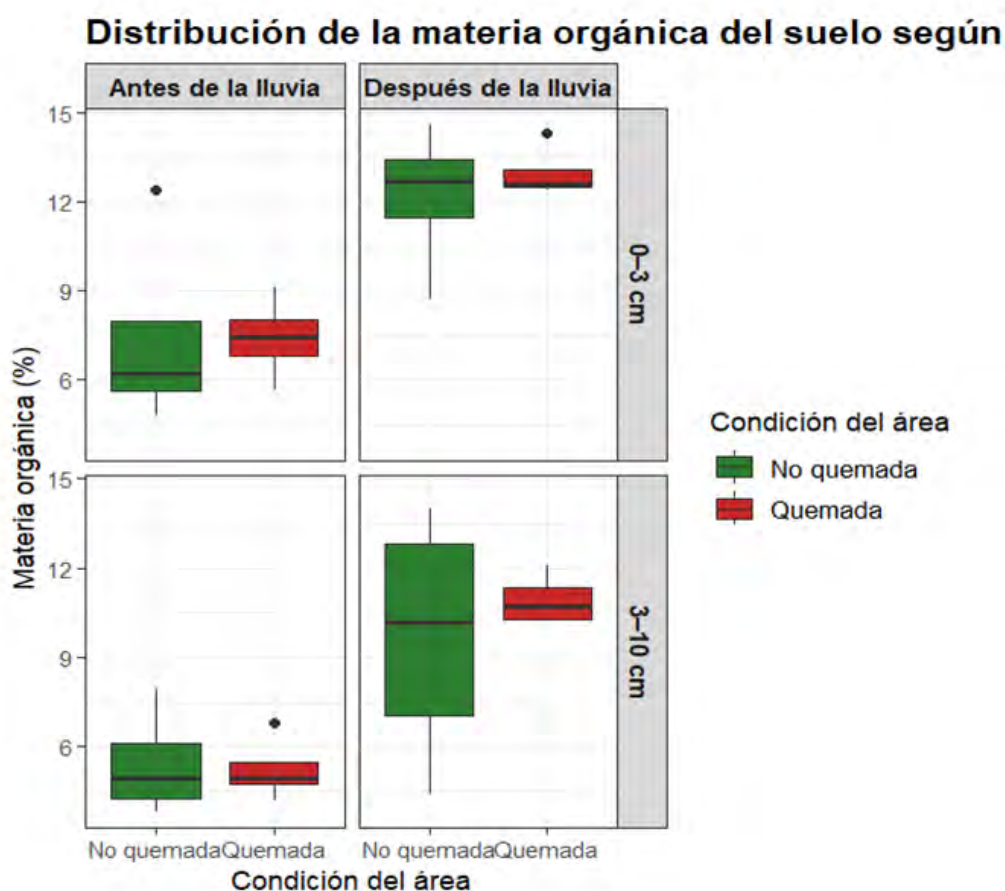
Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	M.O. (%)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Muy alta	Muy alta
		P2	Muy alta	Muy alta
	3 - 10	P1	Muy alta	Muy alta
		P2	Muy alta	Muy alta
Área no quemada	0 - 3	P3	Alta	Muy alta
		P4	Muy alta	Muy alta
	3 - 10	P3	Alta	Alta
		P4	Muy alta	Muy alta
Comunidad de Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	M.O. (%)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Muy alta	Muy alta
		P2	Muy alta	Muy alta
	3 - 10	P1	Alta	Muy alta
		P2	Alta	Muy alta
	0 - 3	P3	Muy alta	Muy alta

Área no quemada	3 - 10	P4	Muy alta	Muy alta
		P3	Alta	Muy alta
		P4	Muy alta	Muy alta

Los resultados indican que la mayor parte de los valores de materia orgánica del suelo se encuentran en la categoría “muy alta”, particularmente en los primeros 0–3 cm de profundidad, tanto en áreas quemadas como no quemadas, manteniéndose constante en ambas comunidades y en las dos temporadas evaluadas (Tabla 28 y Tabla 29). En la capa profunda (3–10 cm), se observa una transición hacia niveles "altos", con algunas excepciones que alcanzan el nivel "muy alto" tras la temporada de lluvias.

Figura 56:

Contenido de materia orgánica (%) en suelos de Santa Lucía y Toccoarani según condición del área, profundidad y temporada.



Como se muestra en la Figura 56, en ambas comunidades se observó un incremento del contenido de materia orgánica después de la temporada de lluvias (T2), especialmente en la capa superficial del suelo (0–3 cm), donde se registraron los valores más elevados tanto en áreas quemadas como no quemadas.

El análisis estadístico del contenido de materia orgánica del suelo mostró que, en la capa superior del suelo (0–3 cm), los niveles de materia orgánica se incrementaron tras la temporada de lluvias (T2), donde el área quemada alcanzó 12.97 % y la no quemada 12.18 %. Antes de las lluvias (T1), estos valores fueron menores (7.42 % y 7.40 %, respectivamente). En la capa profunda (3–10 cm), los valores también fueron más bajos, especialmente durante T1 (alrededor de 5.2–5.4 %), lo que indica una acumulación de MO en la superficie y una influencia estacional marcada (Anexo J, Cuadro 17).

Asimismo, el análisis de varianza indicó variaciones significativas en la materia orgánica del suelo según la profundidad ($p = 0.0153$) y la temporada ($p < 0.001$), mientras que la condición del área (quemada/no quemada) no fue significativa y tampoco se observaron interacciones entre los factores (Anexo J, Cuadro 18). La prueba de comparación de medias mostró que la capa superior del suelo (0–3 cm) presentó niveles significativamente mayores de materia orgánica que la capa más profunda (3–10 cm), con una diferencia promedio de 2.19 %, lo cual indica una mayor acumulación de MO en los primeros centímetros del perfil edáfico (Anexo J, Cuadro 19). De igual manera, después del periodo de lluvias (T2), los niveles de materia orgánica del suelo mostraron un incremento significativo ($p < 0.0001$), con un promedio de 11.44 % frente a 6.36 % registrado antes de las lluvias (T1) (Anexo J, Cuadro 20).

Se evidenció un incremento estadísticamente relevante en el contenido de materia orgánica edáfica después de las lluvias, con una media de 11.44 % en la temporada T2 (después de las lluvias) frente a 6.36 % en la temporada T1 (antes de la lluvia). Este incremento puede

atribuirse al mayor aporte de restos vegetales, inserción de partículas de carbono y a la actividad biológica favorecida por la humedad, lo que resalta el efecto estacional sobre la fracción orgánica del suelo, variable que contribuye directamente a la fertilidad y estabilidad del ecosistema (Zomer & Ramsay, 2020).

En resumen, la materia orgánica del suelo registró niveles más altos en el horizonte superficial del suelo (0–3 cm) en relación con el horizonte inferior (3–10 cm), y también aumentó significativamente después de la temporada de lluvias. Esto sugiere que los primeros centímetros del suelo tuvieron la capacidad de retener más materia orgánica, y que la lluvia favorece su acumulación por el aporte de restos vegetales y la mayor actividad biológica.

Aunque no se encontraron variaciones significativas en la concentración de materia orgánica (MO) al comparar áreas incendiadas con áreas sin incendio, los resultados mostraron un incremento marcado tras la temporada de lluvias, especialmente en los primeros centímetros del suelo. Este patrón sugiere que la deposición de cenizas ricas en carbono y la mineralización acelerada, favorecida por la humedad, podrían haber contribuido a dicho aumento. Según Román (2023), aunque los incendios pueden reducir la MO por combustión de biomasa y hojarasca, en ecosistemas altoandinos esta pérdida suele compensarse rápidamente con el aporte de residuos carbonizados y la recuperación de la vegetación. De manera similar, De la Cruz-Arango y Cóndor (2023) indican que los procesos de combustión de baja severidad no siempre provocan pérdidas de MO y, en algunos casos, pueden favorecer su acumulación en la zona más externa del sustrato edáfico.

4.2.1.1.2.4. Capacidad de Intercambio catiónico (CIC):

Tabla 30:

Contenido de intercambio catiónico (C.I.C.) en los suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.I.C. (meq/100g)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	10.6	10.4
		P2	10	11.7
	3 - 10	P1	9.2	9.2
		P2	8.4	10.2
Área no quemada	0 - 3	P3	8	9.8
		P4	15.8	15.8
	3 - 10	P3	8.7	8.7
		P4	11	11
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.I.C. (meq/100g)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	9.3	12.3
		P2	10	11.8
	3 - 10	P1	9.1	12.2
		P2	8.6	11.4
Área no quemada	0 - 3	P3	9.6	10.3
		P4	10.8	12.3
	3 - 10	P3	9.2	10.61
		P4	11.2	11.2

Tabla 31:

Capacidad de intercambio catiónico (meq/cm) del suelo en los sitios de muestreo del matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

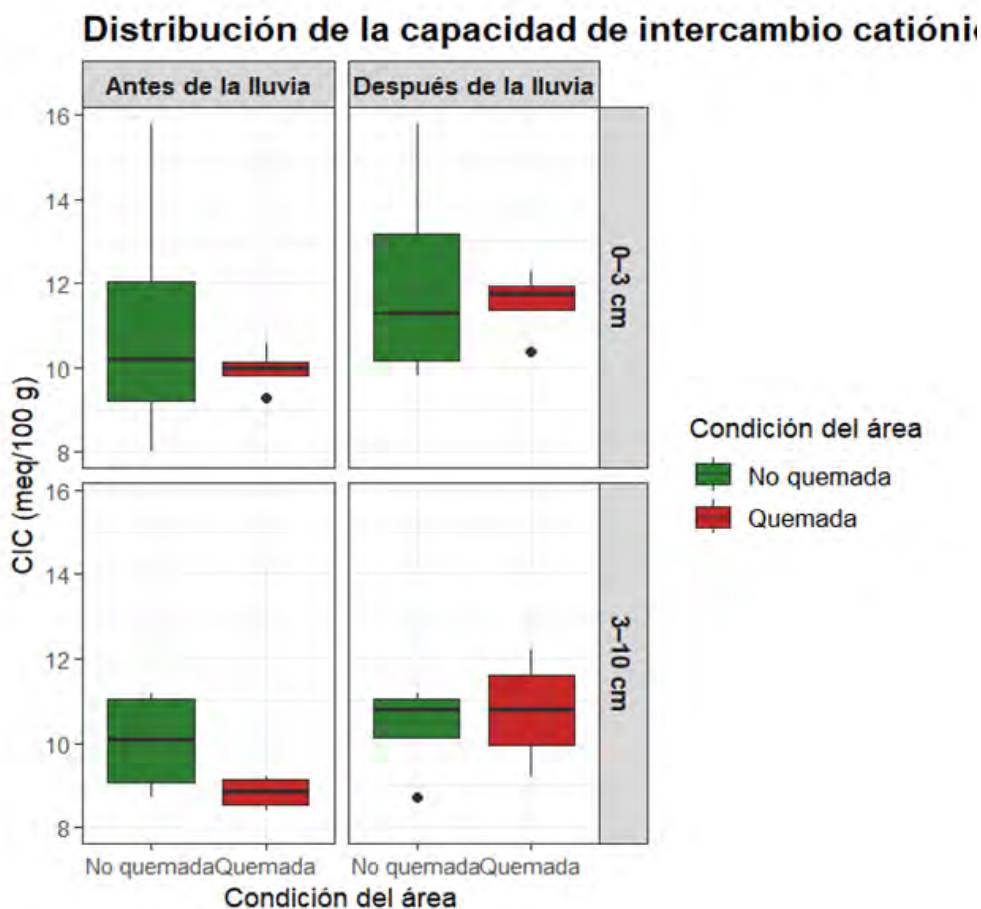
Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	C.I.C. (meq/cm)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Medio	Medio
		P2	Medio	Medio
	3 - 10	P1	Bajo	Bajo
		P2	Bajo	Medio
Área no quemada	0 - 3	P3	Bajo	Bajo
		P4	Alto	Alto
	3 - 10	P3	Medio	Medio
		P4	Medio	Medio
Comunidad de Toccorani				
Condición	C.I.C. (meq/cm)			

	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Bajo	Medio
		P2	Medio	Medio
	3 - 10	P1	Bajo	Medio
		P2	Bajo	Medio
Área no quemada	0 - 3	P3	Bajo	Medio
		P4	Medio	Medio
	3 - 10	P3	Bajo	Medio
		P4	Medio	Medio

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo presentó variaciones entre temporadas, profundidades y puntos de muestreo en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani, sin evidenciar un patrón consistente asociado a la condición del área (quemada o no quemada) (Tabla 30). En Santa Lucía, la CIC en el área quemada se mantuvo principalmente en niveles medios, con valores mayores en la capa superficial (0–3 cm) y más bajos en la capa subsuperficial (3–10 cm), observándose una ligera mejora tras las lluvias en uno de los puntos de muestreo. En el área no quemada, los valores superficiales oscilaron entre bajos y altos, mientras que en profundidad la CIC se mantuvo en niveles medios. En Toccorani, se identificaron incrementos de CIC de bajo a medio entre temporadas, especialmente en la capa profunda, tanto en áreas quemadas como no quemadas, aunque sin una tendencia clara relacionada al efecto del fuego (Tabla 31).

Figura 57: Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.



Los resultados muestran que la CIC del suelo no presentó diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas (Cuadro 21 y Cuadro 22; Anexo J). Esto indica que, en los matorrales estudiados, los incendios de baja intensidad no alteraron de manera estadísticamente detectable este parámetro. Se observó un incremento general de la CIC después de la época lluviosa, con mayor énfasis en el horizonte superficial del suelo, lo que sugiere que la variación se debe más a factores naturales, como la estacionalidad y la profundidad del suelo, que al efecto directo del incendio.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Carrión-Paladines et al. (2023) y Hermitaño y Crisóstomo (2021), quienes documentaron que quemas de baja severidad no generan cambios significativos en la CIC ni en otros nutrientes disponibles. Otros autores, como Casas (2019) y Sales (2023), señalan que los efectos sobre propiedades químicas pueden

variar según el tipo de vegetación, ecosistema y tiempo de evaluación, pero no se observa un patrón uniforme ni inmediato.

Sin embargo, en el presente estudio, si bien las dos comunidades se evaluaron como una misma unidad fisiográfica, se identificaron diferencias en la severidad del incendio: Toccoarani presentó valores asociados a una severidad baja, mientras que en Santa Lucía la afectación fue entre moderada-baja y moderada-alta, según el análisis preliminar del índice de área quemada (IAQ). Estas variaciones podrían explicar ligeras diferencias en la respuesta del suelo, especialmente en la capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Se infiere que la mejora en la capacidad de intercambio catiónico contribuyó a una mayor disponibilidad de nutrientes en los suelos de las dos comunidades.

4.2.1.1.2.5. Nitrógeno disponible (N):

Tabla 32:

Nitrógeno (N) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccoarani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	N (%)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	0.46	0.6
		P2	0.35	0.62
	3 - 10	P1	0.33	0.49
		P2	0.23	0.53
Área no quemada	0 - 3	P3	0.22	0.42
		P4	0.58	0.58
	3 - 10	P3	0.2	0.2
		P4	0.37	0.37
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	N (%)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	0.28	0.69
		P2	0.37	0.62
	3 - 10	P1	0.19	0.6

		P2	0.24	0.49
Área no quemada	0 - 3	P3	0.32	0.5
		P4	0.28	0.71
	3 - 10	P3	0.17	0.61
		P4	0.25	0.68

Tabla 33:

Contenido de N (%) disponible en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

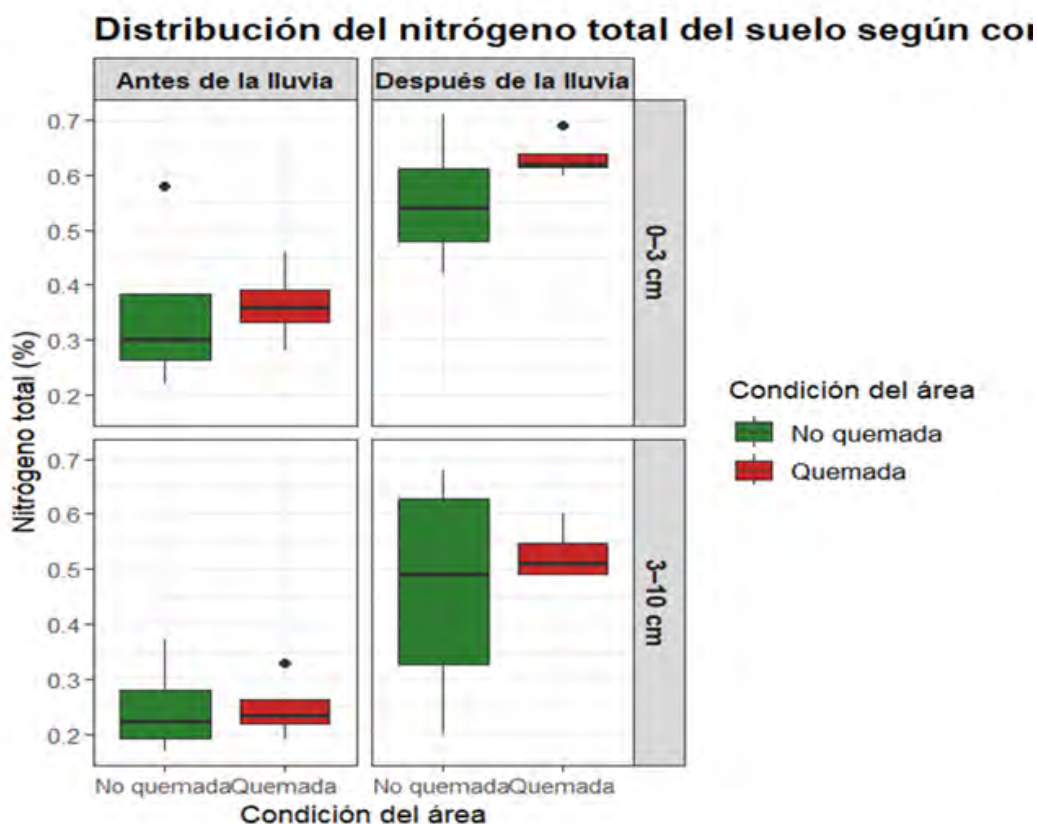
Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	N (%)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Alto	Muy alto
		P2	Alto	Muy alto
	3 - 10	P1	Alto	Alto
		P2	Medio	Muy alto
Área no quemada	0 - 3	P3	Medio	Alto
		P4	Muy alto	Muy alto
	3 - 10	P3	Medio	Medio
		P4	Alto	Alto
Comunidad de Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	N (%)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Alto	Muy alto
		P2	Alto	Muy alto
	3 - 10	P1	Medio	Muy alto
		P2	Medio	Alto
Área no quemada	0 - 3	P3	Alto	Muy alto
		P4	Alto	Muy alto
	3 - 10	P3	Medio	Muy alto
		P4	Alto	Muy alto

En Santa Lucía y Toccorani, los valores de nitrógeno disponible variaron entre temporadas y profundidades (Tabla 32 y Tabla 33). En general, se observaron niveles más altos en la capa superficial del suelo (0–3 cm), especialmente después de las lluvias (temporada 2), mientras que en la capa profunda (3–10 cm) los niveles presentaron mayor heterogeneidad entre

puntos de muestreo. Los datos evidencian diferencias entre temporadas y profundidades, sin mostrar un patrón uniforme asociado a la condición del área (quemada o no quemada).

Figura 58: *Contenido de nitrógeno disponible (%) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.*

Contenido de nitrógeno disponible (%) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.



De acuerdo con los estadísticos descriptivos (Cuadro 23), en la condición no quemada los valores medios de nitrógeno aumentaron entre la temporada 1 (antes de la lluvia) y la temporada 2 (después de la lluvia) en ambas profundidades. En la capa de 0–3 cm, la media pasó de 0.350 % a 0.552 %, mientras que en la profundidad de 3–10 cm aumentó de 0.248 % a 0.465 %. En la condición quemada también se evidenció un incremento del contenido de nitrógeno entre temporadas: a 0–3 cm, la media se incrementó de 0.365 % a 0.632 %, y a 3–10 cm, de 0.248 % a 0.528 %. Los valores mínimos y máximos indicaron una mayor variabilidad después de las lluvias, especialmente en las áreas no quemadas.

Los resultados del análisis estadístico (Cuadro 24; Anexo J) mostraron efectos significativos de la profundidad ($p = 0.0204$) y de la temporada ($p < 0.001$) sobre la disponibilidad de nitrógeno en el suelo. En contraste, no se detectaron efectos significativos para la condición del área (quemada/no quemada), ni para las interacciones entre los factores evaluados. La prueba de comparación de medias según profundidad (Cuadro 25; Anexo J) mostró que la capa superficial del suelo (0–3 cm) presentó un contenido de nitrógeno significativamente mayor que la capa profunda (3–10 cm), con valores promedio de 0.475 % y 0.372 %, respectivamente ($p = 0.0204$), lo que sugiere una mayor acumulación de nitrógeno en los primeros centímetros del perfil edáfico, donde se concentra la mayor cantidad de materia orgánica y actividad biológica. Asimismo, la comparación de medias según temporada (Cuadro 26; Anexo J) evidenció diferencias altamente significativas, registrándose valores superiores después de las lluvias (T2), con un promedio de 0.544 %, frente a 0.302 % antes de la lluvia (T1) ($p < 0.0001$). Este incremento refleja el efecto positivo de la humedad sobre los procesos de mineralización, movilización y disponibilidad del nitrógeno en el suelo.

Los resultados evidencian que la disponibilidad de nitrógeno estuvo condicionada principalmente por la profundidad del suelo y la temporada de evaluación, siendo significativamente mayor en la capa superficial y después de las lluvias. En cambio, no se encontraron diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas, lo que indica que el incendio no produjo alteraciones estadísticas persistentes en este nutriente.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Hermitaño y Crisóstomo (2021), quienes observaron que los incendios no generaron cambios significativos en los niveles de nitrógeno presentes en el suelo tras la quema de pastizales. Esta estabilidad puede explicarse porque, aunque el fuego libera nitrógeno orgánico e inorgánico, dicho nutriente puede ser rápidamente transformado, lixiviado o reincorporado al sistema tras la ocurrencia de lluvias.

Por otro lado, Casas (2019) documentó un aumento temporal del nitrógeno en suelos de Huacraruco luego de incendios, atribuido a la acumulación de nutrientes provenientes de la combustión de materia orgánica; sin embargo, señaló que este efecto fue transitorio y dependiente de factores locales como el grado de combustión y la disponibilidad inicial de materia orgánica. De manera similar, Román (2023) reportó incrementos puntuales del nitrógeno en áreas afectadas por incendios, aunque sin evidenciar diferencias estadísticamente sostenidas a largo plazo. Este patrón también coincide con lo señalado por De la Cruz-Arango y Córdor (2023), quienes destacan que la regeneración de la vegetación arbustiva y herbácea favorece el retorno de nutrientes como el nitrógeno al suelo mediante la incorporación de hojarasca y procesos de fijación biológica.

En conjunto, estos antecedentes sugieren que la respuesta del nitrógeno disponible después de un incendio depende de múltiples factores, entre ellos las características del ecosistema, el tipo de vegetación, la pendiente del terreno y la dinámica de recuperación ecológica. En los matorrales andinos evaluados, los resultados indican que la variación del nitrógeno estuvo más relacionada con procesos naturales asociados a la estacionalidad y a la distribución vertical del suelo que con el efecto directo del incendio.

4.2.1.1.2.6. Fosforo disponible (P):

Tabla 34:

Fosforo (P) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccorani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	P (ppm P ₂ O ₅)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	22.8	16.3
		P2	16.6	16.1
	3 - 10	P1	15.2	14
		P2	13.4	13.9
Área no quemada	0 - 3	P3	11.9	11.6
		P4	30.6	30.6

	3 - 10	P3	10.2	10.2
		P4	17.8	17.8
Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	P (ppm P ₂ O ₅)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	13.9	19.3
		P2	16.8	15.4
	3 - 10	P1	9.2	14.8
		P2	11.4	13.6
Área no quemada	0 - 3	P3	14.9	17.5
		P4	11.6	20.4
	3 - 10	P3	8.4	15.5
		P4	9.5	20

Tabla 35:

Contenido de P disponible (ppm) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

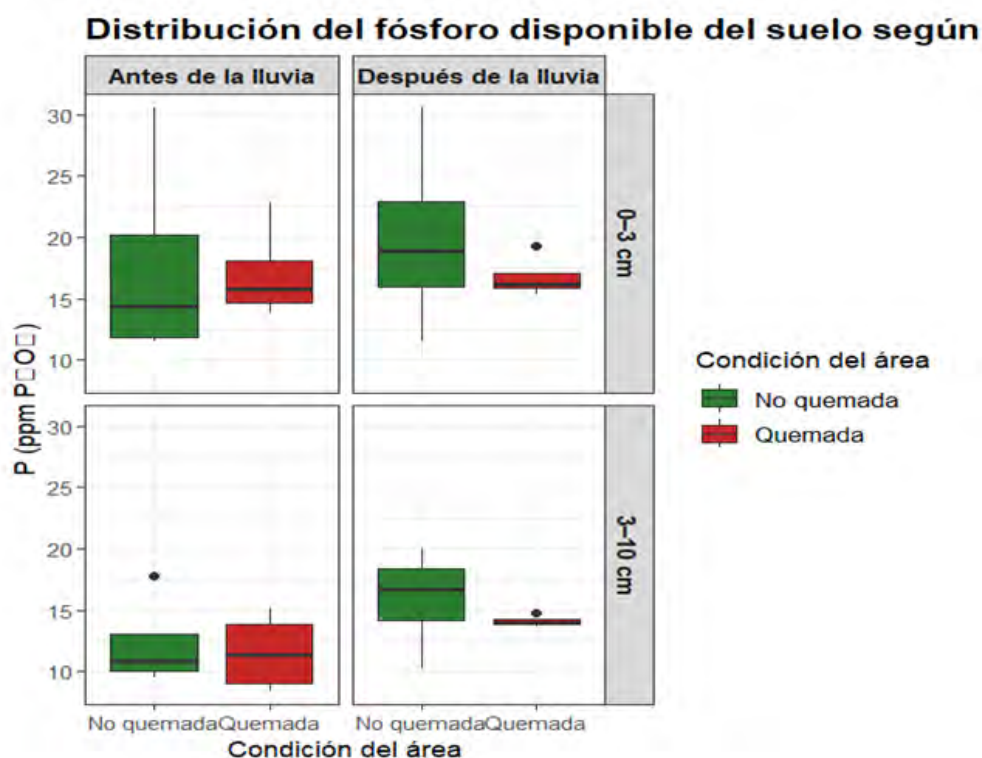
Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	P (ppm P ₂ O ₅)	
			T1: antes de la lluvia	T2: desp de la llu
Área quemada	0 - 3	P1	Alto	Alto
		P2	Alto	Alto
	3 - 10	P1	Alto	Alto
		P2	Medio	Medio
Área no quemada	0 - 3	P3	Medio	Medio
		P4	Alto	Alto
	3 - 10	P3	Medio	Medio
		P4	Alto	Alto
Comunidad de Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	P (ppm P ₂ O ₅)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Medio	Alto
		P2	Alto	Alto
	3 - 10	P1	Medio	Alto
		P2	Medio	Medio
Área no quemada	0 - 3	P3	Alto	Alto
		P4	Medio	Alto

3 - 10	P3	Medio	Alto
	P4	Medio	Alto

En Santa Lucía y Toccorani, los valores de fósforo disponible variaron según la profundidad, la temporada y los puntos de muestreo (Tabla 35 y Tabla 36). En la comunidad de Santa Lucía, el fósforo disponible del suelo se encontró principalmente en niveles altos durante ambas temporadas y profundidades, tanto en áreas afectadas por el fuego como en áreas no afectadas. Solo se observaron valores medios en los puntos P2 (profundidad 3–10 cm, área quemada) y P3 (profundidad 0–3 cm y 3–10 cm, área no quemada), los cuales se mantuvieron constantes entre temporadas. En Toccorani, se evidenció una mayor variabilidad; en el área quemada se registraron incrementos de la categoría media a alta entre temporadas en algunos puntos, como en P1 a 0–3 cm y 3–10 cm. En el área no quemada, la mayoría de los puntos mostró categorías entre media y alta, con incrementos en algunos casos después de la temporada de lluvias.

Figura 59:

Contenido de fósforo disponible (ppm P_2O_5) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.



La representación gráfica del contenido de fósforo disponible permitió visualizar una mayor concentración del nutriente en la capa superficial del suelo (0–3 cm), tanto en áreas quemadas como no quemadas, así como una ligera tendencia al incremento después de la temporada de lluvias, principalmente en Toccorani (Figura 59).

De acuerdo con los estadísticos descriptivos (Cuadro 27), los valores medios más altos de fósforo se registraron en la capa superficial (0–3 cm), alcanzando 20.0 ppm en áreas no quemadas después de las lluvias (T2), mientras que los valores más bajos se observaron en la capa profunda (3–10 cm) de áreas quemadas antes de la lluvia, con una media de 11.6 ppm. Asimismo, se evidenció una mayor dispersión en los estratos superficiales de áreas no quemadas, lo que sugiere una distribución heterogénea del fósforo disponible dentro de estos sitios de muestreo.

Los resultados del análisis estadístico (Cuadro 28; Anexo J) mostraron que la profundidad fue el único factor con efecto significativo sobre la disponibilidad de fósforo en el suelo ($p = 0.020$), mientras que la condición del área (quemada/no quemada), la temporada y sus interacciones no presentaron efectos significativos ($p > 0.05$). Esto indica que el fósforo disponible estuvo influenciado principalmente por la estratificación vertical del suelo y no por el efecto directo del incendio.

La prueba de comparación de medias según profundidad (Cuadro 29; Anexo J) confirmó que la capa superficial del suelo (0–3 cm) presentó concentraciones significativamente mayores de fósforo disponible que la capa profunda (3–10 cm), registrando valores promedio de 17.9 ppm y 13.4 ppm, respectivamente ($p = 0.0198$). Este patrón sugiere una mayor acumulación de fósforo en los primeros centímetros del perfil edáfico, asociada a la concentración de materia orgánica y residuos vegetales sobre la superficie del suelo.

Los resultados evidencian que la profundidad es el principal factor que explica la variación del fósforo disponible en el suelo, sin que el incendio haya generado un efecto

significativo. Esto coincide con lo reportado por Román (2023) y Casas (2019), quienes documentaron que los incendios de baja intensidad no siempre modifican la disponibilidad de fósforo, debido a su baja movilidad y alta capacidad de fijación en el suelo. Asimismo, estudios como los de Mataix-Solera y Guerrero (2007) y Neary et al. (2005) explican que el fósforo puede liberarse temporalmente tras la combustión de materia orgánica; sin embargo, este efecto suele ser de corta duración y depende de factores como la intensidad del fuego y las lluvias posteriores.

En conjunto, los resultados sugieren que la variación observada en la disponibilidad de fósforo responde principalmente a factores edáficos, como la estratificación vertical del nutriente, más que al disturbio ocasionado por los incendios forestales. Esto indica que, en los matorrales andinos evaluados, la dinámica del fósforo está más relacionada con procesos naturales del suelo y con la distribución de la materia orgánica que con el impacto directo del fuego.

4.2.1.1.2.7. Potasio disponible (K):

Tabla 36:

Potasio (K) disponible en suelos de matorral andino en Santa Lucía y Toccoarani, según condición del área, profundidad del muestreo y temporada.

Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	K (ppm K2O)	
			Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	188.1	236.1
		P2	264.8	197.2
	3 - 10	P1	152.7	248.6
		P2	122.7	106.9
Área no quemada	0 - 3	P3	106.8	88.5
		P4	271	271
	3 - 10	P3	90.6	60.6
		P4	112.9	112.9
Toccorani				
Condición	K (ppm K2O)			

	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	Temporada 1	Temporada 2
Área quemada	0 - 3	P1	175.8	244.2
		P2	250.4	116.6
	3 - 10	P1	90.8	92.5
		P2	176.1	182.5
Área no quemada	0 - 3	P3	162.5	198.8
		P4	85.2	170.8
	3 - 10	P3	70.3	206.6
		P4	81.7	155.8

Tabla 37:

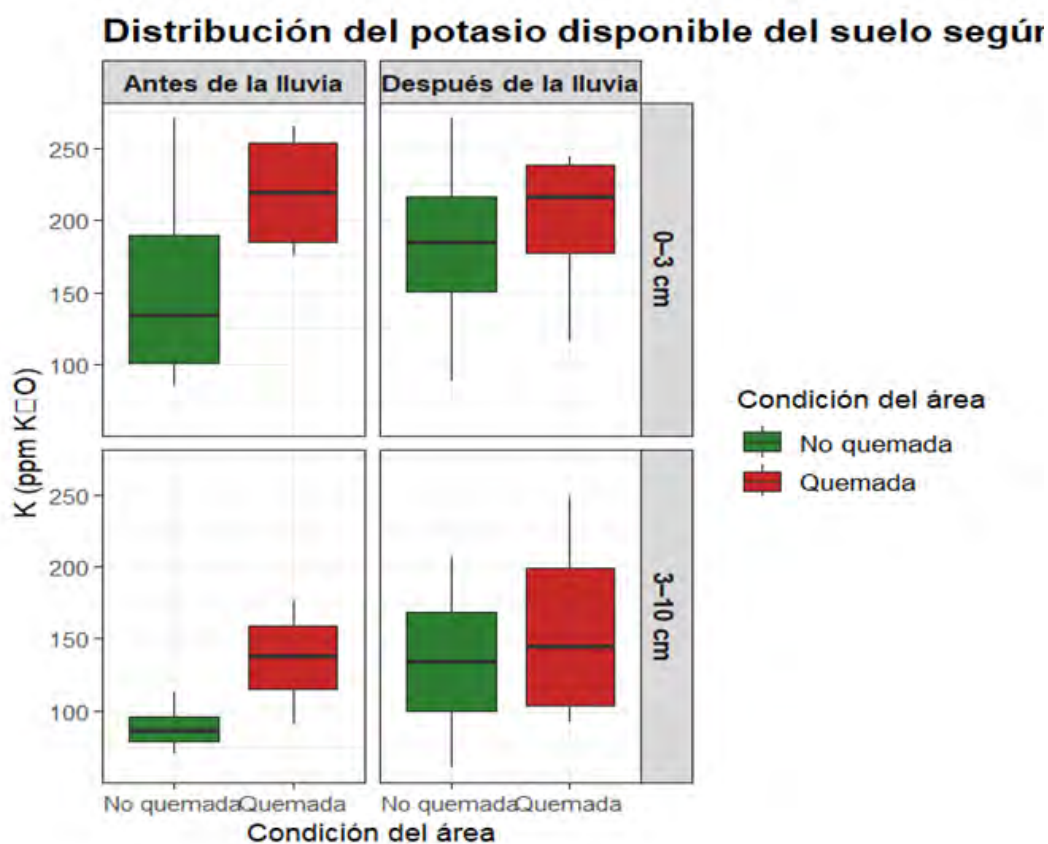
Contenido de K disponible (ppm) en puntos de muestreo de suelos de matorral andino en las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo), según condición del área (quemada y no quemada), profundidad (0–3 cm y 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes y después de lluvias, respectivamente).

Comunidad de Santa Lucia				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	K (ppm K ₂ O)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Alto	Alto
		P2	Alto	Alto
	3 - 10	P1	Alto	Alto
		P2	Medio	Medio
Área no quemada	0 - 3	P3	Medio	Medio
		P4	Alto	Alto
	3 - 10	P3	Medio	Bajo
		P4	Medio	Medio
Comunidad de Toccorani				
Condición	Profundidad muestreo (cm)	Punto de muestreo	K (ppm K ₂ O)	
			T1: antes de la lluvia	T2: después de la lluvia
Área quemada	0 - 3	P1	Alto	Alto
		P2	Alto	Medio
	3 - 10	P1	Medio	Medio
		P2	Alto	Alto
Área no quemada	0 - 3	P3	Alto	Alto
		P4	Medio	Alto
	3 - 10	P3	Medio	Alto
		P4	Medio	Alto

Los contenidos de potasio disponible (K) en los suelos de matorral andino de Santa Lucía y Toccorani oscilaron entre 60.6 y 271.0 ppm K_2O , ubicándose mayoritariamente en las categorías media y alta, tanto en áreas quemadas como no quemadas y en ambas temporadas evaluadas (Tabla 36 y Tabla 37). En general, las concentraciones más elevadas se registraron en la capa superficial del suelo (0–3 cm), particularmente en áreas quemadas, mientras que los valores más bajos se observaron en el estrato más profundo (3–10 cm), principalmente en áreas no quemadas. En Santa Lucía, los valores fueron relativamente estables entre temporadas, mientras que en Toccorani se observaron variaciones puntuales, con ligeros incrementos o descensos según el punto de muestreo y la profundidad.

Figura 60:

Contenido de potasio disponible (ppm K_2O) en suelos de Santa Lucía y Toccorani según condición del área, profundidad y temporada.



De acuerdo con los resultados descriptivos (Cuadro 30, Anexo J), los valores promedio de potasio fueron mayores en la capa superficial (0–3 cm) que en la capa más profunda (3–10 cm), tanto en áreas quemadas como no quemadas y en ambas temporadas. El valor promedio más alto se registró en áreas quemadas antes de la época de lluvias, con 220.25 ppm K_2O , mientras que el valor más bajo correspondió a áreas no quemadas en profundidad, con 88.91 ppm K_2O . Asimismo, se observó una mayor dispersión de los datos en los estratos superficiales, especialmente en áreas no quemadas, lo que sugiere una distribución heterogénea del potasio en el suelo.

El análisis estadístico mediante ANOVA mostró que la profundidad fue el único factor con efecto significativo sobre la disponibilidad de potasio ($p = 0.0090$), mientras que la condición del área (quemada/no quemada), la temporada (antes/después de lluvias) y sus interacciones no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) (Cuadro 31; Anexo J).

La prueba de comparación de medias (LS means) confirmó que el contenido de potasio disponible fue significativamente mayor en la capa superficial del suelo (0–3 cm), con una media de 189.0 ppm K_2O , en comparación con la capa más profunda (3–10 cm), que presentó una media de 129.0 ppm K_2O ($p = 0.0090$) (Cuadro 32; Anexo J). Estos resultados evidencian una acumulación preferente del potasio en los primeros centímetros del perfil edáfico, donde probablemente se concentra por efecto de la descomposición de materia orgánica, reciclaje de nutrientes y mayor actividad biológica.

Los resultados indican que la distribución vertical del potasio estuvo principalmente determinada por factores edáficos asociados a la profundidad del suelo, más que por el efecto del incendio. Este comportamiento coincide con lo reportado por Certini (2005) y De la Cruz-Arango y Córdor (2023), quienes señalan que, aunque el potasio puede liberarse rápidamente

durante la combustión de residuos vegetales, también es altamente susceptible a procesos de lixiviación durante las lluvias, lo que puede reducir o anular cualquier incremento temporal derivado del fuego.

Asimismo, Román Huamán (2023) reportó una elevada variabilidad espacial y temporal del potasio disponible en ecosistemas altoandinos afectados por incendios, sin evidenciar patrones estadísticos consistentes atribuibles directamente al disturbio. En ese sentido, la ausencia de diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas en este estudio sugiere que los incendios evaluados fueron de baja intensidad y no generaron alteraciones persistentes en la disponibilidad de este nutriente.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la disponibilidad de potasio en los matorrales andinos de Santa Lucía y Toccoarani está condicionada principalmente por la profundidad del suelo, mostrando una mayor concentración en el estrato superficial, mientras que el efecto del incendio forestal no representa un factor determinante en su dinámica a corto plazo.

4.2.1.2. Resultados en la cobertura vegetal

Los resultados en cuanto al objetivo específico 2, *“Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal del matorral andino mediante el análisis del IVI, el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener en las áreas quemadas y no quemadas en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024”*, son los siguientes:

4.2.1.2.1. Composición florística

4.2.1.2.1.1. Composición florística de la vegetación en Santa Lucia

Tabla 38:

Composición florística registrada en la comunidad de Santa Lucia, según condición del área

no quemada.

Familia	Especie	Nombre Común	Forma de Crecimiento	Duración de Vida	Nº ind
Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	14
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	12
	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	8
	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	6
	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	5
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	5
	<i>Baccharis tricuneata</i>	Tayanqa	Arbustivo	Perenne	3
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	3
Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	5
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	2
Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	6
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	6
Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	5
Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Herbácea	Anual	2
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	8
Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	15
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	2
Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	13
	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	7
	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	7
	<i>Poissonia orbicularis</i>	Coca coca	Arbustivo	Perenne	2
Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	5
	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	2
Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	3
Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia/ Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	11
	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	4
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	4
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	7
	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	3
Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	8

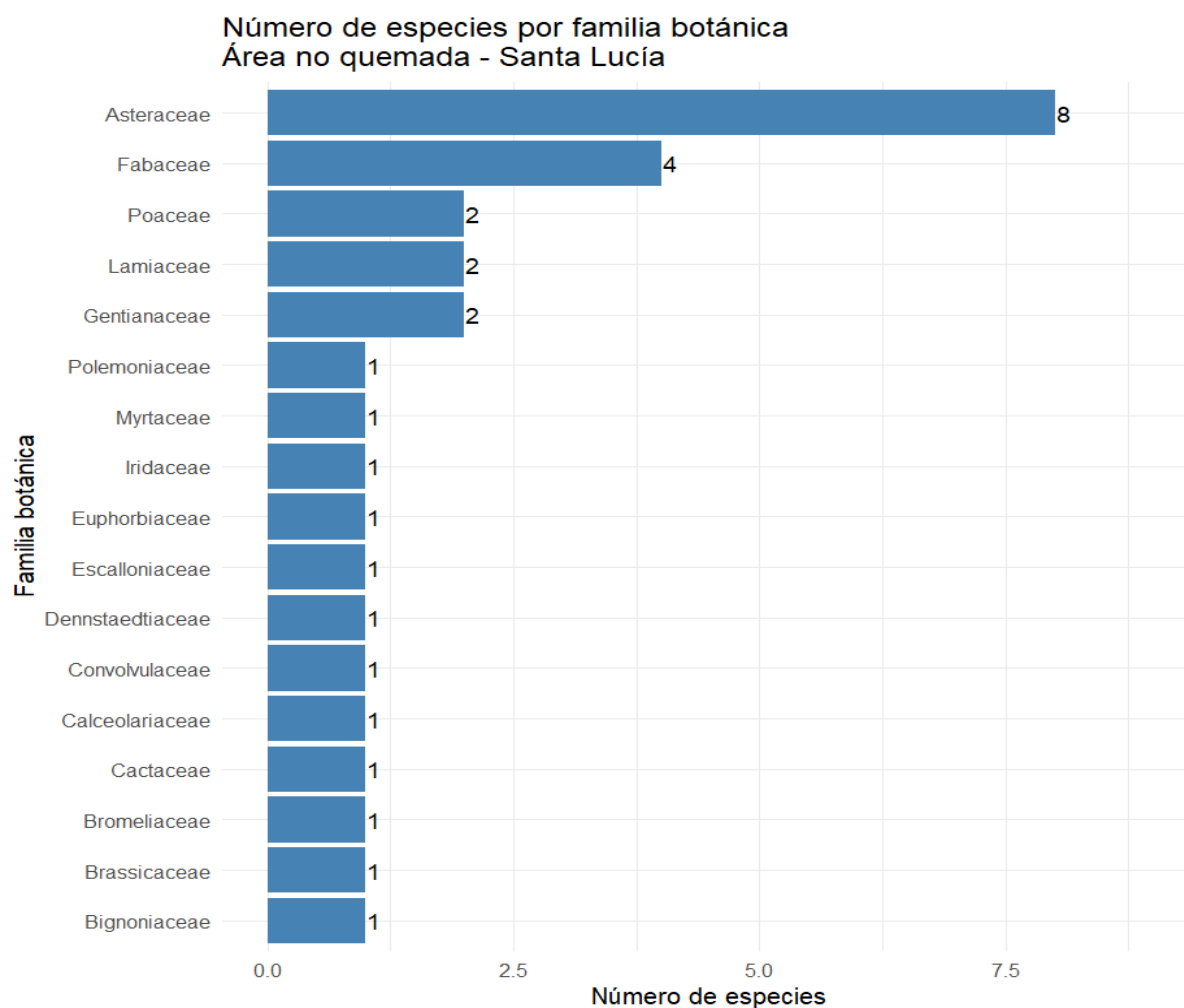
Nota. Nº ind. = número de individuos (*plantas/especie*).

En el área no quemada de la comunidad de Santa Lucía se registraron 30 especies

vegetales, distribuidas en 17 familias botánicas. Las especies dominantes pertenecen principalmente a las familias Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae y Poaceae, ampliamente representadas en ecosistemas de matorral andino. Predominaron las formas de crecimiento arbustiva y herbácea, y la mayoría de las especies presentaron un ciclo de vida perenne (Tabla 38).

Figura 61:

*Número de especies registradas por familia botánica en el área **no quemada** de la comunidad de Santa Lucía.*

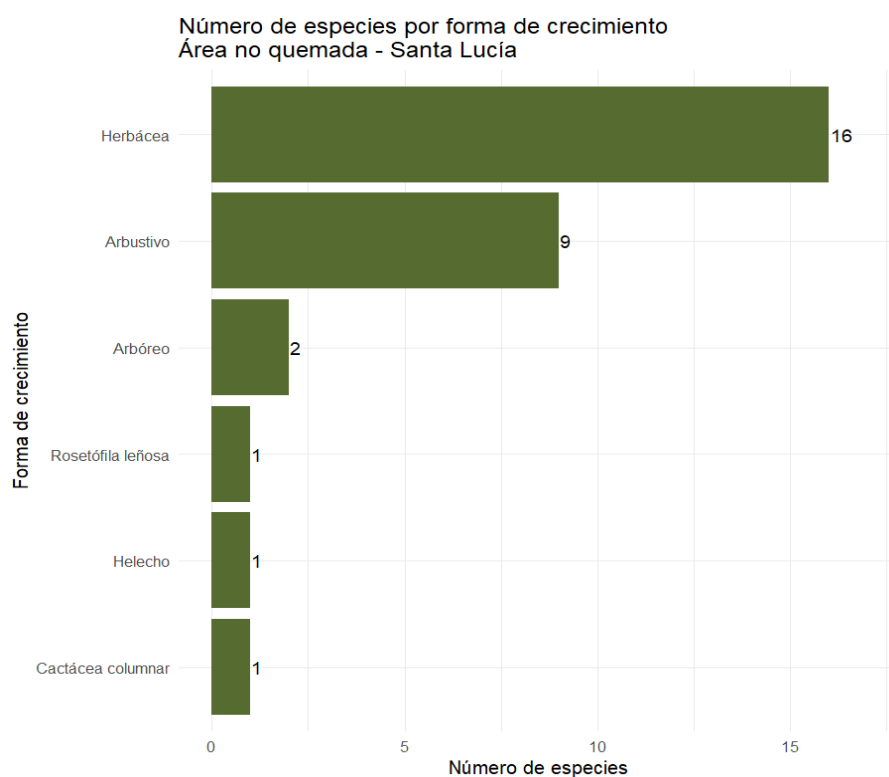


La figura 61 muestra la distribución de especies vegetales por familia botánica en el área no afectada por incendios en la comunidad de Santa Lucía. Se registraron 30 especies,

agrupadas en 17 familias. La familia Asteraceae fue la más diversa, con 8 especies: *Barnadesia horrida*, *Baccharis latifolia*, *Bidens andicola*, *Cosmos peucedanifolius*, *Mutisia acuminata*, *Viguiera lanceolata*, *Baccharis tricuneata* y *Parastrephia lepidophilla*. Le sigue Fabaceae, con 4 especies: *Astragalus sp.*, *Lupinus paniculatus*, *Senna multiglandulosa* y *Poissonia orbicularis*. Las familias Gentianaceae (*Gentianella herrerae* y *Gentianella campanuliformis*), Lamiaceae (*Lepechinia meyenii* y *Minthostachys mollis*) y Poaceae (*Muhlenbergia fastigiata* y *Dactylis glomerata*) presentaron 2 especies cada una. Las demás familias estuvieron representadas por una sola especie.

Figura 62:

Distribución de especies según forma de crecimiento en el área no quemada – Santa Lucía.

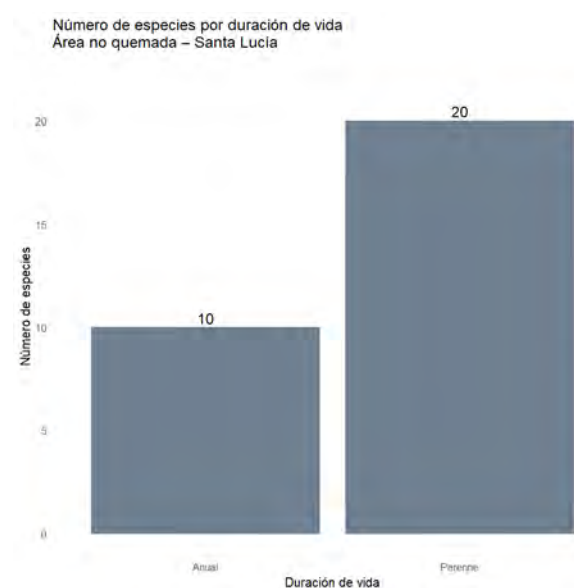


La figura 62 presenta la distribución de las especies vegetales según su forma de crecimiento en el área no quemada de la comunidad de Santa Lucía. Se identificaron seis tipos morfológicos: herbácea, arbustiva, arbórea, helecho, rosetófila leñosa y cactácea columnar. La forma herbácea fue la más frecuente, representada por 16 especies, seguida de la arbustiva, con

9 especies y arbóreas por 2 especies. Las formas de crecimiento de helecho, rosetófila leñosa y cactácea columnar estuvieron representadas por una sola especie cada una (*Pteridium aquilinum*, *Puya herrerae* y *Austrocylindropuntia subulata*).

Figura 63:

*Distribución de especies por duración de vida en el área **no quemada** – Santa Lucía.*



En el área no quemada de la comunidad de Santa Lucía se registraron un total de 30 especies vegetales. De estas, 20 especies (67 %) presentan una duración de vida perenne, mientras que 10 especies (33 %) son de tipo anual.

Tabla 39:

*Composición florística registrada en la comunidad de Santa Lucía, según condición del **área quemada***

Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de Vida	N° ind.
Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	10.00
	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	23.00
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	13.00
	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	20.00
	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	4.00
	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	12.00

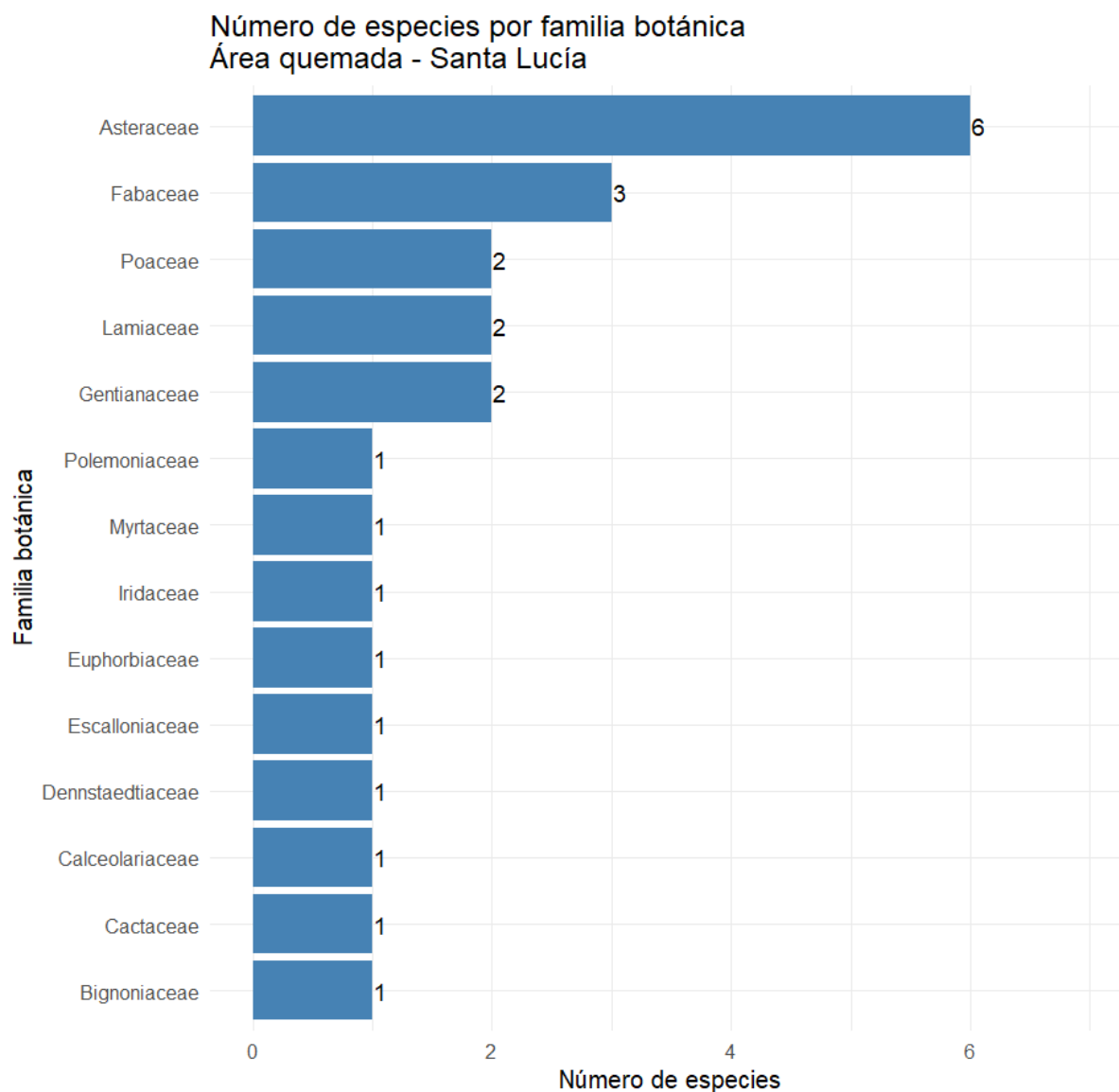
Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	6.00
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	5.00
Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	15.00
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	4.00
Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	14.00
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	1.00
Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jus'q'a	Herbácea	Perenne	19.00
	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	12.00
	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	8.00
Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	48.00
	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	31.00
Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	5.00
Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	9.00
	<i>Lepechinia meneyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	2.00
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	3.00
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	2.00
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	7.00
Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	4.00

Nota. N° ind. = número de individuos (*plantas/especie*).

En el área quemada de la comunidad de Santa Lucía se registraron 24 especies vegetales, distribuidas en 14 familias botánicas. Las formas de crecimiento herbácea y arbustiva fueron las más frecuentes, mientras que, en cuanto a duración de vida, se evidenció una mayor proporción de especies anuales en comparación con el área no quemada. Las familias Asteraceae, Fabaceae y Gentianaceae fueron las más representadas, concentrando un alto número de especies y de individuos.

Figura 64:

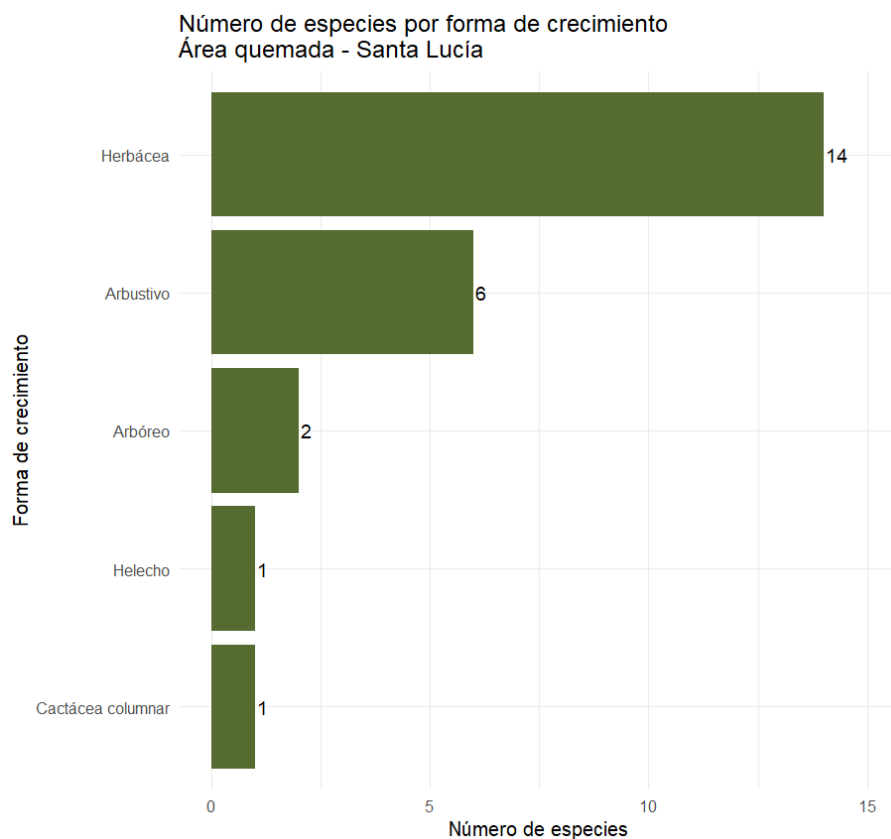
*Número de especies registradas por familia botánica en el **área quemada** de la comunidad de Santa Lucía.*



La Figura 64 muestra la distribución de especies por familia botánica en el área quemada de la comunidad de Santa Lucía. Se registraron 24 especies agrupadas en 14 familias. La familia Asteraceae fue la más diversa, con 6 especies (*Cosmos peucedanifolius*, *Bidens andicola*, *Baccharis latifolia*, *Barnadesia horrida*, *Viguiera lanceolata* y *Mutisia acuminata*). Le siguieron Fabaceae con 3 especies (*Astragalus sp.*, *Senna multiglandulosa* y *Lupinus paniculatus*), y las familias Gentianaceae, Lamiaceae y Poaceae, con 2 especies cada una. El resto de las familias estuvieron representadas por una sola especie.

Figura 65:

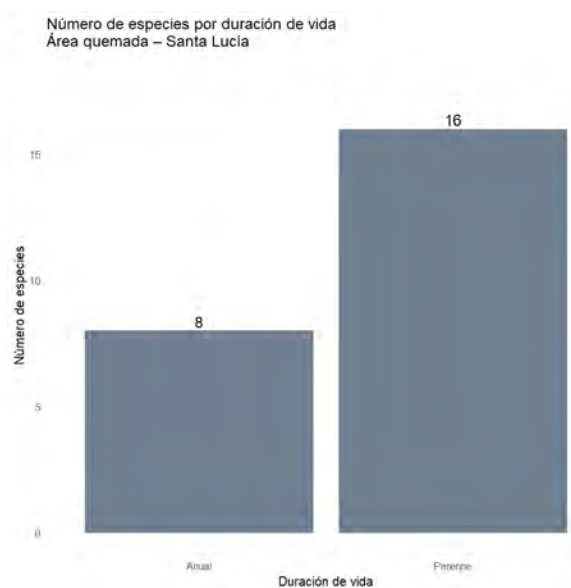
*Distribución de especies según forma de crecimiento en el **área quemada** – Santa Lucía.*



La Figura 65 muestra la distribución de las especies vegetales según su forma de crecimiento en el área quemada de la comunidad de Santa Lucía. Predominó la forma herbácea, con 14 especies registradas, lo que representa la mayor parte de la composición florística en esta condición. Le siguió la forma arbustiva, con 6 especies, y la forma arbórea, con 2 especies. Las formas helecho, cactácea columnar y rosetófila leñosa estuvieron representadas por una sola especie cada una (*Pteridium aquilinum*, *Austrocylindropuntia subulata* y *Puya herrerae*, respectivamente). Esta distribución indica que, luego del incendio, las especies herbáceas presentaron una mayor capacidad de establecerse rápidamente en el área afectada. En comparación con el área no quemada, donde también se registra un predominio de formas herbáceas, en el área quemada estas adquieren un rol aún más dominante, evidenciando su importancia en las etapas iniciales de recuperación ecológica.

Figura 66:

Distribución de especies por duración de vida en el área quemada – Santa Lucía.



La Figura 66 muestra la distribución de las especies vegetales según su duración de vida en el área afectada por incendios en la comunidad de Santa Lucía. Se identificaron 24 especies, de las cuales 16 (67 %) son perennes y 8 (33 %) anuales. La clara dominancia de especies perennes indica una composición vegetal más estable, mientras que la presencia de anuales refleja procesos activos de recolonización temprana en el área quemada.

La comparación de la composición florística entre las áreas quemada y no quemada de la comunidad de Santa Lucía mostro diferencias notables atribuibles al efecto del incendio forestal. En el área no quemada se registraron 30 especies, mientras que en el área quemada se contabilizaron 24 especies. Si bien la pérdida total de riqueza específica no fue drástica, sí se observó un cambio significativo en la estructura y composición de la cobertura vegetal.

En el área no afectada, predominaron las especies arbustivas y leñosas perennes como *Escallonia resinosa*, *Baccharis latifolia*, *Mutisia acuminata* y *Barnadesia horrida*, las cuales cumplen un rol estructural clave en el matorral andino (Gil, 2020). En contraste, el área quemada estuvo dominada por especies herbáceas de ciclo anual como *Cosmos peucedanifolius*, *Bidens andicola*, *Gentianella herrerae* y *Gentianella campanuliformis*, indicando un estadio inicial de sucesión post-disturbio, caracterizado por la colonización de especies pioneras adaptadas a condiciones de suelo alterado y alta exposición solar.

En la comunidad de Santa Lucía, se identificó una marcada reducción de especies leñosas o arbustivas tras el incendio forestal, lo que refleja una alta sensibilidad del estrato arbóreo y arbustivo frente a perturbaciones térmicas ocasionadas por el uso del fuego. Algunas especies arbustivas o herbáceas, como *Parastrephia lepidophylla*, *Dichondra sericea* y *Brassica rapa*, se registraron únicamente en el área no quemada, lo que sugiere una limitada capacidad de regeneración post-fuego o una elevada susceptibilidad a las altas temperaturas. En contraste, *Gentianella herrerae* presentó una respuesta claramente positiva al fuego, con un incremento notable en el número de individuos en el área afectada (48 individuos frente a 5 en la no quemada), indicando un comportamiento oportunista favorecido por las condiciones post-incendio. Este patrón coincide con lo reportado por Román (2023), quien documentó en la región Cusco, un aumento de especies herbáceas pioneras en pastizales altoandinos tras incendios recientes. La práctica de quema puede aumentar la diversidad de especies, debido a la mayor fructificación de las especies herbáceas. Sin embargo, la recuperación de las especies leñosas puede requerir más tiempo (Gutiérrez et al., 2024). El impacto de los incendios y su no recuperación o regeneración adecuada puede ser percibido negativamente por la población local andina.

La dominancia de formas de vida herbáceas anuales en el área quemada sugiere un reinicio del proceso sucesional, con una simplificación temporal de la estructura vegetal. Este comportamiento ha sido descrito en diversos contextos ecológicos. Por ejemplo, en la región del Maule (Chile), Rosales-Rodríguez et al. (2019) registraron una pérdida significativa de diversidad arbórea y arbustiva tras incendios forestales, seguida de una rápida colonización por especies pioneras de porte herbáceo. De manera similar, en ecosistemas altoandinos de Chiara (Ayacucho), se ha reportado una pronta regeneración de la cobertura vegetal post-incendio dominada por especies adaptadas a perturbaciones frecuentes (De la Cruz-Arango & Córdor, 2023).

En otros casos, como en el cañón del río Chonta (Cajamarca), se ha documentado una recuperación progresiva de la cobertura vegetal luego del fuego, con un incremento del 1–2 % en diciembre a más del 50 % hacia agosto del año siguiente. En ese contexto, gramíneas como *Festuca* y *Stipa* desempeñaron un papel clave en la regeneración debido a su resistencia al fuego y su capacidad de rebrote vegetativo (Salcedo, 2021), lo cual es consistente con el patrón observado en Santa Lucía.

Asimismo, la alta mortalidad de especies leñosas en Santa Lucía se alinea con los hallazgos de Balch et al. (2011), quienes demostraron que una única quema puede provocar la muerte de más del 50% de los tallos con diámetros menores a 10 cm, particularmente en especies con cortezas delgadas o estructuras poco resistentes al calor. Este tipo de respuesta resalta el papel de los rasgos funcionales morfoanatómicos en la vulnerabilidad de las plantas al fuego.

La recurrencia del fuego (es decir la ampliación repetitiva del fuego en un sector en particular), además, tiende a interrumpir la sucesión ecológica natural, desestabilizando el equilibrio entre los estratos herbáceo y leñoso (Aguilar-Garavito y Cortina, 2022). Según Gomes et al. (2022), en ambientes de sabana tropical, los incendios frecuentes favorecen a las especies de rápido crecimiento y limitan la recuperación de arbustos y árboles, comprometiendo así la resiliencia del ecosistema y su capacidad de almacenar carbono a largo plazo. Este fenómeno también es evidente en Santa Lucía, donde tras los incendios se observó una expansión de especies herbáceas y una regresión del componente leñoso. Por lo tanto, el monitoreo de la dinámica espacio-temporal de la vegetación adquiere importancia para guiar la restauración ecológica y las estrategias de prevención de incendios forestales (Ortega et al., 2025).

Finalmente, estos resultados son comparables a los registrados en los pastizales de altura del bioma Atlántico en Brasil, donde Herrmann et al. (2022) reportaron una pérdida del

24% de la cobertura original debido a incendios y cambios de uso. En Santa Lucía, aunque en una escala local, se evidencia un patrón semejante con una disminución de especies nativas leñosas y dominancia de herbáceas pioneras, lo cual podría afectar la dinámica ecosistémica y los servicios ambientales a mediano y largo plazo.

4.2.1.2.1.2. Composición florística de la vegetación en Toccorani

Tabla 40:

*Composición florística registrada en la comunidad de Toccorani, según condición del área **no quemada**.*

Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de vida	N° ind.
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	2
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	4
	<i>Galinsoga parviflora</i>	Rata rata	Herbácea	Anual	4
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	9
	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	9
	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	7
	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	1
	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	5
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	3
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	8
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	7
Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	5
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	1
	<i>Echinopsis pachanoi</i>	San Pedro	Cactácea columnar	Perenne	2
Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	8
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	6
Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	6
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	4
Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	8
	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	10
	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	2
Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	4
Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	5
Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	4

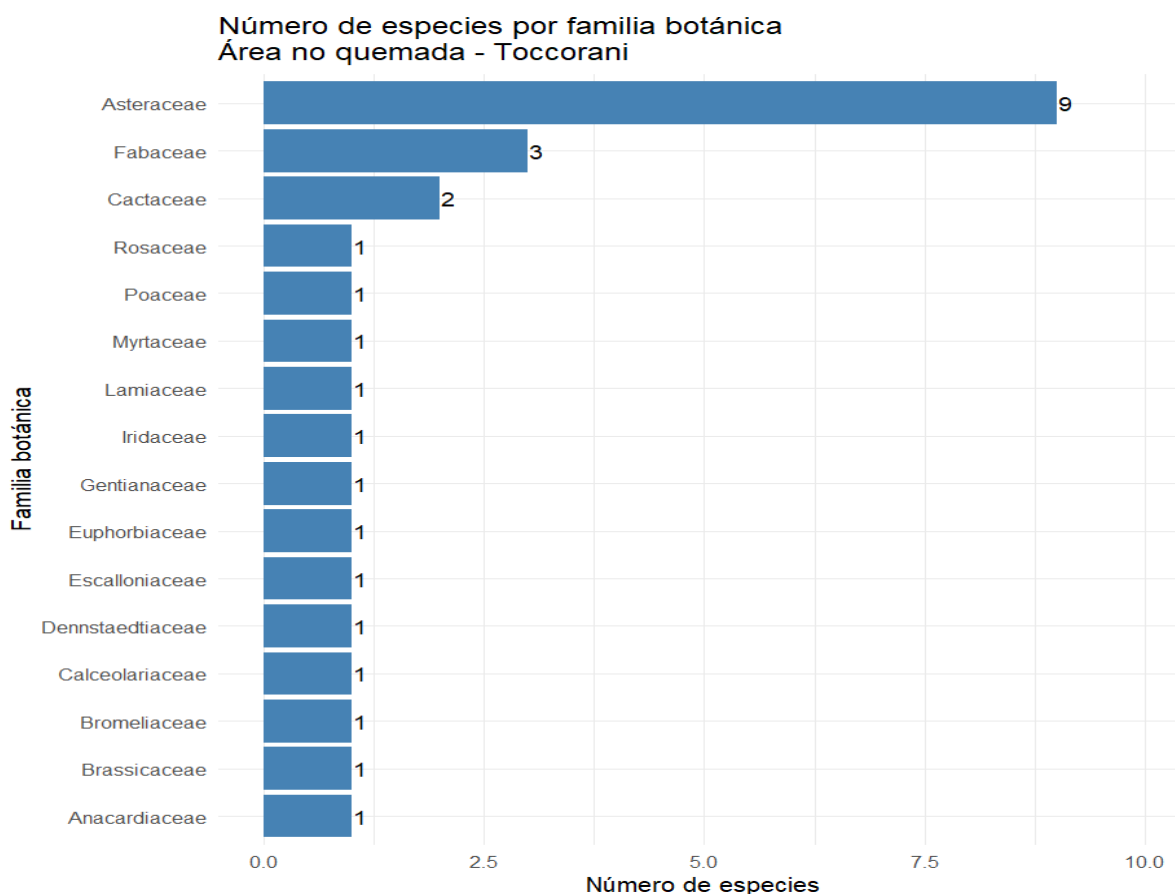
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	3
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	7
Rosaceae	<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	Capulí	Arbóreo	Perenne	1

Nota. N° ind. = número de individuos (*plantas/especie*).

En el área no quemada de la comunidad de Toccorani se identificaron 27 especies vegetales, agrupadas en 14 familias botánicas. La mayoría correspondió a especies herbáceas y de duración de vida perenne, características comunes en ecosistemas de matorral andino en estado de conservación. Las familias más representativas fueron Asteraceae (9 especies), Fabaceae (3 especies) y Cactaceae (2 especies) y otras familias una especie cada una.

Figura 67:

Número de especies registradas por familia botánica en el área **no quemada** de la comunidad de Toccorani.

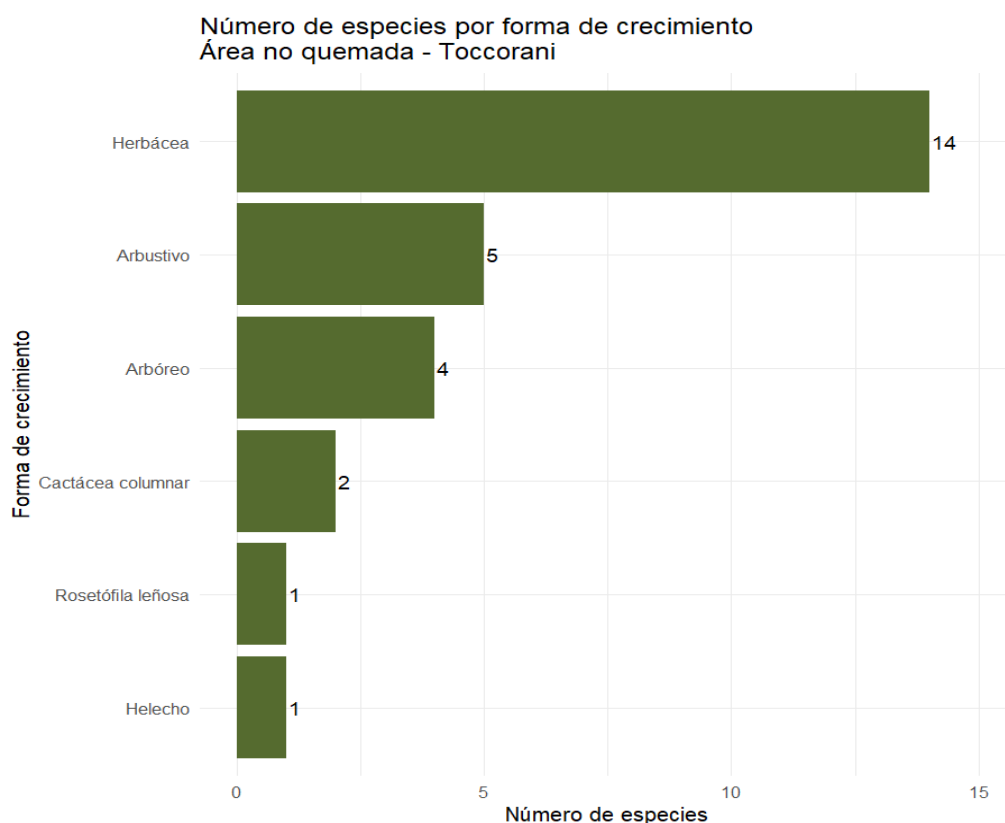


La figura 67 muestra la distribución de especies vegetales por familia botánica en el área no afectada por incendios en Toccorani. Se identificaron 27 especies agrupadas en 16

familias. La familia Asteraceae fue la más diversa, con 9 especies: *Baccharis latifolia*, *Barnadesia horrida*, *Viguiera lanceolata*, *Bidens andicola*, *Mutisia acuminata*, *Ambrosia peruviana*, *Galinsoga parviflora* y *Cosmos peucedanifolius*. Le siguió Fabaceae, con 3 especies: *Lupinus paniculatus*, *Astragalus sp.* y *Senna multiglandulosa*. El resto de familias, como Poaceae, Calceolariaceae, Brassicaceae, Cactaceae y Myrtaceae, estuvieron representadas por una o dos especies.

Figura 68:

Distribución de especies según forma de crecimiento en el área no quemada – Toccorani.



La figura 68 presenta la distribución de especies vegetales según su forma de crecimiento en el área no quemada de la comunidad de Toccorani. En Toccorani predominaron las especies herbáceas, con 14 especies registradas, lo que representa aproximadamente dos tercios del total. Le siguieron las especies arbustivas con 5 especies, y las arbóreas, con 4 especies. También se identificaron formas de crecimiento menos frecuentes como helecho

(*Pteridium aquilinum*), rosetófila leñosa (*Puya herrerae*) y cactácea columnar (*Echinopsis pachanoi*, *Austrocylindropuntia subulata*), cada una con una o dos especies.

Figura 69:

Distribución de especies por duración de vida en el área no quemada – Toccorani.



En el área no quemada de la comunidad de Toccorani se registraron 27 especies, de las cuales 17 fueron perennes (63.0 %) y 10 anuales (37.0 %) (Figura 52). La categoría perenne incluyó especies herbáceas, arbustivas, arbóreas, cactáceas, rosetófilas y helechos. En cambio, las especies anuales correspondieron mayoritariamente a formas herbáceas.

Tabla 41:

Composición florística registrada en la comunidad de Toccorani, según condición del área quemada.

Familia	Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de Vida	N° ind.
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	2
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	4
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	21
	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	7
	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	5
	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	4
	<i>Cosmos</i>	Panti	Herbácea	Anual	4
	<i>peucedanifolius</i>				
	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1

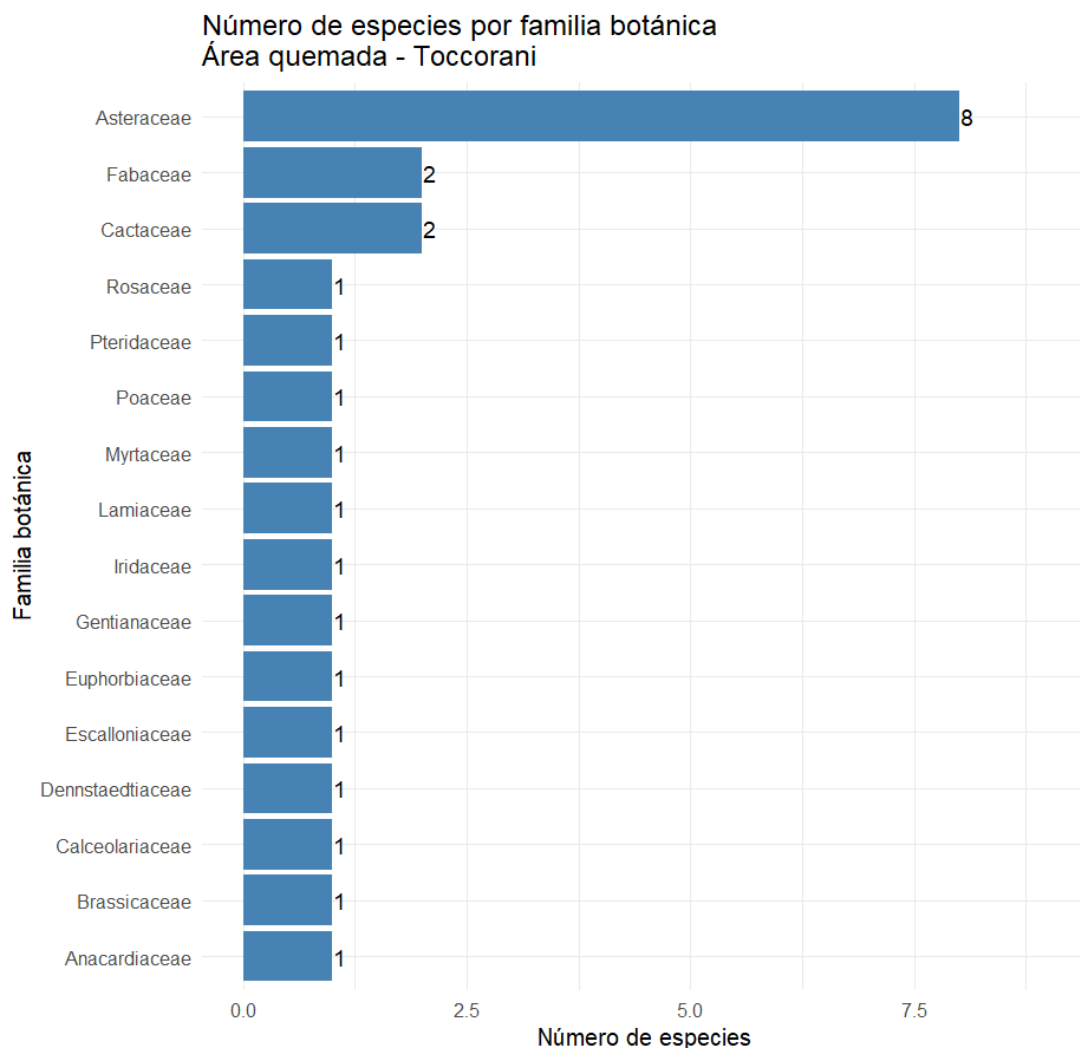
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	2
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	5
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	2
	<i>Echinopsis pachanoi</i>	San Pedro	Cactácea columnar	Perenne	1
Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	7
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	5
Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	2
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	1
Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	4
	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	4
Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	6
Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	9
Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	7
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	4
Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	6
Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	5
Rosaceae	<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	Capulí	Arbóreo	Perenne	1

Nota. N° ind. = número de individuos (*plantas/especie*).

En el área quemada de la comunidad de Toccorani se identificaron 25 especies vegetales, distribuidas en 16 familias botánicas. Predominaron las especies herbáceas y de corta duración de vida, especialmente las anuales, lo que sugiere una fase temprana de regeneración postincendio. Las familias Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae fueron las más representadas en términos de número de especies e individuos.

Figura 70:

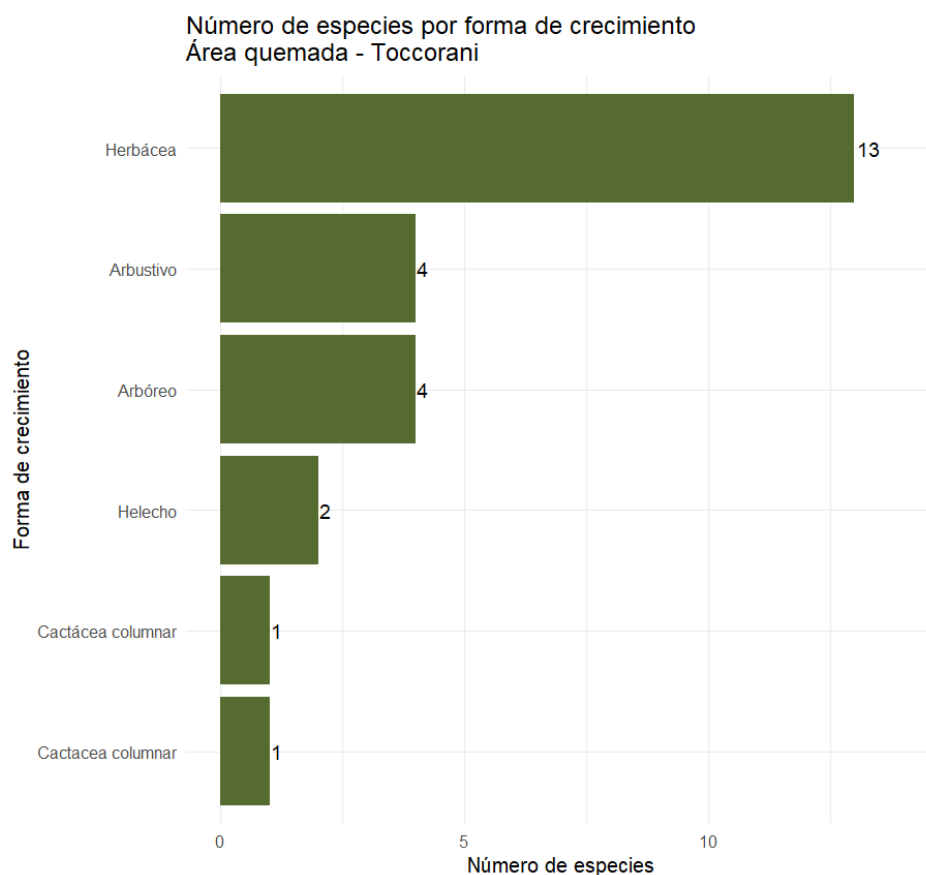
Número de especies registradas por familia botánica en el área quemada de la comunidad de Toccorani.



La figura 70 muestra la distribución de especies vegetales por familia botánica en el área afectada por incendios en la comunidad de Toccorani. Se identificaron 25 especies agrupadas en 16 familias. La familia Asteraceae fue la más diversa, con 8 especies registradas: *Viguiera lanceolata*, *Bidens andicola*, *Barnadesia horrida*, *Baccharis latifolia*, *Ambrosia peruviana*, *Cosmos peucedanifolius* y *Mutisia acuminata*. Le siguieron Fabaceae con 2 especies (*Astragalus* sp. y *Lupinus paniculatus*) y Cactaceae con 2 especies (*Austrocylindropuntia subulata* y *Echinopsis pachanoi*). El resto de familias, como Poaceae, Lamiaceae, Calceolariaceae, Iridaceae y Brassicaceae, estuvieron representadas por una sola especie cada una.

Figura 71:

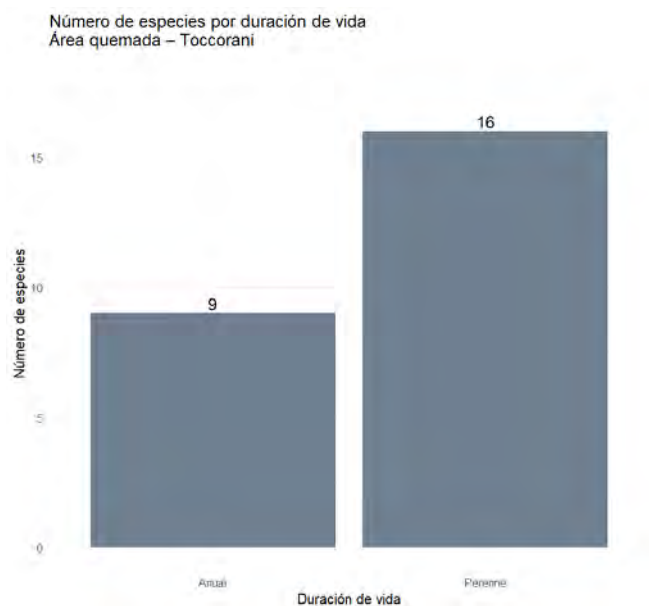
*Distribución de especies según forma de crecimiento en el **área quemada** – Toccoarani.*



En el área quemada de la comunidad de Toccoarani se registraron 25 especies vegetales, distribuidas en 16 familias botánicas. Predominaron las especies herbáceas y de vida perenne, seguidas por formas arbustivas, arbóreas, helechos y cactáceas columnares. Las familias más representativas fueron Asteraceae, Fabaceae y Poaceae, lo que refleja un proceso activo de recolonización vegetal en ecosistemas de matorral andino tras incendios. Dentro de ellas, *Viguiera lanceolata* (Asteraceae) fue la especie más abundante.

Figura 72:

*Distribución de especies por duración de vida en el **área quemada** – Toccoarani.*



La figura 72 muestra la distribución de especies vegetales según su duración de vida en el área quemada de la comunidad de Toccorani. De un total de 25 especies, 16 fueron perennes (64 %) y 8 anuales (9 %). Las especies perennes incluyeron principalmente formas herbáceas, arbustivas, arbóreas, cactáceas y helechos, mientras que las anuales fueron mayormente herbáceas.

En la comunidad de Toccorani, se registraron 27 especies vegetales en el área no afectada por incendios y 25 en la zona quemada, reflejando una leve disminución en la riqueza florística asociada al disturbio. Si bien la diferencia no es pronunciada, sugiere que ciertas especies, principalmente leñosas y perennes, presentan una sensibilidad mayor a las alteraciones provocadas por el fuego.

En el área sin quema se observó una mayor representación de especies arbustivas y arbóreas, como *Barnadesia horrida*, *Mutisia acuminata*, *Baccharis latifolia* y *Escallonia resinosa*, las cuales mostraron un número más alto de individuos en comparación con el área quemada. Este patrón sugiere una limitada capacidad de regeneración ante perturbaciones térmicas, probablemente vinculada a su fisiología o a la ausencia de mecanismos de rebrote eficiente.

Por otro lado, el área quemada presentó un predominio claro de especies herbáceas

anuales, lo que sugiere una fase temprana del proceso de sucesión ecológica. Especies como *Viguiera lanceolata* (21 individuos en la zona quemada frente a 8 en la no quemada), *Hesperoxiphion herrerae*, *Calceolaria buchtieniana* y *Gentianella herrerae* aumentaron notablemente su presencia tras el fuego. Este comportamiento sugiere que este ecosistema en Cusco responde a su estrategia adaptativa en ambientes abiertos. Este tipo de respuesta ha sido descrita para especies altoandinas tras disturbios recurrentes, donde la regeneración rápida permite ocupar nichos disponibles antes del cierre del dosel (De la Cruz-Arango & Córdor, 2023). Por otro lado, estos resultados similares a aquellos obtenidos por Loydi. (2020) en ecosistemas de pastizales en la Argentina.

Algunas especies, como *Lupinus paniculatus* y *Astragalus sp.*, estuvieron presentes en ambas condiciones, pero en menor número en el área quemada. Su patrón sugiere una tolerancia intermedia, con cierto grado de regeneración post-incendio, aunque menos eficiente que en especies pioneras. Según Loydi, Funk y García (2020), las especies perennes, incluidas algunas leguminosas, pueden presentar menor abundancia en áreas afectadas por incendios frecuentes o severos.

En el caso de *Minthostachys mollis* (muña), se observó una ligera mayor abundancia en el área quemada (7 frente a 4 individuos), lo que podría explicarse por su capacidad de rebrote vegetativo a partir de estructuras subterráneas, común en especies aromáticas adaptadas a perturbaciones. Un aspecto a destacar es la presencia de *Eucalyptus globulus*, una especie introducida que, si bien no fue dominante, mostró una ligera mayor abundancia en el área quemada (4 individuos frente a 3). Dado su carácter exótico, su expansión en ambientes perturbados podría representar una amenaza para la regeneración de la flora nativa, especialmente si el fuego se repite con frecuencia (Herrmann et al., 2022).

Aunque la diversidad de formas de crecimiento se mantuvo relativamente estable, la distribución por tipo mostró una inclinación hacia las herbáceas anuales en el área quemada.

Este cambio funcional implica una reducción en la complejidad estructural del ecosistema, afectando procesos ecológicos clave como el almacenamiento de carbono, la retención de humedad y la protección del suelo (Gomes et al., 2022).

La respuesta positiva de ciertas especies pioneras puede interpretarse como un proceso de recolonización temprana. Sin embargo, ello no garantiza una restauración funcional completa, especialmente si la cobertura leñosa no se recupera en el mediano plazo. Tal como lo indican Balch et al. (2011), el impacto del fuego en la vegetación no depende solo de su intensidad, sino también de la frecuencia y del momento en que ocurre, en relación con el ciclo vital de las especies afectadas. Esto sugiere la importancia de un monitoreo a posteriori para reducir la incertidumbre del impacto del fuego a mediano y largo.

4.2.1.2.2. Índice de Valor de Importancia (IVI)

4.2.1.2.2.1. Índice de Valor de Importancia en Santa Lucía

Tabla 42:

Comparación de parámetros ecológicos de especies vegetales en áreas quemada y no quemada, ordenadas según el IVI del área no quemada en la comunidad de Santa Lucía (Acomayo).

Especie	N° Ind. NQ	N° Ind. Q	Abund. Rel. NQ (%)	Abund. Rel. Q (%)	Dom. Rel. NQ (%)	Dom. Rel. Q (%)	Freq. Rel. NQ (%)	Freq. Rel. Q (%)	IVI NQ (%)	IVI Q (%)
<i>Escallonia resinosa</i>	15	14	8.20	5.05	46.5	17.5	5.83	7.79	20.2	10.1
<i>Cantua buxifolia</i>	8	4	4.37	1.44	18.8	5.95	3.88	2.60	9.01	3.33
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	3	2.19	1.08	11.6	1.68	1.94	1.30	5.23	1.35
<i>Barnadesia horrida</i>	14	12	7.65	4.33	1.46	1.01	5.83	5.19	4.98	3.51
<i>Astragalus</i> sp.	13	19	7.10	6.86	1.35	3.78	5.83	7.79	4.76	6.14
<i>Baccharis latifolia</i>	12	13	6.56	4.69	1.38	1.90	5.83	7.79	4.59	4.79
<i>Baccharis tricuneata</i>	3	0	1.64	0	8.00	0	1.94	0	3.86	0
<i>Puya herrerae</i>	6	0	3.28	0	2.34	0	5.83	0	3.81	0
<i>Tecoma fulva</i>	5	6	2.73	2.17	2.39	4.18	3.88	3.90	3.00	3.41
<i>Lepechinia meyenii</i>	11	2	6.01	0.72	0.02	0.03	2.91	1.30	2.98	0.68
<i>Lupinus paniculatus</i>	7	8	3.83	2.89	1.12	1.69	3.88	6.49	2.94	3.69
<i>Mutisia acuminata</i>	5	4	2.73	1.44	2.50	7.96	2.91	3.90	2.71	4.43
<i>Senna multiglandulosa</i>	7	12	3.83	4.33	0.33	3.43	3.88	6.49	2.68	4.75
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	5	15	2.73	5.42	0.03	2.47	4.85	5.19	2.54	4.36
<i>Pteridium aquilinum</i>	8	4	4.37	1.44	0.05	0.34	2.91	1.30	2.44	1.03
<i>Bidens andicola</i>	8	20	4.37	7.22	0.02	1.70	2.91	5.19	2.43	4.70
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	6	23	3.28	8.30	0.02	1.30	3.88	6.49	2.39	5.36

<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	7	3.83	2.53	0.18	1.78	2.91	2.60	2.31	2.30
<i>Gentianella herrerae</i>	5	48	2.73	17.3	0.07	3.67	3.88	7.79	2.23	9.60
<i>Viguiera lanceolata</i>	5	10	2.73	3.61	0.65	19.7	2.91	1.30	2.10	8.21
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	6	5	3.28	1.81	0.01	0.06	2.91	1.30	2.07	1.05
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	3	0	1.64	0	0.63	0	2.91	0	1.73	0
<i>Minthostachys mollis</i>	4	9	2.19	3.25	0.02	0.47	2.91	2.60	1.71	2.11
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	3	5	1.64	1.81	0.01	0.05	2.91	1.30	1.52	1.05
<i>Poissonia orbicularis</i>	2	0	1.09	0	0.46	0	1.94	0	1.17	0
<i>Brassica rapa</i>	2	0	1.09	0	0.03	0	1.94	0	1.02	0
<i>Gentianella campanuliformis</i>	2	31	1.09	11.2	0.01	1.40	1.94	7.79	1.01	6.79
<i>Euphorbia prostata</i>	2	1	1.09	0.36	0.01	0.01	1.94	1.30	1.01	0.56
<i>Dactylis glomerata</i>	3	2	1.64	0.72	0.01	17.9	0.97	1.30	0.87	6.65
<i>Dichondra sericea</i>	2	0	1.09	0	0.08	0	0.97	0	0.71	0
Total	183	277	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: N° Ind.: número de individuos; Abund. Rel.: abundancia relativa; Dom. Rel.: dominancia relativa; Freq. Rel.: frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia; AQ: área quemada; AQN: área no quemada.

En la Tabla 42 se presenta la comparación de parámetros ecológicos de las especies vegetales registradas en el área quemada y no quemada de la comunidad de Santa Lucía, ordenadas según el IVI del área no quemada. Se evidencia una variación marcada en la estructura y composición florística entre ambas condiciones.

Las especies con mayor IVI en el área no quemada fueron *Escallonia resinosa* (20.2 %), *Cantua buxifolia* (9.01 %) y *Eucalyptus globulus* (5.23 %), especies leñosas que aportan una estructura vertical más compleja al ecosistema. En cambio, en el área quemada, destacan *Gentianella herrerae* (9.60 %), *Viguiera lanceolata* (8.21 %), y *Cosmos peucedanifolius* (5.36 %), especies principalmente herbáceas o de porte bajo, indicadoras de un estado sucesional temprano.

Es relevante observar que especies como *Gentianella campanuliformis* y *Bidens andicola*, con valores bajos de IVI en el área no quemada, aumentaron notablemente su presencia en el área quemada, lo que evidencia su carácter pionero (propio de especies nativas adaptadas a disturbios) y su capacidad para colonizar suelos recientemente perturbados.

La disminución del IVI de *Escallonia resinosa* en el área quemada (de 20.2 % a 10.1 %) indica que esta especie fue notablemente afectada por el incendio, posiblemente debido a su limitada capacidad de regeneración frente al fuego o a la pérdida de ejemplares adultos que conformaban parte del estrato arbustivo dominante. Por otro lado, especies como *Gentianella herrerae* y *Viguiera lanceolata* mostraron un incremento en su IVI dentro del área afectada, lo cual sugiere una alta capacidad de colonización en ambientes alterados, favorecida por el aumento de luz disponible, la reducción de la cobertura vegetal superior y la menor competencia interespecífica posterior al disturbio.

Coincidiendo con lo reportado por De La Cruz-Arango y Cóndor (2023), quienes documentaron en pastizales altoandinos del distrito de Chiara en Ayacucho – Perú un aumento

de especies cespitosas y herbáceas en zonas impactadas por incendios. Aunque el ecosistema de Santa Lucía corresponde al matorral andino y no a un pastizal, ambos comparten características funcionales similares frente al disturbio ocasionado por el incendio, lo que refuerza la validez ecológica del patrón observado.

La velocidad de recuperación también ha sido analizada en ambientes similares. El estudio desarrollado por Salcedo (2021) en el cañón del río Chonta (Sangal, Cajamarca), encontró que la cobertura vegetal post-incendio aumentó progresivamente durante el primer año, particularmente en la temporada de lluvias, alcanzando hasta 64 % de cobertura en algunos meses. Este proceso se refleja en Santa Lucía, donde se espera una respuesta ecológica acelerada en el corto plazo por parte de especies herbáceas, especialmente aquellas con estrategias de rebrote o crecimiento rápido.

Por otro lado, se ha documentado que los incendios no solo modifican la composición florística, sino también la estructura vertical y funcional del ecosistema. En la Región del Maule (Chile), Rosales-Rodríguez et al. (2019) observaron una degradación sustancial del dosel arbóreo y arbustivo tras incendios forestales, con baja regeneración de especies leñosas y pérdida de diversidad. En Santa Lucía, este mismo fenómeno se expresa en la disminución a la mitad del IVI de *Escallonia resinosa*, especie clave del matorral andino, cuya pérdida podría comprometer funciones ecosistémicas como la regulación hídrica o la retención de suelos. No obstante, se requiere mayor investigación para caracterizar los efectos del fuego en los caudales de los ríos en cuencas andinas.

Desde una perspectiva funcional, los resultados de Santa Lucía coinciden con lo expuesto por Balch et al. (2011) en bosques de la Amazonía, donde el fuego actúa como un factor que simplifica la estructura del ecosistema, abre el dosel, incrementa la radiación solar y reduce la humedad edáfica, creando condiciones favorables para la germinación de especies herbáceas y pirófitas. En este nuevo régimen ambiental, especies como *Bidens andicola* y

Gentianella campanuliformis aumentan su IVI, probablemente gracias a su capacidad de dispersión eficiente, rebrote rápido y tolerancia al estrés hídrico post-incendio. Además, el riesgo de una transición hacia un estado ecológico alternativo está presente en Santa Lucía. Balch et al. advierten que incendios recurrentes, especialmente en presencia de presiones antrópicas y cambio climático, pueden inducir la pérdida de especies leñosas y favorecer una dominancia permanente de gramíneas inflamables, lo que agrava los ciclos de degradación. Este escenario es preocupante en ecosistemas como el matorral andino, donde la resiliencia de especies arbustivas nativos depende de intervalos de tiempo suficientemente largos entre perturbaciones.

El modelo ecológico BEFIRE, aplicado por Gomes et al. (2022) en el Cerrado brasileño, respalda esta hipótesis. El modelo predice que los incendios frecuentes favorecen la conformación de biomasa herbácea, mientras que limitan la regeneración de arbustos y árboles, al no permitirles acumular biomasa suficiente para resistir el fuego. En Santa Lucía, se observa un patrón comparable donde las especies herbáceas pioneras incrementan su IVI, las leñosas con crecimiento lento, como *Escallonia resinosa*, muestran una clara reducción en su importancia relativa, lo que evidencia una pérdida competitiva asociada al régimen de disturbio.

Las implicancias ecológicas de este cambio funcional son significativas. Como advierten Gomes et al. (2022), la reducción en la biomasa leñosa conlleva una menor capacidad del ecosistema para la captura de carbono, lo que puede contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero. El incendio en Santa Lucía puede representar impactos como la pérdida potencial de servicios ecosistémicos clave, incluyendo la estabilización del microclima, el almacenamiento de carbono y la resiliencia frente a sequías.

Herrmann et al. (2022) también documentaron en los pastizales de altura de la Mata Atlántica en Brasil una transformación progresiva de la cobertura vegetal como resultado del

uso recurrente del fuego con fines ganaderos, situación que comparte paralelismos con la realidad de Santa Lucía. La expansión de especies herbáceas de rápido crecimiento ocurre a costa de especies estructurales. No obstante, la falta de monitoreo ecológico y normativas adecuadas permite que este proceso continúe sin ser oportunamente gestionado. Los autores alertan sobre la pérdida del 24 % de la cobertura original en áreas legalmente protegidas, situación que podría replicarse en el contexto andino si no se implementan estrategias de restauración activas y regulaciones adecuadas. Cabe resaltar que en la región amazónica peruana persiste aun mayor incertidumbre acerca de los impactos del fuego en sus ecosistemas.

4.2.1.2.2.2. Índice de Valor de Importancia en Toccorani

Tabla 43:

Comparación de parámetros ecológicos de especies vegetales en áreas quemada y no quemada, ordenadas según el IVI del área no quemada en la comunidad de Toccorani (Acomayo).

Especie	N° Ind. NQ	N° Ind. Q	Abund. Rel. NQ (%)	Abund. Rel. Q (%)	Dom. Rel. NQ (%)	Dom. Rel. Q (%)	Freq. Rel. NQ (%)	Freq. Rel. Q (%)	IVI NQ (%)	IVI Q (%)
<i>Escallonia resinosa</i>	6	2	4.44	1.68	25.1	0.01	5.33	2.99	11.6	1.56
<i>Schinus molle</i>	2	2	1.48	1.68	21.8	46.5	2.67	2.99	8.65	17.0
<i>Eucalyptus globulus</i>	3	4	2.22	3.36	14.9	0.32	4.00	4.48	7.03	2.72
<i>Baccharis latifolia</i>	9	4	6.67	3.36	3.56	0.93	6.67	4.48	5.63	2.92
<i>Barnadesia horrida</i>	9	5	6.67	4.20	1.72	0.50	6.67	4.48	5.02	3.06
<i>Lupinus paniculatus</i>	10	4	7.41	3.36	3.12	1.46	4.00	5.97	4.84	3.60
<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	1	1	0.74	0.84	12.3	0.79	1.33	1.49	4.81	1.04
<i>Viguiera lanceolata</i>	8	21	5.93	17.6	2.79	36.3	5.33	7.46	4.68	20.5
<i>Astragalus sp.</i>	8	4	5.93	3.36	1.84	2.02	5.33	4.48	4.37	3.29
<i>Mutisia acuminata</i>	5	1	3.70	0.84	5.08	1.23	4.00	1.49	4.26	1.19
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	8	7	5.93	5.88	0.08	1.06	5.33	5.97	3.78	4.30
<i>Brassica rapa</i>	7	5	5.19	4.20	1.56	3.23	4.00	4.48	3.58	3.97
<i>Puya herrerae</i>	5	0	3.70	0.00	2.85	0.00	4.00	0.00	3.52	0.00
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	6	5.19	5.04	0.39	1.22	4.00	4.48	3.19	3.58
<i>Bidens andicola</i>	7	7	5.19	5.88	0.08	0.20	4.00	5.97	3.09	4.02
<i>Pteridium aquilinum</i>	6	5	4.44	4.20	0.96	2.45	2.67	2.99	2.69	3.21
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	5	9	3.70	7.56	0.02	0.08	4.00	7.46	2.57	5.03
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	3	2	2.22	1.68	1.04	0.12	4.00	2.99	2.42	1.59
<i>Ambrosia peruviana</i>	4	4	2.96	3.36	0.05	0.18	4.00	4.48	2.34	2.67

<i>Euphorbia prostata</i>	4	1	2.96	0.84	0.03	0.02	4.00	1.49	2.33	0.78
<i>Galinsoga parviflora</i>	4	0	2.96	0.00	0.13	0.00	2.67	0.00	1.92	0.00
<i>Gentianella herrerae</i>	4	6	2.96	5.04	0.07	0.20	2.67	4.48	1.90	3.24
<i>Minthostachys mollis</i>	4	7	2.96	5.88	0.04	0.21	2.67	5.97	1.89	4.02
<i>Echinopsis pachanoi</i>	2	1	1.48	0.84	0.25	0.79	2.67	1.49	1.47	1.04
<i>Senna multiglandulosa</i>	2	0	1.48	0.00	0.22	0.00	1.33	0.00	1.01	0.00
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	1	4	0.74	3.36	0.00	0.03	1.33	2.99	0.69	2.13
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	1	2	0.74	1.68	0.00	0.01	1.33	1.49	0.69	1.06
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	0	5	0.00	4.20	0.00	0.23	0.00	2.99	0.00	2.47
Total	135	119	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: N° Ind.: número de individuos; Abund. Rel.: abundancia relativa; Dom. Rel.: dominancia relativa; Freq. Rel.: frecuencia relativa; IVI: Índice de Valor de Importancia; AQ: área quemada; AQN: área no quemada.

Los datos del Índice de Valor de Importancia (IVI) muestran una marcada diferencia en la composición y estructura de la vegetación entre el área no quemada y el área quemada en la comunidad de Toccoarani. En el área no quemada, las especies leñosas como *Escallonia resinosa* (11.6 %) y *Schinus molle* (8.65 %) presentan los valores de IVI más altos, lo que indica su papel estructural en condiciones sin perturbación. También destacan especies como *Eucalyptus globulus* y *Baccharis latifolia*, con IVI superiores al 5 %.

En contraste, en el área quemada, el mayor IVI corresponde a *Viguiera lanceolata* (20.5 %), seguida de *Schinus molle* (17.0 %), lo que indica una mayor dominancia de especies herbáceas que presentan alta abundancia relativa y/o dominancia física tras el fuego. Se observa además un incremento en el IVI de especies como *Hesperoxiphion herrerae*, *Minthostachys mollis* y *Gentianella herrerae*, las cuales muestran una presencia más destacada en el área quemada en comparación con la no quemada. Por otro lado, algunas especies presentes únicamente en el área no quemada, como *Puya herrerae*, *Galinsoga parviflora* y *Senna multiglandulosa*, registran un IVI nulo en el área afectada por el incendio, lo que refleja una posible sensibilidad al disturbio.

Entre las especies evaluadas, *Escallonia resinosa* se consolida como un componente estructural clave del matorral andino, desempeñando un papel dominante en la composición vegetal de las áreas no perturbadas. En Santa Lucía, esta especie registró el IVI más alto en el área no quemada (20.17 %), con una dominancia relativa sobresaliente de 46.47 %, lo que resalta su relevancia ecológica como especie leñosa dominante en condiciones de estabilidad. De manera similar, en Toccoarani, *Escallonia resinosa* obtuvo un IVI de 11.63 % y una dominancia relativa de 25.13 %, confirmando su presencia significativa en la estructura vegetal local. No obstante, tras el incendio, se evidenció una disminución drástica en ambas comunidades, en Santa Lucía, su IVI descendió a 10.11 % y su dominancia relativa a 17.50 %, mientras que en Toccoarani la reducción fue más crítica, con un IVI de apenas 1.56 % y una

dominancia casi nula (0.01 %). Estas variaciones indican que *Escallonia resinosa* es altamente sensible al disturbio por fuego, especialmente en contextos de mayor severidad térmica. Durante la evaluación de campo realizada seis meses después del incendio (abril de 2025), se observó pérdida de esta especie en ambas comunidades, así como signos de daño térmico en raíces hasta los 3 cm de profundidad. Aunque se registraron brotes de hasta 2 cm en algunas plantas aparentemente muertas, este rebrote es limitado con una recuperación lenta y posiblemente condicionada por las características fisiológicas de la especie y la intensidad del disturbio. En conjunto, estos resultados evidencian que *Escallonia resinosa*, pese a su rol fundamental en la cobertura vegetal andina, presenta una capacidad limitada de respuesta inmediata frente a incendios de alta intensidad, lo que podría comprometer su permanencia si los eventos de fuego se repiten en el corto plazo.

Los resultados obtenidos en Toccorani muestran un patrón claro de simplificación estructural de la vegetación tras el incendio, evidenciado por la drástica reducción del IVI de especies leñosas como *Escallonia resinosa* y el incremento relativo de especies herbáceas pioneras como *Viguiera lanceolata* y *Gentianella herrerae*. Este cambio en la dominancia coincide con lo descrito por De La Cruz-Arango y Córdor (2023) en pastizales altoandinos de Chiara, donde las áreas afectadas por incendios se caracterizan por el incremento de especies cespitosas y de rápido rebrote, mientras que las no quemadas conservan especies estructurales con mayor cobertura.

Este proceso también fue documentado por Salcedo (2021) en el cañón del río Chonta, donde la cobertura herbácea aumentó rápidamente durante los meses posteriores al incendio, alcanzando niveles superiores al 60 % en menos de un año, reflejando una regeneración acelerada bajo condiciones favorables. Este tipo de recuperación temprana de especies oportunistas puede explicar el aumento del IVI de especies herbáceas en Toccorani.

Por su parte, Rosales-Rodríguez et al. (2019), al estudiar un ecosistema de Roble-Hualo en Chile, reportaron una fuerte pérdida de diversidad arbórea y arbustiva tras incendios, acompañada de escasa regeneración leñosa, patrón que coincide con la desaparición local de especies como *Puya herrerae* o *Galinsoga parviflora* en el área quemada de Toccorani. A nivel funcional, este cambio estructural está asociado a una mayor exposición del suelo, reducción de biomasa aérea leñosa y mayor ingreso de radiación solar.

Balch et al. (2011) explican que los incendios en bosques tropicales y sistemas de transición provocan mortalidad arbórea significativa, abriendo espacio para especies herbáceas pirófitas. En Toccorani, el marcado descenso en la dominancia de *Escallonia resinosa* (de 25.13 % a 0.01 %) es un ejemplo de este tipo de respuesta, asociada a la sensibilidad de especies leñosas frente a disturbios de alta intensidad.

El modelo BEFIRE, desarrollado por Gomes et al. (2022), proyecta que incendios frecuentes en sabanas del Cerrado brasileño favorecen la acumulación de biomasa herbácea, pero restringen la recuperación de especies leñosas. En Toccorani, los datos sugieren que este mismo proceso podría estarse iniciando, con especies herbáceas mostrando expansión y especies leñosas quedando relegadas a valores marginales de IVI.

Finalmente, Herrmann et al. (2022) reportan que la recurrencia del fuego en pastizales de altura del sur de Brasil, junto con la falta de regulación y monitoreo, ha producido una pérdida del 24 % de la cobertura estructural original. Este escenario es comparable con la situación de Toccorani, donde se evidencia una transformación funcional hacia comunidades menos estructuradas, dominadas por especies de rápido crecimiento y menor valor ecológico.

4.2.1.2.3. Diversidad

Tabla 44:

Índices de Shannon-Wiener (H') y Margalef (D_{mg}) en áreas quemadas y no quemadas de las comunidades de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Comunidad	Condición	Shannon-Wiener (H')	Interpretación H'	Margalef (Dmg)	Interpretación Dmg
Santa Lucía	Quemada	2.83	Media	4.09	Alta
Santa Lucía	No quemada	3.23	Alta	5.57	Alta
Toccorani	Quemada	2.95	Media	5.02	Alta
Toccorani	No quemada	3.15	Alta	5.30	Alta

En ambas comunidades, los valores del índice de Shannon-Wiener (H') fueron mayores en las áreas no quemadas (3.23 en Santa Lucía y 3.15 en Toccorani) respecto a las áreas quemadas (2.83 y 2.95, respectivamente). En este estudio, la diversidad florística hace referencia específicamente a la diversidad de especies vegetales, expresada mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), el cual integra tanto la riqueza de especies como la equitatividad en sus abundancias relativas. Los resultados obtenidos indican una mayor diversidad florística en las zonas no afectadas por incendios, mientras que en las zonas quemadas la diversidad se ubicó en un rango medio.

En cuanto a la riqueza de especies, medida mediante el índice de Margalef (Dmg), todos los valores superaron los 4 puntos, indicando una riqueza alta tanto en áreas quemadas como no quemadas. No obstante, las áreas no quemadas presentaron valores superiores en ambas comunidades (Dmg = 5.57 en Santa Lucía y 5.30 en Toccorani), lo que sugiere que la afectación por incendios puede reducir, aunque no eliminar, la riqueza florística en el matorral andino.

Estos resultados concuerdan con los hallazgos de De La Cruz-Arango y Cóndor Alarcón (2023), quienes documentaron que los ecosistemas altoandinos presentan una disminución temporal en la diversidad y abundancia de especies tras incendios, mientras que las áreas no perturbadas mantienen valores más altos de diversidad y riqueza. Salcedo (2021) también reportó en el cañón del río Chonta (Cajamarca) que la vegetación herbácea muestra recuperación progresiva post-incendio, con aumento de cobertura y diversidad a medida que transcurren los meses posteriores al disturbio.

De manera similar, Rosales-Rodríguez et al. (2019) observaron que en ecosistemas forestales y arbustivos afectados por incendios en Chile se reducen la presencia de especies arbóreas dominantes y favorecen temporalmente la abundancia relativa de especies pioneras, evidenciando una reorganización temporal de la vegetación. Balch et al. (2011) documentaron en la Amazonía que los incendios generan mortalidad selectiva de árboles dominantes, alterando la estructura de la comunidad y promoviendo un cambio hacia especies resistentes o de regeneración rápida, patrón que se refleja en los matorrales altoandinos con especies como *Escallonia resinosa*.

Gomes et al. (2022) reportaron que los incendios frecuentes en la sabana brasileña modifican la biomasa y la composición de la vegetación, favoreciendo especies con alta capacidad de rebrote y reduciendo temporalmente la abundancia de especies leñosas dominantes, lo que coincide con el incremento relativo de especies herbáceas y pioneras en Santa Lucía y Toccorani. Herrmann et al. (2022) evidenciaron que la intensidad y frecuencia del fuego afectan la recuperación de la diversidad en pastizales de altura, donde la riqueza puede mantenerse, pero la composición estructural tarda en restablecerse, especialmente en áreas de alta severidad.

En resumen, aunque las áreas quemadas todavía presentan una riqueza de especies relativamente alta ($D_{mg} > 4$), la diversidad se ve afectada de manera temporal porque algunas especies se vuelven más dominantes mientras otras disminuyen. Durante los primeros meses después del incendio, las especies herbáceas y pioneras son las que más se regeneran, mientras que las especies leñosas dominantes necesitan más tiempo para recuperarse. Esto resalta que, para entender la resiliencia del matorral altoandino y planificar estrategias de conservación, es fundamental tener en cuenta tanto la intensidad del fuego como la frecuencia con la que ocurren estos disturbios.

4.3. Pruebas de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

H1: Los incendios forestales en el matorral andino generan cambios significativos en las propiedades físico-químicas del suelo y en la cobertura vegetal.

- Resultados de contraste:

Al analizar los atributos físico-químicos del suelo, se evaluaron principalmente parámetros como la textura, el pH, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, no presentaron diferencias estadísticamente significativas atribuibles a la condición del área (quemada vs. no quemada). Sin embargo, se observaron variaciones asociadas a la profundidad del suelo y a la temporada de lluvias.

En cuanto a la cobertura vegetal, se evidenció una reducción notoria en las zonas impactadas por incendios, junto con un proceso progresivo de regeneración vegetal herbáceas y pioneras en los meses posteriores, aunque sin alcanzar los niveles de cobertura observados en las zonas no quemadas.

- Decisión:

La hipótesis general se acepta parcialmente. Los incendios sobre ecosistemas de matorrales no provocaron cambios estadísticamente significativos en los parámetros físico-químicos del suelo; aunque se registraron cambios en la cobertura vegetal, evidenciando que el fuego impacta directamente la estructura y composición del matorral andino. En contraste, los efectos sobre el suelo parecen más sutiles y modulados por la profundidad y la estacionalidad.

4.3.2. Hipótesis específicas

H1.1: Los incendios forestales modifican la textura del suelo, disminuyen el porcentaje de arcilla, e incrementan el contenido de nutrientes, materia orgánica,

pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico.

- Resultados de contraste:

- 1) **Textura:** Las proporciones de arena y arcilla se mantuvieron estables, aunque el componente limo aumentó en el nivel superficial del suelo después de la temporada de lluvias. Por lo tanto, la hipótesis de disminución de arcilla no se verificó.
- 2) **pH:** Se registró un ligero incremento posterior a las lluvias, aunque sin diferencias significativas entre áreas quemadas y no quemadas.
- 3) **Conductividad eléctrica (CE):** Los valores se mantuvieron bajos en todos los casos, con diferencias únicamente por profundidad, no atribuibles al efecto del fuego.
- 4) **Materia orgánica (MO):** Mostró un aumento significativo tras las lluvias, así como en el estrato superficial del suelo (0–3 cm), sin diferencias atribuibles a la condición del área.
- 5) **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** No se registraron diferencias significativas por condición, profundidad ni temporada.
- 6) **Nitrógeno (N):** Aumentó significativamente tras las lluvias, particularmente en los primeros 3 cm del suelo, sin diferencias por efecto del incendio.
- 7) **Fósforo (P):** Fue significativamente mayor en la capa superficial (0–3 cm), sin variaciones atribuibles al fuego ni a la temporada.
- 8) **Potasio (K):** También resultó significativamente mayor en la capa superficial (0–3 cm), sin diferencias asociadas al incendio ni a la época de muestreo.

- Decisión:

La hipótesis H1.1 se rechaza parcialmente. Aunque algunas propiedades químicas mostraron variaciones, estas no se relacionan con el efecto del incendio, sino con la profundidad del suelo y los factores estacionales. En consecuencia, la parte de la hipótesis que planteaba una disminución del porcentaje de arcilla acompañada de un aumento de propiedades

químicas por efecto del fuego no se confirma.

H1.2: *Los incendios forestales reducen la cobertura vegetal y modifican los valores del IVI, el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener en el matorral andino.*

- Resultados de contraste:

Las áreas afectadas por incendios presentaron una reducción de la cobertura vegetal en comparación con las áreas no quemadas, evidenciada por una menor presencia de especies leñosas y una reorganización de la estructura vegetal hacia formas herbáceas y pioneras.

Asimismo, los valores del Índice de Valor de Importancia (IVI) reflejan una disminución de especies estructurales como *Escallonia resinosa* y un incremento relativo de especies herbáceas de rápida regeneración en las áreas quemadas.

En cuanto a la biodiversidad, los índices de Shannon-Wiener y Margalef presentan valores menores en las áreas afectadas por el incendio, lo que indica una reducción de la diversidad florística y de la equitatividad. No obstante, la riqueza de especies se mantiene relativamente alta, debido al establecimiento de especies pioneras.

- Decisión:

La hipótesis se acepta, ya que la evidencia descriptiva confirma que los incendios forestales reducen la cobertura vegetal y modifican los valores del IVI, del índice de Margalef y del índice de Shannon-Wiener, alterando la estructura y composición florística del matorral andino en las comunidades evaluadas.

4.4. Presentación de resultados

En esta investigación se evaluaron los impactos generados por los incendios forestales sobre los atributos físico-químicos del suelo y la cobertura vegetal en ecosistemas de matorral andino, en las comunidades campesinas de Santa Lucía y Toccorani, situado en el distrito de Pomacanchi, que forma parte de la provincia de Acomayo, en Cusco.

4.4.1. Propiedades físico – química del suelo

Para el análisis estadístico, ambas comunidades fueron consideradas como una misma unidad fisiográfica. Se evaluaron los componentes texturales (arena, limo y arcilla) y otros parámetros químicos del suelo (materia orgánica, el potencial de hidrogeniones, la conductividad eléctrica, la capacidad de intercambio catiónico, el nitrógeno, el fósforo y el potasio).

Para cada variable se evaluó la distribución de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk y la igualdad de varianzas con el test de Levene, seguidas del ANOVA (condición $\times$ profundidad $\times$ temporada) y comparaciones de medias, a fin de determinar los efectos de cada factor y sus interacciones.

4.4.1.1. Propiedades físicas

A) Arena:

El contenido de arena osciló entre 64 % y 85 %, siendo generalmente mayor en la capa superficial antes de las lluvias y mostrando una ligera redistribución tras el periodo húmedo. La comparación entre áreas quemadas y no quemadas no reveló cambios estadísticamente significativos. La interacción profundidad $\times$ temporada fue significativa, indicando que la capa superficial (0–3 cm) es más susceptible a variaciones estacionales que la capa profunda.

B) Limo:

Los valores de limo variaron entre 12 % y 31 %, con un incremento significativo en la fracción superficial del suelo (0–3 cm) posterior a las lluvias, donde los valores se incrementaron de 19.8 % a 24.8 %. No se registraron contrastes estadísticamente significativos entre zonas quemadas y no quemadas, aunque se observaron efectos asociados a la profundidad y la temporada.

C) Arcilla

El contenido de arcilla fue bajo en todas las muestras (2.25 % a 3.75 %), sin diferencias significativas por condición del área, profundidad o temporada. Solo se evidenció una ligera

disminución en las áreas quemadas de la capa superficial.

4.4.1.2. Propiedades químicas

A) pH:

El pH del suelo varió entre 5.60 y 7.45, con valores más altos tras las lluvias, especialmente en áreas quemadas, aunque sin diferencias significativas por condición. El incremento promedio fue de 0.3 unidades en la segunda temporada. Solo la temporada presentó efecto significativo ($p = 0.050$), sin diferencias atribuibles a la condición del área ni a la profundidad.

B) Conductividad Eléctrica:

La CE del suelo osciló entre 0.17 y 1.07 mmhos/cm, con valores consistentemente bajos en todas las áreas, profundidades y temporadas. No se observaron diferencias significativas por condición ni por temporada. Solo la profundidad mostró efecto significativo ($p = 0.0087$), registrándose mayor CE en la capa superficial (0–3 cm).

C) Materia Orgánica:

La materia orgánica varió entre 3.8 % y 14.6 %, con valores significativamente mayores tras las lluvias ($p < 0.001$) y en la capa superficial (0–3 cm; $p = 0.0153$). No se observaron variaciones significativas entre áreas quemadas y no quemadas. El incremento post-lluvias sugiere un efecto estacional asociado al aporte de residuos vegetales y al aumento de la actividad biológica.

D) Capacidad de Intercambio Catiónico:

Los valores de la CIC del suelo oscilaron entre 8.82 y 12.05 meq/100 g, concentrándose principalmente en la capa superior del suelo (0–3 cm) y un leve incremento tras la temporada de lluvias. No se encontraron diferencias significativas por condición del área (quemada/no quemada) ni interacciones entre factores ($p > 0.05$).

E) Nitrógeno:

El nitrógeno disponible del suelo osciló entre 0.17 % y 0.71 %. Se hallaron diferencias significativas por temporada ($p < 0.001$) y profundidad ($p = 0.0204$), observándose un aumento en los niveles asociados a los primeros 3 cm del suelo y tras las lluvias. No se observaron diferencias significativas por condición del área ni interacciones entre factores.

F) Fósforo:

El fósforo disponible varió entre 8.4 y 30.6 ppm. Se detectaron diferencias significativas únicamente por profundidad ($p = 0.020$), con mayores concentraciones en la capa superficial (0–3 cm). No se registraron diferencias significativas por condición del área ni por temporada, ni interacciones entre factores.

G) Potasio:

El potasio disponible osciló entre 60.6 y 271 ppm, con diferencias significativas por profundidad ($p = 0.009$), registrándose valores más altos en la capa superficial (0–3 cm). No se encontraron diferencias significativas por condición del área ni por temporada.

4.4.1.3. Dinámica térmica y temperaturas máximas registradas durante una quema prescrita

Durante la quema prescrita realizada en septiembre de 2025, dentro de la comunidad de San Juan, en la provincia de Acomayo, se analizó la temperatura correspondiente a la capa superficial del suelo, aumentó rápidamente desde 18.8 °C hasta un máximo de 301 °C, mientras que a 3 cm de profundidad el incremento fue menor, variando entre 16.2 °C y 37.0 °C.

En los primeros 5 minutos, correspondientes a la fase de combustión inicial, el aumento térmico fue progresivo, alcanzando aproximadamente 65 °C en superficie, con escasa propagación del calor hacia el subsuelo.

Entre los 5 y 12 minutos, durante la combustión activa y el pico térmico, la temperatura superficial se elevó de forma abrupta, registrando el máximo valor de 301 °C, mientras que a 3 cm la temperatura alcanzó solo 33 °C, evidenciando un fuerte gradiente térmico vertical.

En los 10 minutos siguientes, correspondientes a la reducción de llama y postcombustión, las temperaturas descendieron paulatinamente (249–105 °C), y finalmente, durante la fase de enfriamiento (minuto 20 en adelante), retornaron a valores cercanos a los iniciales (29 °C en superficie y 16.5 °C a 3 cm de profundidad).

Estos resultados evidencian que el impacto térmico del fuego fue predominantemente superficial, con una rápida atenuación del calor en los primeros centímetros del suelo.

4.4.2. Cobertura vegetal

4.4.2.1. Composición florística

En la comunidad de Santa Lucía, el comportamiento de la vegetación fue distinto entre áreas impactadas por el fuego y áreas no impactadas. En las zonas no afectadas se registró una mayor riqueza florística, conformada principalmente por especies herbáceas y arbustivas de hábito perenne. Las familias más representativas fueron Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae y Poaceae. Predominaron las formas herbáceas, seguidas por las arbustivas, mientras que las especies arbóreas y rosetófilas leñosas estuvieron escasamente representadas. La presencia mayoritaria de especies de larga duración sugiere un estado estructural vegetal más consolidada.

La riqueza florística y el número de familias resultaron ligeramente menores en los espacios expuestos al incendio. Predominaron las especies herbáceas de ciclo corto, con un aumento notable de las formas anuales respecto a las zonas no quemadas. Si bien la familia Asteraceae continuó siendo la más frecuente, la vegetación mostró menor abundancia de especies leñosas, lo que denota un dominio de especies que se regeneran con facilidad tras perturbaciones.

En la comunidad de Toccorani se identificaron tendencias similares. Las áreas no quemadas presentaron una riqueza superior en términos de especies y familias, destacando nuevamente las formas herbáceas y arbustivas perennes. En cambio, las áreas quemadas

mostraron una menor diversidad y una composición dominada por especies herbáceas anuales. Asteraceae, Fabaceae y Lamiaceae fueron las familias con mayor presencia en las dos condiciones evaluadas.

En conjunto, los resultados evidencian que los incendios forestales redujeron la riqueza florística y alteraron la configuración de la vegetación, propiciando que las especies herbáceas de vida anual se vuelvan dominantes y disminuyendo la presencia de especies leñosas perennes en ambas comunidades evaluadas.

4.4.2.2. Índice de Valor de Importancia (IVI)

En Santa Lucía, la evaluación del IVI evidenció que las especies más influyentes ecológicamente se localizaron en el área sin afectación por incendios fueron *Escallonia resinosa* (20.2 %), *Cantua buxifolia* (9.01 %) y *Eucalyptus globulus* (5.23 %), todas de hábito leñoso y con alta dominancia relativa, lo que refleja una estructura vegetal estable y de estrato superior bien definido.

En el área quemada, las especies con mayor IVI fueron *Gentianella herrerae* (9.60 %), *Viguiera lanceolata* (8.21 %) y *Cosmos peucedanifolius* (5.36 %), de porte herbáceo y ciclo corto. Se registró un aumento en el IVI de especies pioneras como *Gentianella campanuliformis*, *Bidens andicola* y *Dactylis glomerata*, las cuales incrementaron notablemente su participación en el área afectada.

Por el contrario, especies leñosas como *Escallonia resinosa* redujeron su IVI de 20.2 % a 10.1 %, evidenciando una pérdida de dominancia tras el incendio. En conjunto, los resultados reflejan un cambio estructural en la vegetación de Santa Lucía, con desplazamiento de especies arbustivas hacia herbáceas, asociado al efecto del fuego sobre la cobertura y composición del matorral andino.

En la comunidad de Toccorani, los mayores valores de IVI en el área no quemada correspondieron a *Escallonia resinosa* (11.6 %), *Schinus molle* (8.65 %) y *Eucalyptus globulus*

(7.03 %), especies leñosas que dominan la estructura del matorral. En contraste, en el área quemada se registraron los mayores IVI para *Viguiera lanceolata* (20.5 %), *Schinus molle* (17.0 %) y *Hesperoxiphion herrerae* (5.03 %), evidenciando un cambio en la dominancia hacia especies herbáceas y arbustivas de rápida regeneración.

Escallonia resinosa presentó una reducción significativa de su IVI (de 11.6 % a 1.56 %) y dominancia relativa (de 25.1 % a 0.01 %), indicando alta sensibilidad al fuego. En el área afectada se observó incremento de especies oportunistas como *Gentianella herrerae*, *Minthostachys mollis* y *Viguiera lanceolata*, mientras que especies como *Puya herrerae* y *Senna multiglandulosa* desaparecieron completamente del registro.

En ambas comunidades, los resultados del IVI confirman una reducción de la cobertura leñosa y un aumento relativo de especies herbáceas y pioneras, lo que sugiere una reorganización de la estructura vegetal posterior al incendio.

4.4.2.3. Biodiversidad (índices de Shannon y Margalef)

Al comparar las áreas con y sin afectación por incendios, se observó que la diversidad vegetal, expresada mediante el índice de Shannon-Wiener, fue consistentemente más alta en los sectores no quemados de las dos comunidades estudiadas, indicando una mayor diversidad florística en los sectores no afectados por incendios. En Santa Lucía, el valor de H' fue de 3.23 en el área no quemada y 2.83 en la quemada; mientras que en Toccorani se registraron valores de 3.15 y 2.95, respectivamente. Los valores obtenidos evidencian que las áreas sin alteración mantienen una mayor complejidad florística, mientras que las zonas impactadas por incendios presentan niveles intermedios de diversidad.

Respecto al número de especies presentes, el análisis se realizó empleando el índice de Margalef (D_{mg}), todos los valores fueron superiores a 4, lo que indica una riqueza alta en ambas condiciones. Sin embargo, las áreas no quemadas presentaron los valores más elevados (5.57 en Santa Lucía y 5.30 en Toccorani), en comparación con las áreas quemadas (4.09 y

5.02, respectivamente).

En conjunto, los resultados muestran que los incendios reducen de manera parcial la diversidad florística, aunque la riqueza de especies se mantiene relativamente alta. Esto evidencia que las comunidades vegetales del matorral andino poseen una capacidad de regeneración apreciable, evidenciándose una mayor presencia de especies de colonización temprana en las zonas impactadas, mientras que en los sectores no alterados predominaron las especies de hábito leñoso.

4.2.2.4. Precipitación pluvial mensual

El análisis de la dinámica mensual de precipitación, a partir de la información registrada por la estación meteorológica de Pomacanchi del SENAMHI, complementada con los datos climáticos de la base PISCO, mostró una marcada estacionalidad entre el periodo seco comprendido principalmente entre junio y septiembre, seguido de una fase lluviosa que se extiende desde octubre hasta abril. Durante los meses de lluvias intensas (enero–marzo), las precipitaciones acumuladas superaron los 100 mm mensuales, alcanzando valores superiores al promedio histórico en el periodo 2024–2025, posterior a los incendios registrados en Toccoarani (septiembre de 2024) y Santa Lucía (octubre de 2024).

Estas condiciones de alta disponibilidad hídrica favorecieron el rebrote de especies herbáceas y pioneras en ambas comunidades, evidenciando un proceso de regeneración temprana observado en campo durante abril de 2025. No obstante, la recuperación de las especies leñosas dominantes fue limitada, lo que sugiere que el restablecimiento completo de la estructura vegetal requiere un periodo más prolongado y depende de la intensidad del incendio ocurrido.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La investigación realizada ha generado conocimientos relevantes, para reconocer los impactos del fuego en las propiedades edáficas y la vegetación, resaltando la preservación y cuidado de los recursos naturales, esto contribuye a proponer medidas y/o alternativas para la reducción de impactos del fuego en ecosistemas de matorrales. Basado en el conocimiento generado y desde diferentes perspectivas, una serie de recomendaciones son brindadas a los tomadores de decisiones en distintos niveles de gobierno.

5.1.1. *Propiedades físico – química del suelo*

1. Los incendios forestales no provocaron alteraciones relevantes en la proporción de arena, limo y arcilla del suelo entre áreas quemadas y no quemadas. Sin embargo, se observó que la capa superficial (0–3 cm) es más sensible a variaciones estacionales, especialmente en el contenido de limo. Esto indica que la textura del suelo en los matorrales altoandinos no se altera por efecto del fuego, pero puede experimentar leves redistribuciones por efecto de la esorrentía y las lluvias posteriores.
2. La mayoría de las características químicas del suelo, como pH, conductividad eléctrica, CIC, nitrógeno, fósforo y potasio, se mantuvieron sin cambios significativos entre áreas quemadas y no quemadas; sin embargo, sí se registraron efectos relacionados con la profundidad y la estacionalidad. En particular, después del periodo de lluvias, se registró un incremento en la proporción de materia orgánica y de nitrógeno en el suelo.
3. La evaluación en la quema prescrita demostró que el efecto térmico del fuego es principalmente superficial, alcanzando temperaturas máximas de hasta 301 °C en la superficie, con una rápida atenuación en los estratos superiores del perfil edáfico. Este comportamiento confirma que los horizontes más profundos permanecen relativamente

protegidos del intenso calor generado por el incendio, lo que favorece la conservación de nutrientes, semillas y microorganismos edáficos esenciales para la regeneración del ecosistema.

5.1.2. Cobertura vegetal

1. El incendio tuvo un efecto negativo sobre la riqueza florística, reduciendo significativamente la diversidad de especies y modificando la estructura del matorral andino, con predominio de herbáceas anuales y disminución de especies leñosas y perennes.
2. El incendio afectó la regeneración de especies leñosas dominantes, limitando el restablecimiento de *Escallonia resinosa* y favoreciendo temporalmente el rebrote de especies herbáceas durante la temporada húmeda 2024–2025.
3. La riqueza y variedad de especies vegetales, evaluadas a través del índice de Shannon-Wiener (H'), resultaron inferiores en las zonas afectadas por el fuego respecto a las no quemadas, confirmando la pérdida de complejidad estructural y funcional del ecosistema tras el incendio.
4. El índice de Margalef (D_{mg}) mostró valores mayores en las áreas no quemadas, evidenciando que el incendio afectó la riqueza específica del matorral andino. A pesar de ello, la magnitud del D_{mg} (>4) indica que la comunidad conserva una alta capacidad de regeneración natural.
5. El incendio alteró la estructura y funcionalidad del matorral altoandino, disminuyendo la cobertura leñosa y la estabilidad del ecosistema. Aunque presenta cierto grado de resiliencia, la recuperación completa requiere un período prolongado sin nuevos eventos de fuego.

5.2. Recomendaciones

Los resultados evidencian la necesidad de estrategias para la gestión sostenible del matorral andino post-incendio:

1. Promover el uso de quemas controladas bajo control técnico y monitoreo ambiental, como herramienta preventiva frente a incendios forestales no controlados. Durante el trabajo de campo se constató que las comunidades campesinas poseen estatutos internos que regulan y sancionan el uso del fuego; sin embargo, persiste un limitado conocimiento sobre las funciones y competencias de las entidades estatales, como el SERNANP y el SERFOR, pese a la existencia de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N.º 29763, junto con su reglamento (D.S. N.º 018-2015-MINAGRI), la cual prohíbe la quema de vegetación sin autorización previa. En este contexto, se recomienda fortalecer la capacitación y la articulación interinstitucional entre las autoridades ambientales y las comunidades, con el fin de armonizar la normativa nacional con la gestión comunal del territorio y promover prácticas de manejo del fuego técnicamente seguras y culturalmente pertinentes.
2. Con el objetivo de proteger y mantener los recursos naturales, se recomienda que las quemas deben llevarse a cabo con extremo cuidado. De hecho, en cusco una práctica común es la reducción de la carga vegetal, caracterizada por una gran cantidad de pequeños montones que tienen muy poca carga vegetal y son relativamente más adecuadas para reducir el riesgo que propagación de quemas y se conviertan en incendios.
3. Fortalecer la restauración ecológica en áreas afectadas, priorizando la revegetación con especies nativas leñosas del matorral andino, con el fin de favorecer la regeneración de la cobertura vegetal y disminuir la erosión del suelo.
4. Desarrollar estrategias de prevención comunitaria del fuego, capacitando a las comunidades de Santa Lucía y Toccorani en el manejo adecuado de la quema prescrita, la vigilancia durante la temporada seca y la restauración de áreas degradadas, integrando el conocimiento local con

la evidencia científica.

5. Incorporar los resultados de esta investigación en la formulación de políticas públicas y proyectos de inversión orientados a la conservación y restauración del matorral andino, promoviendo su reconocimiento como ecosistema estratégico vulnerable frente a incendios forestales. Se recomienda que instituciones académicas, como la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, fortalezcan la generación de evidencia científica aplicada que contribuya a orientar decisiones en la gestión pública ambiental. Asimismo, es necesario que entidades como la Municipalidad Distrital de Pomacanchi, el Gobierno Regional del Cusco y el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre prioricen inversiones destinadas a la protección y restauración de la vegetación nativa del matorral andino, evitando la sustitución progresiva de estos ecosistemas por programas de forestación con especies exóticas. Aunque estas intervenciones suelen justificarse bajo objetivos de recuperación ambiental, pueden generar transformaciones ecológicas que afectan la biodiversidad local y reducen servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación hídrica, la conservación del suelo y la provisión de hábitat para especies altoandinas.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Santana, N., Santana Morales, C., Amaro da Silva, D., Antonioli, Z. & Seminoti Jacques, R. (2018). Soil biological, chemical, and physical properties after a wildfire event in a eucalyptus forest in the Pampa Biome. *Revista Brasileira de Ciencia Do Santo. Revista Brasileira de Ciencia Do Santo*. 42:e0170199, 1-11.
<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/6LPPx8bbC895vcvXTKRWC5x/?format=pdf&lang=en>
- Alvarez Rios, S. A. (2022). Percepción frente a la ocurrencia de incendios forestales en los pobladores de la comunidad Chanka, Huanquite – Paruro y del centro poblado Arín-Huarán, Calca – Calca. [tesis para obtener el titulo de Licenciada en Antropologia, Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco]. Repositorio Institucional del Instituto Geofísico del Perú.
<https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/7125>
- Alvarez S., Zubieta R., Martinez A. & Ccanchi Y. (2023). Uso del fuego y el rol de la población durante quemas e incendios forestales en Cusco. *Boletin Cientifico El Niño, Instituto Geofísico del Perú*, Vol 10 N° 05, 24-10 (06).
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/Boletin_Cientifico_El_Ni%C3%B1o_Vol.10_No.05.pdf
- Aguilar-Garavito, M., & Cortina, J. (2022). *Vegetation composition and structure in frequently burned northern Andean shrublands* [Preprint]. SSRN.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4217592>
- Aguilar-Garavito, M., & Cortina-Segarra, J. (2023). *The current fire regime in northern Andean shrublands hinders tree recruitment and arrests forest succession*. *Forest Ecology and Management*, 545, 120818. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120818>
- Arce R., & De La Cruz-Lozado J., (2022). Incremento de incendios forestales en america latina: problemática, causas e impactos en la biodiversidad, 2005-2021. *Revista de Investigación*

Cientifica TSE DE, Vol 5 N° 01, 26-44 (20).

<http://www.tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/article/view/116/71>

Balch, J. K., Nepstad, D. C., Curran, L. M., Brando, P. M., Portela, O., de Carvalho Jr, O., & Lefebvre, P. (2011). *Pattern and process: Fire-initiated tree mortality in Amazonia*. *Ecological Applications*, 21(7), 2113–2127.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.029>

Banco Central de Reserva del Perú – Sucursal Cusco (2024). *Síntesis de Actividad Económica: Diciembre 2024*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Cusco/2024/presentacion-cusco-12-2024.pdf>

Bazan Tapia, (2017). *Manual de procedimientos de los analisis de suelo y agua con fines de riego* (p. 92). Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Innovación Agraria.

<https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/55bde890-0de8-4f7b-8d15-8b39ea07cd26/content>

Box, E. O., & Fujiwara, K. (2012). Vegetation types and their broad-scale distribution. En E. van der Maarel & J. Franklin (Eds.), *Vegetation Ecology* (pp. 106–128). Wiley-Blackwell.

https://www.researchgate.net/publication/272168776_Vegetation_Ecology_2nd_ed

Canchi Y., (2021). Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas altoandinos mediante el uso de sensores remotos. [Tesis para optar el grado de ingeniero agrcola en la Universidad Agraria La Molina]. *Repositorio Institucional Universidad Agraria La Molina*, 180 (149-150).

https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/20.500.12816/5381/1/Ccanchi_2021.pdf

Carrión-Paladines, N., Fries, A., Hinojosa, M., Oña, A., Jiménez Álvarez, L., Benítez, A., López Rodríguez, F. & García-Ruiz, R. (2023). Effects of Low-Severity Fire on Soil Physico-Chemical Properties in an Andean Páramo in Southern Ecuador. *Revista Fire* 2023, 6(12), 447.

<https://doi.org/10.3390/fire6120447>

Casas Terrones, M. (2019). *efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco – Cajamarca*. [tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. *Repositorio Institucional Nacional de Cajamarca*.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3086/INCENDIO%20HUACRARUCO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Castillo M., Pedernera P. & Peña E., (2023). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, Vol XIX N° 3 y 4/2023, 48-53 (48).

<https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/GRFFS/18.pdf>

CENEPRED. (2020). *Escenario de riesgo por incendios forestales de la Región Cusco*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. Recuperado de <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10472>

Centro de Operación de Emergencia Nacional (2020). *Modulo de monitoreo y analisis. Resumen de focos de calor y alertas de incendios forestales a nivel nacional; 2020 16 de Octubre*.

https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/BOLETIN-INFORMATIVO-DE-FOCOS-DE-CALOR_18-10-2020.pdf

CENEPRED. (2020). *Guía metodológica para la elaboración de escenarios de riesgo por incendios forestales*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.

https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/10471_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales.pdf

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

- (CENEPRED). (2024). *Portal institucional*. <https://www.cenepred.gob.pe>
- Churants Huaracha, J. & Alvarez Huanca A. (2021). El estatuto comunal; *Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas. – Cusco*. (Serie instrumentos de gestión comunal, 2). <https://cbc.org.pe/wp-content/uploads/2021/07/MODULO-2-FINAL-PDF-para-@-web-redes.pdf>
- Consejo Nacional del Ambiente. (2006). *Metodología para la Zonificación Ecológica y Económica* (Decreto del Consejo Directivo N.º 010-2006-CONAM-CD). [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B20630ED90AFA54105257B830075A509/\\$FILE/D.CD-010-2006-CONAM-CD.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B20630ED90AFA54105257B830075A509/$FILE/D.CD-010-2006-CONAM-CD.pdf)
- Coutinho, L. M. (1990). *Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado*. In J. G. Goldammer (Ed.), *Fire in the tropical biota* (Ecological Studies, Vol. 84, pp. 82–105). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-75395-4_6
- DeBano, L. F., Neary, D. G., & Ffolliott, P. F. (1998). *Fire's effects on ecosystems*. New York, NY: John Wiley & Sons. <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-0471163562.html>
- De La Cruz - Arango, J. & Condor Alarcon, R. (2023). Dinámica de regeneración natural post-incendio de ecosistemas altoandinos en el distrito de Chiara, Ayacucho-Perú. *Revista Selva Andina Biosphere*. 11(1),6-21. <http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v11n1/2308-3859-jsab-11-01-6.pdf>.
- De Las Heras Ibañez, J., Martinez Sanchez, J. & Herranz Sanz, J. (2001). Impacto ecologico de los incendios forestales. *Universidad de Castilla de Mancha*. <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-ImpactoEcologicoDeLosIncendiosForestales-1311669.pdf>
- Espinoza Villar, J. C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W., De Oliveira, E., Pombosa, R., & Vauchel, P. (2009). Spatio-temporal rainfall variability in

- the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). *International Journal of Climatology*, 29(11), 1574–1594. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>
- Ferran, A., Delitti, W. & Vallejo, V. (2005). Effects of fire recurrence in *Quercus coccofera* L. shrublands of the Valencia Region (Spain): II. plant and soil nutrients. *Revista Plant Ecology*, 177(1), 71–83. <file:///C:/Users/HP/Downloads/2005-FerranDelittiVallejo.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1999). *El uso del fuego en la agricultura y la silvicultura* (Capítulo 5). FAO, Roma. Recuperado de <https://www.fao.org/4/ad435s/AD435S05.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Controlled burning in managing forest regeneration* [Case detail]. In *Sustainable Forest Management Toolbox*. <https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/cases/case-detail/ar/c/277078/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). El fuego en los ecosistemas forestales. Recuperado el 13 de noviembre de 2024 de <https://www.fao.org/4/ad435s/AD435S05.htm>
- Giglio, L., Schroeder, W., & Hall, J. (2018). *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide (Version 2.5)*. NASA Earth Science Data and Information System (ESDIS). https://www.earthdata.nasa.gov/sites/default/files/imported/MODIS_C6_Fire_User_Guide_B.pdf
- Gil Mora, J., (2020). Incendios forestales. *Revista El Antoniano*, 135:68-113, 45 (25-28). <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/anto/article/view/866>
- Gomes, L., Miranda, H. S., Soares-Filho, B., Rodrigues, L., Oliveira, U., & Bustamante, M. M. C. (2022). Responses of plant biomass in the Brazilian savanna to frequent fires. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5, Article 859978. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.507710>

Gonzalez U., P., (2017). Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN, 1-8, (1).

<https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUE>

[NTA&prmID=39186#:~:text=del%20incendio%20forestal.-](https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=39186#:~:text=del%20incendio%20forestal.-)

[,Estos%20efectos%20pueden%20ser%20directos%20tales%20como%20p%C3%A9rdida%20de%20animales,Ubada%20y%20Sarricolea%2C%202016\).](https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=39186#:~:text=del%20incendio%20forestal.-)

Grajales G., T, (2000). El concepto de investigación, *Revista Enfoques*, 2(1) pp. 1-4

<https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

Guerrero Rubio, J., Tasambay Salazar, A., Cofre Santos, F., Jacome Segovia, C., Valverde

Lara, C. & Jimenez Rojas, Y. (20). Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi” comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. *Revista Ciencias Ambientales/Environmental Sciences*, vol.13 no.1 (17-25).

[file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-](file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EvaluacionYRestauracionEcologicaLisanWasiComunidad-7563010%20(1).pdf)

[EvaluacionYRestauracionEcologicaLisanWasiComunidad-7563010%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EvaluacionYRestauracionEcologicaLisanWasiComunidad-7563010%20(1).pdf)

Gutiérrez Martínez, G., Orozco Hernández, M., Ordóñez Díaz, J. & Ordóñez Díaz, J. (2015).

Régimen y distribución de los incendios forestales en el Estado de México (2000 a 2011).

Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol.6 no.29 (92-107).

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-

[11322015000300007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-)

Gutiérrez-Flores, I., Panca, M., & Oyague, E. (2024). *Fire as driver of plant communities and*

soil properties changes in Puna grasslands in Southern Peruvian Andes. *Environmental*

Challenges, 17, 101044. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101044>

Herranz, J., De las Heras, J., & Martínez-Sánchez, J. (1991). Efecto de la orientación sobre la

recuperación de la vegetación natural tras el fuego en el valle del Río Tus. *Ecología*, 5,

111–123.

- Hermitaño Montalvo, H. & Crisostomo Hilario, X. (2021). *Efecto de la quema de pastizales en las propiedades de los suelos en Huamancaca Chico. Huancayo. 2020*. [tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Continental]. *Repositorio Institucional Universidad Continental*.
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10349/1/IV_FIN_107_TE_Hermita%](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10349/1/IV_FIN_107_TE_Hermita%c3%b1o_Cris%c3%b3stomo_2021.pdf)
- Herrmann, P. B., Nascimento, V. F., de Freitas, M. W. D., & Ometto, J. P. (2022). Fire in highland grasslands in the Atlantic Forest Biome: A burned areas time series analysis and its correlation with the legislation. *Land Use Policy*, 118, 106122.
<https://doi.org/10.3389/frsen.2023.1099430>
- Instituto Geofísico del Perú – IGP. (2023). *Dirección de Ciencias de la Atmósfera, Hidrósfera y Cambio Climático (DCAHCC)*. Ministerio del Ambiente. Recuperado de <https://www.igp.gob.pe>
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2024). *Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD*. <https://www.indeci.gob.pe>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. Consultado al 13 de noviembre del 2024 <https://portal.indeci.gob.pe/coen/nosotros/>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2023). *Producto Bruto Interno por Departamentos 2023*. <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno-por-departamentos-9089/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., et al., Eds.). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896>

- Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape assessment (la): sampling and analysis methods. USDA Forest Service General Technical Report RMRS-GTR-164-CD. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Logan, Utah, USA. <https://un-spider.org/es/node/10959>
- Lepš, J. (2012). Diversity and ecosystem function. En E. van der Maarel & J. Franklin (Eds.), *Vegetation ecology* (2nd ed., pp. 199–237). Wiley-Blackwell. https://e.famnit.upr.si/pluginfile.php/14045/mod_resource/content/1/Vegetation%20Ecology.pdf
- Loydi, A., Funk, F. A., & García, A. (2020). *Vegetation recovery after fire in mountain grasslands of Argentina. Journal of Mountain Science*, 17(2), 373–383. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5669-3>
- Manta Nolasco, M. (2017). Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana. *Gen. Tech. Repositorio de la Universidad Agraria La Molina*. 228 p. [file:///C:/Users/HP/Downloads/manta-nolasco-maria-isabel%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/manta-nolasco-maria-isabel%20(2).pdf)
- Margalef, R. (1958). *Information theory in ecology. General Systems*, 3, 36–71. Recuperado de <https://www.vliz.be/imisdocs/publications/139371.pdf>
- Mataix, J., García, F., Mataix, J., Gómez, L., & Navarro, J. (1996). *Modificaciones del contenido salino en suelos quemados: Evaluación del pH, C.E., Na, K, Ca y Mg*. En *Actas del IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo* (pp. 57–62). <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Mataix-Solera, J. & Cerda, A. (2009). Los efectos de los incendios forestales en los suelos. Síntesis y conclusiones. Nuevos retos en la investigación y en la gestión. *Càtedra de Divulgación de la Ciència. Universitat de Valencia*. https://www.researchgate.net/publication/229181477_Los_efectos_de_los_incendios_forestales_en_los_suelos_Sintesis_y_conclusiones_Nuevos_retos_en_la_investigacion_y_e

n la gestion

Mataix-Solera, J. & Guerrero, C. (2007). Efectos de los incendios forestales en las propiedades edáficas. *Caja Mediterráneo, CEMACAM Font Roja-Alcoi. Alicante*.(1-36).

[https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000/Efectos-de-los-incendios-forestales-en-las-propiedades-edaficas.pdf)

[Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000/Efectos-de-los-incendios-forestales-en-las-propiedades-edaficas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000/Efectos-de-los-incendios-forestales-en-las-propiedades-edaficas.pdf)

Mendoza Aztocasa, S. & Rupa Quispitupa, J. (2022). *Pérdida de Cobertura Vegetal a Causa de los Incendios Forestales durante 2019 – 2021 en la Localidad de San Jerónimo, Cusco*.

[tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Cesar Vallejo].
Repositorio Institucional de la Universidad Cesar Vallejo.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/91340/Mendoza_AS-Rupa_QJM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Meza L., (2021). La regulación del cambio climático referida a los incendios forestales y la pérdida de la biodiversidad en el Perú. [Trabajo de investigación para optar el grado académico de Bachiller en Derecho en la Universidad Científica del Sur]. *Repositorio Institucional de la Universidad Científica del Sur*, 52 (42-43).

<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1771/TB-Meza%20L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2012). *Decreto Supremo N.º 016-2012-AG: Aprueban el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario*. Lima, Perú:

Ministerio de Agricultura. Recuperado de
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2373664/ds_16_2012_ag.pdf?v=1636579727

Ministerio del Ambiente (2014). Guía para el muestreo de suelos. *Dirección General de*

- Calidad Ambiental*. -- Lima: MINAM, 2014. (64).
<https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima, Perú: MINAM. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per185492anx1.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2024). *Registro de incendios sobre la cobertura vegetal a nivel nacional*. MINAM. <http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-foi/>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2024). Catálogo de 91 medidas de adaptación al cambio climático. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/462585-catalogo-de-91-medidas-de-adaptacion>
- Ministerio del Ambiente (2024). *Registro de incendios sobre la cobertura vegetal a nivel nacional*. MINAM GeoServidores. <http://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/registros-historicos-foi/>
- Ministerio del Medio Ambiente (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación. *Archivo MINAM*. 12519 (p. 45) https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf?v=1530548605
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, España: M&T – Manuales y Tesis, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Muñoz-Chamba, L., Ulloa, E., Muñoz, J., & Aguirre, Z. (2022). *Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur del Ecuador*. *Bosques Latitud Cero*, 12(2), 13–25. <https://doi.org/10.54753/blc.v12i2.1616>
- Muñoz L., Ulloa E., Muñoz J. y Aguirre Z, (2020). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el sur de Ecuador. *Revista Bosques*

Latitud Cero N°11 Vol. 02, 135:68-113, 13-25 (14).

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1616/1135>

Nakada M., (2022). Modelo digital de vulnerabilidad por incendios forestales en la Provincia de Cajamarca - Perú. [Tesis para optar el título de ingeniero forestal en la Universidad Agraria La Molina]. *Repositorio Institucional de la Universidad Agraria La Molina*, 83 (66).

[https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5217/nakada-bedri%
c3%b1ana-masao.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5217/nakada-bedri%c3%b1ana-masao.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Nasrin, C. (2016). Influence of Rice Straw Incorporation on the Microbial Biomass and Activity in Coastal Saline Soils of Bangladesh. *Open Journal of Soil Science*. Vol.6 No.10,271-280. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2016.610016>

National Wildfire Coordinating Group (2006). Glossary of Wildland Fire Terminology. *National Wildfire Coordinating Group, Incident Operations Standards Working Team*. https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fswdev3_009827.pdf

Neary, D., Ryan K. & Debano L. (2005). Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on soil and water (*Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 Ogden, Vol. 4*), UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p. (Páginas 235 - 242). https://www.fs.usda.gov/rm/pubs/rmrs_gtr042_4.pdf

Oliveira, A. P. P., Silva Neto, E. C., Marcondes, R. A. T., Pereira, M. G., Motta, M. S., Diniz, Y. V. F. G., Fagundes, H. S., Delgado, R. C., Santos, O. A. Q., & Anjos, L. H. C. dos. (2023). Slope position controls prescribed fire effects on soil: A case study in the high-elevation grassland of Itatiaia National Park. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 47, e0230009. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230009>

Oliver V., Olivares I., Kala J., Lever R. & Arn Teh Y. (2017). The effects of burning and grazing on soil carbon dynamics in managed Peruvian tropical montane grasslands.

- Biogeosciences*, N° 14, 5633–5646. <https://doi.org/10.5194/bg-14-5633-2017>
- Ortega, M., et al. (2025). *Effects of fire recurrence and severity on Mediterranean vegetation dynamics (1984–2021)*. *Science of The Total Environment*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.02.003>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–296. <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pausas, J. (2020). *Incendios forestales una visión desde la ecología*. CSIC, Los libros de Catarata.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i1jZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=juli+pausas&ots=0LMDO0wWCE&sig=nl7pR91rXBK89BxOtaCmR4zKiwc>
- Pickett, S. T. A., & Cadenasso, M. L. (2012). Vegetation dynamics. En E. van der Maarel & J. Franklin (Eds.), *Vegetation Ecology* (2nd ed., pp. 172–198). Wiley-Blackwell.
https://e.famnit.upr.si/pluginfile.php/14045/mod_resource/content/1/Vegetation%20Ecology.pdf
- Poschlod, P., Tackenberg, O., & Bonn, S. (2012). Plant dispersal potential and its relation to species frequency and co-existence. En E. van der Maarel & J. Franklin (Eds.), *Vegetation ecology* (2nd ed., pp. 147–198). Wiley-Blackwell.
https://e.famnit.upr.si/pluginfile.php/14045/mod_resource/content/1/Vegetation%20Ecology.pdf
- Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2011). *Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD*.
<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29664.pdf>
- Presidencia del Consejo de Ministros [PCM]. (2016, 22 noviembre). *Declaran el Estado de Emergencia por incendios forestales en varios distritos de los departamentos de Lambayeque y Cajamarca* [Decreto Supremo N.º 085-2016-PCM].

https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10472_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-de-la-region-cusco.pdf

Presidencia del Consejo de Ministros [PCM]. (2024, 18 de setiembre). *Decreto Supremo N.º 097-2024-PCM, que declara Estado de Emergencia por incendios forestales en varios distritos de Amazonas, San Martín y Ucayali* [Edición Extraordinaria]. Diario Oficial *El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/2326734-1>

Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). (2025). *Plan Multisectorial ante Incendios Forestales 2025-2027*. Decreto Supremo N.º 010-2025-PCM. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/pcm/informes-publicaciones/6395418-plan-multisectorial-ante-incendios-forestales>

Presidencia de la República del Perú - Ministerio de Agricultura. (2010). *Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor* (Decreto Supremo N.º 013-2010-AG). <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2010/ds13-2010-ag.pdf>

Presidencia de la República del Perú - Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor* (Decreto Supremo N.º 005-2020-MIDAGRI). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3094866/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%B0%200005-2022-MIDAGRI.pdf.pdf?v=1652390378>

Ramírez, D. P., Estay, S. A., Miranda, A., Pausas, J. G., & Paula, S. (2025). *Fire-driven alternative vegetation states across the temperate Andes*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 380(1915), 20240245. <https://doi.org/10.1098/rstb.2023.0509>

República del Perú. (2008). Ley N.º 29263: Ley que modifica diversos artículos del Código

- Penal y de la Ley General del Ambiente. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú.
Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/317488-29263>
- Richter, M., & Moreira-Muñoz, A. (2005). Heterogeneidad climática y diversidad de la vegetación en el sur de Ecuador: un método de fitoindicación. *Revista Peruana de Biología*, 12(2), 217–238. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000200007
- Roman Huaman, M. (2023). *Evaluación de recuperación de pastizales ante la ocurrencia de incendio forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco-2022*. [tesis para obtener el título de Ingeniero Agropecuario, Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco]. *Repositorio Institucional del Instituto Geofísico del Perú*.
<https://repositorio.igp.gob.pe/bitstreams/6c2b2047-fc30-4e87-a074-f5df3b8cc4e8/download>
- Roman, M., Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martinez, A., Paucar, I., Alvarez, S., Loayza, J. & Ayala, F. (2024). Seasonal Effects of Wildfires on the Physical and Chemical Properties of Soil in Andean Grassland Ecosystems in Cusco, Peru: Pending Challenges. *Revista Fire* 7(7): 259. <https://doi.org/10.3390/fire7070259>
- Rosales-Rodríguez, J. A., Esquivel-Segura, E. A., Acevedo-Tapia, M. A., González-Ortega, M., & Cartes-Rodríguez, E. (2019). *Pre and post-fire situation, of an ecosystem of the Roble-Hualo forest type, Maule region, Chile*. *Kurú*, 16(38), 55–68.
<https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3997>
- Rosero Cuesta, J., & Osorio Giraldo, I. (2013). *Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo: Estado del arte*. *Revista Científica de la Facultad de Ingeniería*, (5), 59–66. Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria.
file:///C:/Users/HP/Downloads/gestorca,+Art-06_59_67.pdf

- Ruiz del Castillo, J. (1988). *Observaciones sobre la evolución de montes incendiados en la provincia de Valencia*. En Documentos del seminario sobre métodos y equipos para la prevención de incendios forestales (pp. 147–156). ICONA. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/fondo/pdf/13436_25.pdf
- Ryan C., K. (2022). Dynamic Interactions between Forest Structure and Fire Behavior in Boreal Ecosystems. *Silva Fennica* 36(1): 13–39. <https://pdfs.semanticscholar.org/eb0d/2fe6f5e06384d73af04fdd56f3050d92207c.pdf>
- Sabuco Cárdenas, P. (2013). La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección en Perú. *Apuntes de Ciencias Sociales*, 3(2), 140–[última página]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5042998.pdf>
- Salcedo Bautista, C. (2021). Evaluación de la capacidad y tiempo de regeneración de la vegetación herbácea impactada por el incendio forestal en el cañón del río Chonta (Sangal) – Cajamarca. [tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Cajamarca]. Repositorio Institucional del Institucional de la Universidad de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/20.500.14074/4078/1/TESIS%20CARMEN%20ROSA%20SALCEDO%20BAUTISTA.pdf>
- Sales Dávila, B. (2023). Estudio sobre los efectos de los incendios forestales en la materia orgánica de los suelos. *Revista CSIC.ES, Memoria presentada al XL Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal*. CSIC. IRNAS. 2003. https://digital.csic.es/bitstream/10261/97102/1/Estudio_efectos_incendios_forestales.pdf
- Santana, N. A., Morales, C. A. S., Silva, D. A. A., Antonioli, Z. I., & Jacques, R. J. S. (2018). *Soil biological, chemical, and physical properties after a wildfire event in a eucalyptus forest in the Pampa biome*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, e0170199. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170199>
- Serra, MT. 2008. Apuntes prácticos de Flora y vegetación (en línea). Universidad de Chile.

- Facultad de ciencias forestales. Chile. Consultado el 16 septiembre. 2018.
https://www.academia.edu/12365089/Apuntes_practicos_de_Flora_y_vegetacion_aplicados_en_la_R.N_Rio_Clarillo_RM_Chile
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR. (2020). *Manual de procedimientos para la gestión forestal y de fauna silvestre*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. <https://www.gob.pe/serfor>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (s. f.). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Ministerio de Agricultura y Riego, República 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. (2023). *Informe anual de monitoreo climático del Perú 2023*. Ministerio del Ambiente. <https://www.senamhi.gob.pe/pdf/trans/memoria-senamhi-2023.pdf>
- Spadoni, G. L., et al. (2025). Devegetation is a widespread driver of fire in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Management*, 363, Article 113822. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(25\)01613-5](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(25)01613-5)
- Sparks, D. L. (2003). *Environmental soil chemistry* (2nd ed.). Academic Press. <https://books.google.com/books?id=nyAlBQAAQBAJ>
- Taboada-Hermoza, R., & Martínez, A. G. (2025). “No One Is Safe”: Agricultural burnings, wildfires and risk perception in two agropastoral communities in the Puna of Cusco, Peru. *Fire*, 8(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/fire8020060>
- Van der Maarel, E., & Franklin, J. (2012). *Vegetation Ecology* (2nd ed.). Wiley-Blackwell. https://www.researchgate.net/publication/272168776_Vegetation_Ecology_2nd_ed
- Velez Muñoz, R. (2000). Las quemadas incontroladas como causa de los incendios forestales. 1

Reunión Grupo de Incendios Forestales. Cuadernos de la S.E.CE, N.º 9, junio 2000, pp. 13-26.

<file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-LasQuemasIncontroladasComoCausaDeIncendiosForestal-6931078.pdf>

Yasser, H. & Magnus, P. (2003). Soil Solution Electrical Conductivity Measurements Using Different Dielectric Techniques. *Soil Science Society of America Journal*. Vol (67) n° 4, pp. 1071-1318. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/toc/14350661/2003/67/4>

Zarate Gomez, R. & Encarnación Cajañaupa, F. (2015). Zonificación ecológica y económica para el ordenamiento territorial de la Subcuenca del Río Shambillo. *Repositorio del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana*. pp. 1-44. http://terra.iiap.gob.pe/assets/files/micro/zee_shambillo/07_Vegetacion.pdf

Zhou, S., Li, P., Zhang, X., Wang, Y., Yu, K., Shi, P., Xiao, L., Wang, T., & Chang, E. (2024). Runoff and erosion reduction benefits of vegetation during natural succession on fallow grassland slopes. *Science of The Total Environment*, 954, 176211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176211>

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*, 1–14. <https://doi.org/10.1071/wf21129>

Zubieta, R., Prudencio, F., Ccanchi, Y., Saavedra, M., Sulca, J., Reupo, J., & Alarco, G. (2021). Potential conditions for fire occurrence in vegetation in the Peruvian Andes. *International Journal of Wildland Fire*, 30(11), 836–849. <https://doi.org/10.1071/WF21029>

Zubieta, R., Molina-Carpio, J., Laqui, W., Sulca, J., & Ilbay, M. (2021). Comparative analysis of climate change impacts on meteorological, hydrological, and agricultural droughts in the Lake Titicaca Basin. *Water*, 13(2), Article 175. <https://doi.org/10.3390/w13020175>

Zubieta, R., Prudencio, F., Alarco, G., & Reupo, J. (2019). Ocurrencia de incendios forestales en el Perú durante eventos El Niño. *Boletín Técnico El Niño del Instituto Geofísico del*

Perú, 6(5), 6–9.

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*, 1–14. <https://doi.org/10.1071/wf21129>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia.

TÍTULO: EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGIÓN CUSCO, 2024.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Independiente
¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre el matorral andino en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?	Determinar los efectos de los incendios forestales sobre el matorral andino en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.	H1: Los incendios forestales generan cambios significativos en las propiedades físico-químicas del suelo y en la cobertura vegetal del matorral andino. H0: Los incendios forestales no generan cambios significativos en las propiedades físico-químicas del suelo ni en la cobertura vegetal.	Incendios forestales ocurridos en el matorral andino (condición: área quemada vs área no quemada) en Santa Lucía y Toccoarani. (Cusco, 2024).
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variable dependiente
¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?	Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre las propiedades físico-químicas del suelo en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.	H1.1: Los incendios forestales modificarán la textura del suelo, disminuyendo el porcentaje de arcilla, e incrementarán el contenido de nutrientes, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico.	Propiedades físico – química del suelo.
¿Cuáles son los efectos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024?	Evaluar los efectos de los incendios forestales sobre la cobertura vegetal del matorral andino mediante el análisis del IVI, el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener en las comunidades de Santa Lucia y Toccoarani, provincia Acomayo, región Cusco, 2024.	H1.2: Los incendios forestales reducen la cobertura vegetal y modifican los valores del IVI, índice de Margalef e índice de Shannon-Wiener en el matorral andino.	Cobertura vegetal.

Anexo B: Dimensiones de ambas variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Incendios forestales ocurridos en el matorral andino (condición: área quemada vs área no quemada)	Áreas de matorral afectadas por incendios forestales	Áreas de matorral que han experimentado un incendio forestal
		Áreas de matorral que no han experimentado un incendio forestal
Propiedades de físico – químicas del suelo	Potencial de hidrogeno (pH)	Nivel de acidez/alcalinidad del suelo
	Conductividad eléctrica (C.E.)	Salinidad del suelo (Milimhos/cm)
	Contenido de Materia Orgánica (% M.O.)	Contenido porcentual de materia orgánica
	Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)
	Fertilidad (N,P,K)	Nivel de fertilización (N-P-K)
	Textura (arena, limo y arcilla)	Composición porcentual de la textura del suelo (arena, limo y arcilla)
	Temperatura	Temperaturas alcanzadas en una quema prescrita (simulada)
Cobertura vegetal	Composición florística	Número y tipo de especie (familia/ género)
	Índice de valor de importancia (IVI)	Parámetros de abundancia, frecuencia, dominancia y cobertura
	Biodiversidad	Índices de diversidad de Shannon y Margalef
	Precipitación	Precipitación pluvial mensual

Anexo C: Operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnica	Instrumento	Criterio de evaluación	Tipo de valor
Incendios forestales ocurridos en el matorral andino (condición: área quemada vs área no quemada).	Áreas de matorral afectadas	Áreas de matorral que han experimentado un incendio forestal Áreas de matorral que no han experimentado un incendio forestal	Observación directa y análisis documental	Reporte complementario COEN INDECI Imágenes del satélite Sentinel 2	Ha	Cualitativo nominal
Propiedades de físico – químicas del suelo.	Potencial de hidrogeno	Nivel de acidez/alcalinidad del suelo	Análisis de laboratorio	pHmetro	Unidad pH	Cuantitativo continuo
	Conductividad eléctrica (C.E.)	Salinidad del suelo (Milimhos/cm)	Análisis de laboratorio	Conductímetro	Mmhos/cm	Cuantitativo continuo
	Contenido de Materia Orgánica (M.O.)	Contenido porcentual de materia orgánica	Análisis de laboratorio	Método de Walkley-black	%	Cuantitativo continuo
	Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	Análisis de laboratorio	Acetato de amonio 1N (pH 7)	meq/100g	Cuantitativo continuo
	Fertilidad (N,P,K)	Nivel de fertilización (N-P-K)	Análisis de laboratorio	Micro-Kjeldahl (N), Olsen modificado (P), Acetato de amonio (K)	% ppm ppm	Cuantitativo continuo
	Textura (arena, limo y arcilla)	Composición porcentual de la textura del suelo (arena, limo y arcilla)	Análisis de laboratorio	Hidrómetro Bouyoucos, triángulo textural USDA	%	Cuantitativo discreto
	Temperatura	Temperaturas alcanzadas en una quema prescrita (simulada)	Medición directa en campo	Termómetro portátil tipo K HI 935002 – HI 935009	°C	Cuantitativo continuo
Cobertura vegetal.	Composición florística	Número y tipo de especie (familia/ género)	Inventario de campo	Ficha de registro, GPS, cámara	N° de especies/transecto	Cuantitativo discreto
	Índice de valor de	Parámetros de abundancia, frecuencia,	Cálculo de índices	Guía de inventario de flora y vegetación	% de especies	Cuantitativo

importancia (IVI)	dominancia y cobertura		ecológicos	(MINAM, 2015), Excel		discreto
Biodiversidad	Índices de diversidad de Shannon y Margalef		Cálculo de índices ecológicos	Guía de inventario de flora y vegetación (MINAM, 2015), Excel	Índice	Cuantitativo continuo
Precipitación	Precipitación mensual.	pluvial	Recopilación de datos secundarios	Base de datos meteorológica SENAMHI	mm/mes	Cuantitativo continuo

Anexo D: Reporte complementario del evento ígneo en la comunidad de Santa Lucia.

REPORTE COMPLEMENTARIO N.º 10408 - 22/10/2024 / COEN - INDECI / 18:25 HORAS

(Reporte N.º 1)

INCENDIO FORESTAL EN EL DISTRITO DE POMACANCHI - CUSCO

1. HECHOS:

Fecha y hora de la ocurrencia	Descripción
21/10/2024 12:30 horas	Se registró un incendio forestal que ocasionó daños a la cobertura natural en el sector de Santa Ana, comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo.

2. UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD	SECTOR
CUSCO	ACOMAYO	POMACANCHI	SANTA LUCIA	SANTA ANA

INCENDIO FORESTAL EN EL DISTRITO DE POMACANCHI - CUSCO

Leyenda

"Área de impacto"

Límite provincial

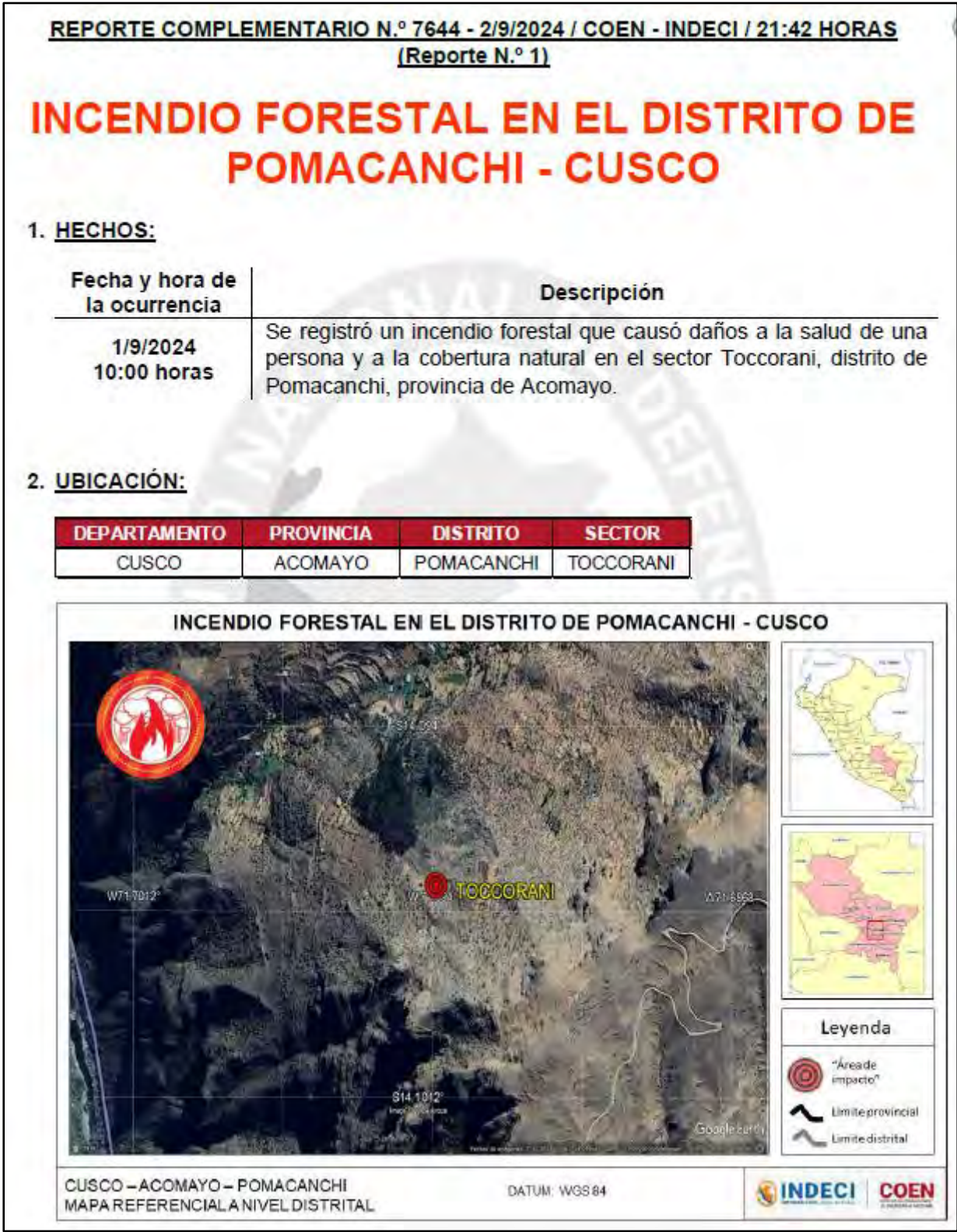
Límite distrital

CUSCO – ACOMAYO - POMACANCHI

MAPA REFERENCIAL A NIVEL DISTRITAL

DATUM: WGS 84

Anexo E: Reporte complementario del evento ígneo en la comunidad de Toccorani.



Anexo F: Informe de análisis de laboratorio primera temporada en la comunidad de Santa Lucia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS
 Nº0569-24-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

1.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (0 - 3cm)
 E -14.04982887 N -71.70566849, ALTITUD =3911 msnm

2.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (3 - 10cm)
 E -14.04982887 N -71.70566849, ALTITUD =3911 msnm

3.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (0 - 3cm)
 E -14.05850327 N -71.70250868, ALTITUD =3758 msnm

4.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (3 - 10cm)
 E -14.05850327 N -71.70250868, ALTITUD =3758 msnm

COMUNIDAD : SANTA LUCIA
DISTRITO : POMACANCHI
PROVINCIA : ACOMAYO
REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	1	2	3	4
pH	5.85	5.92	6.72	5.82
C.E. mmhos/cm	0.46	0.34	0.87	0.23
Materia Orgánica %	9.10	6.80	7.20	5.00
C.I.C. meq/cm	10,60	9,20	10,00	8,40
Nitrógeno %	0.46	0.33	0.35	0.23
Fosforo ppm P ₂ O ₅	22.80	15.20	16.60	13.40
Potasio ppm K ₂ O	188.10	152.70	264.80	122.70
Arena %	79	72	77	70
Limo %	19	26	22	28
Arcilla %	2	2	1	2

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 20 de Enero 2025



Responsible of the Laboratory of Chemical Analysis
 Responsable del Laboratorio de Análisis Químico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0570-24-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

5.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (0 - 3cm)
E -14.0592622 N -71.70340588, ALTITUD =3715 msnm

6.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (3 - 10cm)
E -14.0592622 N -71.70340588, ALTITUD =3715 msnm

7.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (0 -3cm)
E -14.04980944 N -71.70564902, ALTITUD =3911 msnm

8.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (3 - 10cm)
E -14.04980944 N -71.70564902, ALTITUD =3911 msnm

COMUNIDAD : SANTA LUCIA

DISTRITO : POMACANCHI

PROVINCIA : ACOMAYO

REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	5	6	7	8
pH	6.30	6.32	6.20	6.25
C.E. mmhos/cm	0.26	0.18	1.07	0.37
Materia Orgánica %	4.80	4.40	12.40	7.90
C.I.C. meq/cm	8.00	8.70	15.80	11.00
Nitrógeno %	0.22	0.20	0.58	0.37
Fosforo ppm P ₂ O ₅	11.90	10.20	30.60	17.80
Potasio ppm K ₂ O	106.80	90.60	271.00	112.90
Arena %	74	72	79	77
Limo %	23	25	16	20
Arcilla %	3	3	5	3

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 20 de Enero 2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Laboratorio de Análisis Químico

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo G: Informe de análisis de laboratorio primera temporada en la comunidad de Toccorani.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Df. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA
INFORME DE ANÁLISIS
 Nº0571-24-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

- 1.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 3, (0 - 3cm)
E -14.09322981 N -71.69301342, ALTITUD =3559 msnm
- 2.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 3, (3 - 10cm)
E -14.09322981 N -71.69301342, ALTITUD =3559 msnm
- 3.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 4, (0 - 3cm)
E -14.09326884 N -71.69327295, ALTITUD =3559 msnm
- 4.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 4, (3 - 10cm)
E -14.09326884 N -71.69327295, ALTITUD =3559 msnm

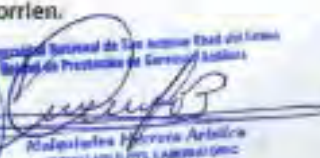
COMUNIDAD : TOCCORANI
DISTRITO : POMACANCHI
PROVINCIA : ACOMAYO
REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	1	2	3	4
pH	6.25	6.08	6.45	6.35
C.E. mmhos/cm	0.47	0.21	0.80	0.49
Materia Orgánica %	5.70	4.20	7.70	4.90
C.I.C. meq/cm	9.30	9.10	10.00	8.60
Nitrógeno %	0.28	0.19	0.37	0.24
Fosforo ppm P ₂ O ₅	13.90	9.20	16.80	11.40
Potasio ppm K ₂ O	175.80	90.80	250.40	176.10
Arena %	70	65	85	79
Limo %	26	30	12	16
Ardilla %	4	5	3	5

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 20 de Enero 2025

Dependencia: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico
 Analista: E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO QUÍMICO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0572-24-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO
EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCÍA Y TOCCORANI, PROVINCIA
ACOMAYO, REGIÓN CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS
5.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 7, (0 - 3cm)
E -14.0929196 N -71.69209305, ALTITUD =3591 msnm
6.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 7, (3 - 10cm)
E -14.0929196 N -71.69209305, ALTITUD =3591 msnm
7.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 8, (0 - 3cm)
E -14.09288116 N -71.69260662, ALTITUD =3559 msnm
8.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 8, (3 - 10cm)
E -14.09288116 N -71.69260662, ALTITUD =3559 msnm

COMUNIDAD : TOCCORANI

DISTRITO : POMACANCHI

PROVINCIA : ACOMAYO

REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	5	6	7	8
pH	5.92	5.83	5.70	5.60
C.E. mmhos/cm	0.47	0.17	0.18	0.17
Materia Orgánica %	6.50	3.80	5.90	5.50
C.I.C. meq/cm	9.60	9.20	10.80	11.20
Nitrógeno %	0.32	0.17	0.28	0.25
Fosforo ppm P ₂ O ₅	14.90	8.40	11.60	9.50
Potasio ppm K ₂ O	162.50	70.30	85.20	81.70
Arena %	80	72	73	64
Limo %	16	25	24	31
Arcilla %	4	3	3	5

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yáfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 20 de Enero 2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Facultad de Promoción de la Investigación Científica

Departamento Académico de Química

Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico

Responsable del Laboratorio

(Firma)

Anexo H: Informe de análisis de laboratorio segunda temporada en la comunidad de Santa Lucia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 108 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS
 Nº0111-25-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

- 1.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (0 - 3cm)
E -14.04982887 N -71.70566849, ALTITUD =3911 msnm
- 2.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (3 - 10cm)
E -14.04982887 N -71.70566849, ALTITUD =3911 msnm
- 3.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (0 -3cm)
E -14.05850327 N -71.70250868, ALTITUD =3758 msnm
- 4.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (3 - 10cm)
E -14.05850327 N -71.70250868, ALTITUD =3758 msnm

COMUNIDAD : SANTA LUCIA
DISTRITO : POMACANCHI
PROVINCIA : ACOMAYO
REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	1	2	3	4
pH	7,25	7,45	6,10	5,85
C.E. mmhos/cm	0,58	0,58	0,44	0,25
Materia Orgánica %	12,40	10,20	12,70	11,10
C.I.C. meq/cm	10,40	9,20	11,70	10,20
Nitrógeno %	0,60	0,49	0,62	0,53
Fosforo ppm P ₂ O ₅	16,30	14,00	16,10	13,90
Potasio ppm K ₂ O	236,10	248,60	197,20	106,90
Arena %	74	77	67	72
Limo %	24	21	30	24
Arcilla %	2	2	3	4

QUÍMICA AGRÍCOLA I SUELOS Y FERTILIZANTES, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.
 Cusco, 30 de Mayo 2025



Directorial Ejecutiva de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Químicos

[Firma]
 Melgosa Yúfera Arístides
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0112-25-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

5.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (0 - 3cm)
E -14.0592622 N -71.70340588, ALTITUD =3715 msnm

6.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (3 - 10cm)
E -14.0592622 N -71.70340588, ALTITUD =3715 msnm

7.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (0 -3cm)
E -14.04980944 N -71.70564902, ALTITUD =3911 msnm

8.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (3 - 10cm)
E -14.04980944 N -71.70564902, ALTITUD =3911 msnm

COMUNIDAD : SANTA LUCIA

DISTRITO : POMACANCHI

PROVINCIA : ACOMAYO

REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	5	6	7	8
pH	6,40	6,32	6,20	6,25
C.E. mmhos/cm	0,22	0,18	1,07	0,37
Materia Orgánica %	8,70	4,40	12,40	7,90
C.I.C. meq/cm	9,80	8,70	15,80	11,00
Nitrógeno %	0,42	0,20	0,58	0,37
Fosforo ppm P ₂ O ₅	11,60	10,20	30,60	17,80
Potasio ppm K ₂ O	88,50	90,60	271,00	112,90
Arena %	69	72	79	77
Limo %	28	25	16	20
Arcilla %	3	3	5	3

QUÍMICA AGRÍCOLA I SUELOS Y FERTILIZANTES, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 30 de Mayo 2025



Anexo I: Informe de análisis de laboratorio segunda temporada en la comunidad de Toccoarani.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0113-25-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCIA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

- 1.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (0 - 3cm)
E -14.09322981 N -71.69301342, ALTITUD =3559 msnm
- 2.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 1, (3 - 10cm)
E -14.09322981 N -71.69301342, ALTITUD =3559 msnm
- 3.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (0 - 3cm)
E -14.09326884 N -71.69327295, ALTITUD =3559 msnm
- 4.- MUESTRA QUEMADA, PUNTO 2, (3 - 10cm)
E -14.09326884 N -71.69327295, ALTITUD =3559 msnm

COMUNIDAD : TOCCORANI
DISTRITO : POMACANCHI
PROVINCIA : ACOMAYO
REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	1	2	3	4
pH	6,75	5,70	6,20	6,40
C.E. mmhos/cm	0,71	0,21	0,35	0,43
Materia Orgánica %	14,30	12,10	12,50	10,30
C.I.C. meq/cm	12,30	12,20	11,80	11,40
Nitrógeno %	0,69	0,60	0,62	0,49
Fosforo ppm P ₂ O ₅	19,30	14,80	15,40	13,60
Potasio ppm K ₂ O	244,20	92,50	116,60	182,50
Arena %	70	77	72	72
Limo %	28	21	26	25
Arcilla %	2	2	2	3

QUÍMICA AGRÍCOLA / SUELOS Y FERTILIZANTES, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 30 de Mayo 2025



Departamento de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Analítico

[Firma]
 Responsable de Laboratorio
 de Análisis Químico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0114-25-LAQ

SOLICITANTE : PILAR PRISCILA IRURI CHUCHULLO

TESIS : EFECTOS DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE EL MATORRAL ANDINO EN LAS COMUNIDADES DE SANTA LUCÍA Y TOCCORANI, PROVINCIA ACOMAYO, REGION CUSCO, 2024.

MUESTRA : SUELOS

5.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (0 - 3cm)
E -14.0929196 N -71.69209305, ALTITUD =3591 msnm

6.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 3, (3 - 10cm)
E -14.0929196 N -71.69209305, ALTITUD =3591 msnm

7.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (0 - 3cm)
E -14.09288116 N -71.69260662, ALTITUD =3559 msnm

8.- MUESTRA NO QUEMADA, PUNTO 4, (3 - 10cm)
E -14.09288116 N -71.69260662, ALTITUD =3559 msnm

COMUNIDAD : TOCCORANI

DISTRITO : POMACANCHI

PROVINCIA : ACOMAYO

REGION : CUSCO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO:

	5	6	7	8
pH	6,55	6,58	6,32	6,05
C.E. mmhos/cm	0,49	0,52	0,44	0,39
Materia Orgánica %	13,00	12,40	14,60	14,00
C.I.C. meq/cm	10,30	10,61	12,30	11,20
Nitrógeno %	0,59	0,61	0,71	0,68
Fosforo ppm P ₂ O ₅	17,50	15,50	20,40	20,00
Potasio ppm K ₂ O	198,80	206,60	170,80	155,80
Arena %	73	77	74	79
Limo %	24	19	22	19
Arcilla %	3	4	4	2

QUÍMICA AGRÍCOLA I SUELOS Y FERTILIZANTES, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien,

Cusco, 30 de Mayo 2025



Anexo J: Resultados consolidados del análisis físico-químico del suelo.

1. Análisis estadístico de los componentes texturales del suelo en Santa Lucía y Toccoarani

1.1. Análisis de la fracción de arena (%) según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 1:

Contenido de arena (%) en suelos según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media % arena	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	76.5	3.51	73	80	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	73.8	4.11	69	79	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	71.2	5.38	64	77	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	76.2	2.99	72	79	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	77.8	6.18	70	85	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	70.8	2.99	67	74	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	71.5	5.80	65	79	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	74.5	2.89	72	77	4

Nota. Media (% arena) = promedio del contenido de arena; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 2:

Resultados del ANOVA para el contenido de arena (%) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	5.3	5.28	0.270	0.608
Profundidad	1	13.8	13.78	0.706	0.409
Temporada	1	1.5	1.53	0.078	0.782
Condición × Profundidad	1	0.0	0.03	0.002	0.968
Condición × Temporada	1	19.5	19.53	1.000	0.327
Profundidad × Temporada	1	157.5	157.53	8.066	0.009 **

Condición × Profundidad × Temporada	1	2.5	2.53	0.130	0.722
Error (residuos)	24	468.7	19.53	—	—
Total	31	668.8	—	—	—
R ² del modelo					0.299
Shapiro-Wilk (normalidad)				W = 0.977	p = 0.777
Levene (homogeneidad de varianzas)				F = 0.401	p = 0.892

Cuadro 3:

Comparación de medias (LS means) del contenido de arena (%) entre profundidades, dentro de cada temporada.

Temporada	Profundidad	% Arena	Error estándar	Valor <i>t</i>	Valor <i>p</i>
Antes de lluvias (T1)	0–3 cm	77.1	1.56	2.602	0.0156*
	3–10 cm	71.4	1.56		
Después de lluvias (T2)	0–3 cm	72.2	1.56	-1.414	0.1701
	3–10 cm	75.4	1.56		

Cuadro 4:

Comparación de medias (LS means) del contenido de arena (%) entre temporadas, dentro de cada profundidad.

Profundidad	Temporada	% Arena	Error estándar	Valor <i>t</i>	Valor <i>p</i>
0–3 cm	T1 (Antes de lluvias)	77.1	1.56	2.206	0.0372*
	T2 (Después de lluvias)	72.2	1.56		
3–10 cm	T1 (Antes de lluvias)	71.4	1.56	-1.810	0.0828
	T2 (Después de lluvias)	75.4	1.56		

1.2. Análisis de la fracción de limo (%) según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 5:

Contenido de limo (%) en suelos según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media % Limo	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	19.8	4.35	16	24	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	22.5	5.00	16	28	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	25.2	4.50	20	31	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	20.8	2.87	19	25	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	19.8	5.91	12	26	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	27.0	2.58	24	30	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	25.0	6.22	16	30	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	22.8	2.06	21	25	4

Nota. Media (% limo) = promedio del contenido de limo; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 6:

Resultados del ANOVA para el contenido de limo (%) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	19.53	19.53	0.996	0.328
Profundidad	1	11.28	11.28	0.575	0.456
Temporada	1	5.28	5.28	0.269	0.609
Condición × Profundidad	1	3.78	3.78	0.193	0.665
Condición × Temporada	1	22.78	22.78	1.161	0.292
Profundidad × Temporada	1	140.28	140.28	7.152	0.013 *
Condición × Profundidad × Temporada	1	2.53	2.53	0.129	0.723
Error (residuos)	24	470.80	19.61	—	—
Total	31	676.16	—	—	—
R ² del modelo					0.304
Shapiro-Wilk (normalidad)				W = 0.970	p = 0.491

Levene (homogeneidad de varianzas)	F = 0.561	p = 0.780
------------------------------------	-----------	-----------

Cuadro 7:

Comparación de medias (LS means) del contenido de limo (%) entre profundidades, dentro de cada temporada.

Temporada	Profundidad	% Limo	Error estándar	Valor t	Valor p
Antes de lluvias (T1)	0–3 cm	19.8	1.57	-2.427	0.0231*
	3–10 cm	25.1	1.57		
Después de lluvias (T2)	0–3 cm	24.8	1.57	1.355	0.1881
	3–10 cm	21.8	1.57		

Cuadro 8:

Comparación de medias (LS means) del contenido de limo (%) entre temporadas, dentro de cada profundidad.

Profundidad	Temporada	% Limo	Error estándar	Valor t	Valor p
0–3 cm	T1 (Antes de lluvias)	19.8	1.57	-2.258	0.0333***
	T2 (Después de lluvias)	24.8	1.57		
3–10 cm	T1 (Antes de lluvias)	25.1	1.57	1.524	0.1406
	T2 (Después de lluvias)	21.8	1.57		

1.3. Análisis de la fracción de arcilla (%) según la condición del área, profundidad y temporada

Cuadro 9:

Contenido de arcilla (%) en suelos según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media % arcilla	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	3.75	0.96	3	5	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	3.75	0.96	3	5	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	3.50	1.00	3	5	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	3.00	0.82	2	4	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	2.50	1.29	1	4	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	2.25	0.50	2	3	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	3.50	1.73	2	5	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	2.75	0.96	2	4	4

Nota. Media (% arcilla) = promedio del contenido de arcilla; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 10:

Resultados del ANOVA para el contenido de arcilla (%) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	4.500	4.500	3.857	0.0612
Profundidad	1	0.125	0.125	0.107	0.7463
Temporada	1	1.125	1.125	0.964	0.3359
Condición × Profundidad	1	3.125	3.125	2.679	0.1148
Condición × Temporada	1	0.125	0.125	0.107	0.7463
Profundidad × Temporada	1	0.500	0.500	0.429	0.5189
Condición × Profundidad × Temporada	1	0.000	0.000	0.000	1.0000
Error (residuos)	24	28.000	1.167	—	—
Total	31	37.5	—	—	—

R ² del modelo		0.267
Shapiro-Wilk (normalidad)	W = 0.959	p = 0.295
Levene (homogeneidad de varianzas)	F = 1.7143	p = 0.1531

2. Análisis estadístico de las propiedades químicas del suelo en Santa Lucía y Toccoarani

2.1. Análisis estadístico del pH del suelo según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 11:

pH en suelos según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media pH	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	6.03	0.27	5.70	6.30	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	6.37	0.15	6.20	6.55	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	6.00	0.34	5.60	6.32	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	6.30	0.22	6.05	6.58	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	6.32	0.37	5.85	6.72	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	6.58	0.53	6.10	7.25	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	6.04	0.23	5.82	6.35	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	6.35	0.79	5.70	7.45	4

Nota. Media pH = promedio de pH; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 12:

Resultados del ANOVA para el pH del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de la época de lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	0.173	0.173	1.014	0.324
Profundidad	1	0.179	0.179	1.049	0.316
Temporada	1	0.723	0.723	4.247	0.050**
Condición × Profundidad	1	0.081	0.081	0.476	0.497
Condición × Temporada	1	0.003	0.003	0.015	0.902
Profundidad × Temporada	1	0.000	0.000	0.000	0.983
Condición × Profundidad × Temporada	1	0.004	0.004	0.022	0.882
Error (residuos)	24	4.086	0.170	—	—

Total	31	5.249	—	—	—
R ² del modelo					0.22
Shapiro-Wilk (normalidad)			W = 0.972		p = 0.420
Levene (homogeneidad de varianzas)			F = 1.87		p = 0.120

Cuadro 13:

Prueba de comparación de medias (LS means) del pH del suelo según temporada.

Temporada	pH	Error estándar	Valor t	Valor p
T1 (Antes de lluvias)	6.10	0.103	- 2.601	0.0503
T2 (Después de lluvias)	6.40	0.103		

2.2. Análisis estadístico la conductividad eléctrica (CE) del suelo según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 14:

Conductividad Eléctrica del suelo (CE) medida según la condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media CE mmhos/cm	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.495	0.402	0.18	1.07	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	0.555	0.363	0.22	1.07	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.222	0.098	0.17	0.37	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	0.365	0.140	0.18	0.52	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.650	0.216	0.46	0.87	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	0.520	0.158	0.35	0.71	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.318	0.128	0.21	0.49	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	0.368	0.171	0.21	0.58	4

Nota. Media CE = promedio del contenido de mmhos/cm; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 15:

Resultados del ANOVA para la conductividad eléctrica (CE) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de la época de lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	0.0237	0.0237	0.430	0.5182
Profundidad	1	0.4489	0.4489	8.161	0.0087 **
Temporada	1	0.0075	0.0075	0.136	0.7151
Condición × Profundidad	1	0.0003	0.0003	0.005	0.9465
Condición × Temporada	1	0.0399	0.0399	0.725	0.4028
Profundidad × Temporada	1	0.0345	0.0345	0.626	0.4364
Condición × Profundidad × Temporada	1	0.0048	0.0048	0.086	0.7713

Error (residuos)	24	1.3201	0.0550	—	—
Total	31	1.8797	—	—	—
R ² del modelo					0.412
Shapiro-Wilk (normalidad)			W = 0.972		p = 0.420
Levene (homogeneidad de varianzas)			F = 0.929		p = 0.502

Cuadro 16:

Prueba de comparación de medias (LS means) del CE del suelo según profundidad.

Profundidad	CE (mmhos/cm)	Error estándar	Valor t	Valor p
0 – 3 cm	0.555	0.0586	2.857	0.0087**
3 – 10 cm	0.318	0.0586		

2.3. Análisis estadístico de la materia orgánica (MO) del suelo según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 17:

Contenido de materia orgánica (MO) del suelo en función de la condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media % M.O.	DE	Min	Max	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	7.40	3.41	4.8	12.4	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	12.18	2.50	8.7	14.6	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	5.40	1.81	3.8	7.9	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	9.68	4.36	4.4	14	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	7.42	1.40	5.7	9.1	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	12.97	0.89	12.4	14.3	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	5.22	1.11	4.2	6.8	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	10.93	0.88	10.2	12.1	4

Nota. Media MO = promedio del contenido de % de MO; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 18:

Resultados del ANOVA para el contenido de materia orgánica (MO) del suelo en función de la condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	1.800	1.800	0.321	0.5760
Profundidad	1	38.280	38.280	6.818	0.0153 *
Temporada	1	206.050	206.050	36.700	2.95e-06 ***
Condición × Profundidad	1	0.030	0.030	0.006	0.9411
Condición × Temporada	1	2.420	2.420	0.431	0.5177
Profundidad × Temporada	1	0.060	0.060	0.011	0.9177
Condición × Profundidad × Temporada	1	0.210	0.210	0.038	0.8478

Error (residuos)	24	134.740	5.614	—	—
Total	31	383.59	—	—	—
R ² del modelo					0.412
Shapiro-Wilk (normalidad)			W = 0.972	p = 0.420	
Levene (homogeneidad de varianzas)			F = 1.844	p = 0.125	

Cuadro 19:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la MO del suelo según profundidad.

Profundidad	MO %	Error estándar	Valor t	Valor p
0 – 3 cm	9.99	0.592	2.611	0.0153*
3 – 10 cm	7.81	0.592		

Cuadro 20:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la MO del suelo según temporada.

Temporada	MO %	Error estándar	Valor t	Valor p
T1 (Antes de lluvias)	6.36	0.592	-6.058	0.0001***
T2 (Después de lluvias)	11.44	0.592		

2.4. Análisis estadístico de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo según la condición del área, profundidad y temporada de muestreo

Cuadro 21:

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo en función de la condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media C.I.C. meq/cm	SD	Mín	Máx	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	11.05	3.37	7.29	15.03	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	12.05	2.72	9.38	14.30	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	10.03	1.26	8.47	11.62	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	10.38	1.14	8.76	11.62	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	9.97	0.532	9.39	10.63	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	11.55	0.810	10.74	12.26	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	8.82	0.386	8.41	9.21	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	10.75	1.32	9.43	12.07	4

Nota. Media CIC= promedio de C.I.C.; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 22:

Resultados del ANOVA considerando la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo de acuerdo con la condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de la época de lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	2.886	2.886	0.943	0.3413
Profundidad	1	10.800	10.800	3.528	0.0726
Temporada	1	11.773	11.773	3.846	0.0616
Condición × Profundidad	1	0.279	0.279	0.091	0.7652
Condición × Temporada	1	2.306	2.306	0.753	0.3941
Profundidad × Temporada	1	0.044	0.044	0.014	0.9053

Temporada					
Condición ×	1	0.498	0.498	0.163	0.6904
Profundidad ×					
Temporada					
Error (residuos)	24	73.474	3.061	—	—
Total	31	102.060	—	—	—
R ² del modelo					0.280
Shapiro-Wilk				W = 0.972	p = 0.420
(normalidad)					
Levene (homogeneidad				F =	p = 0.152
de varianzas)				1.7189	

2.5. Análisis estadístico del contenido disponible de nitrógeno (N) en el suelo en áreas quemadas y no quemadas de Santa Lucía y Toccoarani

Cuadro 23:

Disponibilidad de N del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media % N	SD	Min	Max	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.35	0.16	0.22	0.58	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	0.55	0.12	0.42	0.71	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.25	0.09	0.17	0.37	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	0.47	0.22	0.20	0.68	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.37	0.07	0.28	0.46	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	0.63	0.04	0.60	0.69	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	0.25	0.06	0.19	0.33	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	0.51	0.05	0.49	0.60	4

Nota. Media N = promedio de % N; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 24:

Resultados del ANOVA de los cambios en la disponibilidad de N del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 Y 2 (antes / después de la época de lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	0.0124	0.0124	0.899	0.3524
Profundidad	1	0.0851	0.0851	6.169	0.0204 *
Temporada	1	0.4680	0.4680	33.938	5.24e-06 ***
Condición × Profundidad	1	0.0005	0.0005	0.038	0.8465
Condición × Temporada	1	0.0081	0.0081	0.589	0.4501
Profundidad × Temporada	1	0.0004	0.0004	0.027	0.8699
Condición × Profundidad × Temporada	1	0.0000	0.0000	0.000	0.9881
Error (residuos)	24	0.3310	0.0138	—	—
Total	31	0.9055	—	—	—

R ² del modelo		0.6343
Shapiro-Wilk (normalidad)	W = 0.958	p = 0.247
Levene (homogeneidad de varianzas)	F = 2.364	p = 0.0548

Cuadro 25:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la disponibilidad de N en el suelo según profundidad.

Profundidad	N %	Error estándar	Valor t	Valor p
0 – 3 cm	0.475	0.0294	2.484	0.0204
3 – 10 cm	0.372	0.0294		

Cuadro 26:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la disponibilidad de N en el suelo según temporada.

Temporada	N %	Error estándar	Valor t	Valor p
T1 (Antes de lluvias)	0.302	0.0294	-5.826	0.0001
T2 (Después de lluvias)	0.544	0.0294		

2.6. Análisis estadístico del contenido disponible de fósforo (P) en el suelo en áreas quemadas y no quemadas de Santa Lucía y Toccoarani

Cuadro 27:

Disponibilidad de P del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media P (ppm P ₂ O ₅)	SD	Min	Max	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	17.7	8.91	11.6	30.6	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	20.0	7.94	11.6	30.6	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	12.2	3.80	9.5	17.8	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	15.9	4.21	10.2	20.0	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	17.0	3.99	13.9	22.8	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	16.8	1.73	15.4	19.3	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	11.6	3.28	8.4	15.2	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	14.1	0.51	13.6	14.8	4

Nota. Media P = promedio de ppm P₂O₅; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 28:

Resultados del ANOVA para la disponibilidad de P (ppm P₂O₅) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccoarani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	20.5	20.48	0.801	0.380
Profundidad	1	159.3	159.31	6.232	0.020*
Temporada	1	33.6	33.62	1.315	0.263
Condición × Profundidad	1	1.1	1.05	0.041	0.841
Condición × Temporada	1	6.8	6.84	0.268	0.610
Profundidad × Temporada	1	8.6	8.61	0.337	0.567
Condición × Profundidad × Temporada	1	1.1	1.05	0.041	0.841

Error (residuos)	24	613.5	25.56	—	—
Total	31	844.5	—	—	—
R ² del modelo					0.273
Shapiro-Wilk (normalidad)			W = 0.967		p = 0.237
Levene (homogeneidad de varianzas)			F = 1.225		p = 0.328

Cuadro 29:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la disponibilidad de P en el suelo según profundidad.

Profundidad	P (ppm P ₂ O ₅)	Error estándar	Valor t	Valor p
0 – 3 cm	17.9	1.26	2.496	0.0198*
3 – 10 cm	13.4	1.26		

2.7. Análisis estadístico del contenido disponible de potasio (K) en el suelo en áreas quemadas y no quemadas de Santa Lucía y Toccorani

Cuadro 30:

Disponibilidad de K del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm) y temporada 1 y 2 (antes / después de las lluvias, respectivamente), en matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Condición	Profundidad	Temporada	Media K (ppm K ₂ O)	SD	Min	Max	n
No quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	156.09	83.12	85.25	271.00	4
No quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	182.13	75.42	88.50	271.00	4
No quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	88.91	18.04	70.34	113.00	4
No quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	133.75	62.06	60.58	207.00	4
Quemada	0–3 cm	T1 (antes de la lluvia)	220.25	44.40	176.00	265.00	4
Quemada	0–3 cm	T2 (después de la lluvia)	199.13	58.28	117.00	244.00	4
Quemada	3–10 cm	T1 (antes de la lluvia)	135.75	37.01	90.82	176.00	4
Quemada	3–10 cm	T2 (después de la lluvia)	158.25	72.39	92.47	249.00	4

Nota. Media K = valor promedio de ppm K₂O; Desviación estándar = DE; Mín = menor valor registrado; Máx = mayor valor registrado; n = total de muestras evaluadas.

Cuadro 31:

Resultados del ANOVA para la disponibilidad de K (ppm K₂O) del suelo según condición del área (quemada / no quemada), profundidad del muestreo (0–3 cm / 3–10 cm), temporada 1 y 2 (antes / después de la época de lluvias, respectivamente) y su interacción, en suelos de matorrales de Santa Lucía y Toccorani (Acomayo).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculado	Valor p (Pr(>F))
Condición	1	11,250	11,250	3.130	0.08956
Profundidad	1	29,016	29,016	8.074	0.00902*
Temporada	1	2,578	2,578	0.717	0.40543
Condición × Profundidad	1	43	43	0.012	0.91356
Condición × Temporada	1	2,464	2,464	0.686	0.41582
Profundidad × Temporada	1	1,953	1,953	0.543	0.46816
Condición × Profundidad × Temporada	1	290	290	0.081	0.77865
Error (residuos)	24	86,255	3,594	—	—
Total	31	133,849	—	—	—

R ² del modelo		0.356
Shapiro-Wilk (normalidad)	W = 0.96	p = 0.29 – 0.99
Levene (homogeneidad)	F = 0.949	p = 0.489

Cuadro 32:

Prueba de comparación de medias (LS means) de la disponibilidad de K en el suelo según profundidad.

Profundidad	K (ppm K₂O)	Error estándar	Valor t	Valor p
0 – 3 cm	189.0	15.0	2.841	0.0090*
3 – 10 cm	129.0	15.0		

Anexo K: Inventario florístico del área *no quemada* en la comunidad de Santa Lucía.

Transecto	N° de planta	Familia	Género/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de vida	DC (m)	Cobertura (m²)
T1-ANQ/SL	1	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T1-ANQ/SL	2	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.78	0.48
T1-ANQ/SL	3	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.12	0.99
T1-ANQ/SL	4	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T1-ANQ/SL	5	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	2	3.14
T1-ANQ/SL	6	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.44	0.15
T1-ANQ/SL	7	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila	Perenne	2	3.14
T1-ANQ/SL	8	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T1-ANQ/SL	9	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	6	28.27
T1-ANQ/SL	10	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Annual	0.13	0.01
T1-ANQ/SL	11	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	5	19.64
T1-ANQ/SL	12	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	0.9	0.64
T1-ANQ/SL	13	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.89	0.62
T1-ANQ/SL	14	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.96	0.72
T1-ANQ/SL	15	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.72	0.41
T1-ANQ/SL	16	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	4.35	14.86
T1-ANQ/SL	17	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.35	0.10
T1-ANQ/SL	18	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.62	0.30
T1-ANQ/SL	19	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T1-ANQ/SL	20	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.15	0.02
T1-ANQ/SL	21	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.12	0.01
T1-ANQ/SL	22	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.1	0.01
T1-ANQ/SL	23	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	4.2	13.85
T1-ANQ/SL	24	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	4.6	16.62
T1-ANQ/SL	25	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T1-ANQ/SL	26	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.56	0.25

T1-ANQ/SL	27	Fabaceae	<i>Poissonia orbicularis</i>	Coca coca	Arbustivo	Perenne	1.22	1.17
T1-ANQ/SL	28	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.18	0.03
T1-ANQ/SL	29	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.29	0.07
T1-ANQ/SL	30	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.17	0.02
T1-ANQ/SL	31	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.83	0.54
T2-ANQ/SL	32	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.25	0.05
T2-ANQ/SL	33	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T2-ANQ/SL	34	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.19	0.03
T2-ANQ/SL	35	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.12	0.01
T2-ANQ/SL	36	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	5	19.64
T2-ANQ/SL	37	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	38	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.17	0.02
T2-ANQ/SL	39	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila	Perenne	1.8	2.54
				Aq'a	leñosa			
T2-ANQ/SL	40	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	6	28.27
T2-ANQ/SL	41	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T2-ANQ/SL	42	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T2-ANQ/SL	43	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T2-ANQ/SL	44	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T2-ANQ/SL	45	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	2	3.14
T2-ANQ/SL	46	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	47	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T2-ANQ/SL	48	Fabaceae	<i>Poissonia orbicularis</i>	Coca coca	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T2-ANQ/SL	49	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.15	0.02
T2-ANQ/SL	50	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	51	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
				Bolsa				
T2-ANQ/SL	52	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	2	3.14
T2-ANQ/SL	53	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.13	0.01
T2-ANQ/SL	54	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.36	0.10
T2-ANQ/SL	55	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.18	0.03
T2-ANQ/SL	56	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	3.2	8.04
T2-ANQ/SL	57	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20

T2-ANQ/SL	58	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.22	0.04
T2-ANQ/SL	59	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	60	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.15	0.02
T2-ANQ/SL	61	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T2-ANQ/SL	62	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T2-ANQ/SL	63	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.08	0.01
T2-ANQ/SL	64	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.16	0.02
T2-ANQ/SL	65	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.09	0.01
T2-ANQ/SL	66	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	67	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.56	0.25
T2-ANQ/SL	68	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.12	0.01
T2-ANQ/SL	69	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1.1	0.95
T3-ANQ/SL	70	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	4.8	18.10
T3-ANQ/SL	71	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.98	0.75
T3-ANQ/SL	72	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T3-ANQ/SL	73	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.56	0.25
T3-ANQ/SL	74	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.48	0.18
T3-ANQ/SL	75	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	1.7	2.27
T3-ANQ/SL	76	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	77	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.18	0.03
T3-ANQ/SL	78	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.56	0.25
T3-ANQ/SL	79	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T3-ANQ/SL	80	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	3.9	11.95
T3-ANQ/SL	81	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T3-ANQ/SL	82	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	83	Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i>	Tayanqa	Arbustivo	Perenne	5.3	22.06
T3-ANQ/SL	84	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.1	0.95

T3-ANQ/SL	85	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T3-ANQ/SL	86	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.08	0.01
T3-ANQ/SL	87	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	88	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	89	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	90	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T3-ANQ/SL	91	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.9	0.64
T3-ANQ/SL	92	Lamiaceae	<i>Lepechinia meyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.22	0.04
T3-ANQ/SL	93	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.3	4.15
T3-ANQ/SL	94	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T3-ANQ/SL	95	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.45	0.16
T3-ANQ/SL	96	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	4.8	18.10
T3-ANQ/SL	97	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.76	0.45
T3-ANQ/SL	98	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.63	0.31
T3-ANQ/SL	99	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.16	0.02
T3-ANQ/SL	100	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	101	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	102	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T4-ANQ/SL	103	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	104	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	105	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.18	0.03
T4-ANQ/SL	106	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	107	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T4-ANQ/SL	108	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T4-ANQ/SL	109	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.6	0.28
T4-ANQ/SL	110	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	4	12.57
T4-ANQ/SL	111	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.6	0.28
T4-ANQ/SL	112	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	113	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.3	4.15
T4-ANQ/SL	114	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79

T4-ANQ/SL	115	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	116	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	117	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T4-ANQ/SL	118	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.85	0.57
T4-ANQ/SL	119	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	1.8	2.54
T4-ANQ/SL	120	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T4-ANQ/SL	121	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	122	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T4-ANQ/SL	123	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	4	12.57
T4-ANQ/SL	124	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	6	28.27
T4-ANQ/SL	125	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	126	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	127	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.22	0.04
T5-ANQ/SL	128	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/SL	129	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	130	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/SL	131	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.22	0.04
T5-ANQ/SL	132	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	133	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.08	0.01
T5-ANQ/SL	134	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	135	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/SL	136	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.1	0.95
T5-ANQ/SL	137	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.12	0.01
T5-ANQ/SL	138	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T5-ANQ/SL	139	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	4	12.57
T5-ANQ/SL	140	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	0.18	0.03
T5-ANQ/SL	141	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T5-ANQ/SL	142	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	143	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.15	0.02

T5-ANQ/SL	144	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila	Perenne	1.6	2.01
				Aq'a	leñosa			
T5-ANQ/SL	145	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.85	0.57
T5-ANQ/SL	146	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	147	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	0.18	0.03
T5-ANQ/SL	148	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	149	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T5-ANQ/SL	150	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T5-ANQ/SL	151	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/SL	152	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	153	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T5-ANQ/SL	154	Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Herbácea	Anual	0.8	0.50
T5-ANQ/SL	155	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T6-ANQ/SL	156	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
				Bolsa				
T6-ANQ/SL	157	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T6-ANQ/SL	158	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	159	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T6-ANQ/SL	160	Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i>	Tayanqa	Arbustivo	Perenne	4	12.57
T6-ANQ/SL	161	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T6-ANQ/SL	162	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T6-ANQ/SL	163	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.9	0.64
T6-ANQ/SL	164	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.1	0.95
T6-ANQ/SL	165	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T6-ANQ/SL	166	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2	3.14
T6-ANQ/SL	167	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	3.5	9.62
T6-ANQ/SL	168	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	169	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea	Perenne	0.05	0.00
					columnar			
T6-ANQ/SL	170	Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i>	Tayanqa	Arbustivo	Perenne	4.5	15.90
T6-ANQ/SL	171	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T6-ANQ/SL	172	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	173	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T6-ANQ/SL	174	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila	Perenne	1.7	2.27
				Aq'a	leñosa			

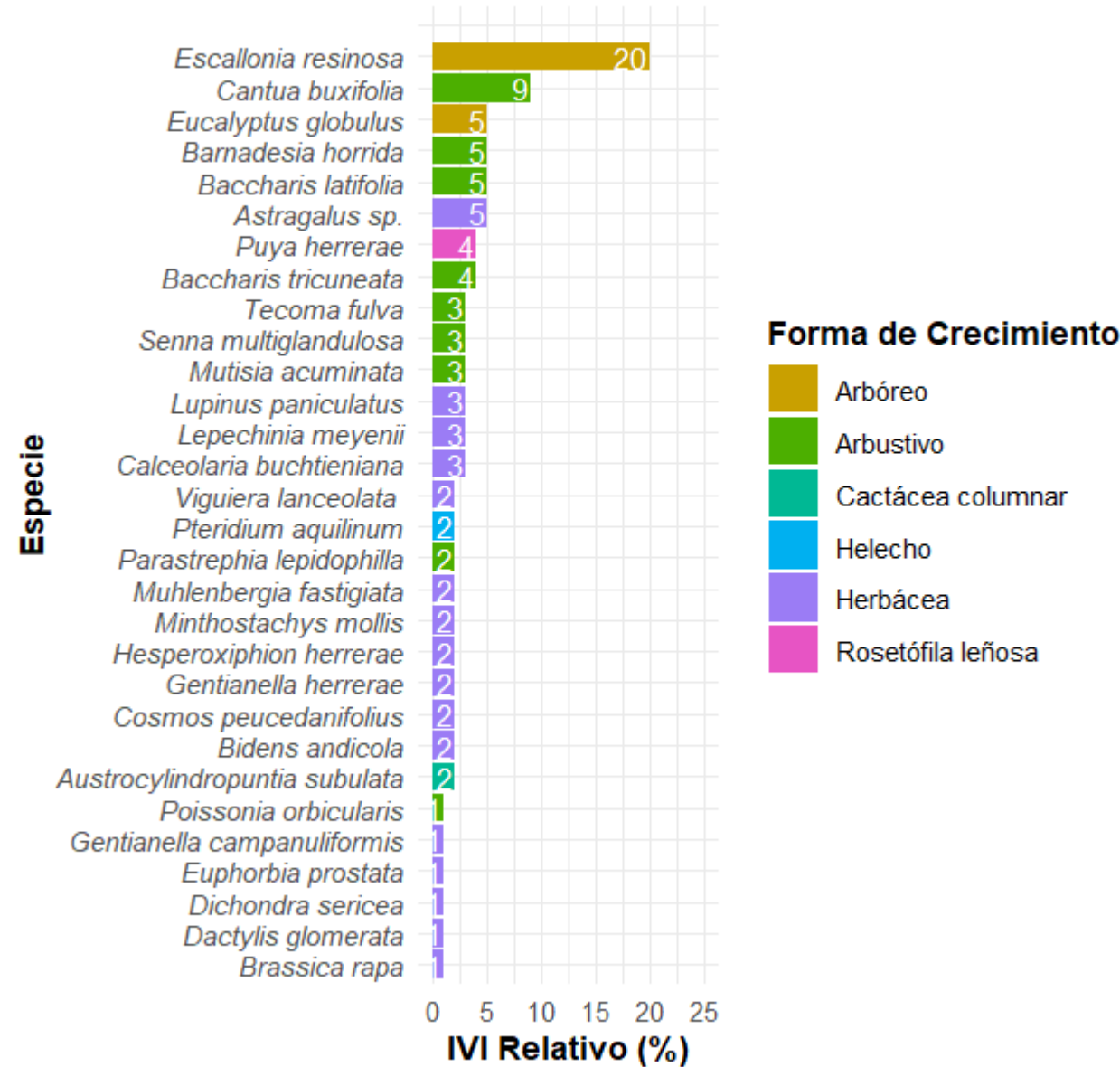
T6-ANQ/SL	175	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T6-ANQ/SL	176	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T6-ANQ/SL	177	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	4.5	15.90
T6-ANQ/SL	178	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	179	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	180	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T6-ANQ/SL	181	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T6-ANQ/SL	182	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T6-ANQ/SL	183	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	2	3.14

Cuadro 33: Cantidad relativa, grado de predominio, ocurrencia y valor de importancia (IVI) de las especies vegetales en la zona de estudio **no quemada – Santa Lucía.**

Especie	N° Ind.	Abund. Absoluta (N/Ha)	Abund. Relativa (%)	Dom. Absoluta (m ² /Ha)	Dom. Relelativa (%)	Freq. Relativa (%)	IVI Relativo (%)
<i>Escallonia resinosa</i>	15	250.00	8.20	4891.73	46.47	5.83	20.17
<i>Cantua buxifolia</i>	8	133.33	4.37	1977.28	18.79	3.88	9.01
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	66.67	2.19	1217.37	11.57	1.94	5.23
<i>Barnadesia horrida</i>	14	233.33	7.65	153.60	1.46	5.83	4.98
<i>Astragalus</i> sp.	13	216.67	7.10	141.63	1.35	5.83	4.76
<i>Baccharis latifolia</i>	12	200.00	6.56	144.81	1.38	5.83	4.59
<i>Baccharis tricuneata</i>	3	50.00	1.64	842.21	8.00	1.94	3.86
<i>Puya herrerae</i>	6	100.00	3.28	246.35	2.34	5.83	3.81
<i>Tecoma fulva</i>	5	83.33	2.73	251.85	2.39	3.88	3.00
<i>Lepechinia meyenii</i>	11	183.33	6.01	2.37	0.02	2.91	2.98
<i>Lupinus paniculatus</i>	7	116.67	3.83	118.22	1.12	3.88	2.94
<i>Mutisia acuminata</i>	5	83.33	2.73	262.72	2.50	2.91	2.71
<i>Senna multiglandulosa</i>	7	116.67	3.83	34.54	0.33	3.88	2.68
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	5	83.33	2.73	3.05	0.03	4.85	2.54
<i>Pteridium aquilinum</i>	8	133.33	4.37	5.29	0.05	2.91	2.44
<i>Bidens andicola</i>	8	133.33	4.37	1.82	0.02	2.91	2.43
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	6	100.00	3.28	2.01	0.02	3.88	2.39
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	116.67	3.83	19.01	0.18	2.91	2.31
<i>Gentianella herrerae</i>	5	83.33	2.73	7.15	0.07	3.88	2.23
<i>Viguiera lanceolata</i>	5	83.33	2.73	68.72	0.65	2.91	2.10
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	6	100.00	3.28	0.97	0.01	2.91	2.07
<i>Parastrephia lepidophilla</i>	3	50.00	1.64	66.10	0.63	2.91	1.73
<i>Minthostachys mollis</i>	4	66.67	2.19	1.87	0.02	2.91	1.71
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	3	50.00	1.64	0.94	0.01	2.91	1.52
<i>Poissonia orbicularis</i>	2	33.33	1.09	48.94	0.46	1.94	1.17
<i>Brassica rapa</i>	2	33.33	1.09	3.36	0.03	1.94	1.02
<i>Gentianella campanuliformis</i>	2	33.33	1.09	1.05	0.01	1.94	1.01
<i>Euphorbia próstata</i>	2	33.33	1.09	0.82	0.01	1.94	1.01
<i>Dactylis glomerata</i>	3	50.00	1.64	1.37	0.01	0.97	0.87
<i>Dichondra sericea</i>	2	33.33	1.09	8.51	0.08	0.97	0.71
Total	183	3050.00	100.00	10525.67	100.00	100.00	100.00

Imagen 1: Valores porcentuales del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies vegetales en el área **no quemada** de la comunidad de **Santa Lucía**, provincia de Acomayo, Cusco, 2024.

IVI Relativo de Especies - Área No Quemada, Santa Lucía



Anexo L: Inventario florístico del área quemada en la comunidad de Santa Lucía.

Transecto	N° de planta	Familia	Género/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de vida	DC (m)	Cobertura (m²)
T1-ANQ/SL	1	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T1-ANQ/SL	2	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T1-ANQ/SL	3	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.35	0.10
T1-ANQ/SL	4	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	5	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	6	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T1-ANQ/SL	7	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T1-ANQ/SL	8	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1	0.79
T1-ANQ/SL	9	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.66	0.34
T1-ANQ/SL	10	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T1-ANQ/SL	11	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	12	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	13	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	14	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	15	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T1-ANQ/SL	16	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T1-ANQ/SL	17	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	18	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T1-ANQ/SL	19	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Herbácea (Helecho)	Perenne	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	20	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	2	3.14
T1-ANQ/SL	21	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T1-ANQ/SL	22	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T1-ANQ/SL	23	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	24	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	25	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	26	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13

T1-ANQ/SL	27	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	28	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Herbácea (Helecho)	Perenne	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	29	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	30	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T1-ANQ/SL	31	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T1-ANQ/SL	32	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.35	0.10
T1-ANQ/SL	33	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.35	0.10
T1-ANQ/SL	34	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Annual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	35	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	36	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Herbácea (Helecho)	Perenne	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	37	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T1-ANQ/SL	38	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	39	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.35	0.10
T1-ANQ/SL	40	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Herbácea (Helecho)	Perenne	0.2	0.03
T1-ANQ/SL	41	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Annual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	42	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Annual	0.4	0.13
T1-ANQ/SL	43	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	44	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T1-ANQ/SL	45	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea	Perenne	4	12.57
T2-ANQ/SL	46	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Annual	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	47	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	48	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Annual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	49	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Annual	1.1	0.95
T2-ANQ/SL	50	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	2	3.14
T2-ANQ/SL	51	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.7	0.38
T2-ANQ/SL	52	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.4	0.13
T2-ANQ/SL	53	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	54	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07

T2-ANQ/SL	55	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	56	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T2-ANQ/SL	57	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	58	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	59	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	60	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	61	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T2-ANQ/SL	62	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	63	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	64	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	65	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	66	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	67	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1.8	2.54
T2-ANQ/SL	68	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	69	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.4	0.13
T2-ANQ/SL	70	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T2-ANQ/SL	71	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	72	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	73	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	74	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.35	0.10
T2-ANQ/SL	75	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	76	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T2-ANQ/SL	77	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	78	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T2-ANQ/SL	79	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.7	0.38
T2-ANQ/SL	80	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	81	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T2-ANQ/SL	82	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	83	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T2-ANQ/SL	84	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01

T2-ANQ/SL	85	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	86	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-ANQ/SL	87	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	88	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	89	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	90	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T2-ANQ/SL	91	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	92	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	93	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T2-ANQ/SL	94	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.7	0.38
T2-ANQ/SL	95	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	96	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	97	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/SL	98	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/SL	99	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/SL	100	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T2-ANQ/SL	101	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T3-ANQ/SL	102	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	103	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	104	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	105	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T3-ANQ/SL	106	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/SL	107	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	108	Laminaceae	<i>Lepechinia meneyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	109	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	110	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T3-ANQ/SL	111	Laminaceae	<i>Lepechinia meneyenii</i>	Pampa Salvia, Pacha Salvia	Herbácea	Perenne	0.15	0.02

T3-ANQ/SL	112	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.35	0.10
T3-ANQ/SL	113	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	114	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1	0.79
T3-ANQ/SL	115	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T3-ANQ/SL	116	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	117	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	118	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	119	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T3-ANQ/SL	120	Cactacea	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	121	Cactacea	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.12	0.01
T3-ANQ/SL	122	Cactacea	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	123	Cactacea	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	124	Cactacea	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.08	0.01
T3-ANQ/SL	125	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	126	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	127	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	128	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T3-ANQ/SL	129	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	130	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	131	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	132	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-ANQ/SL	133	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	134	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.35	0.10
T3-ANQ/SL	135	Gentianáceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-ANQ/SL	136	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	137	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.3	0.07

T3-ANQ/SL	138	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	139	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	140	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/SL	141	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	142	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-ANQ/SL	143	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	144	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	145	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T3-ANQ/SL	146	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	147	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-ANQ/SL	148	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	149	Polemoniaceae	<i>Cantua buxifolia</i>	Kantu, Cantuta	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T3-ANQ/SL	150	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	151	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	152	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T3-ANQ/SL	153	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T3-ANQ/SL	154	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T3-ANQ/SL	155	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/SL	156	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/SL	157	Laminaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T3-ANQ/SL	158	Gentianácea	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/SL	159	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T4-ANQ/SL	160	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1.5	1.77
T4-ANQ/SL	161	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T4-ANQ/SL	162	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	163	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	164	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T4-ANQ/SL	165	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	166	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T4-ANQ/SL	167	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14

T4-ANQ/SL	168	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	169	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T4-ANQ/SL	170	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.3	1.33
T4-ANQ/SL	171	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	172	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	173	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.5	0.20
T4-ANQ/SL	174	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T4-ANQ/SL	175	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	176	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	177	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T4-ANQ/SL	178	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T4-ANQ/SL	179	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	180	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.9	0.64
T4-ANQ/SL	181	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	182	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	183	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	184	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T4-ANQ/SL	185	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T4-ANQ/SL	186	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	187	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	188	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	189	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.18	0.03
T4-ANQ/SL	190	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	191	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	192	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T4-ANQ/SL	193	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	194	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	195	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	196	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.12	0.01

T4-ANQ/SL	197	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Anual	0.8	0.50
T4-ANQ/SL	198	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Bolsa	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	199	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Llaulli	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T4-ANQ/SL	200	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	201	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-ANQ/SL	202	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T4-ANQ/SL	203	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Sunchu	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	204	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Jusq'a	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T4-ANQ/SL	205	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/SL	206	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Bolsa	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T4-ANQ/SL	207	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Qera	Herbácea	Anual	1.2	1.13
T4-ANQ/SL	208	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	1	0.79
T4-ANQ/SL	209	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Sunchu	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	210	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Jusq'a	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	211	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Lacri lacri	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	212	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T5-ANQ/SL	213	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Bolsa	Arbóreo	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	214	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Chachacoma	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T5-ANQ/SL	215	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-ANQ/SL	216	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Mutuy	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	217	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	218	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Zapatilla, Bolsa	Arbóreo	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/SL	219	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Bolsa	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T5-ANQ/SL	220	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Mutuy	Herbácea	Anual	0.18	0.03
T5-ANQ/SL	221	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Zapatilla, Bolsa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-ANQ/SL	222	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
				Sunchu	Herbácea	Anual	0.3	0.07

T5-ANQ/SL	223	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/SL	224	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	225	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	226	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20
T5-ANQ/SL	227	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	228	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	229	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T5-ANQ/SL	230	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/SL	231	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-ANQ/SL	232	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.4	0.13
T5-ANQ/SL	233	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	234	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	235	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	236	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	237	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	238	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	239	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T5-ANQ/SL	240	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T5-ANQ/SL	241	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.18	0.03
T5-ANQ/SL	242	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T5-ANQ/SL	243	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/SL	244	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-ANQ/SL	245	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/SL	246	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/SL	247	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/SL	248	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	0.9	0.64
T5-ANQ/SL	249	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T6-ANQ/SL	250	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20

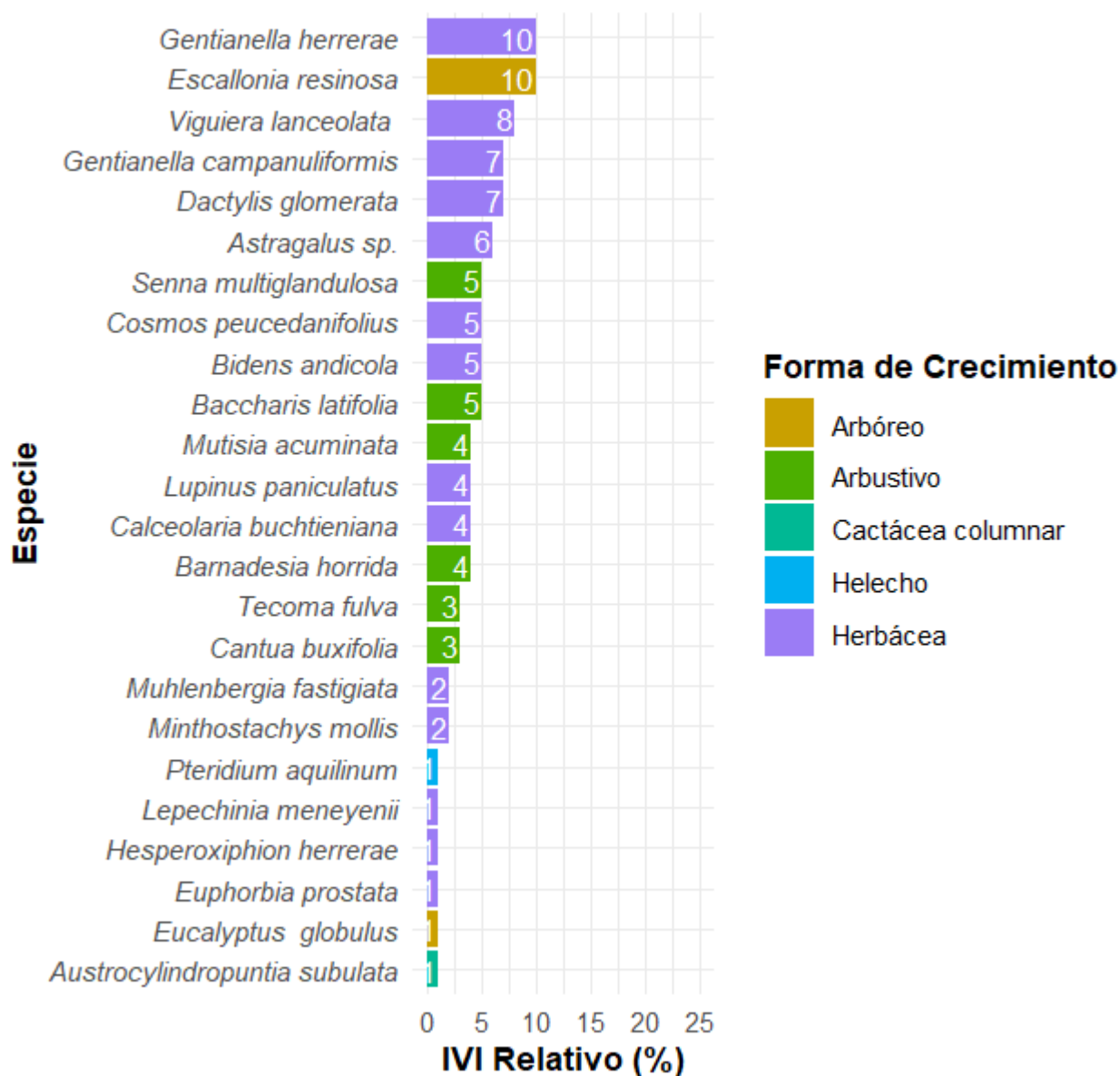
T6-ANQ/SL	251	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	252	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1.2	1.13
T6-ANQ/SL	253	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T6-ANQ/SL	254	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T6-ANQ/SL	255	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T6-ANQ/SL	256	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	257	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.2	0.03
T6-ANQ/SL	258	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	259	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	260	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	261	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	262	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T6-ANQ/SL	263	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.5	0.20
T6-ANQ/SL	264	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	1	0.79
T6-ANQ/SL	265	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T6-ANQ/SL	266	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.5	0.20
T6-ANQ/SL	267	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.1	0.01
T6-ANQ/SL	268	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T6-ANQ/SL	269	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T6-ANQ/SL	270	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.15	0.02
T6-ANQ/SL	271	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	272	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Annual	0.15	0.02
T6-ANQ/SL	273	Asteraceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Sunchu	Herbácea	Annual	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	274	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	275	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T6-ANQ/SL	276	Gentianaceae	<i>Gentianella campanuliformis</i>	Lacri lacri	Herbácea	Annual	0.15	0.02
T6-ANQ/SL	277	Bignoniaceae	<i>Tecoma fulva</i>	Guaranguay, campanita	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13

Cuadro 34: Cantidad relativa, grado de predominio, ocurrencia y valor de importancia (IVI) de las especies vegetales en la zona de estudio **área quemada – Santa Lucía.**

Especie	N° Ind.	Abund. Absoluta (N/Ha)	Abund. Relativa (%)	Dom. Absoluta (m²/Ha)	Dom. Relativa (%)	Freq. Relativa (%)	IVI Relativo (%)
<i>Escallonia resinosa</i>	15	250.00	8.20	4891.7	46.47	5.83	20.17
<i>Cantua buxifolia</i>	8	133.33	4.37	1977.3	18.79	3.88	9.01
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	66.67	2.19	1217.37	11.57	1.94	5.23
<i>Barnadesia horrida</i>	14	233.33	7.65	153.60	1.46	5.83	4.98
<i>Astragalus</i> sp.	13	216.67	7.10	141.63	1.35	5.83	4.76
<i>Baccharis latifolia</i>	12	200.00	6.56	144.81	1.38	5.83	4.59
<i>Baccharis tricuneata</i>	3	50.00	1.64	842.21	8.00	1.94	3.86
<i>Puya herrerae</i>	6	100.00	3.28	246.35	2.34	5.83	3.81
<i>Tecoma fulva</i>	5	83.33	2.73	251.85	2.39	3.88	3.00
<i>Lepechinia meyenii</i>	11	183.33	6.01	2.37	0.02	2.91	2.98
<i>Lupinus paniculatus</i>	7	116.67	3.83	118.22	1.12	3.88	2.94
<i>Mutisia acuminata</i>	5	83.33	2.73	262.72	2.50	2.91	2.71
<i>Senna multiglandulosa</i>	7	116.67	3.83	34.54	0.33	3.88	2.68
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	5	83.33	2.73	3.05	0.03	4.85	2.54
<i>Pteridium aquilinum</i>	8	133.33	4.37	5.29	0.05	2.91	2.44
<i>Bidens andicola</i>	8	133.33	4.37	1.82	0.02	2.91	2.43
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	6	100.00	3.28	2.01	0.02	3.88	2.39
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	116.67	3.83	19.01	0.18	2.91	2.31
<i>Gentianella herrerae</i>	5	83.33	2.73	7.15	0.07	3.88	2.23
<i>Viguiera lanceolata</i>	5	83.33	2.73	68.72	0.65	2.91	2.10
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	6	100.00	3.28	0.97	0.01	2.91	2.07
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	3	50.00	1.64	66.10	0.63	2.91	1.73
<i>Minthostachys mollis</i>	4	66.67	2.19	1.87	0.02	2.91	1.71
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	3	50.00	1.64	0.94	0.01	2.91	1.52
<i>Poissonia orbicularis</i>	2	33.33	1.09	48.94	0.46	1.94	1.17
<i>Brassica rapa</i>	2	33.33	1.09	3.36	0.03	1.94	1.02
<i>Gentianella campanuliformis</i>	2	33.33	1.09	1.05	0.01	1.94	1.01
<i>Euphorbia prostata</i>	2	33.33	1.09	0.82	0.01	1.94	1.01
<i>Dactylis glomerata</i>	3	50.00	1.64	1.37	0.01	0.97	0.87
<i>Dichondra sericea</i>	2	33.33	1.09	8.51	0.08	0.97	0.71
Total	183	3050.00	100.00	10525.67	100.00	100.00	100.00

Imagen 2: Valores porcentuales del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies vegetales en el **área quemada** de la comunidad de **Santa Lucía**, provincia de Acomayo, Cusco, 2

IVI Relativo de Especies - Área Quemada, Santa Lucía



Anexo M: *Inventario florístico del área no quemada en la comunidad de Toccorani.*

Transecto	N° de planta	Familia	Género/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de vida	DC (m)	Cobertura (m²)
T1-ANQ/T	1	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	4	12.57
T1-ANQ/T	2	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	1.3	1.33
T1-ANQ/T	3	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T1-ANQ/T	4	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T1-ANQ/T	5	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T1-ANQ/T	6	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.4	1.54
T1-ANQ/T	7	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T1-ANQ/T	8	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T1-ANQ/T	9	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T1-ANQ/T	10	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T1-ANQ/T	11	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-ANQ/T	12	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.7	0.38
T1-ANQ/T	13	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	1.4	1.54
T1-ANQ/T	14	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T1-ANQ/T	15	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T1-ANQ/T	16	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-ANQ/T	17	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T1-ANQ/T	18	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.4	0.13
T1-ANQ/T	19	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-ANQ/T	20	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T1-ANQ/T	21	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-ANQ/T	22	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T2-ANQ/T	23	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T2-ANQ/T	24	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T2-ANQ/T	25	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02

T2-ANQ/T	26	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20
T2-ANQ/T	27	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-ANQ/T	28	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	3.5	9.62
T2-ANQ/T	29	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T2-ANQ/T	30	Cactaceae	<i>Echinopsis pachanoi</i>	San Pedro	Cactácea columnar	Perenne	0.8	0.50
T2-ANQ/T	31	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-ANQ/T	32	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.5	4.91
T2-ANQ/T	33	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79
T2-ANQ/T	34	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T2-ANQ/T	35	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	2	3.14
T2-ANQ/T	36	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.9	0.64
T2-ANQ/T	37	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	6	28.27
T2-ANQ/T	38	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/T	39	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T2-ANQ/T	40	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T2-ANQ/T	41	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	4	12.57
T2-ANQ/T	42	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T2-ANQ/T	43	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-ANQ/T	44	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T2-ANQ/T	45	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.5	4.91
T3-ANQ/T	46	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T3-ANQ/T	47	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T3-ANQ/T	48	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T3-ANQ/T	49	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.4	0.13
T3-ANQ/T	50	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/T	51	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	4	12.57
T3-ANQ/T	52	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.3	4.15

T3-ANQ/T	53	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/T	54	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T3-ANQ/T	55	Cactaceae	<i>Echinopsis pachanoi</i>	San Pedro	Cactacea columnar	Perenne	0.8	0.50
T3-ANQ/T	56	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T3-ANQ/T	57	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T3-ANQ/T	58	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T3-ANQ/T	59	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T3-ANQ/T	60	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T3-ANQ/T	61	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/T	62	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/T	63	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T3-ANQ/T	64	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T3-ANQ/T	65	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-ANQ/T	66	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	2.3	4.15
T3-ANQ/T	67	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T3-ANQ/T	68	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T3-ANQ/T	69	Fabaceae	<i>Senna multiglandulosa</i>	Mutuy	Arbustivo	Perenne	0.7	0.38
T3-ANQ/T	70	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T3-ANQ/T	71	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1.3	1.33
T3-ANQ/T	72	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-ANQ/T	73	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T4-ANQ/T	74	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.5	1.77
T4-ANQ/T	75	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	6	28.27
T4-ANQ/T	76	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Rata rata	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T4-ANQ/T	77	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T4-ANQ/T	78	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.6	2.01
T4-ANQ/T	79	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	2	3.14

T4-ANQ/T	80	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/T	81	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T4-ANQ/T	82	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.8	2.54
T4-ANQ/T	83	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/T	84	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/T	85	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.8	0.50
T4-ANQ/T	86	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.25	0.05
T4-ANQ/T	87	Bromeliaceae	<i>Puya herrerae</i>	Achuqalla, Aq'a Aq'a	Rosetófila leñosa	Perenne	1.5	1.77
T4-ANQ/T	88	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/T	89	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T4-ANQ/T	90	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1.1	0.95
T4-ANQ/T	91	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/T	92	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/T	93	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	8	50.27
T4-ANQ/T	94	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.35	0.10
T4-ANQ/T	95	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T4-ANQ/T	96	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-ANQ/T	97	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.25	0.05
T4-ANQ/T	98	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T4-ANQ/T	99	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	5	19.64
T4-ANQ/T	100	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T4-ANQ/T	101	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-ANQ/T	102	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Rata rata	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T4-ANQ/T	103	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T4-ANQ/T	104	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Rata rata	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-ANQ/T	105	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T5-ANQ/T	106	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79

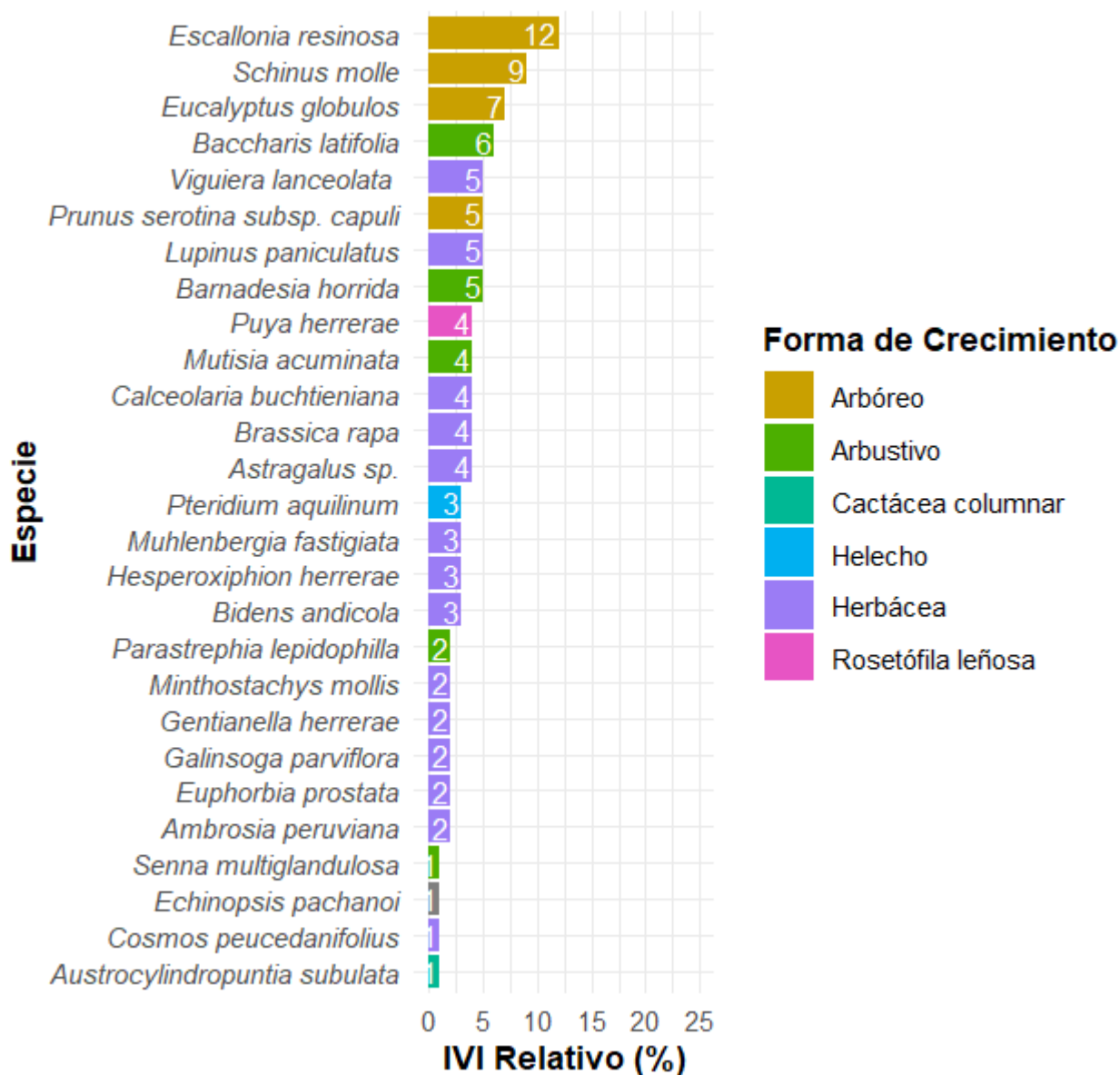
T5-ANQ/T	107	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.5	1.77
T5-ANQ/T	108	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/T	109	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T5-ANQ/T	110	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T5-ANQ/T	111	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.5	1.77
T5-ANQ/T	112	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.5	1.77
T5-ANQ/T	113	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	7	38.48
T5-ANQ/T	114	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/T	115	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T5-ANQ/T	116	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T5-ANQ/T	117	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-ANQ/T	118	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/T	119	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T5-ANQ/T	120	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.6	2.01
T5-ANQ/T	121	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.2	1.13
T5-ANQ/T	122	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/T	123	Asteraceae	<i>Galinsoga parviflora</i>	Rata rata	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T5-ANQ/T	124	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/T	125	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/T	126	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-ANQ/T	127	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/T	128	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.7	0.38
T5-ANQ/T	129	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T5-ANQ/T	130	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T5-ANQ/T	131	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T5-ANQ/T	132	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.4	1.54
T5-ANQ/T	133	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.8	0.50
T5-ANQ/T	134	Rosaceae	<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	Capulí	Arbóreo	Perenne	8	50.27
T5-ANQ/T	135	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03

Cuadro 35: Cantidad relativa, grado de predominio, ocurrencia y valor de importancia (IVI) de las especies vegetales en la zona de estudio **área no quemada – Toccoarani.**

Especie	N° Ind.	Abund. Absoluta (N/Ha)	Abund. Relativa (%)	Dom. Absoluta (m²/Ha)	Dom. Relelativa (%)	Freq. Relativa (%)	IVI Relativo (%)
<i>Ambrosia peruviana</i>	4	66.67	2.96	3.40	0.05	4.00	2.34
<i>Astragalus sp.</i>	8	133.33	5.93	125.01	1.84	5.33	4.37
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	1	16.67	0.74	0.13	0.00	1.33	0.69
<i>Baccharis latifolia</i>	9	150.00	6.67	241.51	3.56	6.67	5.63
<i>Barnadesia horrida</i>	9	150.00	6.67	116.50	1.72	6.67	5.02
<i>Bidens andicola</i>	7	116.67	5.19	5.66	0.08	4.00	3.09
<i>Brassica rapa</i>	7	116.67	5.19	106.16	1.56	4.00	3.58
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	8	133.33	5.93	5.69	0.08	5.33	3.78
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	1	16.67	0.74	0.29	0.00	1.33	0.69
<i>Echinopsis pachanoi</i>	2	33.33	1.48	16.76	0.25	2.67	1.47
<i>Escallonia resinosa</i>	6	100.00	4.44	1704.97	25.13	5.33	11.63
<i>Eucalyptus globulus</i>	3	50.00	2.22	1007.93	14.85	4.00	7.03
<i>Euphorbia prostata</i>	4	66.67	2.96	1.87	0.03	4.00	2.33
<i>Galinsoga parviflora</i>	4	66.67	2.96	8.90	0.13	2.67	1.92
<i>Gentianella herrerae</i>	4	66.67	2.96	4.61	0.07	2.67	1.90
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	5	83.33	3.70	1.27	0.02	4.00	2.57
<i>Lupinus paniculatus</i>	10	166.67	7.41	211.53	3.12	4.00	4.84
<i>Minthostachys mollis</i>	4	66.67	2.96	2.39	0.04	2.67	1.89
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	7	116.67	5.19	26.70	0.39	4.00	3.19
<i>Mutisia acuminata</i>	5	83.33	3.70	344.53	5.08	4.00	4.26
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	3	50.00	2.22	70.42	1.04	4.00	2.42
<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	1	16.67	0.74	837.76	12.35	1.33	4.81
<i>Pteridium aquilinum</i>	6	100.00	4.44	65.19	0.96	2.67	2.69
<i>Puya herrerae</i>	5	83.33	3.70	193.08	2.85	4.00	3.52
<i>Schinus molle</i>	2	33.33	1.48	1479.17	21.80	2.67	8.65
<i>Senna multiglandulosa</i>	2	33.33	1.48	14.79	0.22	1.33	1.01
<i>Viguiera lanceolata</i>	8	133.33	5.93	189.28	2.79	5.33	4.68
Total	135	2250.00	100.00	6785.52	100.00	100.00	100.00

Imagen 3: Valores porcentuales del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies vegetales en el **área no quemada** de la comunidad de **Toccorani**, provincia de Acomayo, Cusco, 2024.

IVI Relativo de Especies - Área No Quemada, Toccorani



Anexo N: Inventario florístico del área quemada en la comunidad de Toccorani.

Transecto	N° de planta	Familia	Género/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento	Duración de vida	DC (m)	Cobertura (m²)
T1-AQ/T	1	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	3	7.07
T1-AQ/T	2	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-AQ/T	3	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2.3	4.15
T1-AQ/T	4	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T1-AQ/T	5	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.4	0.13
T1-AQ/T	6	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.8	0.50
T1-AQ/T	7	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T1-AQ/T	8	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T1-AQ/T	9	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T1-AQ/T	10	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	1.3	1.33
T1-AQ/T	11	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-AQ/T	12	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T1-AQ/T	13	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T1-AQ/T	14	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.35	0.10
T1-AQ/T	15	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T1-AQ/T	16	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T1-AQ/T	17	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T1-AQ/T	18	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T1-AQ/T	19	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T1-AQ/T	20	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T1-AQ/T	21	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	1.3	1.33
T1-AQ/T	22	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T1-AQ/T	23	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	3	7.07
T1-AQ/T	24	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.3	0.07
T1-AQ/T	25	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T2-AQ/T	26	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.1	0.01

T2-AQ/T	27	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.8	0.50
T2-AQ/T	28	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T2-AQ/T	29	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T2-AQ/T	30	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.5	0.20
T2-AQ/T	31	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-AQ/T	32	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-AQ/T	33	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	1	0.79
T2-AQ/T	34	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.12	0.01
T2-AQ/T	35	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T2-AQ/T	36	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20
T2-AQ/T	37	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T2-AQ/T	38	Asteraceae	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Panti	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T2-AQ/T	39	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T2-AQ/T	40	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T2-AQ/T	41	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T2-AQ/T	42	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T2-AQ/T	43	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T2-AQ/T	44	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T2-AQ/T	45	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T2-AQ/T	46	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T2-AQ/T	47	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.8	2.54
T2-AQ/T	48	Asteraceae	<i>Mutisia acuminata</i>	Chinchircuma	Arbustivo	Perenne	1.5	1.77
T2-AQ/T	49	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.6	0.28
T2-AQ/T	50	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T2-AQ/T	51	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-AQ/T	52	Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i>	Chichimpa	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-AQ/T	53	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T3-AQ/T	54	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T3-AQ/T	55	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.8	0.50

T3-AQ/T	56	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T3-AQ/T	57	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-AQ/T	58	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.4	0.13
T3-AQ/T	59	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	2	3.14
T3-AQ/T	60	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.1	0.01
T3-AQ/T	61	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T3-AQ/T	62	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Nabo	Herbácea	Anual	0.5	0.20
T3-AQ/T	63	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1	0.79
T3-AQ/T	64	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T3-AQ/T	65	Cactaceae	<i>Echinopsis pachanoi</i>	San Pedro	Cactacea columnar	Perenne	1.2	1.13
T3-AQ/T	66	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-AQ/T	67	Poaceae	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Qoya	Herbácea	Perenne	0.5	0.20
T3-AQ/T	68	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T3-AQ/T	69	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.4	0.13
T3-AQ/T	70	Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Arbóreo	Perenne	0.3	0.07
T3-AQ/T	71	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.2	1.13
T3-AQ/T	72	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T3-AQ/T	73	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T3-AQ/T	74	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T3-AQ/T	75	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.1	0.01
T3-AQ/T	76	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Pata Quiska	Cactácea columnar	Perenne	0.12	0.01
T3-AQ/T	77	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T3-AQ/T	78	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-AQ/T	79	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	1.2	1.13
T4-AQ/T	80	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T4-AQ/T	81	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	7	38.48
T4-AQ/T	82	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-AQ/T	83	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	0.25	0.05

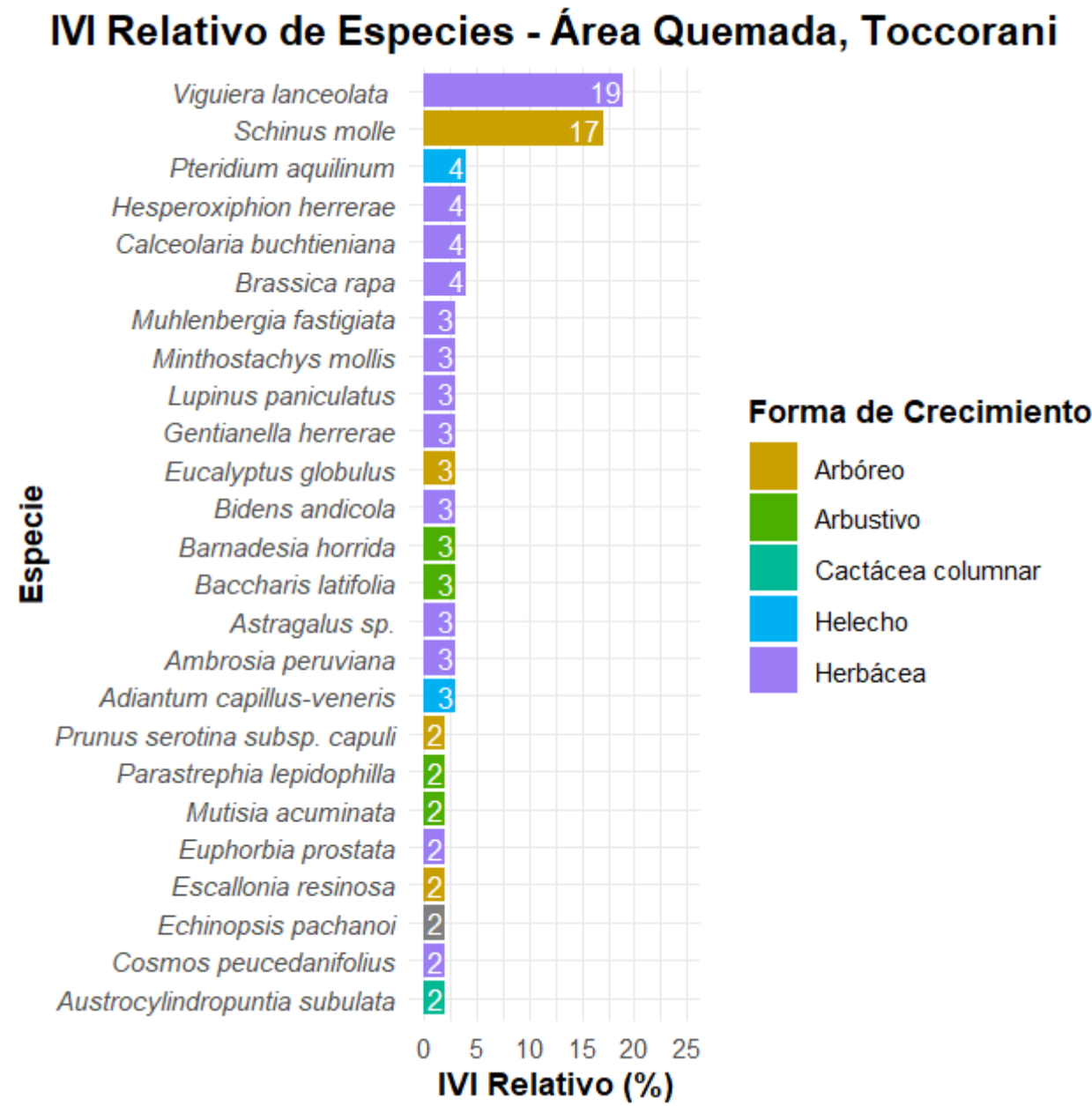
T4-AQ/T	84	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T4-AQ/T	85	Calceolariaceae	<i>Calceolaria buchtieniana</i>	Zapatilla, Bolsa Bolsa	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T4-AQ/T	86	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T4-AQ/T	87	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	0.3	0.07
T4-AQ/T	88	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.2	0.03
T4-AQ/T	89	Rosaceae	<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	Capulí	Arbóreo	Perenne	1.2	1.13
T4-AQ/T	90	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T4-AQ/T	91	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T4-AQ/T	92	Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	Jusq'a	Herbácea	Perenne	0.6	0.28
T4-AQ/T	93	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T4-AQ/T	94	Asteraceae	<i>Barnadesia horrida</i>	Llaulli	Arbustivo	Perenne	0.5	0.20
T4-AQ/T	95	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T4-AQ/T	96	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T4-AQ/T	97	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.8	0.50
T5-AQ/T	98	Escalloniaceae	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacoma	Arbóreo	Perenne	0.1	0.01
T5-AQ/T	99	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea	Anual	0.2	0.03
T5-AQ/T	100	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	1	0.79
T5-AQ/T	101	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	102	Asteraceae	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Tola tola	Arbustivo	Perenne	0.35	0.10
T5-AQ/T	103	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-AQ/T	104	Asteraceae	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea	Anual	1.5	1.77
T5-AQ/T	105	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	106	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-AQ/T	107	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	108	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-AQ/T	109	Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Raqui Raqui	Helecho	Perenne	0.7	0.38
T5-AQ/T	110	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	111	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Muña	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	112	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-AQ/T	113	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo	Perenne	6	28.27

T5-AQ/T	114	Gentianaceae	<i>Gentianella herrerae</i>	Pfallcha	Herbácea	Anual	0.3	0.07
T5-AQ/T	115	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i>	Culantrillo	Helecho	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	116	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Quico Quico	Herbácea	Anual	0.15	0.02
T5-AQ/T	117	Fabaceae	<i>Lupinus paniculatus</i>	Qera	Herbácea	Perenne	0.3	0.07
T5-AQ/T	118	Iridaceae	<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	Michi Michi	Herbácea	Anual	0.1	0.01
T5-AQ/T	119	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Arbustivo	Perenne	0.2	0.03

Cuadro 36: Cantidad relativa, grado de predominio, ocurrencia y valor de importancia (IVI) de las especies vegetales en la zona de estudio **área quemada – Toccoarani.**

Especie	N° Ind.	Abund. Absoluta (N/Ha)	Abund. Relativa (%)	Dom. Absoluta (m²/Ha)	Dom. Relelativa (%)	Freq. Relativa (%)	IVI Relativo (%)
<i>Viguiera lanceolata</i>	21	350.00	17.65	868.52	36.27	4.00	19.31
<i>Schinus molle</i>	2	33.33	1.68	1112.65	46.47	4.00	17.38
<i>Hesperoxiphion herrerae</i>	9	150.00	7.56	1.85	0.08	4.00	3.88
<i>Brassica rapa</i>	5	83.33	4.20	77.23	3.23	4.00	3.81
<i>Calceolaria buchtieniana</i>	7	116.67	5.88	25.30	1.06	4.00	3.65
<i>Pteridium aquilinum</i>	5	83.33	4.20	58.77	2.45	4.00	3.55
<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	6	100.00	5.04	29.19	1.22	4.00	3.42
<i>Minthostachys mollis</i>	7	116.67	5.88	4.97	0.21	4.00	3.36
<i>Bidens andicola</i>	7	116.67	5.88	4.78	0.20	4.00	3.36
<i>Astragalus sp.</i>	4	66.67	3.36	48.30	2.02	4.00	3.13
<i>Gentianella herrerae</i>	6	100.00	5.04	4.71	0.20	4.00	3.08
<i>Lupinus paniculatus</i>	4	66.67	3.36	34.95	1.46	4.00	2.94
<i>Barnadesia horrida</i>	5	83.33	4.20	11.91	0.50	4.00	2.90
<i>Adiantum capillus- veneris</i>	5	83.33	4.20	5.53	0.23	4.00	2.81
<i>Baccharis latifolia</i>	4	66.67	3.36	22.15	0.93	4.00	2.76
<i>Eucalyptus globulus</i>	4	66.67	3.36	7.72	0.32	4.00	2.56
<i>Ambrosia peruviana</i>	4	66.67	3.36	4.32	0.18	4.00	2.51
<i>Cosmos peucedanifolius</i>	4	66.67	3.36	0.69	0.03	4.00	2.46
<i>Mutisia acuminata</i>	1	16.67	0.84	29.45	1.23	4.00	2.02
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	2	33.33	1.68	2.78	0.12	4.00	1.93
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	2	33.33	1.68	0.32	0.01	4.00	1.90
<i>Escallonia resinosa</i>	2	33.33	1.68	0.26	0.01	4.00	1.90
<i>Echinopsis pachanoi</i>	1	16.67	0.84	18.85	0.79	4.00	1.88
<i>Prunus serotina subsp. capuli</i>	1	16.67	0.84	18.85	0.79	4.00	1.88
<i>Euphorbia prostata</i>	1	16.67	0.84	0.52	0.02	4.00	1.62
Total	119	1983.33	100.00	2394.60	100.00	100.00	100.00

Imagen 4: Valores porcentuales del Índice de Valor de Importancia (IVI) de las especies vegetales en el área **no quemada** de la comunidad de **Toccorani**, provincia de Acomayo, Cusco, 2024.



Anexo O: Registro climático de la estación meteorológica de Pomacanchi.

	V Cod Bp	Variable	Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
812	52	HR101	2019	83.54	83.64	82.81	81.17	79.64	76.37	75.13	70.91	72.35	71.29	78.41	76.9
812	52	HR101	2020	79.33	82.19	81.49			71.51	66.95	65.89	70.72	73.54	71.57	79.72
812	52	HR101	2021	83.11	83.79	82.84	79.28	73.55	71.83	68.69	70.55	71.97	70.41	75.3	80.14
812	52	HR101	2022	80.54	82.77	83.19	77.34	75.82	71.67	72.77	73.37	71.35	69.28	70.27	78.26
812	52	HR101	2023	78.95	80.33	82.8		77.66	70.03	71	72.58	74.51	73.33	77.77	79.5
812	52	HR101	2024	81.08	81.61	83.13	78.56	75.25	71.62	68	71.5	75.45	77.2	80.33	85
812	52	HR101	2025	87.01	88.18	87.84	87.04	86.51	76.51	67.07					
812	52	PT101	2019	125.1	168.4	155.9	60.1	8	0	4.6	1.4	4.6	44.8	227.3	230.9
812	52	PT101	2020	162.4	214.7					0	0.2	10.2	56.7	119.4	124.2
812	52	PT101	2021	157.3	105	150.4	57.2	9.2		2.4			53.4	95	198.8
812	52	PT101	2022	198.8	155.6	208	87.8	0	0.3	0	0.7	16.9	8	23.7	122.7
812	52	PT101	2023	79.1	124.3	168.6	66.6	35.6	0	0.1	9	31.5	45.9	114.9	V Cod Esta
812	52	PT101	2024	111.6	146.4	161.1	58.6	10.1	5.7	0	0	18.3	82	145.9	114.7
812	52	PT101	2025	187.7	153.7	104.6	79	26.8	0.8	0					
812	52	TM102	2019	17.51	16.8	17.01	17.66	17.99	18.33	18.26	19.49	18.92	19.28	17.64	17.48
812	52	TM102	2020	17.24	16.94	17.67			18.19	19.22	19.34	18.76	18.65	20.63	17.53
812	52	TM102	2021	16.54	16.98	16.27	16.91	17.27	17.41	18.22	18.83	19.3	20.15	18.41	17.09
812	52	TM102	2022	16.53	16.43	16.66	17.92	17.59	17.12	18.62	18.98	19.56	20.37	21.19	17.74
812	52	TM102	2023	18.08	16.95	16.67	17.51	17.01	18.18	19.75	19.6	19.29	20.32	19.62	18.42
812	52	TM102	2024	18.67	17.81	17.91	18.63	18.8	18.77	18.71	19.76	20.3	19.56	18.72	18.41
812	52	TM102	2025	16.76	16.75	17.18	17.45	17.98	16.8	18.29					
812	52	TM103	2019	5.92	6.02	6.01	4.95	1.53	-0.27	-1.21	-0.77	2.73	3.92	5.51	5.39
812	52	TM103	2020	5.81	6.84	6.33			0.38	-1.24	-0.21	2.85	3.79	4.01	5.4
812	52	TM103	2021	5.93	5.52	5.32	3.67	0.48	-0.32	-1.66	0.49	2.85	4.23	5.48	5.39
812	52	TM103	2022	5.24	5.74	5.29	2.91	0.76	-1.33	-1.52	0.63	2.58	3.37	3.74	4.77
812	52	TM103	2023	4.9	5.73	5.52	3.72	1.63	-2.53	-1.16	0.34	3.61	6.2	6.15	6.57
812	52	TM103	2024	7.09	6.92	6.9	4.88	2.75	-0.82	-1.78	0.08	2.92	4.52	5.63	5.62
812	52	TM103	2025	6.05	5.88	5.77	4.71	2.79	-0.64	-2.05					
812	52	VTMED	2019	2.3	2.1	2.1	2	1.8	1.5	1.5	1.9	2	2.2	2	2.3
812	52	VTMED	2020	1.8	1.8	1			1.4	1.5	2.1	2.2	2.4	1.7	1.5
812	52	VTMED	2021	2	1.1	1.3	1.3	1.9	1.5	1.5	2	2.3	2	1.8	1.5
812	52	VTMED	2022	1.4	1.8	1.5	1.2	1.5	1.6	1.5	1.7	2.5	2.6	2.1	1.7
812	52	VTMED	2023	1.4	2	1.3	1.2	1.4	1.6	1.8	1.7	2.2	2	1.8	1.9
812	52	VTMED	2024	1.4	1.4	1.7	1.6	1.5	1.1	1.7	1.8	2.3	1.7	1.4	1.8
812	52	VTMED	2025	1.4	1.2	1.5	1.3	1.3	1.5	1.2					

Anexo P: *Panel fotográfico.*

Fotografía 01: Reconocimiento de campo de los sectores dañados por el incendio forestal en la comunidad de Santa Lucía.



Fotografía 02: Extracción de muestras de suelo provenientes de las zonas impactadas por el incendio forestal en el territorio de la comunidad de Santa Lucía.



Fotografía 03: Daños a la cobertura vegetal causado por el incendio forestal en la jurisdicción de Santa Lucía.



Fotografía 04: Fósil de un animal silvestre presuntamente muerto a causa del incendio forestal en el sector de Santa Lucia.



Fotografía 05: Entrevista con autoridades y pobladores en el poblado de Santa Lucía.



Fotografía 06: Delimitación de transectos para el inventario de especies que rebrotaron posterior al siniestro forestal ocurrido en la comunidad de Santa Lucía.



Fotografía 07: Reconocimiento de campo de sectores dañados por el incendio forestal en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 08: Extracción de muestra de los suelos correspondientes a las áreas dañadas por el incendio forestal en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 09: Contraste del paisaje de los sectores perjudicados por el incendio con otras que no fueron en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 10: Entrevista con autoridades y pobladores en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 11: Delimitación de transectos para el inventario de especies que rebrotaron posterior al incendio forestal en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 12: Rotulación y etiquetado de las muestras de suelo para su posterior envío al laboratorio.



Fotografía 13: Clasificación taxonómica de especies inventariadas dentro de los transectos.



Fotografía 14: Socialización del plan de tesis al Centro Poblado de San Juan.



Fotografía 15: Se observa quema de rastrojos agrícolas realizado por agricultores en la comunidad de Toccorani.



Fotografía 16: Instalación de sensor de temperatura en una quema prescrita con miras a extender la superficie cultivable en la comunidad de San Juan.



Fotografía 17: Registro de datos de temperatura máximo en una quema agrícola.



Fotografía 19: Control de quema prescrita con afectación a un ecosistema de matorral.



Fotografía 18: Socialización de resultados de toma de temperatura máxima de la quema prescrita con pobladores, equipo técnico del IGP, representantes del Gobierno Regional Cusco, miembros de la Municipalidad Distrital de Pomacanchi encargados de Defensa Civil.



Anexo Q: Registro fotográfico de especies vegetales observadas en campo.

Fotografía N° 01.



Nombre científico:

Baccharis latifolia

Nombre común:

Chilca

Familia:

Asteraceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 4.59 %
- Área quemada: 4.79 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 5.63 %
- Área quemada: 2.92 %

Interpretación ecológica:

En Santa Lucía, *B. latifolia* mantiene una importancia ecológica similar entre ambas áreas, con un ligero incremento en la zona quemada, evidenciando tolerancia al fuego y capacidad de persistencia.

En Toccorani, su IVI disminuye tras el incendio, lo que sugiere una respuesta más sensible al disturbio y posible competencia con especies pioneras post-fuego.

Fotografía N° 02.



Nombre científico:

Muhlenbergia fastigiata

Nombre común:

Qoya

Familia:

Poaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.31 %
- Área quemada: 2.30 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 3.19 %
- Área quemada: 3.58 %

Interpretación ecológica:

Especie graminoide presente tanto en áreas quemadas como no quemadas, con valores de IVI relativamente estables, lo que sugiere buena tolerancia al disturbio por fuego.

Fotografía N° 03.**Nombre científico:***Pteridium aquilinum***Nombre común:**

Raqui Raqui

Familia:

Dennstaedtiaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.44 %
- Área quemada: 1.03 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 2.69 %
- Área quemada: 3.21 %

Interpretación ecológica:

Especie resistente al disturbio, con respuesta variable según comunidad, en Santa Lucía disminuye su valor ecológico, pero aumenta en Toccorani tras el fuego. Su presencia refleja procesos iniciales de recolonización y competencia herbácea.

Fotografía N° 04.**Nombre científico:***Lupinus paniculatus***Nombre común:**

Qera/ Tarwi silvestre

Familia:

Papilionaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.94 %
- Área quemada: 3.69 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 4.84 %
- Área quemada: 3.60 %

Interpretación ecológica:

Lupinus paniculatus mantiene presencia tanto en áreas quemadas como no quemadas, mostrando tolerancia moderada al fuego. Aunque sus valores de IVI varían ligeramente entre condiciones, la especie demuestra capacidad de persistencia y recuperación tras el disturbio.

Fotografía N° 05.

**Nombre científico:***Cantua buxifolia***Nombre común:**

Kantu, Cantuta

Familia:

Polemoniaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 9.01 %
- Área quemada: 3.33 %

Interpretación ecológica:

Es una especie moderadamente sensible al fuego, con marcada reducción de IVI en el área quemada. Su mayor presencia en zonas no disturbadas refleja una recuperación lenta y limitada tras incendios.

Fotografía N° 06.

**Nombre científico:***Calceolaria buchtieniana***Nombre común:**

Zapatilla, Bolsa Bolsa

Familia:

Calceolariaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.54 %
- Área quemada: 4.36 %

IVI Toccoorani:

- Área no quemada: 3.78 %
- Área quemada: 4.30 %

Interpretación ecológica:

La especie muestra mayor representatividad en áreas quemadas, indicando buena capacidad de recuperación tras disturbios y posible aprovechamiento de claros post-incendio.

Fotografía N° 07.

**Nombre científico:***Gentiana herrerae***Nombre común:**

Phallcha

Familia:

Gentianaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.23 %
- Área quemada: 9.60 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 1.90 %
- Área quemada: 3.24 %

Interpretación ecológica:

Gentiana herrerae muestra un aumento significativo de su IVI en áreas quemadas, especialmente en Santa Lucía, evidenciando una marcada capacidad de recolonización post-incendio. En Toccorani, el incremento es moderado, sugiriendo que la especie tolera el fuego y aprovecha los claros generados por el disturbio, aunque con menor intensidad.

Fotografía N° 08.

**Nombre científico:***Hesperoxiphion herrerae***Nombre común:**

Michi Michi

Familia:

Iridaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.52 %
- Área quemada: 1.05 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 2.57 %
- Área quemada: 5.03 %

Interpretación ecológica:

La especie incrementa notablemente su importancia ecológica en áreas quemadas de Toccorani, lo que indica buena tolerancia al disturbio y capacidad de colonización posincendio. En Santa Lucía su respuesta es estable, pero de baja representatividad.

Fotografía N° 09.

**Nombre científico:***Puya herrerae***Nombre común:**

Achuqalla/ Aq'a Aq'a/Q'ayara

Familia:

Bromeliaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 3.81 %
- Área quemada: 0.00 %

IVI Toccoarani:

- Área no quemada: 3.52 %
- Área quemada: 0.00 %

Interpretación ecológica:

La especie está restringida a áreas no quemadas en ambas comunidades, indicando baja tolerancia al fuego. Su ausencia total tras disturbios sugiere sensibilidad y lenta recolonización debido a su crecimiento lento y forma rosetada.

Fotografía N° 10.

**Nombre científico:***Tecoma fulva***Nombre común:**

Guaranguay/campanita

Familia:

Bignoniaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 3.00 %
- Área quemada: 3.41 %

Interpretación ecológica:

La especie presenta un ligero aumento del IVI en el área quemada, indicando tolerancia al fuego y capacidad de persistir tras el disturbio, manteniendo una presencia estable en el ecosistema.

Fotografía N° 11.

**Nombre científico:***Minthostachys mollis***Nombre común:**

Muña

Familia:

Laminaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.71 %
- Área quemada: 2.11 %

IVI Toccoorani:

- Área no quemada: 1.89 %
- Área quemada: 4.02 %

Interpretación ecológica:

La especie incrementa notablemente su IVI en áreas quemadas en ambas comunidades, mostrando alta tolerancia al disturbio y rápida recuperación, favorecida por su capacidad rebrotadora y su hábito aromático resistente.

Fotografía N° 12.

**Nombre científico:***Lepechenia meneyenii***Nombre común:**

Pampa Salvia, Pacha Salvia

Familia:

Laminaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.98 %
- Área quemada: 0.68 %

Interpretación ecológica:

Presenta mayor importancia ecológica en áreas no quemadas, reflejando preferencia por suelos y microambientes estables; su bajo IVI en zonas afectadas sugiere limitada tolerancia al fuego o lenta recuperación post-incendio.

Fotografía N° 13.

**Nombre científico:***Senna multiglandulosa***Nombre común:**

Mutuy

Familia:

Fabaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.68 %
- Área quemada: 4.75 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 1.01 %
- Área quemada: 0.00 %

Interpretación ecológica:

En Santa Lucía aumenta su importancia en áreas quemadas, lo que sugiere tolerancia al disturbio y capacidad de recolonización post-incendio.

En Toccorani su presencia es baja y desaparece en zonas quemadas, indicando sensibilidad local al fuego.

Fotografía N° 14.

**Nombre científico:***Austrocylindropuntia subulata***Nombre común:**

Pata Quiska

Familia:

Cactacea

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.07 %
- Área quemada: 1.05 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 0.74 %
- Área quemada: 1.06 %

Interpretación ecológica:

En Santa Lucía disminuye ligeramente en áreas quemadas, indicando sensibilidad moderada al fuego.

En Toccorani ocurre lo contrario, su IVI aumenta tras el incendio, sugiriendo capacidad de persistencia y rebrote en ambientes perturbados.

Fotografía N° 15.

**Nombre científico:***Astragalus garbancillo***Nombre común:**

Jusq'a

Familia:

Fabaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

12/11/2024

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 4.76 %
- Área quemada: 6.14 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 4.37 %
- Área quemada: 3.29 %

Interpretación ecológica:

En Santa Lucía el IVI aumenta en zonas quemadas, indicando que la especie responde bien al disturbio y ocupa espacios abiertos post-incendio.

En Toccorani su IVI disminuye ligeramente tras el fuego, mostrando una recuperación moderada y dependiente del contexto local.

Fotografía N° 16.

**Nombre científico:***Mutisia acuminata***Nombre común:**

Chinchircoma

Familia:

Astareceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.71 %
- Área quemada: 4.43 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 4.26 %
- Área quemada: 1.19 %

Interpretación ecológica:

La especie tiene mayor representatividad en áreas quemadas en Santa Lucía, mostrando buena capacidad de recuperación post-incendio; en Toccorani se observa lo contrario, indicando variabilidad según comunidad y condiciones locales.

Fotografía N° 17.

**Nombre científico:***Barnadesia horrida***Nombre común:**

Llaulli

Familia:

Asteracea

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 4.98 %
- Área quemada: 3.51 %

IVI Toccoarani:

- Área no quemada: 5.02 %
- Área quemada: 3.06 %

Interpretación ecológica:

La especie presenta mayor importancia en áreas no quemadas, lo que indica preferencia por ambientes menos perturbados; su presencia en áreas quemadas es menor, mostrando limitada recuperación post-incendio.

Fotografía N° 18.

**Nombre científico:***Dichondra sericea***Nombre común:**

Oreja de ratón

Familia:

Convolvulaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

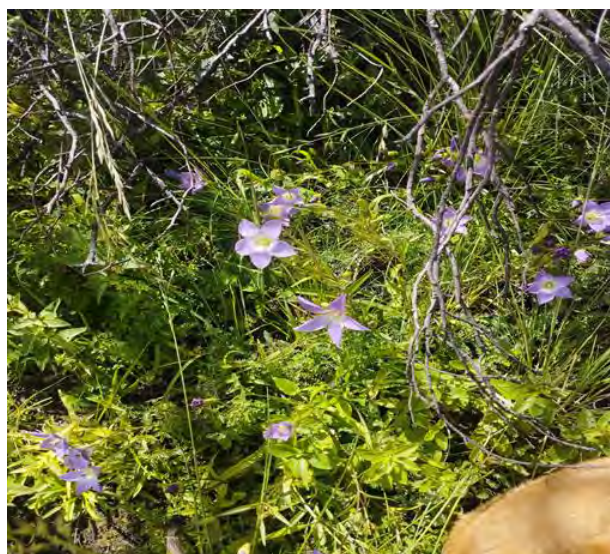
IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 0.71 %
- Área quemada: 0 %

Interpretación ecológica:

La especie muestra muy baja representatividad en ambas áreas, lo que indica escasa abundancia y limitada participación en la cobertura vegetal, sugiriendo sensibilidad a los disturbios como incendios.

Fotografía N° 19.

**Nombre científico:***Gentianella campanuliformis***Nombre común:**

Lacri lacri

Familia:

Gentianaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.01 %
- Área quemada: 6.79 %

Interpretación ecológica:

Gentianella campanuliformis presenta un IVI bajo en áreas no quemadas, lo que indica que su importancia ecológica es limitada bajo condiciones naturales. Sin embargo, tras la quema, su IVI aumenta notablemente, mostrando que esta especie tiene capacidad de aprovechar áreas perturbadas por incendios, probablemente por su habilidad de colonizar espacios donde la competencia se reduce. Su abundancia relativa y frecuencia aumentan en el área quemada, sugiriendo que el fuego favorece su establecimiento.

Fotografía N° 20.

**Nombre científico:***Parastrephia lepidophylla***Nombre común:**

Tola tola

Familia:

Asteraceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.73 %
- Área quemada: 0 %

IVI Toccoarani:

- Área no quemada: 2.42 %
- Área quemada: 1.59 %

Interpretación ecológica:

Parastrephia lepidophylla muestra un IVI bajo en ambas comunidades, indicando una relevancia ecológica limitada. En Santa Lucía, la especie desaparece tras la quema, lo que sugiere alta sensibilidad al fuego y baja capacidad de recuperación en áreas perturbadas. En Toccoarani, aunque su IVI disminuye tras la quema, todavía persiste, lo que indica que puede tolerar ligeramente las perturbaciones por incendios, pero sigue siendo una especie de baja incidencia en la comunidad.

Fotografía N° 21.

**Nombre científico:***Eucalyptus globulus***Nombre común:**

Eucalipto

Familia:

Mirtaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 5.23 %
- Área quemada: 1.35 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 7.03 %
- Área quemada: 2.72 %

Interpretación ecológica:

Eucalyptus globulus presenta un IVI moderado en áreas no quemadas, indicando que tiene cierta relevancia en la estructura de la vegetación. Tras la quema, su IVI disminuye notablemente en ambas comunidades, lo que refleja que esta especie es afectada por el fuego y su capacidad de recuperación inmediata es limitada.

Fotografía N° 22.

**Nombre científico:***Bidens andicola***Nombre común:**

Quico Quico

Familia:

Asteraceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.43 %
- Área quemada: 4.70 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 3.09 %
- Área quemada: 4.02 %

Interpretación ecológica:

Bidens andicola presenta un IVI bajo en áreas no quemadas, lo que indica que su relevancia ecológica es moderada bajo condiciones naturales. Tras el incendio, su IVI aumenta en ambas comunidades, especialmente en Santa Lucía, sugiriendo que esta especie tiene una buena capacidad de recuperación o colonización en áreas perturbadas por el fuego.

Fotografía N° 23.

**Nombre científico:***Cosmos peucedanifolius***Nombre común:**

Panti

Familia:

Asteraceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.39 %
- Área quemada: 5.36 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 0.69 %
- Área quemada: 2.13 %

Interpretación ecológica:

Cosmos peucedanifolius tiene un IVI relativamente bajo en áreas no quemadas, indicando que su importancia ecológica es limitada bajo condiciones naturales. Sin embargo, tras el incendio, su IVI aumenta en ambas comunidades, principalmente en Santa Lucía, lo que sugiere que esta especie puede colonizar o recuperarse eficazmente en áreas perturbadas por el fuego.

Fotografía N° 24.

**Nombre científico:***Viguiera lanceolata***Nombre común:**

Sunchu

Familia:

Asteraceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 2.10 %
- Área quemada: 8.21 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 4.68 %
- Área quemada: 20.5 %

Interpretación ecológica:

Viguiera lanceolata presenta un IVI moderado en áreas no quemadas, mostrando relevancia ecológica limitada pero estable en condiciones naturales. Tras la quema, su IVI aumenta notablemente en ambas comunidades, especialmente en Toccorani, indicando que esta especie responde positivamente a la perturbación causada por incendios.

Fotografía N° 25.

**Nombre científico:***Dactylis glomerata***Nombre común:**

Eno pasto

Familia:

Poaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 0.87 %
- Área quemada: 6.65 %

IVI Toccoorani:

- Área no quemada: 6.65 %
- Área quemada: 6.65 %

Interpretación ecológica:

Dactylis glomerata tiene un IVI bajo en el área no quemada de Santa Lucía, mostrando que su importancia ecológica es limitada en condiciones naturales. En cambio, su IVI se incrementa notablemente en el área quemada, lo que indica que el fuego favorece su establecimiento y proliferación.

Fotografía N° 26.

**Nombre científico:***Poissonia orbicularis***Nombre común:**

Coca coca

Familia:

Fabaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.17 %
- Área quemada: 0.00 %

Interpretación ecológica:

Poissonia orbicularis presenta un IVI bajo en el área no quemada de Santa Lucía, indicando que su relevancia ecológica es limitada en condiciones naturales. No se registra presencia en áreas quemadas, lo que sugiere que esta especie es sensible a perturbaciones por incendios y no logra establecerse después de la quema.

Fotografía N° 27.

**Nombre científico:***Escallonia resinosa***Nombre común:**

Chachacoma

Familia:

Escalloniaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Santa Lucía, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

15/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 20.2 %
- Área quemada: 10.1 %

IVI Toccoarani:

- Área no quemada: 11.6 %
- Área quemada: 1.56 %

Interpretación ecológica:

Escallonia resinosa tiene un IVI alto en áreas no quemadas en ambas comunidades, especialmente en Santa Lucía, lo que indica que es una especie dominante y con alta relevancia ecológica en condiciones naturales. Tras la quema, su IVI disminuye notablemente, reflejando que esta especie es sensible al fuego y que su abundancia y frecuencia se reducen en áreas perturbadas. Esto sugiere que la quema afecta su establecimiento y competitividad frente a otras especies.

Fotografía N° 28.

**Nombre científico:***Brassica rapa***Nombre común:**

Nabo

Familia:

Brassicaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccoarani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.02 %
- Área quemada: 0 %

IVI Toccoarani:

- Área no quemada: 3.58 %
- Área quemada: 3.97 %

Interpretación ecológica:

Brassica rapa presenta un IVI bajo en áreas no quemadas en Santa Lucía y moderado en Toccoarani, indicando que su relevancia ecológica es limitada en condiciones naturales, especialmente en Santa Lucía. Tras la quema, su IVI disminuye en Santa Lucía, mostrando sensibilidad al fuego, mientras que en Toccoarani se mantiene relativamente estable, lo que sugiere que esta especie puede tolerar cierto grado de perturbación y mantener su presencia en el área quemada.

Fotografía N° 29.

**Nombre científico:***Schinus molle***Nombre común:**

Molle

Familia:

Anacardiaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 8.65 %
- Área quemada: 17.0 %

Interpretación ecológica:

Schinus molle muestra un IVI moderado en el área no quemada de Toccorani, lo que indica que su relevancia ecológica es significativa en condiciones naturales. Tras la quema, su IVI aumenta notablemente, lo que evidencia una alta capacidad de colonización o recuperación en áreas perturbadas por incendios.

Fotografía N° 30.

**Nombre científico:***Euphorbia prostata***Nombre común:**

Mullaca

Familia:

Euphorbiaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

- Área no quemada: 1.01 %
- Área quemada: 0.56 %

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 2.33 %
- Área quemada: 0.78 %

Interpretación ecológica:

Euphorbia prostata presenta un IVI bajo tanto en áreas no quemadas como quemadas, lo que indica que su importancia ecológica es limitada en ambas comunidades. La disminución del IVI en el área quemada sugiere que esta especie podría ser sensible a la perturbación por fuego o que su establecimiento se ve afectado por la competencia posterior al incendio.

Fotografía N° 31.

**Nombre científico:***Echinopsis pachanoi***Nombre común:**

San Pedro

Familia:

Cactaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Santa Lucía:

• Área no quemada: 1.47 %

• Área quemada: 1.04 %

IVI Toccorani:

• Área no quemada: 1.47 %

• Área quemada: 1.04 %

Interpretación ecológica:

Echinopsis pachanoi tiene un IVI bajo en ambas comunidades y en ambas condiciones, lo que indica que su relevancia ecológica es limitada. La especie se mantiene con poca abundancia y frecuencia tanto en áreas quemadas como no quemadas, sugiriendo que no se beneficia de la perturbación por fuego y que su distribución es restringida dentro de los ecosistemas estudiado.

Fotografía N° 32.

**Nombre científico:***Prunus serotina subsp. capuli***Nombre común:**

Capulí

Familia:

Rosaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Toccorani:

• Área no quemada: 4.81 %

• Área quemada: 1.04 %

Interpretación ecológica:

Prunus serotina subsp. capuli muestra un IVI mayor en el área no quemada, indicando que tiene una relevancia ecológica más significativa en condiciones naturales, donde su abundancia y frecuencia relativa son mayores. En contraste, tras el incendio, su IVI disminuye notablemente, lo que sugiere que esta especie es sensible a la perturbación por fuego y su capacidad de recuperación en áreas quemadas es limitada.

Fotografía N° 36.**Nombre científico:**

Pteridaceae Adiantum capillus-veneris

Nombre común:

Culandrillo

Familia:

Rosaceae

Lugar de registro:

Comunidad de Toccorani, distrito de
Pomacanchi, Acomayo, Cusco

Fecha de registro:

13/04/2025

IVI Toccorani:

- Área no quemada: 0 %
- Área quemada: 2.47 %

Interpretación ecológica:

Adiantum capillus-veneris no se registra en el área no quemada de Toccorani, mostrando que su presencia natural es mínima o nula. Sin embargo, en el área quemada su IVI aumenta a 2.47 %, lo que indica que esta especie puede colonizar áreas perturbadas por incendios.

Anexo R: Resolución de autorización del SERFOR para investigación científica de flora silvestre.






Proyecto administrado por SERFOR/MI
 CLASIFICACIÓN: PBL/200200007
 Cargos: Director
 Muestra: Ninguna
 Fecha: 16.10.2024 18:14:27 CEST

RESOLUCIÓN DIRECTORAL

Magdalena Del Mar, 16 de Octubre del 2024

RD N° D000158-2024-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF

VISTOS:

La Carta s/n, de fecha 10 de septiembre del 2024, registrada con expediente 2024-0043267, conteniendo la solicitud de autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, presentada por el señor **RICARDO ZUBIETA BARRAGÁN** (en adelante, el administrado), de nacionalidad peruana, identificado con DNI 41185161, investigador del Instituto Geofísico del Perú, adscrito al Ministerio del Ambiente; así como, el Informe Técnico N° D000074-2024-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF-PCB, de fecha 16 de octubre de 2024, y;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú de 1993 establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación; y el Estado es soberano en su aprovechamiento;

Que, el artículo 9° de la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales, establece que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Promueve, asimismo, la información y el conocimiento de los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación;

Que, mediante el artículo 13° de la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, se creó el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, como un organismo público técnico especializado con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego; artículo en el que además se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre, constituyendo su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;

Que, el artículo 137° de la precitada Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, declara de interés nacional realizar la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación;

Que, el artículo 140° de la Ley en mención, señala que el SERFOR evalúa y otorga la autorización para extracción de recursos forestales y de fauna silvestre con fines de investigación científica cuando: (i) se incluye especies amenazadas^{1,2}, (ii) especies consideradas en los Apéndices de CITES³, (iii) se realiza acceso a recursos genéticos sin fines de lucro; y (iv) propósitos culturales;

¹ Decreto Supremo N° 043-2005-AG. Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre.

² Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre.

³ Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres.

Esta es una copia electrónica impresa de un documento electrónico emitido en el Servicio Central y de Fauna Silvestre, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 22 de la Ley N° 27520 (Ley de Transparencia) y la Ley N° 27444 (Ley de Procedimiento Administrativo General), de conformidad con el artículo 140° de la Ley N° 29763 (Ley Forestal y de Fauna Silvestre) y el artículo 140° de la Ley N° 29763 (Ley Forestal y de Fauna Silvestre). URL: <https://gds.serfor.gob.pe/calidaddeinformacion/> Cód. 1000000000



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

Que, los artículos 1° y 2° de la Resolución de Dirección General N° D000627-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS, de fecha 15 de noviembre de 2021, la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre (DGGSPFFS) del SERFOR resolvió delegar en la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal (DGSPF) y en la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio de Fauna Silvestre (DGSPFS) las funciones de otorgar permisos de investigación o de difusión cultural con o sin colecta de flora silvestre y fauna silvestre y sus recursos genéticos, respectivamente, contenida en el literal g) del artículo 53 del Reglamento de Organización y Funciones del SERFOR, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI;

Que, a través del Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, regular el procedimiento de otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica, señalando que la investigación del Patrimonio forestal y de fauna silvestre, se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto a su patrimonio genético nativo. Asimismo, señala que el desarrollo de actividades de investigación básica taxonómica de flora silvestre que estén relacionados con estudios moleculares con fines taxonómicos, sistemáticos, filogeográficos, biogeográficos, evolutivos y de genética de la conservación, entre otras investigaciones sin fines comerciales, son aprobadas mediante autorizaciones de investigación científica;

Que, mediante la Cuarta Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Legislativo N° 1497, publicado el 10 de mayo de 2020, se dispuso la suspensión hasta el 31 de diciembre de 2020, de la aplicación del numeral 134.3 del artículo 134 del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, respecto a la obligación de la presentación física del escrito o documentación por parte de los administrados; suspensión que mediante Decreto Supremo N° 187-2021-PCM fue prorrogada hasta el 31 de diciembre de 2024;

Que, mediante Carta s/n, de fecha 10 de septiembre del 2024, registrada con expediente 2024-0043267, el administrado solicitó a la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, para realizar el proyecto titulado **Estudio de efectos de quemadas controladas, alternativa para posible reducción de los impactos ocasionados por incendios sobre la cobertura vegetal en las regiones frecuentemente afectadas**, por el periodo de treinta y seis (36) meses;

Que, mediante Carta N° D000823-2024-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF, de fecha 25 de septiembre del 2024, la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal remitió al administrado las siguientes observaciones: a) adjuntar la carta de presentación de los investigadores que participarán en el estudio, la cual deberá estar dirigida a la autoridad competente, b) presentar la información del plan de investigación de acuerdo con el formato del Formulario F52 referido al procedimiento administrativo N° 84 denominado *Autorización con fines de investigación de flora o fauna silvestre fuera de áreas naturales protegidas - para especies categorizadas como amenazadas o listadas en los apéndices cites, o cuando la investigación implique más de un ámbito geográfico regional - captura temporal / con colecta* del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del SERFOR, aprobado mediante el DS N° 012-2024-MIDAGRI, de fecha 31 de agosto de 2024;

Esta es una copia digitalizada y certificada de un documento electrónico de carácter público emitido por la Oficina Ejecutiva de Asesoría Jurídica (OEAJ) del Poder Judicial de la Federación, en el marco de la Ley de Acceso a la Información Pública (LAI) y la Ley de Transparencia. El documento original se encuentra en el sistema de gestión documental del Poder Judicial de la Federación. Para más información, consulte el sitio web: <https://www.poderjudicial.gob.mx/informacion>. Fecha de emisión: 15/09/2024.



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

Que, mediante Carta N° 0002-2024-IGP/DC-CAH-QUEMAS, de fecha 1 de octubre del 2024, registrada con expediente 2024-0047630, el administrado remitió a la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal el levantamiento de observaciones y el plan de investigación corregido;

Que, el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del SERFOR, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 012-2024-MIDAGRI, de fecha 31 de agosto de 2024, contempla el procedimiento de autorización para realizar investigación científica fuera de ANP;

Que, en observancia del principio de impulso de oficio, el cual se encuentra previsto en el numeral 1.3 del artículo IV del Título Preliminar del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS; se desprende que las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias;

Que, por tanto, la solicitud en evaluación aplica lo dispuesto en el numeral 9 del ANEXO N° 1 del Reglamento para la Gestión Forestal, y establecen los requisitos para la solicitud de autorizaciones con fines de investigación de flora silvestre, fuera de ANP, en concordancia con el numeral 6.6 de los lineamientos aprobados por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE: i) Solicitud con carácter de declaración jurada que contenga información sobre el investigador, según formato; ii) Hoja de vida del investigador principal y plan de investigación, según formato; iii) Carta de presentación de los investigadores participantes, emitida por la institución académica u organización científica nacional o extranjera de procedencia; iv) Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder; y, v) Documento que acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero;

Que, en el marco de lo establecido en el numeral 2.2 del artículo 2 del Decreto Supremo N° 010-2015-MINAM y su modificatoria⁴, se promueve el desarrollo de investigaciones al interior de las áreas naturales protegidas, señalando que las investigaciones que se desarrollen al interior de zonas de amortiguamiento, áreas de conservación regional y áreas de conservación privada se regirán de acuerdo con la legislación forestal y de fauna silvestre, como consecuencia recae su competencia ante el SERFOR o las ARFFS;

Que, mediante el artículo 48° de la Resolución Presidencial N° 214-2021-SERNANP, vigente desde el 7 de octubre de 2021, dispone que las investigaciones que se desarrollen al interior de las zonas de amortiguamiento de las ANP de nivel nacional no requieren opinión del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - SERNANP, dado que éstas son autorizadas por las autoridades que resulten competentes en el ámbito;

⁴ Resolución Presidencial N° 214-2021-SERNANP, de fecha 7 de octubre de 2021, Aprueban Disposiciones Complementarias al D.S. N° 010-2015-MINAM que promueve el desarrollo de investigaciones en Áreas Naturales Protegidas.



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

Que, de acuerdo con el artículo 140° de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Ley N° 29763, es competencia del SERFOR la evaluación de la presente solicitud toda vez que el proyecto involucrará el estudio de especies de flora silvestre amenazadas de acuerdo con la normativa nacional (DS N° 043-2006-AG), asimismo, el ámbito de estudio comprende dos departamentos. Por otro lado, esta solicitud se enmarca en la normativa que dispone la delegación de funciones por parte de la DGGSPFFS, donde la DGSPF del SERFOR se encuentra facultada para otorgar la autorización de investigación científica de flora silvestre solicitada;

Que, en ese sentido, a través del Informe Técnico N° D000074-2024-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS-DGSPF-PCB, elaborado por la Dirección de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal (DGSPF) y emitido en fecha 16 de octubre de 2024, se concluye que, la solicitud de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, cumple con los requisitos exigidos en el Anexo 1, numeral 9 del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante DS N° 018-2015-MINAGRI y con los *Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre*, aprobado mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, asimismo, con las condiciones mínimas y los criterios técnicos para su ejecución;

Que, asimismo, se considera viable el plazo propuesto para el desarrollo de las actividades con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, en el ámbito de los departamentos de Cusco y Puno, esto es, por el periodo de treinta y seis (36) meses, recomendándose la aprobación de la solicitud de investigación científica de flora silvestre, en el marco del proyecto titulado **Estudio de efectos de quemas controladas, alternativa para posible reducción de los impactos ocasionados por incendios sobre la cobertura vegetal en las regiones frecuentemente afectadas;**

Que, finalmente, en el mencionado informe se señala que la investigación permitirá caracterizar los factores de quemas controladas y sus efectos en la respuesta de la biomasa vegetal en ecosistemas andinos para generar propuestas de reducción de impactos de los incendios forestales;

Que, por otro lado, el artículo 158° del Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, establece como obligaciones del investigador en flora silvestre las siguientes:

- a. *No extraer especímenes ni muestras biológicas de flora silvestre no autorizada; no ceder los mismos a terceras personas ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.*
- b. *Entregar al SERFOR un informe final en idioma español y en versión digital, como resultado de la autorización otorgada, así como copia de las publicaciones producto de la investigación realizada e indicar el número de la Autorización en las publicaciones generadas. Esta información es ingresada al SNIFFS.*
- c. *Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como, entregar al SERFOR la constancia del depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se podrá realizar en una institución distinta a la mencionada; para ello se requiere la autorización del SERFOR.*

Esta es una copia no controlada de un documento electrónico, emitido por el Sistema Central de Datos Forestales, perteneciente al Ministerio del Ambiente, a través del cual se emite la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, y los Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre, aprobado mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE. URL: <http://portal.serfor.gob.pe/portal/Documentos/Ley/2016/060/060>



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General; el literal g) del Artículo 53° del Reglamento de Organización y Funciones aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, y su modificatoria mediante Decreto Supremo N° 014-2016-MINAGRI; la Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE; así como, en ejercicio de la función delegada a través de los artículos 1° y 2° de la Resolución de Dirección General N° D000627-2021-MIDAGRI-SERFOR-DGGSPFFS;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- OTORGAR la Autorización con fines de investigación científica de flora silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, al señor **RICARDO ZUBIETA BARRAGÁN**, identificado con DNI 41185161, correspondiéndole el Código de Autorización N° **AUT-IFL-2024-077**, como parte del proyecto titulado **Estudio de efectos de quemas controladas, alternativa para posible reducción de los impactos ocasionados por incendios sobre la cobertura vegetal en las regiones frecuentemente afectadas**, que se realizará en los distritos de Acos, Pomacanchi, Ayaviri; provincias de Acomayo, Melgar; departamentos de Cusco y Puno, en los puntos indicados en el **ANEXO 1** de la presente resolución, cuya vigencia se contabilizará desde la fecha de emisión de la resolución directoral².

Artículo 2.- El ingreso y desarrollo de las actividades de investigación científica dentro de tierras comunales, áreas de conservación privada (ACP), áreas de conservación regional (ACR), predios privados y títulos habilitantes que abarquen las localidades de muestreo de la investigación, deberán ser autorizadas previamente por la autoridad o titular correspondiente, por lo que es responsabilidad del administrado obtener la autorización de ingreso antes de la ejecución de la investigación, en caso corresponda.

Artículo 3.- Autorizar la participación de los investigadores propuestos por el administrado, conforme con lo indicado en el **ANEXO 2** de la presente resolución.

Artículo 4.- El administrado se encuentra sujeto al cumplimiento de lo presentado en el plan de investigación y al plazo correspondiente a treinta y seis (36) meses; así como, la colecta del material biológico indicado en el **ANEXO 3** de la presente resolución, colecta que no implica el otorgamiento de derechos sobre los recursos genéticos contenidos en los especímenes; asimismo, con las obligaciones establecidas en la legislación forestal y de fauna silvestre, según lo señalado en la parte considerativa de la presente resolución directoral. Las muestras botánicas colectadas deberán ser depositadas en una Institución Científica Nacional Depositaria de Material Biológico (ICNDB) registrada por el SERFOR.

Artículo 5.- La presentación del informe final en versión digital, como resultado de la autorización otorgada, se realizará de acuerdo con los términos señalados en el **ANEXO 4** de la presente resolución, el mismo que será presentado dentro de los noventa (90) días calendarios posteriores a la culminación de la investigación.

² Decreto Supremo N° 004-2019-JUS.

Texto Único Ordenado de la Ley 27444 "Ley del Procedimiento Administrativo General"

Art. 16. El acto administrativo que otorga beneficio al administrado se entiende eficaz desde la fecha de su emisión, salvo disposición diferente del mismo acto.



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

ANEXO 1

Cuadro N° 1. Ubicación referencial de las localidades de evaluación

Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas Este	Coordenadas Norte	Zona
Acos	Acomayo	Cusco	207050.45	5451130.65	WGS 84/ UTM zona 19S
Pomacanchi	Acomayo	Cusco	209455.45	5441155.21	WGS 84/ UTM zona 19S
Acos	Acomayo	Cusco	205454.53	5457110.595	WGS 84/ UTM zona 19S
Ayaviri	Melgar	Puno	325739.66	5354261.72	WGS 84/ UTM zona 19S

Este documento es propiedad del Estado peruano y no puede ser reproducido, almacenado o transmitido en forma alguna, ni por medios electrónicos ni mecánicos, sin el consentimiento expreso de la Oficina General de Asesoría Jurídica del Estado. Se prohíbe la explotación económica o el alquiler de este documento, sin el consentimiento expreso de la Oficina General de Asesoría Jurídica del Estado. Para más información, consulte: <https://igd.scribd.com/peru/validaciondocumentos/>. Códice: 1543553A



RESOLUCIÓN DIRECTORAL

ANEXO 2

Cuadro N° 2. Relación de investigadores que participarán en el proyecto de investigación

N°	Nombres y Apellidos	Documento de Identidad	Participación en el estudio	Organización a la que pertenece
1	Ricardo Zubieta Barragán	DNI 41165161	Investigador principal	Instituto Geofísico del Perú
2	Yerson Jaime Coanchi Espinoza	DNI 70894229	Coinvestigador	Instituto Geofísico del Perú
3	Juan Carlo Sulca Jota	DNI 41962736	Coinvestigador	Instituto Geofísico del Perú
4	Ivon Rocio Gutierrez Flores	DNI 45616601	Coinvestigadora	Instituto Geofísico del Perú
5	Jose Antonio Mamani Gómez	DNI 40626226	Coinvestigador	Instituto Geofísico del Perú
6	Wilber Fermín Laqui Vilca	DNI 41324503	Coinvestigador	Instituto Geofísico del Perú
7	Ysai Paucar Sulca	DNI 45366626	Coinvestigador	Instituto Geofísico del Perú
8	Pilar Priscila Inuri Chuchullo	DNI 70914903	Tesista	Instituto Geofísico del Perú
9	Miguel Ángel Ramos Mina	DNI 62637059	Tesista	Instituto Geofísico del Perú
10	William Frede Cruz Casas	DNI 71905151	Tesista	Instituto Geofísico del Perú
11	Melida Román Huamán	DNI 74562627	Asistente	Instituto Geofísico del Perú

Este documento es propiedad de la Universidad Nacional de Ingeniería y no debe ser distribuido o publicado sin el consentimiento expreso de la institución. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento expreso de la institución puede acarrear sanciones legales. Para más información consulte el sitio web de la Universidad Nacional de Ingeniería: <http://portal.uningen.edu.pe/informacion/documentos/> (Código: 15193196)