

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



TESIS

**EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN DE PASTIZALES ANTE LA
OCURRENCIA DE INCENDIO FORESTALES EN LAS
COMUNIDADES MACAY Y SALLOC-CUSCO-2022**

Presentada por la Bachiller en
Ciencias Agropecuarias

MELIDA ROMAN HUAMAN

Para optar al Título Profesional de

INGENIERO AGROPECUARIO

ASESOR (ES):

Dr. Julio César Loayza Céspedes

Qco. Filomeno Ayala Rojas

Dr. Ricardo Zubieta Barragán

ANDAHUAYLAS – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE RECUPERACIÓN DE PASTIZALES ANTE LA OCURRENCIA DE INCENDIO FORESTALES EN LAS COMUNIDADES MACAY Y SALLOC - CUSCO - 2022

presentado por: MELIDA ROMAN HUAMAN con DNI Nro.: 74582827 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO AGROPECUARIO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9 %.

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 se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica 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 la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 28 de Febrero de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL
SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO
Dr. Ing. Julio C. Loayza C.
CIP. 109285 DOCENTE

Post firma:

Nro. de DNI: 00489606

ORCID del Asesor: 0000-0003-3160-7799

ORCID 2º Asesor: 0000-0002-5306-5727 DNI: 23832939

Se adjunta: ORCID 3º Asesor: 0000-0002-4315-7695 DNI: 41185161 ✓

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:284486032

NOMBRE DEL TRABAJO

**"RECUPERACIÓN DE PASTIZALES ANDI
NOS ANTE LA.pdf**

AUTOR

ROMAN HUAMAN MELIDA

RECUENTO DE PALABRAS

29389 Words

RECUENTO DE CARACTERES

155680 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

163 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.8MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 8, 2023 8:50 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 8, 2023 8:52 AM GMT-5**● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 11 palabras)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, quien me ha dado la fortaleza y la paciencia para completar este trabajo de investigación. También quiero expresar mi sincera gratitud a mis asesores por proporcionarme la guía necesaria y la orientación para llevar a cabo este proyecto.

Quiero reconocer y agradecer al Instituto Geofísico del Perú por proporcionar recursos y datos fundamentales para la investigación, al Dr. Ricardo Zubieta, Investigador Científico del IGP darle las gracias por el apoyo constante, ha sido fundamental en este proceso.

Deseo dar las gracias a todos aquellos que me brindaron su compañía en los trabajos de campo.

A mis queridos amigos y familia, les agradezco por su apoyo incondicional y aliento constante durante este proceso.

“Con Gratitude, Melida”.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	i
ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación del problema.....	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Bases teóricas.....	7
2.1.1. Ecosistema de pastizales	7
2.1.2. Pastizales andinos en Perú	7

2.1.3.	Composición del suelo en pastizales.....	8
2.1.4.	Prácticas tradicionales del uso del fuego.....	8
2.1.5.	Incendio en ecosistemas de pastizales	9
2.1.6.	Práctica de quema de pastizales.....	9
2.1.7.	La quema controlada.....	10
2.1.8.	Quemas prescritas.....	10
2.1.9.	Sequía e incendios forestales.....	10
2.1.10.	Quemas agrícolas.....	11
2.1.11.	Quemas para obtener pastos	12
2.1.12.	Método de Parker modificado.....	13
2.1.13.	Impactos de incendios forestales en la vegetación.....	13
2.1.14.	El ecosistema después de un incendio.....	14
2.1.15.	Capacidad de rebrote	14
2.1.16.	Germinación después de un incendio.....	14
2.1.17.	El suelo después de un incendio	15
2.1.18.	Efectos del fuego en el pH.....	15
2.1.19.	Efectos de fuego en la Materia Orgánica (MO).	16
2.1.20.	Efectos del fuego en la Conductividad Eléctrica (CE).....	18
2.1.21.	Efectos del fuego en el Nitrógeno (N).....	19
2.1.22.	Efectos del fuego en el Fosforo (P)	20

2.1.23. Efectos del fuego en el Potasio (K).....	21
2.1.24. Efectos del fuego en la Textura del suelo.....	21
2.2. Marco conceptual.....	22
2.2.1. CENEPRED.....	22
2.2.2. COEN.	22
2.2.3. INDECI.	23
2.2.4. SERFOR.....	23
2.2.5. CONAFOR.....	23
2.2.6. PISCO.	24
2.2.7. MINAM-DGOTA.....	24
2.2.8. SENAMHI.	24
2.2.9. SERNANP.	25
2.2.10. IGP.	25
2.3. Antecedentes de la investigación.....	25
2.3.1. Contexto internacional.....	25
2.3.2. Contexto nacional.....	27
III. MATERIALES Y MÉTODO	31
3.1. Materiales.....	31
3.1.1. Materiales cartográficos:.....	31
3.1.2. Materiales de campo:	31

3.1.3. Servicios solicitados para muestreo en campo:.....	31
3.1.4. Material de escritorio:	31
3.2. Metodología de la investigación	32
3.2.1. Trabajo preliminar de campo	32
3.2.2. Fase de campo-proceso de conducción de la investigación.....	40
3.2.3. Fase de laboratorio.....	54
3.2.4. Fase de gabinete final	55
IV. RESULTADOS	56
4.1. Análisis de los cambios en el pH y clasificación durante 4 temporadas de muestreo.....	56
4.1.1. Análisis de los cambios de la conductividad eléctrica durante 4 temporadas de muestreo.....	59
4.1.2. Análisis de cambios de la materia orgánica durante 4 temporadas de muestreo.....	63
4.1.3. Análisis de los cambios en el Nitrógeno durante 4 temporadas de muestreo.....	66
4.1.4. Análisis de los cambios en el Fosforo durante 4 temporadas de muestreo.....	69
4.1.5. Análisis de los cambios en el Potasio durante 4 temporadas de muestreo.....	72

4.1.6. Análisis de los cambios en la textura durante 4 temporadas de muestreo.....	75
4.1.7. Resultados del método de Parker empleado en el estudio.....	76
4.1.8. Estimación de biomasa (materia seca) en zonas quemadas y zona no quemada.....	78
4.1.9. Análisis de un incendio pasado (año 2020) en la comunidad de Macay.	80
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	83
VI. CONCLUSIONES.....	101
VII. RECOMENDACIONES.....	102
VIII. BIBLIOGRAFÍA	103
IX. ANEXOS.....	117
ANEXO 01: Resultados de los análisis del suelo.....	117
Resultados en la temporada 1 (época seca)-Setiembre 2022-Macay.....	117
Resultados en la temporada 2 (inicio de época de lluvia) diciembre-2022-Macay	118
Resultados de laboratorio en la temporada 3 (periodo de lluvias)-marzo 2023-Macay	119
Resultados de laboratorio en la temporada 4 (nuevo periodo seco) junio-2023-Macay	120

Resultados de laboratorio en la temporada 1 (setiembre-época seca), setiembre 2022-Salloc.....	121
Resultados de laboratorio en la temporada 2 (época de inicio de lluvias), diciembre 2022-Salloc.....	122
Resultados de laboratorio en la temporada 3 (periodo de lluvias)-marzo 2023-Salloc	123
Resultados de laboratorio en la temporada 4 (nuevo periodo seco) junio 2023-Salloc	124
ANEXO 2: Informe de análisis de suelo en la primera temporada	125
ANEXO 3: Informe de análisis de suelo en la segunda temporada	129
ANEXO 4: Informe de análisis de suelo en la tercera temporada	133
ANEXO 4: Informe de análisis de suelo en la cuarta temporada	137
ANEXO 5: Formato de evaluación de pastizales con el método de Parker	141
ANEXO 6: Reporte de incendio forestal en la comunidad de Macay.....	142
ANEXO 7: Reporte de incendio forestal en la comunidad de Salloc.....	143
ANEXO 8. Registros fotográficos.....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación del pH y su efecto en las plantas.</i>	16
Tabla 2. <i>Clasificación de la materia orgánica y su efecto en las plantas.</i>	17
Tabla 3. <i>Clasificación de la conductividad eléctrica y el efecto en las plantas.</i>	18
Tabla 4. <i>Clasificación del nitrógeno y su efecto en las plantas.</i>	19
Tabla 5. <i>Clasificación de los valores de fósforo.</i>	20
Tabla 6. <i>Clasificación del potasio y su efecto en las plantas.</i>	21
Tabla 7. <i>Puntos de muestreo ubicados con GPS-Macay</i>	44
Tabla 8. <i>Puntos de muestreo ubicados con GPS-Salloc.</i>	45
Tabla 9. <i>Método de análisis proporcionados por el laboratorio.</i>	55
Tabla 10. <i>Clasificación del pH por temporada de análisis en Macay y Salloc.</i>	57
Tabla 11. <i>Clasificación de la Conductividad Eléctrica (CE) por temporada de análisis en Macay y Salloc.</i>	60
Tabla 12. <i>Clasificación de la Materia orgánica (MO) por temporada de análisis en Macay y Salloc.</i>	64
Tabla 13. <i>Clasificación del Nitrógeno (N) por temporada de análisis en Macay y Salloc.</i>	67
Tabla 14. <i>Clasificación del Fósforo (P) por temporada de análisis en Macay y Salloc.</i>	70
Tabla 15. <i>Clasificación del Potasio (K) por temporada de análisis.</i>	73
Tabla 16. <i>Clasificación de la textura por temporada de análisis.</i>	75
Tabla 17. <i>Composición florística y cobertura vegetal en Macay.</i>	76
Tabla 18. <i>Composición florística y cobertura vegetal en Salloc.</i>	77
Tabla 19. <i>Estimación de materia seca-Macay</i>	78

Tabla 20. <i>Estimación de materia seca-Salloc.</i>	79
Tabla 21. <i>Composición de especies vegetales.</i>	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de ubicación de distritos identificados para el estudio.</i>	32
Figura 2. <i>Mapa de ubicación geográfica del incendio en Macay</i>	34
Figura 3. <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio 1: Macay</i>	34
Figura 4. <i>Mapa de ubicación del incendio en la comunidad de Salloc</i>	36
Figura 5. <i>Mapa de ubicación de la zona de estudio 2: Salloc</i>	37
Figura 6. <i>Monitoreo de la precipitación mensual acumulada (2022-2023).</i>	39
Figura 7. <i>Suelo con presencia de ceniza de color gris-blanquecina-Macay</i>	40
Figura 8. <i>Suelo con presencia de ceniza de color grisáceo y negro-Salloc</i>	41
Figura 9. <i>Zona quemada 1 en Macay y Salloc.</i>	42
Figura 10. <i>Zona quemada 2 en Macay y Salloc.</i>	42
Figura 11. <i>Zona quemada 3 en Macay y Salloc.</i>	43
Figura 12. <i>Zona no quemada en Macay y Salloc.</i>	43
Figura 13. <i>Puntos de muestreo de suelo ubicados dentro del mapa en Macay.</i> ..	44
Figura 14. <i>Puntos de muestreo ubicados dentro del mapa en Salloc</i>	45
Figura 15. <i>Épocas de muestreo de suelo en Macay y Salloc</i>	46
Figura 16. <i>Apertura de calicatas</i>	47
Figura 17. <i>Toma de muestras de suelo a dos profundidades</i>	47
Figura 18. <i>Extracción de suelo.</i>	48
Figura 19. <i>Muestras de suelo en el laboratorio</i>	49
Figura 20. <i>Esquematzación del método de Parker en Macay y Salloc.</i>	50
Figura 21. <i>Ubicación de los transectos en Macay.</i>	51
Figura 22. <i>Ubicación de los transectos en Salloc.</i>	51
Figura 23. <i>Método de cosecha destructiva</i>	52

Figura 24. <i>Muestras de pastizales en laboratorio.</i>	53
Figura 25. <i>Paisaje del incendio antiguo (junio del 2023).</i>	53
Figura 26. <i>Cambios en los valores del pH durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	56
Figura 27. <i>Cambios en los valores del pH durante las temporadas de análisis en Salloc.</i>	56
Figura 28. <i>Cambios de valores en la Conductividad Eléctrica durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	59
Figura 29. <i>Cambios de valores en la Conductividad Eléctrica durante las temporadas de análisis en Salloc.</i>	60
Figura 30. <i>Cambios en valores de la Materia Orgánica durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	63
Figura 31. <i>Cambios en valores de la Materia Orgánica durante las temporadas de análisis en Salloc.</i>	63
Figura 32. <i>Cambios en el Nitrógeno durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	66
Figura 33. <i>Cambios en los valores del Nitrógeno en las temporadas de análisis en Salloc.</i>	66
Figura 34. <i>Cambios en los valores del Fósforo durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	69
Figura 35. <i>Cambios en los valores del Fósforo durante las temporadas de análisis en Salloc.</i>	69
Figura 36. <i>Cambios en el Potasio (K) durante las temporadas de análisis en Macay.</i>	72

Figura 37. <i>Cambios en los valores del Potasio (K) durante las temporadas de análisis en Salloc.....</i>	72
Figura 38. <i>Biomasa seca en gr/m2-Macay.....</i>	79
Figura 39. <i>Biomasa seca gr/m2-Salloc.....</i>	80
Figura 40. <i>Biomasa seca en gr/m2-Macay.....</i>	81

RESUMEN

En las recientes décadas, se ha presenciado un aumento considerable de incendios forestales alrededor del mundo. En Perú, Cusco se encuentra entre las regiones que han sido fuertemente impactadas por los incendios forestales, afectando principalmente ecosistemas de pastizales, e impactando severamente el suelo, no obstante, los impactos en la recuperación de pastizales son muy poco documentados en los Andes del Perú. El objetivo de la investigación fue “Evaluar la recuperación natural de pastizales andinos ante la ocurrencia de incendios forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco”. El presente estudio se realizó en zonas con y sin incendios pertenecientes a las comunidades de Macay y Salloc en la región de Cusco. Primeramente, se recolectó muestras de suelo (3 puntos en la zona quemada y 1 punto en la zona no quemada) en ambas comunidades y durante 4 temporadas (temporada 1: época seca; temporada 2: época de inicio de lluvias; temporada 3: época de lluvias; temporada 4: nuevo periodo seco). Los resultados indican que el pH después del incendio se incrementa, se reduce gradualmente al pasar los meses. Asimismo, se registró un incremento en la conductividad eléctrica, materia orgánica, NPK, después del incendio en cada temporada de muestreo. Cabe mencionar que la textura del suelo se mantuvo en franco arenoso desde la primera hasta la última temporada de análisis de suelo. El “método de Parker” fue utilizado para determinar la recuperación de los pastizales y se obtuvo como resultado que en la zona quemada se encontró mayor número de especies con respecto a la zona no quemada. A pesar de mostrar una mayor cantidad de especies, no se estimó una mayor cantidad de producción de biomasa

en esta zona quemada. De hecho, la zona no quemada, presenta mayor cantidad de biomasa. La investigación indica que un incendio forestal ocurrido en temporadas de estiaje sobre ecosistemas de pastizales afectaría su recuperación a corto plazo en cantidad y calidad a pesar de que los parámetros del suelo se encuentren en niveles normales en su mayoría, estos resultados están asociados a las anomalías en el régimen de precipitación durante el año 2022-2023. La recuperación esperada de pastizales se daría en los próximos años sucesivamente. En general el incendio no beneficia la producción de biomasa a corto plazo; estos incrementos en los valores de las propiedades químicas del suelo tras el incendio mejorarían la fertilidad del suelo estacionalmente.

Palabras clave: incendios forestales, recuperación de pastizales, suelos.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales (IF) han aumentado considerablemente en las últimas décadas, a nivel mundial, en la Amazonia sudamericana y en los Andes peruanos, esto como resultado de las alteraciones climáticas y factores socioculturales (Osorio, 2012; Silva et al., 2018; Vizcarra & De la Cruz-Lozado.,2022; Zubieta et al., 2019). En el Perú, Cusco se destaca como una de las regiones con el mayor número de emergencias históricas debido a incendios forestales registrados hasta la actualidad (CENEPRED, 2021; Zubieta et al., 2019). Durante el 2022, se han registrado 1,329 Incendios Forestales, siendo Cusco la región más afectada con 443 IF, seguido de Apurímac, Puno, Cajamarca, entre otras regiones (COEN-INDECI, 2022).

Las múltiples acciones que el ser humano lleva a cabo para su supervivencia como la práctica de quema de pastizales y residuos agrícolas son consideradas como la causa principal de los incendios forestales que traen consigo consecuencias negativas degradando y modificando la estabilidad de diversos ecosistemas (SERFOR, 2018). El fuego originado por las prácticas de quema puede alterar la vegetación e impactar severamente las propiedades fisicoquímicas del suelo. Pudiendo ocasionar erosión y pérdida de nutrientes, a causa del aumento de la temperatura sobre el suelo (Gonzáles, 2017; Ccanchi, 2021).

Los incendios forestales no siempre tienen un impacto negativo, ya que ciertos casos como en bosques templados, estos eventos pueden promover el crecimiento de pasto fresco, ayuda en el manejo de enfermedades y plagas, elimina

vegetación no deseada y promueve la integración de nutrientes en el suelo (Pérez et al., 2013; Ressler & Cruz., 2012).

El Perú es reconocido por sus ecosistemas que albergan una amplia variedad de flora (conjuntos de elementos vegetales), pudiendo ser bosques, matorrales, páramos, humedales y pastizales (Sagastegui et al., 2003; Salcedo, 2021). La vegetación juega un papel crucial en nuestro planeta, gracias a las ventajas que aporta a los ecosistemas funcionando como regulador, purificador del aire y fuente de alimento para la ganadería alto Andina. Por ello resulta esencial preservar la armonía de la biodiversidad (Salcedo, 2021). Desde otro punto de vista la vegetación es el elemento esencial que aporta belleza al paisaje (Salcedo, 2021).

Los incendios forestales acontecen predominantemente en zonas de alta montaña afectando ecosistemas de pastizales (Zubieta et al., 2019). En ecosistemas de pastizales, el uso del fuego puede tener efectos muy beneficiosos cuando se maneja con responsabilidad y precaución. Sin embargo, si no se maneja adecuadamente, puede provocar impactos severos en el área afectada, principalmente sobre la vegetación y el recurso suelo (Pacheco, 2019). Por esta razón, resulta esencial entender la magnitud de cambio sobre las propiedades del suelo ya que pueden influir en la recuperación del ecosistema y la vegetación, así como en su crecimiento.

Las características físicas y químicas del suelo pueden cambiar con el tiempo. Tras un incendio, estas pueden aumentar o disminuir su concentración (Rufasto, 2023). Esto se debe a que están principalmente influenciadas por el tipo de propiedad, la regularidad de las quemas y el clima después del incendio

(Cáceres, 2018). Diversos autores han estudiado los impactos del fuego después de un incendio forestal, documentan principalmente un incremento en el pH, nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, conductividad eléctrica, un mismo suceso se ha experimentado en esta investigación en la primera temporada de muestreo las que están relacionadas con las épocas de muestreo de otras investigaciones, por otro lado los análisis en la segunda, tercera y cuarta temporada presentan alteraciones en los valores y su clasificación de dichos parámetros.

Sin embargo, las repercusiones del fuego en el suelo y en ecosistemas de pastizales tras los incendios forestales en regiones tropicales y en los Andes del Perú han sido muy poco documentadas. Hasta ahora, no se han realizado investigaciones acerca de cómo la quema de vegetación afecta las propiedades físicas y químicas de un suelo. Por consiguiente, esta investigación es una valiosa contribución al entender los cambios en los valores de propiedades fisicoquímicas del suelo en cuatro temporadas de análisis de suelos.

En este contexto, se estudió los impactos generados por el fuego en el suelo durante el proceso de recuperación de los pastizales.

I. PROBLEMA, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el Perú los incendios forestales principalmente son causados por actividades humanas. Un 91% de las igniciones se deben al cambio en el uso de suelos y practica ancestral de quemar pastos, mientras que el restante 9% resultado de la obtención de leñas y a negligencias (SERFOR, 2018; SERNANP, 2016). La problemática se agrava si los incrementos de las prácticas de quemas se dan en contexto de eventos climáticos extremos como las sequías y eventos como: El Fenómeno de “el Niño” (Zubieta et al., 2021a; Zubieta et al., 2021b; Zubieta et al., 2023a).

Las sequías de los años 2005, 2010 y 2016 coincidieron con un aumento significativo en la incidencia de incendios forestales, que se elevó en más del 400%, asimismo coincidieron con un evento del Niño en el océano pacifico central (Zubieta et al.,2019). Se espera que estas sequías en el sur del Perú sean más intensas, frecuentes y prolongadas, por lo que se propone tomar medidas de adaptación y/o mitigación que reduzcan sus impactos (Zubieta et al., 2021b).

El problema puede empeorar, dado que los incendios forestales favorecen la erosión del suelo, debido a que quedan expuestos a vientos y lluvias. El desconocimiento por parte de los habitantes o la ausencia de medidas preventivas pueden propiciar la ocurrencia y el incremento de estos incidentes. En estas circunstancias la problemática se agrava en vista de los diversos factores (sociales, políticos, económicos, ambientales, etc.), que interrelacionan y limitan la capacidad de respuesta de las comunidades.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es la recuperación de los pastizales andinos ante la ocurrencia de incendios forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo afectan los incendios forestales a la biomasa y composición florística de los pastizales andinos ante la ocurrencia de incendios forestales?

¿Cuál es el impacto de los incendios forestales sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar la recuperación de pastizales andinos ante la ocurrencia de incendios forestales en las comunidades Macay y Salloc-Cusco.

1.3.2. Objetivos específicos

- ❖ Evaluar la recuperación de los pastizales andinos con una estimación de biomasa y registros de recomposición florística ante la ocurrencia de incendios forestales.
- ❖ Analizar el estado de las propiedades fisicoquímicas del suelo (pH, textura, conductividad eléctrica, materia orgánica, disponibilidad de nitrógeno, sodio y potasio).

1.4. Justificación

El fuego produce cambios en la cobertura vegetal (Neary & Leonard, 2020). Ante la complicada situación de los incendios forestales, un aspecto primordial que requiere atención técnico científica es la recuperación de los ecosistemas de pastizales posterior a los incendios forestales.

En la actualidad, los siniestros de incendios forestales son atribuidos a la aplicación del fuego en las labores agrícolas (SERFOR, 2018). Estas prácticas de quemas usualmente no son documentadas (95%), a diferencia de las emergencias debido a incendios forestales las que si se documentan (5%) (Zubieta et al., 2023b). La práctica de quema es una herramienta de bajo costo que más se usa en el manejo de residuos agrícolas, malezas indeseables y aumentar la productividad del forraje, transformación y renovación del paisaje en la sierra (Álvarez, 2022; Manta, 2017; Corredoira, 2021).

La recuperación de ecosistemas ante incendios en los bosques tiende a demorar grandes periodos (demorando de 5 –9 años hasta 15 años), (Vizcarra & De La Cruz-Lozado, 2022). La renovación y el tiempo de duración en los pastizales es tan rápida que puede demorar un año (Neary & Leonard, 2020).

No obstante, la evaluación y medición de los beneficios y perjuicios de las prácticas de quema de biomasa en la región de Cusco generará nueva información local. Esta puede ser valiosa para la creación de nuevas políticas regulatorias destinadas a prevenir y reducir las pérdidas causadas por incendio forestales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas

2.1.1. Ecosistema de pastizales

Un ecosistema de pastizales sirve como una fuente vital de alimento para el sustento de la ganadería. Aunque pueden permanecer inalterados durante años a simple vista, su proceso de recuperación suele ser gradual y lento (Miller, 1990).

Los ecosistemas de pastizales, a menudo se encuentran en áreas con productividad más baja que no son adecuadas para la agricultura intensiva. Sin embargo, estos mismos lugares pueden ser excelentes para el pastoreo, ya que los animales pueden recolectar y convertir la producción primaria de estos ecosistemas en productos útiles para los humanos, como carne leche y lana (Miller, 1990).

2.1.2. Pastizales andinos en Perú

Los pastizales andinos están situadas a altitudes superiores a los 3.000 m.s.n.m., en las laderas montañosas y la expansiva región andina, abarcando desde el norte del Perú hasta el sur de Argentina y Chile (Alva y Manosalva, 2019). Generalmente son áridos que albergan diferentes tipos de vegetación, desde pastizales puros hasta mezclados, todo depende de las condiciones climáticas y geográficas específicas de cada lugar, siendo el césped de puna el más común (Flores et al., 2005). En el Perú especialmente en los pastizales andinos las especies predominantes son *Stipa ichu*, *Festuca sp.* y *Calamagrostis sp.* (Alva y Manosalva, 2019).

2.1.3. Composición del suelo en pastizales

Los suelos de los pastizales suelen ser arcillosos. En términos generales, los suelos de los pastizales suelen ser fértiles, moderadamente ricos en materia orgánica y presentan un pH alcalino (Flores et al., 2005). Cuando la vegetación no proporciona suficiente protección, los suelos de pastizales se erosionan fácilmente, dado que el suelo en este bioma es bastante delgado (Oliva et al., 2001).

2.1.4. Prácticas tradicionales del uso del fuego

La práctica del uso del fuego genera impactos ambientales difíciles de medir, los cuales pueden intensificarse con las costumbres culturales de realizar quemas controladas que se transmiten de una generación a la siguiente. Las quemas realizadas de manera incorrecta, son aquellas en las que fácilmente se puede perder el control, generando así un incendio forestal (Rosero & Osorio, 2014). Este método es similar a las costumbres que los peruanos ancestrales llevaban a cabo antes del año 1532; el fuego se utilizaba en un momento y lugar específico del año, generalmente con una periodicidad distinta a la anual con propósitos agrícolas y ganaderos principalmente (Manta, 2017).

En relación a la aplicación del fuego en las técnicas de agricultura y ganadera en la sierra del Perú, la normativa que regula las quemas no alcanzará tener resultados satisfactorios a menos que se responsabilice a los campesinos para que realicen prácticas de quemas controladas y prescritas (Manta, 2017).

2.1.5. Incendio en ecosistemas de pastizales

Es comúnmente aceptado que numerosas áreas de pastizales han surgido y se han mantenido gracias al uso del fuego; cuando estas áreas son afectadas por el fuego, por lo general ya están secas, y si se dañan, solo afecta el crecimiento de un año (Comparatore et al., 1996). El pastizal se regenera por semilla en sitios incendiados. El fuego ayuda a mantener la estructura del pastizal y también las enriquece (Rodríguez, 2014).

2.1.6. Práctica de quema de pastizales

Los pastizales son la clase de cobertura vegetal más quemada por los humanos con el propósito de subsistencia ganadera y a nivel comercial (Pacheco, 2019). El fuego contribuye a preservar la estructura y composición de las praderas. Los pastizales se recuperan después de un incendio a través del rebrote, igualmente se regeneran a través de semillas. En general tienen una buena respuesta al fuego (Rodríguez, 2014; Pacheco, 2019).

La tasa de mortalidad de los pastizales después de un incendio es baja, aunque los incendios extremadamente severos pueden causar mortalidad debido a que es probable que afecten las raíces de las plantas. Por otro lado, la conformación de los matorrales tras el paso del fuego es progresivo, y se recupera al pasar los años esto se debe a que en estas zonas el fuego solo penetra unos pocos centímetros de profundidad en el suelo, lo que permite que el suelo se erosione y con el tiempo vuelve ser óptima (Pacheco, 2019).

2.1.7. La quema controlada

Una quema controlada es realizada de forma segura y planificada para lograr los objetivos establecidos por los humanos en la administración de recursos ganaderos, agrícolas y forestales, esto implica solicitar permiso a las autoridades, planificar las fechas de quema con la comunidad, informar a nuestros vecinos sobre el día de la quema, apoyarnos mutuamente para llevar a cabo la quema, mantenerla bajo control dentro de un área específica y tener en cuenta el estado del fuego, el combustible o vegetación a quemar, y las características del terreno (Martínez., 2001; Manta, 2017).

2.1.8. Quemias prescritas

La quema prescrita es aquella que se lleva a cabo de acuerdo a un diseño técnico prescrito donde se calcula numéricamente el comportamiento del fuego, la rapidez de propagación, la altura de la llama, y la intensidad del calor en función con las condiciones meteorológicas, el material inflamable y la geografía del sitio. Todo esto con el objetivo de obtener provecho y lograr una administración sustentable por medio del fuego aplicado a la vegetación (Martínez, 2001). El objetivo es que el fuego se limite a una zona concreta para prevenir su propagación y cause incendios forestales.

2.1.9. Sequía e incendios forestales

Los incendios más frecuentes y con gran intensidad son los que se dan en épocas secas (Pacheco, 2019). El clima desempeña un papel esencial para la incidencia en cuanto a la frecuencia de incendios forestales, ya que facilita la

ignición, las tasas de propagación y la severidad de estos eventos (Zubieta et al., 2021; Zubieta et al., 2023a).

La propagación del incendio está relacionada al combustible forestal y su bioacumulación y el incremento de la temperatura. Para el proceso de combustión, los tres elementos usualmente necesarios son combustible, calor y oxígeno, tales elementos forman el conocido “triángulo del fuego”. En este contexto, las condiciones climáticas y vegetativas propicias para los incendios hacen que el alcance del fuego sea considerablemente más extenso (Ressl & Cruz, 2012).

Cuando las llamas en un incendio han alcanzado su máximo desarrollo pueden generar su propio ambiente micro climático del fuego, con temperaturas y vientos que son diferentes y generalmente más intensos que las condiciones ambientales circundantes (González et al., 2011). Este es el caso de los años de sequía 2005, 2010, y 2016 años en los cuales la ocurrencia de incendios se incrementó severamente hasta un 400% (Zubieta et al., 2019).

En este escenario, con la finalidad de prevenir un aumento grave de incendios forestales, el instituto Geofísico del Perú ha desarrollado una plataforma web <https://www.igp.gob.pe/incendios-forestales/> que caracteriza las condiciones meteorológicas y vegetativas para la ocurrencia de incendios (Zubieta et al., 2021a).

2.1.10. Quemadas agrícolas

Las quemadas agrícolas se llevan a cabo para deshacerse de los desechos y restos de la cosecha, facilitando así la preparación del terreno para la próxima campaña agrícola. Aunque estas quemadas favorecen el acondicionamiento del

terreno para el cultivo, no necesariamente son beneficiosas para el suelo. Por el contrario, pueden contribuir a un progresivo empobrecimiento en las características del suelo. Desde una perspectiva agronómica, las quemas agrícolas no son necesarias, de hecho, pueden ser ambientalmente perjudiciales al degradar gradualmente la condición del suelo (Salcedo, 2021).

2.1.11. Quemas para obtener pastos

Se realizan quemas en áreas de pastoreo con el propósito de estimular el crecimiento de pastos al eliminar pajonales secos y vegetación leñosa, como matorrales, zonas a las que el ganado no puede acceder. Estas quemas favorecen el crecimiento de pastos al reducir la competencia de la vegetación leñosa. En determinados lugares, las quemas están vinculadas a áreas de ganadería extensiva que involucran ovinos, vacunos y, en ocasiones caprinos. Estas quemas se llevan a cabo con el propósito de mejorar la disponibilidad de pastos para el ganado y facilitar la gestión de la vegetación en las áreas de pastoreo. Después de que se produce un incendio, se puede observar un proceso de regeneración en el cual los tallos vuelven a brotar y las plantas herbáceas comienzan a crecer. estas plantas aprovechan la fertilidad temporal del suelo, lo que promueve un buen pasto para el ganado (Salcedo, 2021). Ante esto surge algunas interrogantes: ¿qué espera la población del Cusco después de la quema?, ¿mayor cantidad de pastizales?, ¿mejor calidad en los pastizales?, ¿obtener pastizales de mejor agrado para el ganado?

2.1.12. Método de Parker modificado.

El método K.W Parker modificado (Parker, 1958), trata del método conocido “Transección al paso” que implica la recolección de muestras a través de un transecto y por cuya línea dando pasos triples o dobles se registra las especies vegetales durante la transección (Mercado, 2019; Puma, 2014).

2.1.13. Impactos de incendios forestales en la vegetación

Los incendios son eventos que acarrearán efectos negativos para los ecosistemas, como la pérdida de diversidad biológica, cambios en el paisaje, reducción en la capacidad de retención de agua de lluvias, mortalidad de la fauna silvestre, contaminación del aire debido al humo y degradación del suelo debido a la escorrentía (Rodríguez, 1996).

El efecto del fuego en la vegetación se verá influenciado por el tipo de incendio, su fuerza, duración y frecuencia. Estos factores alterarán las características físicas del suelo, lo cual a su vez generará modificaciones en la presencia, distribución e intensidad de las especies de plantas (CONAFOR, 2010). Adicionalmente, la destrucción de la vegetación que se encuentra asociada a los ecosistemas naturales, muchas veces ocasiona alteraciones en la estructura del ecosistema. Esto resulta en una disminución de las especies presentes, ya que la reducción de estos ecosistemas permite una mayor entrada de radiación solar, lo cual también provoca cambios en la composición de la flora de los ecosistemas vegetales (Salcedo, 2021).

2.1.14. *El ecosistema después de un incendio*

La vegetación tiene una gran capacidad de recuperación después de un incendio forestal debido a la habilidad de ciertas especies para regenerarse y a la resistencia de semillas (Lloret, 2004).

La capacidad de las especies para germinar y rebrotar permite anticipar la recuperación después de un incendio. La resiliencia de una especie se basa en su habilidad para sobrevivir en diversas condiciones variables, como diferentes temperaturas y niveles de humedad (Díaz, 2003).

2.1.15. *Capacidad de rebrote*

Existen poblaciones de especies que viven en diferentes áreas climáticas y que se regeneran después de un incendio mediante el rebrote. Esta capacidad de rebrote se fundamenta en la presencia de yemas adventicias que tienen la capacidad de resistir altas temperaturas y, posteriormente, desarrollarse después del paso del fuego. Esto da como resultado la formación de nuevos tallos y hojas (Salcedo, 2021).

2.1.16. *Germinación después de un incendio*

El fuego puede resultar en la muerte de los individuos de especies que no pueden regenerarse, pero en muchas especies, las semillas tienen el potencial de dar origen a nuevos individuos, especialmente cuando las condiciones son más favorables, como una mayor disponibilidad de agua, nutrientes y luz. Las semillas pueden aprovechar estas condiciones propicias para establecerse y contribuir a la recuperación de la vegetación después del fuego (Lloret, 2004).

2.1.17. El suelo después de un incendio

Los incendios forestales generan impactos en el suelo ya que dependen según la magnitud del calor producido en el incendio. Durante un fuego de gran intensidad, las temperaturas oscilan entre 1200 a 1400 °C. Las temperaturas pueden llegar a 1000 °C grados en incendios de bosques, de 500-700 °C en incendios de matorrales y alrededor de 200 °C en incendios de pastizales (Rosero & Osorio, 2013). Efectivamente estas altas temperaturas son capaces de alterar las propiedades del suelo.

A continuación, se define los siguientes parámetros y los cambios en sus valores después del incendio:

2.1.18. Efectos del fuego en el pH

El fuego tiene un impacto en el pH, que es una de las propiedades químicas del suelo. Después de un incendio, el pH tiende a aumentar debido a la presencia de cenizas que contienen una cantidad significativa de carbonato potásico. (Rosero & Osorio 2014; Martínez et al., 1991). Por lo general se registran aumentos significativos en el pH del suelo inmediatamente después de un incendio, los cuales están relacionados con la intensidad del fuego. Sin embargo, estos incrementos tienden a disminuir con el paso del tiempo (Úbeda, 2001).

El tiempo necesario para que el pH del suelo regrese a su nivel inicial puede variar, siendo más rápido o más lento dependiendo de la cantidad de tiempo que las cenizas permanezcan en el suelo (Mataix-Solera y Guerrero, 2007).

Tabla 1. *Clasificación del pH y su efecto en las plantas.*

Designación	PH	Efecto
Muy ácido	Menor de 5.5	Hay retención de muchos nutrientes lo que puede dificultar su disponibilidad para el crecimiento de las plantas.
Ácido	5.5-6.5	
Neutro	6.5-7.5	Este nivel es un intervalo óptimo para los cultivos.
Básico o alcalino	7.5-8.0	
Muy alcalino	Mayor de 8.1-9.0	Hay restricción para el desarrollo de una planta.

Fuente: Garrido, 1994.

2.1.19. Efectos de fuego en la Materia Orgánica (MO).

La Materia Orgánica (MO), presente en el suelo se refiere a los restos de plantas y animales que se descomponen en el suelo. Esta descomposición es realizada por microorganismos y el proceso convierte los restos en nutrientes que las plantas pueden utilizar (Pacheco 2019).

La materia orgánica contribuye en la mejora la composición del suelo, lo que permite que el agua y el aire se muevan más fácilmente a través de él. (Pacheco 2019).

Generalmente, la materia orgánica es más alto, en los primeros 5 cm de profundidad en áreas naturales y unos 10 cm en áreas cultivadas. Este disminuye

con la profundidad, primero de manera drástica y luego gradualmente, hasta casi desaparecer entre los 30 y 60 cm, dependiendo del caso (Garrido, 1994).

El incendio facilita la mineralización natural de la materia orgánica al eliminar el agua a través de la evaporación (Rosero & Osorio, 2013). Sin embargo, cuando las temperaturas son altas en un incendio, los nutrientes y minerales de la materia orgánica, pasan a ser solubles y pueden ser aprovechados por las plantas.

Después, cuando las temperaturas superan los 450°C causa una reducción de los niveles de la materia orgánica, ya que continúa hasta que la combustión sea completa; no obstante, en fuegos severos el efecto es contrario por la acumulación de ceniza sobre el suelo (Rosero & Osorio, 2014).

Tabla 2. *Clasificación de la materia orgánica y su efecto en las plantas.*

Clasificación	Valor en %	Efecto
Baja	<3.1	Afecta la capacidad de almacenamiento de humedad. Los cultivos pueden verse afectados en su producción.
Normal	3.2-4.5	Nivel óptimo para el crecimiento vegetal. Favorece el desarrollo de las plantas.
Alta	4.6-19	Favorecen la creación de un sistema de poros que mejora la infiltración y el movimiento de agua. Promueve la reserva de agua utilizable para los cultivos y también impulsa el desarrollo vegetal.

Fuente: Garrido, 2014.

2.1.20. Efectos del fuego en la Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica en el suelo es un parámetro que permite evaluar de cuan bien el suelo puede conducir la electricidad. Dado que un nivel elevado puede ser nocivo para las plantas al obstaculizar la absorción de agua (Pacheco 2019).

Los valores de conductividad aumentan justo después del incendio, pero luego vuelven a estabilizarse (Rosero & Osorio, 2014).

Tabla 3. Clasificación de la conductividad eléctrica y el efecto en las plantas.

Clasificación	Valores	Efecto
Suelos libres de sales	<1	No hay limitación para el desarrollo de las plantas.
Suelos muy bajo en sales y/o no salino	1-2	Las plantas sensibles se ven afectadas en su rendimiento.
Suelos moderadamente salinos y/o ligeramente salinos	2-4	Las plantas sensibles se ven afectadas en su rendimiento.
Suelos salinos	4-8	Debido a la salinidad del suelo los rendimientos de los cultivos se verían afectados.
Suelos Muy salinos	8-16	Los cultivos que resisten suelos altamente salinos pueden crecer en estos suelos.
Suelos extremadamente salinos	>16	En esta condición de suelo la mayoría de las plantas no crecen.

Fuente: Rosero & Osorio, 2014.

2.1.21. Efectos del fuego en el Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un mineral principal que compone la molécula de clorofila de la planta y es el primero que se agota cuando hay una carencia de nutrientes. Por lo tanto, si se agotan ya las reservas de carbono y nitrógeno en los suelos, su capacidad de producción disminuiría progresivamente (Novoa & Villagrán, 2002).

El valor de nitrógeno disminuye después de los incendios por la volatilización en forma de N₂ (nitrito molecular) transformándose así en formas aún más complejas (Úbeda, 2001; Rosero & Osorio, 2014). Cuando un incendio arrasa con todo el suelo de un ecosistema, la disponibilidad de nitrógeno disminuye drásticamente debido a la volatilización (Iglesias, 1993).

No obstante, algunos niveles de nitrógeno pueden incrementarse, ya que el nitrógeno está vinculado al amonio, lo que puede resultar en valores más elevados. (Pacheco, 2019). La mayoría del Nitrógeno que vuelve al suelo con las lluvias proviene del nitrógeno liberado durante la quema de pastizales y bosques (Pacheco, 2019).

Según Marx et al (1999) el valor del nitrógeno en el suelo se puede clasificar:

Tabla 4. Clasificación del nitrógeno y su efecto en las plantas.

Nivel	Valor en %	Efecto
Bajo	<0,1	Restringe la producción de los cultivos. Notables descensos en la producción vegetal.
Normal	0,1-0,2	Favorece el correcto desarrollo de las plantas.

Alto	0,2-0,3	Puede causar la acumulación de nitratos, lo cual es perjudicial para el ganado en el caso de las pasturas.
Excesivo y/o muy alto	>0,3	Ocurre un aceleramiento vegetativo de las plantas en cuanto a su crecimiento.

Fuente: Marx et al., 1999.

2.1.22. Efectos del fuego en el Fosforo (P)

Los valores del fósforo (P) solo aumentan en las superficies del suelo, no en las capas más profundas (Romanyà et al., 1994).

Clasificación del fosforo según Espinoza et al., (2012).

Tabla 5. Clasificación de los valores de fósforo.

Nivel	Valor en %	Efecto
Bajo	<15	Tiene la tendencia de restringir el crecimiento del tallo. Las hojas adquieren un tono oscuro, un aspecto apagado, un color verde azulado y pueden palidecer en casos de deficiencias severas.
Medio	15-25	Crecimiento raquítico, hay ausencia de frutos y flores, y las plantas presentan un aspecto débil.
Normal	25-40	Crece con vigor y madurará antes que otras plantas que carecen del mismo
Alto	>40	Un exceso de fosforo causa un desequilibrio y una carencia de algunos micronutrientes.

Fuente: Espinoza et al., 2012.

2.1.23. Efectos del fuego en el Potasio (K)

Tras un incendio, el nivel de potasio aumenta debido a la presencia de cenizas resultantes de la quema de vegetación no suministra suficiente potasio, los niveles de este se reducirán después del incendio (Sánchez et al., 1994).

Tabla 6. Clasificación del potasio y su efecto en las plantas.

Clasificación	K en suelos (ppm)	Efecto
Bajo	<100	Las plantas deficientes de potasio presentan dificultad en su desarrollo.
Normal	100-240	Facilita la correcta formación de estomas, que son células generalmente ubicadas en la parte inferior de la hoja.
Alto	>240	Los niveles excesivos de potasio pueden provocar antagonismos resultantes de deficiencia de otros nutrientes.

Fuente: López & Miñano, 1988.

2.1.24. Efectos del fuego en la Textura del suelo

La textura del suelo, como la arena, el limo y la arcilla tienen altos niveles de resistencia al fuego debido a sus propiedades térmicas. Especialmente la arcilla es la fracción de textura más sensible, ya que puede modificarse a temperaturas cercanas a los 400°C mientras que la eliminación completa ocurre a temperaturas entre 700 y 800 °C. por otro lado, para que la arena o el limo se vean afectados por el fuego, se necesitan temperaturas aún más altas, superando los 1.414 °C lo cual no siempre ocurre.

Los componentes de la textura del suelo (arena, limo y arcilla) resisten altas temperaturas y, por lo tanto, el fuego no los afecta a menos que sean expuestos a altas temperaturas en la superficie del suelo (horizonte A). La arcilla, siendo el componente de la textura del suelo más sensible, se modifica con temperaturas aproximadas de 400 °C, llegando a una destrucción completa con temperaturas entre 700 y 800 °C. Para que la arena o el limo sufran efectos, se requieren temperaturas superiores a los 1.414 °C, situaciones que no siempre ocurren (Beyers et al., 2008).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. CENEPRED.

El Centro Nacional de Estimulación, Prevención y Reducción de Desastres es una institución perteneciente al Ministerio de Defensa del Perú, forma parte del SINAGERD y el principal objetivo es el de gestionar, reglamentar y administrar los recursos destinados a la reducción y prevención de todo tipo de desastre que ocurra, así como de la reconstrucción de los daños que se hayan ocasionado en este caso un incendio forestal.

2.2.2. COEN.

El Centro de Operaciones de Emergencia Nacional es un órgano del SINAGERD, que monitorea, valida y proporciona información oficial sobre peligros, emergencias y desastres para la oportuna toma de decisiones y funciona las 24 horas del día durante todo el año, coordinando con los centros de operaciones de emergencia regional, local y sectorial.

2.2.3. INDECI.

El Instituto Nacional de Defensa Civil tiene a cargo el proceso de respuesta como parte integrante del componente de Gestión Reactiva, de la Gestión del Riesgo de Desastres, está constituida por el conjunto de acciones y actividades, que se ejecutan ante una emergencia o desastre, inmediatamente de ocurrido éste, así como ante la inminencia del mismo.

Comprende el conjunto de acciones y actividades realizadas principalmente para salvaguardar la vida y el patrimonio de las personas y el Estado, para atender a la población afectada y proporcionar la asistencia humanitaria.

2.2.4. SERFOR.

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, brinda información relacionada a reportes de Focos de Calor mediante monitoreo satelital, los cuales dan una alerta de la existencia de fuego activo para que las autoridades tomen las acciones correspondientes, pues podría generar un incendio forestal. Además, genera reportes de alerta de Incendio Forestal cuando se ha identificado alguno y también generan un registro cuando haya terminado a través del reporte de la cicatriz dejada por el incendio forestal, evidenciando la ubicación, categorías territoriales, superficie y los tipos de bosque que fueron afectados, todo ello a través de las imágenes satelitales (SERFOR).

2.2.5. CONAFOR.

Creada por decreto presidencial el 4 de abril del 2001, es un Organismo Público Descentralizado cuyo objetivo es desarrollar, favorecer e impulsar las actividades

productivas, de conservación y restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes, programas y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable.

2.2.6. PISCO.

PISCO, generada por SENAMHI, que significa Peruvian Interpolated Data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations por sus siglas en inglés. Es una base de datos de precipitación de alta resolución (~ 5*5 km) -espaciada por grillas- a nivel nacional. Genera datos de precipitación para su uso en diferentes actividades ligadas al análisis hidrológico, como modelación hidrológica, monitoreo de sequías y balance hídrico.

2.2.7. MINAM-DGOTA.

El Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental ha logrado construir un registro histórico de incendios (2000-2020) a nivel nacional, información que ayuda a entender dónde, cuándo y con qué frecuencia ocurren los incendios forestales. Este registro se actualiza permanentemente y a la fecha cuenta con más de 3751 incidencias de incendios registrados (MINAM – DGOTA, 2018).

2.2.8. SENAMHI.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú realiza el monitoreo del comportamiento de los factores atmosféricos favorables a la ocurrencia de un incendio forestal en el Perú. Los factores monitoreados son: temperatura máxima,

precipitación diaria, humedad relativa al mediodía y cantidad de días continuos sin lluvia.

2.2.9. SERNANP.

El Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado se encarga de implementar estrategias para prevenir y controlar los incendios forestales minimizando sus impactos dentro de las áreas protegidas.

2.2.10. IGP.

El instituto Geofísico del Perú (IGP), es una institución adscrita al Ministerio del Ambiente. Durante la última década, es denominada una institución líder del Perú que realiza investigación en ciencias de la tierra.

2.3. Antecedentes de la investigación

2.3.1. Contexto internacional

Corredoira (2021), en la tesis *“Efecto de los incendios forestales en la respiración basal del suelo”*. Se investigó el impacto de los incendios en diferentes propiedades del suelo (pH, carbono orgánico, respiración basal y textura). El enfoque principal del estudio fue examinar como los incendios forestales afectan la respiración basal del suelo y establecer relaciones con otras propiedades analizadas en suelos. Se recolectaron muestras de suelos que fueron afectados por incendios forestales en Tenerife (Candelaria y Vilaflor) y Galicia (Santa Comba y Armada). En ambos lugares, Tenerife y Galicia, se recolectaron muestras de suelos tanto quemados como no quemados. Los resultados obtenidos indicaron que el impacto del fuego en el suelo varía dependiendo de la severidad del incendio y la

propiedad del suelo analizada. En general se puede inferir que las propiedades químicas y biológicas de los suelos se ven afectadas por los incendios forestales y esta afectación varía según la intensidad del incendio.

Úbeda (2001), en un artículo titulado *“Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal”*. Realizaron análisis para examinar los cambios en ciertos parámetros del suelo después de un incendio forestal en Cadiretes, Girona. La textura del suelo y otros parámetros experimentan variaciones distintas en función de la intensidad que alcanza el fuego. Se identificaron tres áreas afectadas por el fuego y una zona que se encuentra bajo control y no ha sido alcanzada por las llamas. Tras el incendio se observó una reducción en la proporción de arena y un aumento en las proporciones de limo y arcilla. Se detectó un aumento en los niveles de carbono en las áreas que fueron afectadas por el fuego de manera menos intensa, mientras se observó una disminución general en la concentración del nitrógeno en todas las zonas afectadas. Se registró un aumento en los niveles de calcio y en la zona de baja intensidad del incendio, y una disminución en la concentración de magnesio en todas las zonas afectadas.

Rosero & Osorio (2013), en el artículo titulado *“Efectos de los incendios en las propiedades del suelo”*. Analizaron estudios realizados a nivel mundial, para determinar los cambios químicos del suelo, las alteraciones en la porosidad, estructura y textura del suelo, así como los impactos biológicos de los cambios en la materia orgánica. Se ha determinado que los incendios forestales tienen un impacto significativo en el pH del suelo, la estabilidad estructural, la porosidad, los

ciclos de nutrientes y la actividad biológica. Además, se ha identificado la falta de directrices a nivel nacional y regional para mejorar la evaluación del impacto ambiental y llevar a cabo acciones específicas para la restauración de los ecosistemas afectados por los incendios forestales.

Vizcarra y de la Cruz-Lozado (2022), en el artículo titulado *“Incremento de incendios forestales en América Latina: problemática, causas e impactos en la biodiversidad, 2005-2021”*. Analizaron las causas y efectos de los incendios forestales en regiones tropicales, centrándose en los aspectos climáticos vegetativos y antropogénicos. Se llevó a cabo un estudio exhaustivo con el objetivo de caracterizar estos incendios y comprender mejor sus implicaciones. La metodología utilizada en este estudio se basó en el análisis de investigaciones científicas disponibles en diferentes bases de datos públicas. Estas investigaciones revelaron que uno de los impactos significativos de los incendios forestales es el retraso en la recuperación de los bosques en las áreas afectadas. Se encontró que factores climáticos, como las sequías, desempeñan un papel causal en el aumento severo de los incendios forestales en las regiones tropicales. Estos hallazgos resaltan la importancia de comprender y abordar tanto los factores humanos como los ambientales en la prevención y gestión de los incendios forestales en estas áreas.

2.3.2. Contexto nacional

Pacheco (2019), en la tesis titulada *“Efecto del fuego sobre las comunidades vegetales de pastizales y matorrales en el Anexo de Totorani, Distrito de Polobaya, Arequipa, octubre- diciembre, 2018”*. Se examinó el impacto del fuego en las

comunidades vegetales y en el sustrato afectado. Se delimitaron las zonas perjudicadas y se determinó la superficie de matorrales y pastizales que resultan afectados. Posteriormente, se realizó una búsqueda exhaustiva de todas las especies de plantas, tanto dentro como fuera del área afectada (con permiso de SERFOR), recolectando un ejemplar de cada especie. Se analizó el estado de las raíces in situ, describiendo características como la humedad y flexibilidad, así como la presencia de rebrotes para identificar signos de vida. Además, se recolectaron muestras de suelo, las cuales fueron llevadas al laboratorio LABINVSERV para realizar pruebas de germinación y análisis físico-químico. Este análisis permitió evaluar el impacto del fuego en las comunidades vegetales y en el sustrato, así como comprender mejor la capacidad de recuperación de los ecosistemas afectados. En la zona de matorrales se identificaron 20 especies fuera del área afectada y 6 especies dentro. En los pastizales, se encontraron 11 especies fuera del área afectada y 4 especies dentro. Las observaciones in situ de las raíces revelaron una posibilidad de recuperación de la comunidad vegetal en el estrato arbustivo. De un total de 80 raíces analizadas el 43% mostró rebrotes en los matorrales y el 54% en los pastizales. Además, se registró el contenido hídrico y la flexibilidad de las raíces. En los matorrales, el 68% de las raíces presentaron un contenido hídrico superior al 60 % mientras que en los pastizales fue del 77%. En cuanto a la flexibilidad alta, en los pastizales fue del 75.5%. En las pruebas de germinación, se identificaron 7 especies en las muestras de pastizales y 5 especies en la muestra de matorrales. El análisis físico-químico de las muestras de suelo reveló que tanto el pH como el contenido de potasio disminuyeron en comparación con el área no afectada. Sin embargo, se observó un aumento en la conductividad

eléctrica, el nitrógeno total, el fósforo, y la materia orgánica, siendo el aumento de nitrógeno el más destacado. En el análisis físico se observaron cambios en la estructura del suelo dentro del área afectada por el incendio en comparación con la zona afectada.

Alva y Manosalva (2019), en la tesis titulada *“Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el Cañón de Sangal, Cajamarca”*. Analizó el impacto del fuego en las propiedades químicas del suelo. Tres meses después de un incendio forestal, se evaluaron seis condiciones de estudio que consistieron en parcelas sin quemar, parcialmente quemadas y completamente quemadas, a dos profundidades de muestreo: de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm. Se encontró que el fuego tuvo un mayor impacto en los primeros 10 cm del suelo, con un aumento significativo en la conductividad eléctrica, la materia orgánica, el nitrógeno total y el magnesio intercambiable. También se observó una significación estadística en el potasio disponible y la capacidad de intercambio catiónico, con concentraciones más altas en las parcelas quemadas. No se encontraron diferencias significativas en el pH, la textura, y la disponibilidad de calcio total, calcio, potasio y sodio intercambiables entre las diferentes condiciones de estudio. En cuanto al calor del suelo en las parcelas afectadas por el fuego, no se observaron cambios significativos en la retención de humedad. Sin embargo, se registró una ligera disminución en el brillo y la intensidad del color del suelo. Estos cambios en las propiedades del suelo fueron principalmente causados por el aumento de la temperatura durante el incendio, la incorporación de cenizas al suelo debido a la combustión y a las condiciones climáticas posteriores al fuego.

Hermitaño y Crisóstomo (2021), en la tesis titulada *“Efecto de la quema de pastizales en las propiedades de los suelos en Huamancaca Chico Huancayo 2020”*. Se planteó como objetivo determinar el impacto del incendio de pastizales en las propiedades del suelo. Durante el año 2020, se empleó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial de 2 x 2, con dos repeticiones. Se tomaron tres muestras de suelo antes de la quema y 5 muestras después de la quema en cada unidad experimental, a dos profundidades: de 0 a 3 cm y de 3 a 5 cm. Los resultados obtenidos mostraron que hubo una disminución significativa en la densidad aparente, el contenido de arcilla y el calcio intercambiable, mientras que se observó un aumento significativo en el contenido de limo, el pH, la materia orgánica, el fósforo, potasio disponible, el magnesio intercambiable y el sodio intercambiable. No se encontraron cambios significativos en la porosidad total, la capacidad de campo, el contenido de arena, el contenido de carbono, el calcio y la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Estos hallazgos indican que la quema de pastizales tuvo un impacto significativo en las propiedades del suelo, afectando su composición y estructura.

III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Materiales

3.1.1. Materiales cartográficos:

Imágenes Satelitales de Google Earth.

Software (Qgis versión 3.22).

Fuente de datos PISCO-SENAMHI

3.1.2. Materiales de campo:

Regla Metálica Graduadas de 30 cm

Balanza de Precisión de 1.500 gramos (OHAUS)

Cámara fotográfica (Fine Pixs 3000)

Herramientas (pala, pico, wincha)

GPS map 76CSx (GARMIN)

Bolsas de Plástico de Polipropileno 20 x 17 y bolsas de papel

Etiquetas del Muestreo

3.1.3. Servicios solicitados para muestreo en campo:

Camioneta (V1A-556)

3.1.4. Material de escritorio:

Una Computadora Lenovo N500 Procesador dual Core con internet

Libreta de apuntes

Fichas

3.2. Metodología de la investigación

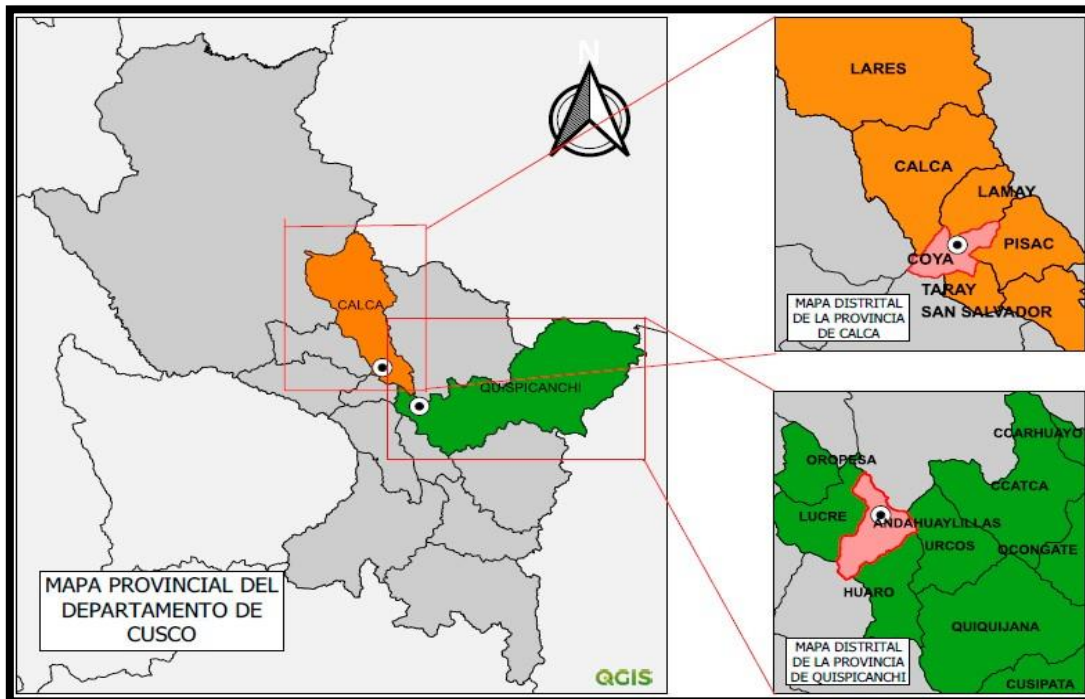
El tipo de investigación es descriptivo con un enfoque cuantitativo.

La metodología consistió de 4 fases fundamentales:

3.2.1. Trabajo preliminar de campo

3.2.1.1. Áreas de estudio

Figura 1. Mapa de ubicación de distritos identificados para el estudio.



Nota: La investigación se desarrolló en la región Cusco, en los distritos de Coya y Andahuaylillas, provincias de Calca y Quispicanchis (Figura 1). Las zonas de estudio se determinaron a partir de reportes por emergencias de incendios forestales. Los reportes son emitidos por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Las zonas de investigación 1 y 2 que describen los reportes, corresponden a dos comunidades campesinas de la región Cusco. Estas son descritas a continuación:

- **Descripción del área de estudio 1**

❖ ***Reporte del incendio forestal N° 6616-24/08/2022 ocurrido en la comunidad de Macay.***

Este incendio forestal ocurrido en Macay, del distrito de Coya en la provincia de Calca de la región Cusco, se produjo el 23 de agosto del 2022 a las 15:00 horas aproximadamente y fue extinguido a las 19:00 horas del mismo día, causó daños en la cobertura natural, quemando un aproximado de 12 hectáreas de cobertura natural. Este reporte del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) describe la zona de estudio 1, priorizada en esta investigación.

❖ ***Ubicación política y geográfica de la comunidad Macay.***

La investigación se desarrolló en la comunidad de Macay, en el distrito de Coya, provincia de Calca de la región de Cusco (Figura 2), ubicada en el margen izquierdo de la cuenca Vilcanota, limitada por el norte, oeste y noroeste con el distrito de Lamay y por el sureste limita con el distrito de San Sebastián. Dentro de las coordenadas: Latitud Sur: 13° 38' 67" y 13° 23' 12", Longitud oeste: 71° 89' 89" y 71° 53' 56", Altitud: 2944 m.s.n.m.

Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del incendio en Macay

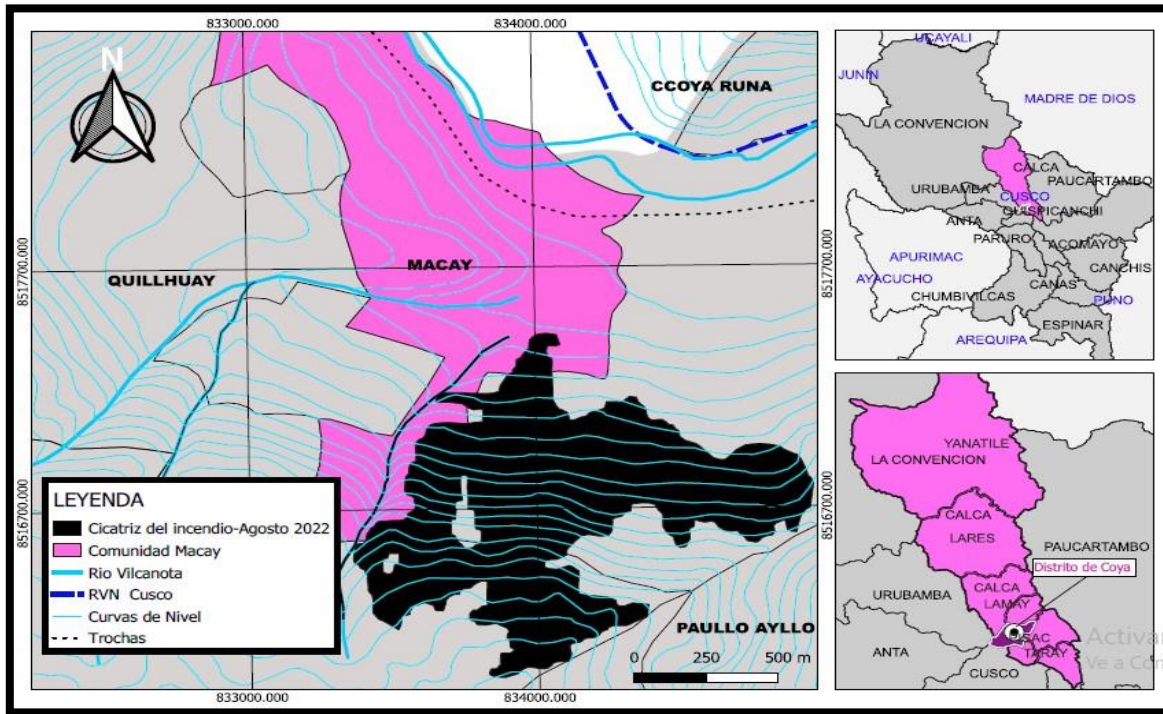
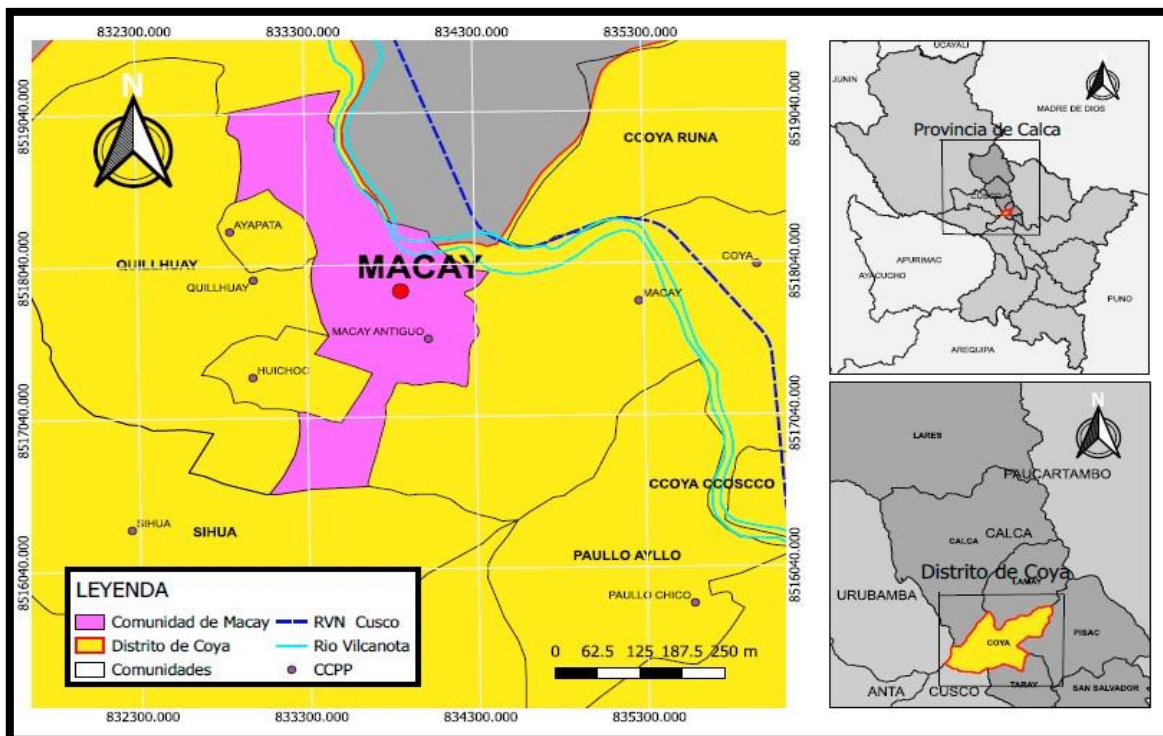


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio 1: Macay



❖ **Accesos**

El acceso principal a la comunidad de Macay se realiza a través de una carretera asfaltada ya sea en transporte público o privado, a 1 hora (16.9 km) iniciando el viaje desde la ciudad de Cusco en una ruta de Cusco a Calca. El trayecto hasta la zona de estudio (zona impactada por el incendio) dura 15 minutos en auto y 1 hora caminando.

❖ **Aspectos climáticos**

El clima es templado con temperaturas promedio de 20 °C a 25 °C durante el día y por la noche a 10 °C promedio durante todo el año (SENAMHI, 2012).

❖ **Hidrografía**

El recurso agua constituye la principal potencialidad en la comunidad, tiene acceso a las aguas del río Vilcanota y en las partes altas se encuentran las lagunas Maruhuay y Qoricocha (ANA, 2021).

❖ **Principal actividad económica**

Es la agricultura (producción del maíz y la papa) y la ganadería (crianza de vacunos y ovinos) (INEI, 2018).

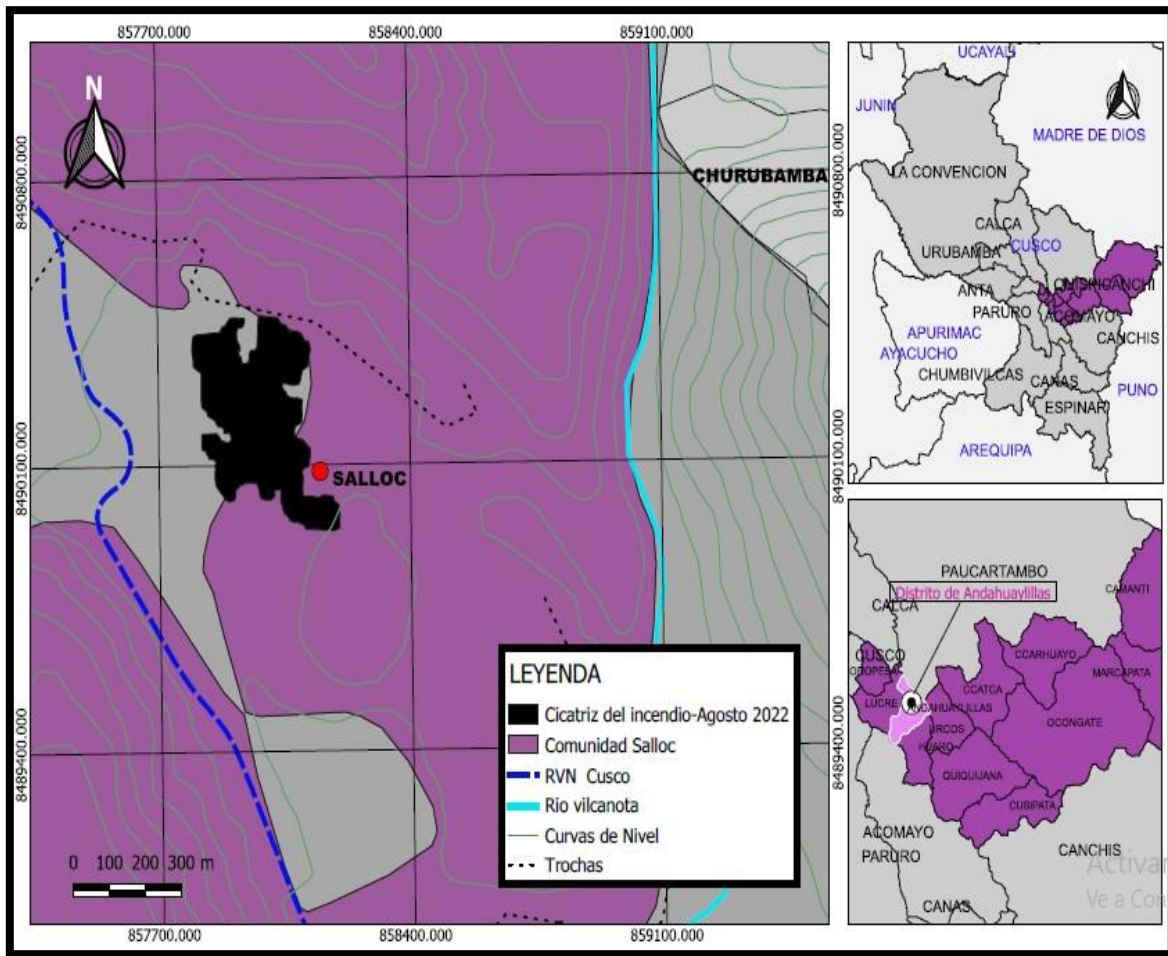
- **Descripción del área de estudio 2**

❖ **Reporte del incendio forestal N° 6803-31/08/2022 en la comunidad de Salloc.**

El incendio forestal ocurrido en la comunidad campesina de Salloc, del distrito de Andahuaylillas en la provincia de Quispicanchi de la región Cusco, se produjo el 30 de agosto del 2022 a las 14:30 horas aproximadamente y fue extinguido a las

18:00 horas del mismo día, quemando un aproximado de 5 hectáreas de cobertura natural (COEN-INDECI, 2022). Este reporte de INDECI describe la zona de estudio 2 en esta investigación.

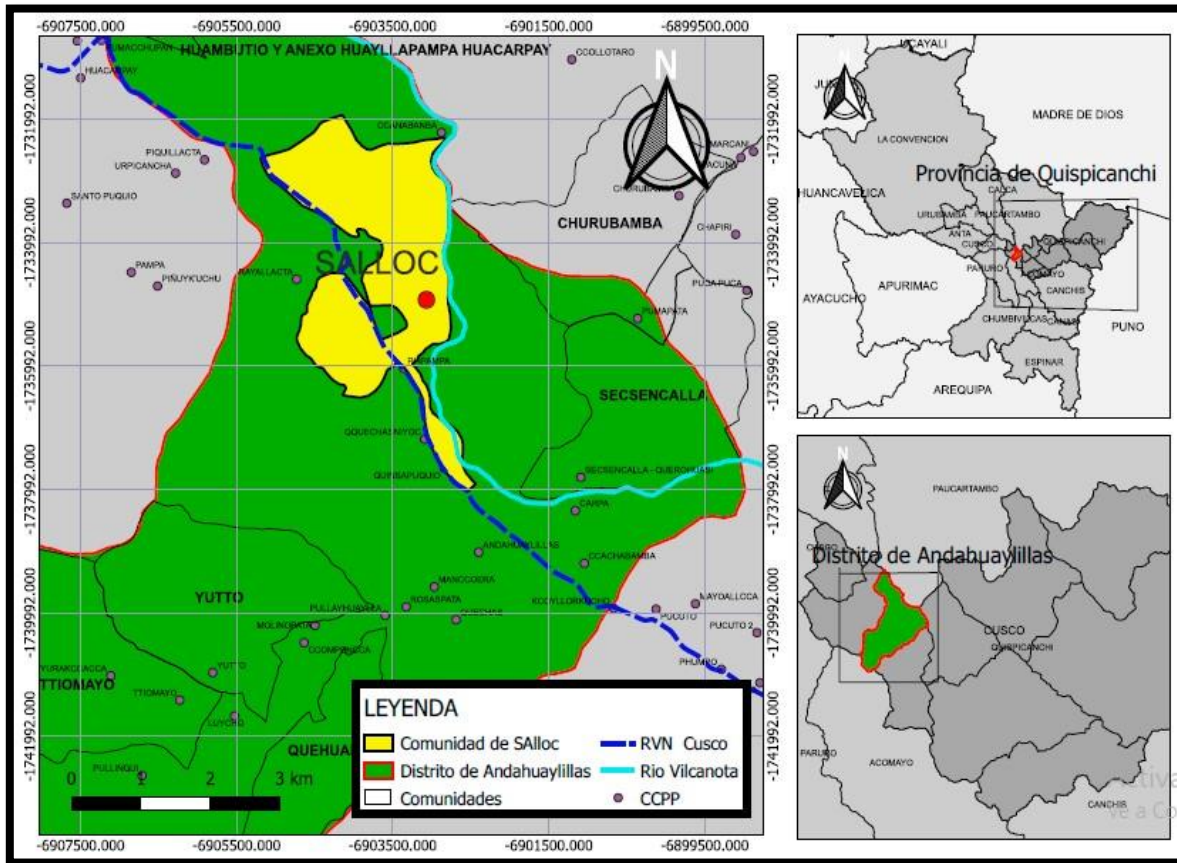
Figura 4. Mapa de ubicación del incendio en la comunidad de Salloc



❖ **Ubicación política y geográfica**

La zona de estudio 2 se sitúa en la comunidad de Salloc, del distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi en la región de Cusco (Figura 7), ubicada en el margen izquierdo de la cuenca Vilcanota, dentro de las coordenadas: Latitud Sur: 13° 38' 67" y 13° 23' 12", Longitud oeste: 71° 89' 89" y 71° 53' 56", Altitud: 2944 m.s.n.m.

Figura 5. Mapa de ubicación de la zona de estudio 2: Salloc



❖ **Aspectos climáticos**

Presenta un clima templado, a veces las temperaturas son muy bajas también en los meses más cálidos. La temperatura en Andahuaylillas varía de 7.3 °C a una temperatura promedio de 8.6 °C, el mes de noviembre es el más caluroso del año es, el mes de julio es el más frío, con temperaturas promedio 5.7 °C. (SENAMHI, 2012).

❖ **Accesos**

El acceso principal a la comunidad Salloc es por una carretera asfaltada ya sea en transporte público o privado, a 1 hora y 30 minutos (36 km) partiendo de la

ciudad de Cusco por la ruta de Cusco a Urcos. El trayecto hasta la zona de estudio (zona impactada por el incendio) dura 5 minutos en auto y 20 minutos caminando

❖ **Hidrografía**

Tiene como principal recurso de agua es la cuenca Vilcanota, el río en “Manccomayo” es su principal recurso hídrico que se usa con fines de riego en cultivos de maíz en el valle de Andahuaylillas (ANA, 2021).

❖ **Actividad económica principal**

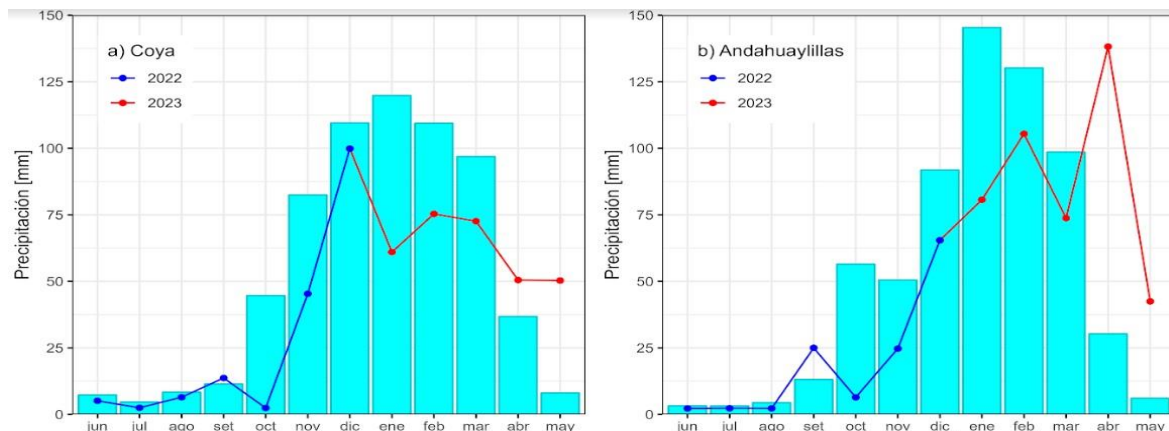
Tiene como actividad económica principal la agricultura (producción del maíz) y la ganadería (crianza de vacunos y ovinos) (INEI, 2018)

3.2.1.2. Monitoreo de la precipitación pluvial.

Mediante los datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), generada por SENAMHI se obtuvo la Precipitación mensual acumulada desde (1981-2021) y datos de la precipitación pluvial acumulada por mes durante el año de estudio que comprende (2022-2023) (Figura 8). Las lluvias regularmente comienzan entre los meses de setiembre y octubre, alcanzando su cima de intensidad entre enero y/o febrero, terminando en abril.

En el siguiente gráfico se presenta la variación de las precipitaciones pluviales que ocurre a lo largo del año.

Figura 6. Monitoreo de la precipitación mensual acumulada (2022-2023).



Fuente: Procesamiento de datos IGP; Fuente de datos PISCO-SENAMHI.

Nota: Mediante los datos PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations), generada por SENAMHI se obtuvo la Precipitación mensual acumulada desde (1981-2021) y el análisis de la precipitación pluvial acumulada por mes durante el año de estudio que comprende (2022-2023). En la Figura 6 se muestra las precipitaciones pluviales y la variación a lo largo del año.

Las lluvias generalmente empiezan en setiembre y octubre, alcanzan su cima de intensidad en enero y/o febrero y terminan en abril.

El inicio del periodo de lluvias 2022-2023 en Cusco (basada en los datos PISCO) fue caracterizado por una limitada cantidad de lluvia entre agosto y octubre (por debajo de 30 mm), es decir fue bastante seco al estar aproximadamente ~50% por debajo del promedio. Es bastante notorio que el periodo de lluvias intensas y duraderas se inició marcadamente en diciembre 2022 hasta abril - mayo 2023 (Figura 6). A diferencia de Andahuaylillas, es importante destacar que, en Coya presentó una reducción inesperada de la cantidad de lluvia entre enero y marzo

(Figura 6). Esto sugiere la ocurrencia de veranillos (periodos secos o sin lluvias dentro de la temporada) que pudieron afectar el desarrollo esperado de cultivos y/o cobertura vegetal como pastizales entre enero y abril.

3.2.2. Fase de campo-proceso de conducción de la investigación

3.2.2.1. Reconocimiento fisiográfico y uso de la tierra

Se inició con un previo reconocimiento y corroboración in-situ de los incendios priorizados para las zonas de estudio 1 y 2. Ello con el fin de obtener una información general de las áreas impactadas por el incendio y las áreas no impactadas por el incendio para poder definir los puntos de calicata y establecimiento de parcelas de monitoreo acerca de la recuperación de pastizales. El suelo presentaba cenizas que cubría todo el suelo, el color de la ceniza era gris blanquecino en Macay, (Figura 7) y negro en Salloc (Figura 8), las que se encontraban esparcidos parcialmente.

Figura 7. Suelo con presencia de ceniza de color gris-blanquecina-Macay



Figura 8. Suelo con presencia de ceniza de color grisáceo y negro-Salloc



3.2.2.2. Definición de los puntos de muestreo.

Comenzando un recorrido por los lugares afectados por el incendio, se observó áreas con mayor y menor concentración de cenizas (residuo de la combustión) esparcidos parcialmente tanto como la cantidad y el color de la ceniza que se encontraba en el suelo (Figuras 7 y 8). El estado de los pastizales, la cobertura vegetal que había en el lugar y alrededores. Basado en estas características, se definió de forma aleatoria cuatro zonas de monitoreo: tres áreas situadas en la “zona incendiada” y un sector ubicado en la “zona no quemada”.

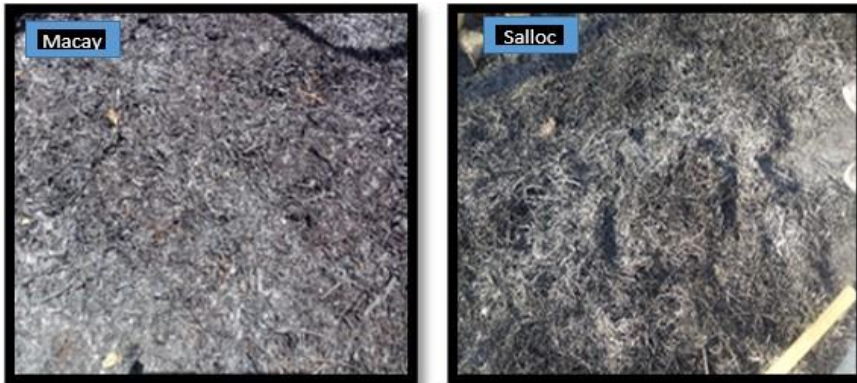
3.2.2.3. Descripción de los puntos de muestreo en Macay y Salloc

❖ Punto 1 y/o Zona quemada 1.

Llamada también “zona 1 con incendio (a)”, en esta zona los pastizales fueron quemados completamente y en algunas especies de matorrales

conservaban solamente el tronco y sus ramas defoliadas. Se observa una zona donde hay mayor acumulación de cenizas.

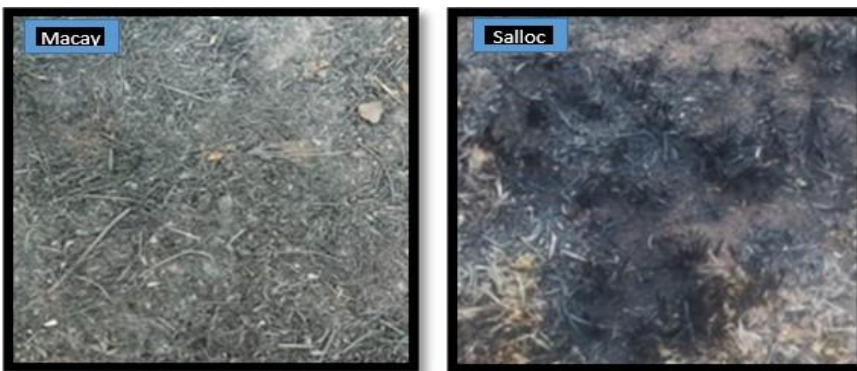
Figura 9. Zona quemada 1 en Macay y Salloc.



❖ **Punto 2 y/o Zona quemada 2.**

Llamada también “zona 2 con incendio (a)”, en esta zona los pastizales fueron quemados completamente, se observaron restos de tallos quemados, la acumulación de ceniza fue moderada.

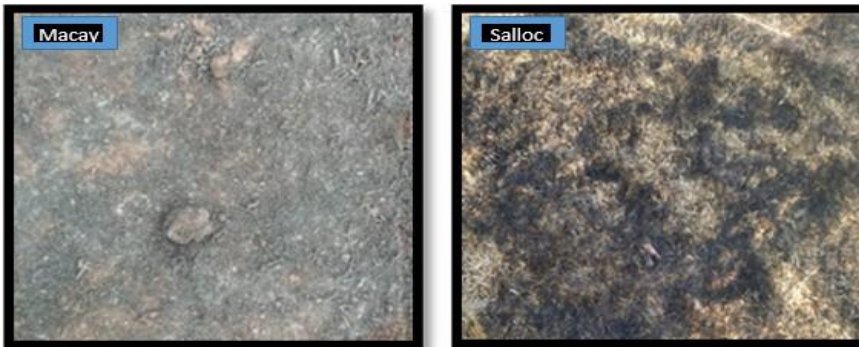
Figura 10. Zona quemada 2 en Macay y Salloc.



❖ **Punto 3 y/o Zona quemada 3.**

Llamada también “zona 3 con incendio (a)”, en esta zona los pastizales fueron quemados completamente, se observó que la acumulación de cenizas fue leve, lo que indicaría que hubo una reducida población de pastizales.

Figura 11. Zona quemada 3 en Macay y Salloc.



❖ **Punto 4 y/o Zona no quemada.**

Llamada también “zona sin incendio (a)” en esta zona se encontró vegetación herbácea. Con acumulación de biomasa seca. Este punto de muestreo se sitúa muy cercanamente a las zonas con incendio la que hace referencia de cómo se pudo encontrar la el suelo antes del incendio.

Figura 12. Zona no quemada en Macay y Salloc.



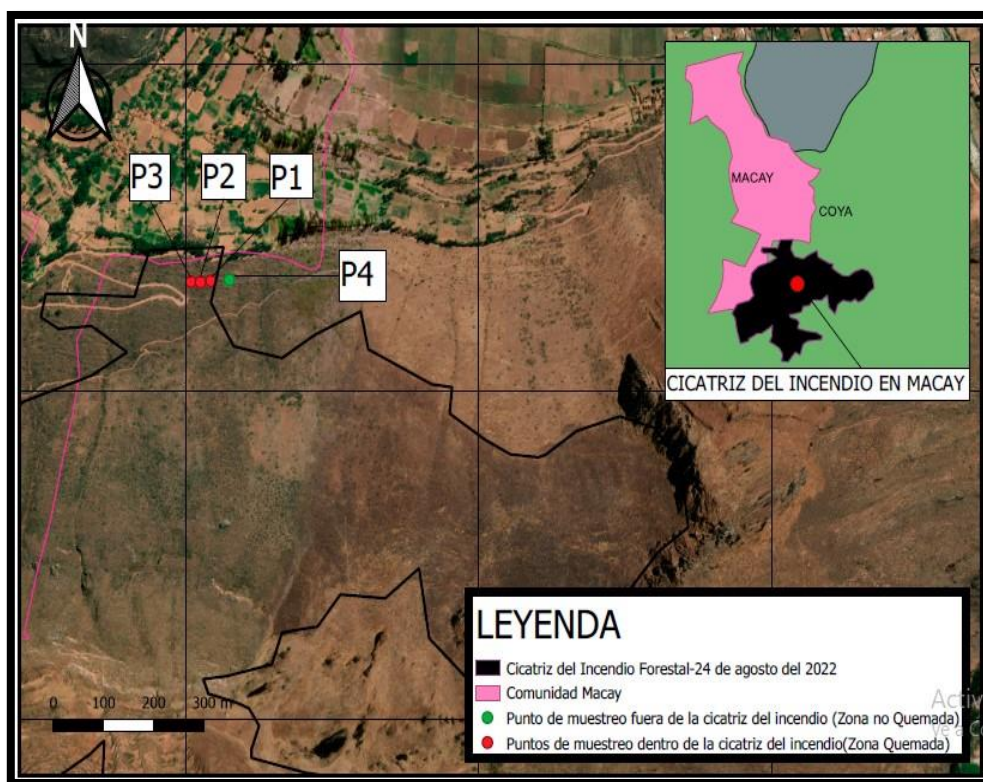
3.2.2.4. Muestreo de suelo

Los lugares de muestreo se determinaron en el campo con un GPS (Tablas 7 y 11).

Tabla 7. Puntos de muestreo ubicados con GPS-Macay

Zona de estudio N° 1: Macay-Coya-Calca-Cusco				
Puntos de Muestreo	Coordenadas			Descripción
	Este (x)	Norte (y)	Altitud (Z)	
Muestra 01	184147	8517423	3147	muestreo de la zona quemada 1 (a)
Muestra 02	184142	8517423	3154	muestreo de la zona quemada 2 (a)
Muestra 03	184141	8517422	3148	muestreo de la zona quemada 3 (a)
Muestra 04	184171	8517424	3148	muestreo de la zona sin quema (a)

Figura 13. Puntos de muestreo de suelo ubicados dentro del mapa en Macay.

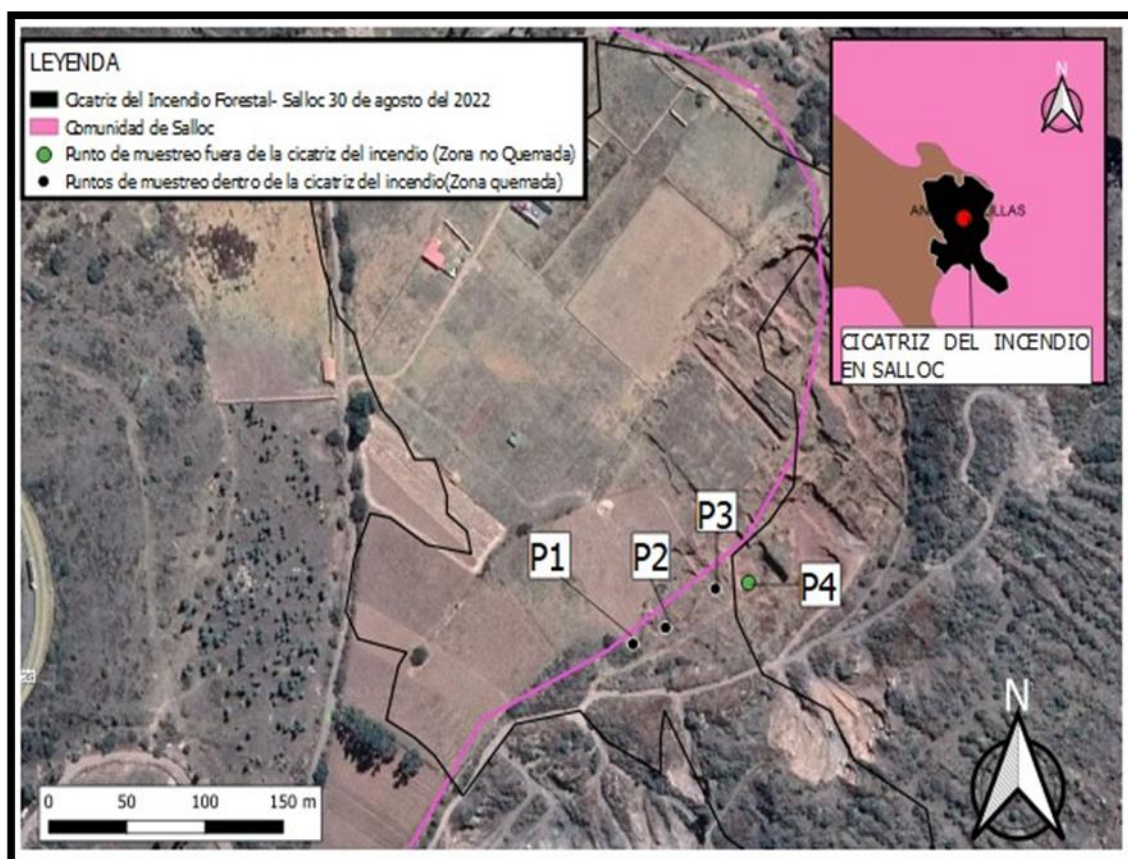


Nota: P1, P2 y P3 es referida al punto de muestreo se suelo 1, 2 y 3 tomadas en las zonas impactadas por el incendio y P4 es referida al punto de muestreo en la zona no quemada.

Tabla 8. Puntos de muestreo ubicados con GPS-Salloc.

Zona de estudio N° 2: Salloc-Andahuaylillas-Quispicanchi-Cusco				
Puntos de Muestreo	Coordenadas			Descripción
	Este (x)	Norte (y)	Altitud (Z)	
Muestra 01	208783	8490919	3163	muestreo de la zona quemada 1 (b)
Muestra 02	208787	8490919	3163	muestreo de la zona quemada 2 (b)
Muestra 03	208843	8490952	3147	muestreo de la zona quemada 3 (b)
Muestra 04	208842	8490953	3156	muestreo de la zona sin quema (b)

Figura 14. Puntos de muestreo ubicados dentro del mapa en Salloc.

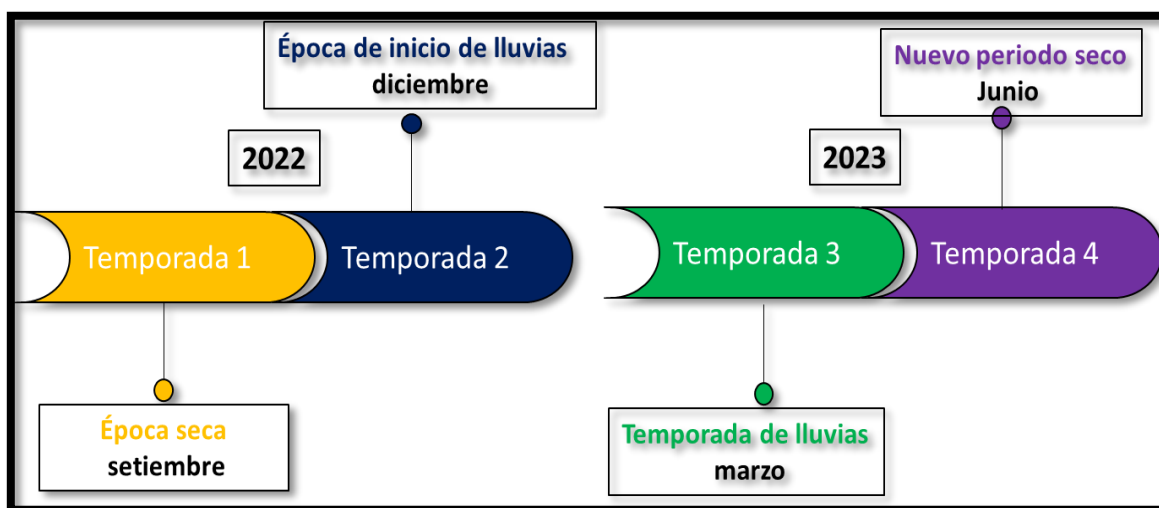


Nota: P1, P2 y P3 es referida al punto de muestreo se suelo 1, 2 y 3 tomadas en las zonas impactadas por el incendio y P4 es referida al punto de muestreo en la zona no quemada.

3.2.2.5. Épocas de recolección de muestras de suelo

El muestreo de suelo se realizó en 4 épocas del año que se describe a continuación: **temporada de estiaje** se extiende desde mayo hasta setiembre; mientras que el **inicio de la temporada de lluvia** va de octubre a diciembre. La **temporada de lluvias** se da de enero a abril (Figura 15) esto es consistente con lo señalado en estudios llevados a cabo por SENAMHI (2017) y Ccanchi (2021).

Figura 15. Épocas de muestreo de suelo en Macay y Salloc



3.2.2.6. Excavación y evaluación de calicatas

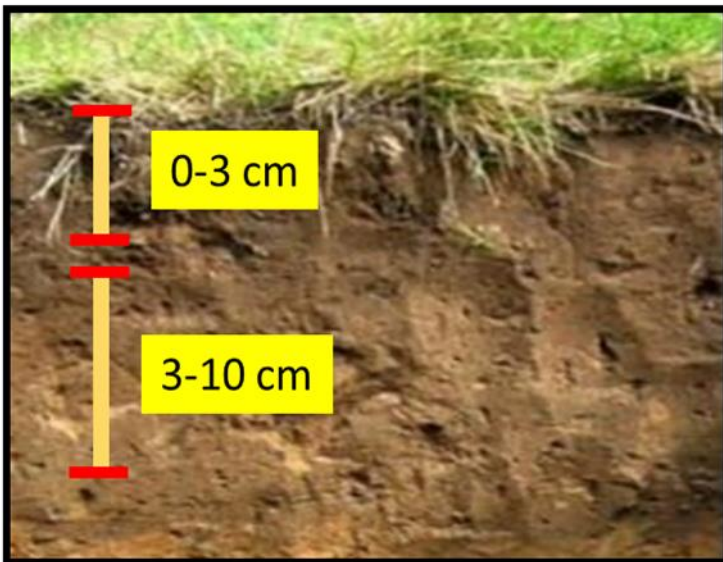
Después de ubicar los puntos de muestreo, el procedimiento implicó la realización de la toma de fotos de reconocimiento y se procedió a abrir calicatas con una excavación de 30 x 30 cm (Figura 16) y se tomaron 3 muestras del suelo con incendio y 1 sin incendio. Para efectos de comparación, esta toma de muestras se

dio para dos profundidades a) 0-3 y b) 3-10 cm (Figura 17). Se procedió analizar las muestras a estas profundidades. Se seleccionó esta profundidad de muestro ya que la parte superficial del suelo es la más impactada por el incendio (Cerde & Jordán, 2010).

Figura 16. *Apertura de calicatas*



Figura 17. *Toma de muestras de suelo a dos profundidades.*



Se recolectaron alrededor de $\frac{1}{2}$ kg del sustrato de cada punto y profundidad, que luego se depositaron en bolsas previamente etiquetadas para su envío al laboratorio (Figura 18 y 19). Cabe resaltar que las ubicaciones de los lugares de muestreo resultan ser los mismos que se evaluaron en las temporadas de análisis.

Figura 18. *Extracción de suelo.*



De esta manera se recolectaron 8 muestras de suelo de 4 puntos de muestreo en cada área de estudio, en total se recogió 16 muestras en la primera temporada (época seca), 16 muestras en la segunda temporada (época de inicio de temporada de lluvias), en la tercera temporada (época de lluvias) 16 muestras y 16 muestras en la cuarta temporada (nuevo periodo seco).

Las muestras de suelo fueron llevados al laboratorio de la Facultad de Química de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco para su análisis

fisicoquímico (Figura 19). Finalmente, se procedió con el recojo de resultados de laboratorio.

Figura 19. Muestras de suelo en el laboratorio.



Para efectos de comparación o vinculación con los análisis físicos-químicos del suelo. El análisis de los pastizales después de los incendios resultó indispensable. Se realizó tanto para las zonas quemadas y la zona no quemada por el incendio en las comunidades Macay y Salloc, esto con el objetivo de caracterizar la recuperación de pastizales (rendimiento de biomasa al cabo de 8 meses) tras los incendios ocurridos en agosto de 2022.

Posteriormente se registró la vegetación afectada y no afectada por el incendio, para el registro de la vegetación se empleó el método de Parker.

3.2.2.7. Aplicación del Método de K.W Parker modificado.

Dando pasos triples se registró el tipo de plantas y el tipo de cobertura, este registro se realizó en la zona impactada por el incendio y en la zona no quemada en ambas comunidades Macay y Salloc.

En general, este método permitió obtener un registro de la “composición florística”, la “cobertura vegetal” y “estimación de biomasa” en zonas con y sin incendio, respectivamente.

3.2.2.8. Número de muestras con en el método de Parker

Debido al tamaño del incendio, la homogenización de la vegetación en zonas impactadas por el incendio y en zona no quemadas. Se determinó ubicar 2 transectos de 300 m de largo dentro de la zona quemada y 2 transectos de 300 m de largo dentro de la zona no quemada en Macay (Figura 20); mientras tanto en Salloc se ubicó 2 transectos de 100 metros de largo en el área impactada por el incendio y 2 transectos en el área no quemada y en la mitad de cada transecto se evaluó un cuadrante de 1m² aleatoriamente (Figura 21). En total hubo 8 transectos y 8 cuadrantes en ambas zonas de estudio (Figura 20).

Figura 20. Esquematización del método de Parker en Macay y Salloc.

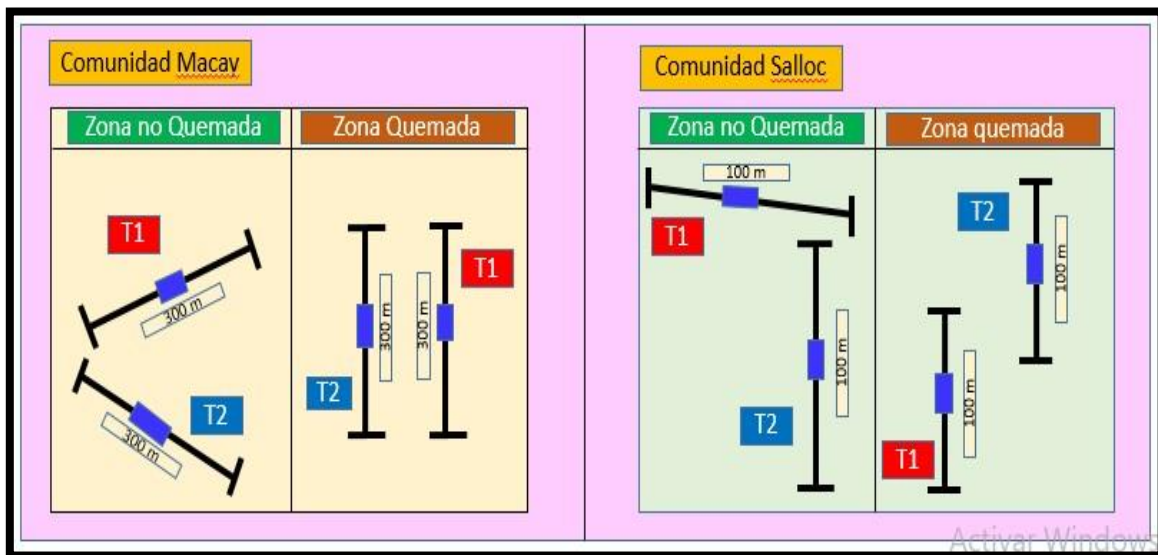


Figura 21. Ubicación de los transectos en Macay.

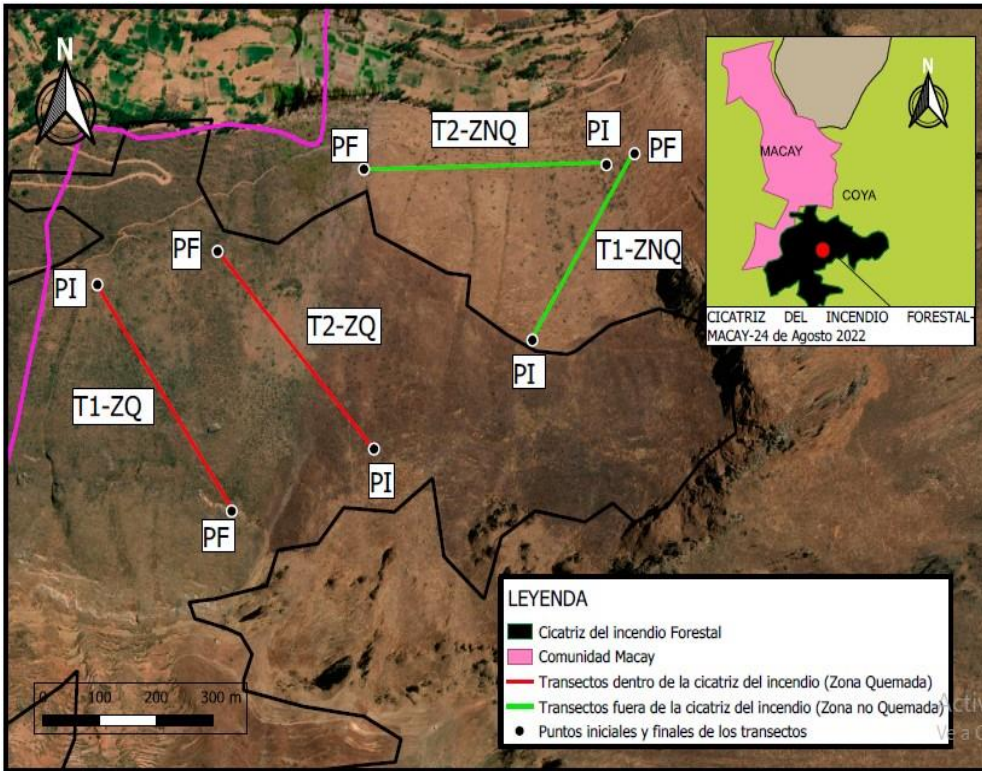
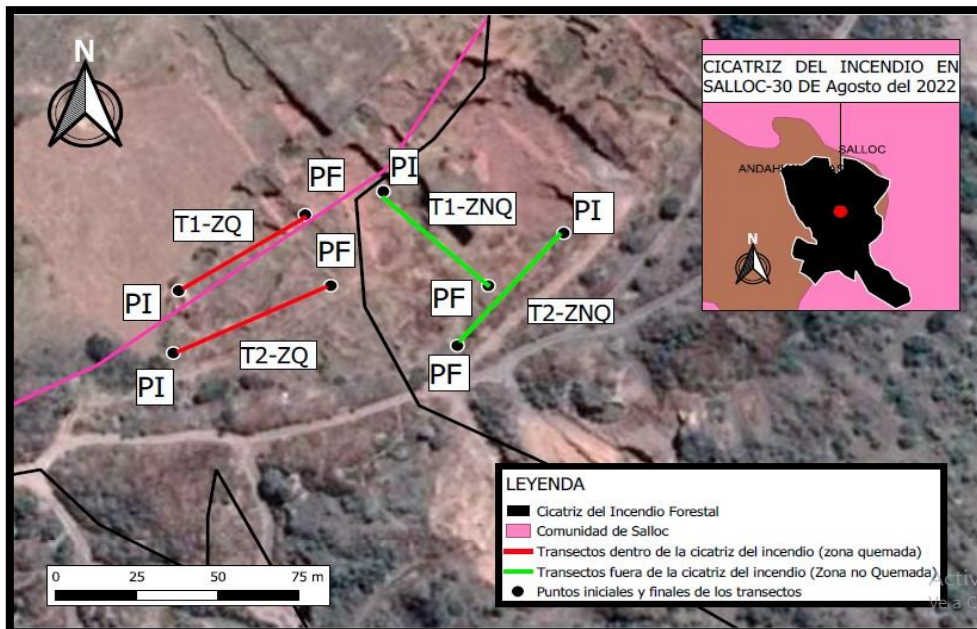


Figura 22. Ubicación de los transectos en Salloc.



Nota: PI, es referida al “punto inicial” de los transectos; PF, es referida al “punto final” de los transectos en zonas con y sin incendio; T1-ZQ, es referida al transecto 1 en la Zona Quemada; T2-ZQ, es referida al transecto 2 en la Zona Quemada; T1-ZNQ, es referida al transecto 1 en la Zona No Quemada; T2-ZNQ, es referida al transecto 2 en la Zona No Quemada, en los mapas de ubicación tanto para Macay y Salloc.

3.2.2.9. Procedimiento para la Estimación de Biomasa (materia seca).

Luego de 8 meses de ocurridos los incendios (agosto 2022) en mayo de 2023 se realizaron mediciones de biomasa en pastizales de las zonas con y sin incendio. En la mitad de cada transecto, se estableció un cuadrante de 1m² al azar y con la ayuda de una hoz se procedió a cortar la vegetación. La biomasa se determinó mediante el **método de cosecha destructiva** por el espacio medido usando un cuadro de cinta de 1m² (Howard et al., 2014) (Figura 23).

Figura 23. *Método de cosecha destructiva.*



Se procedió a cortar la vegetación seleccionada en cada sección y se colocó en bolsas de papel previamente codificadas, después se pesó en una balanza

gramera digital. Cabe resaltar que la biomasa aérea estaba compuesta por pastizales.

Esta materia seca se obtuvo haciendo secar la muestra en horno a temperatura de 60°C/48 horas a través de método gravimétrico, 60 °C X 48 h (Cunniff & AOAC International, 1997). Después se determinó su peso utilizando una balanza de precisión.

Figura 24. *Muestras de pastizales en laboratorio.*



3.2.2.10. Análisis de un incendio antiguo en Macay

Por razones de comparación, un incendio ocurrido en un periodo pasado fue también considerado en el estudio. Luego de aproximadamente 3 años de ocurrido este incendio en la comunidad de Macay (año 2020) en junio del 2023 se realizó un censo a la vegetación y también se realizó mediciones de biomasa en pastizales de las zonas con y sin incendio.

Figura 25. *Paisaje del incendio antiguo (junio del 2023).*



3.2.3. Fase de laboratorio

Se analizaron parámetros físicos y químicos, tales como el pH, conductividad eléctrica, niveles de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, distribución de tamaño de partículas (TEXTURA), y para determinar estos parámetros se utilizaron métodos de laboratorio de la facultad de ciencias en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), para la realización de estos ensayos se utilizaron métodos reconocidos a nivel nacional (Bazán, 2017) para realizar análisis de los parámetros establecidos en las muestras de suelos seleccionadas en las áreas de estudio.

Tabla 9. Método de análisis proporcionados por el laboratorio.

Propiedades	Unidad de expresión	Metodología
Potencial de hidrogeniones (pH)	pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica (C.E)	mmhos/cm	Conductometro
Materia Orgánica	%	Walkley-black
Nitrógeno (N)	%	Micro-Kjeldahl
Fosforo (P)	ppm	Olsen modificado
Potasio (K)	ppm	Acetato de amonio (NH ₄)
Textura (arena, limo, arcilla)	%	Bouyoucos (triángulo textural)

Fuente: Informe de laboratorio

Las muestras en laboratorio, se sometieron a una serie de procesos estandarizados para evaluar las propiedades físicas y químicas del suelo, tanto de áreas impactadas por los incendios como de áreas no afectadas. Esto permitió examinar el efecto de los incendios en las propiedades fisicoquímicas de suelos en pastizales.

Además, se recurrió a publicaciones de varios autores para evaluar los resultados de los parámetros físicos y químicos de este estudio con los estándares establecidos por estos expertos, lo que nos permitió realizar un análisis e interpretación del resultado.

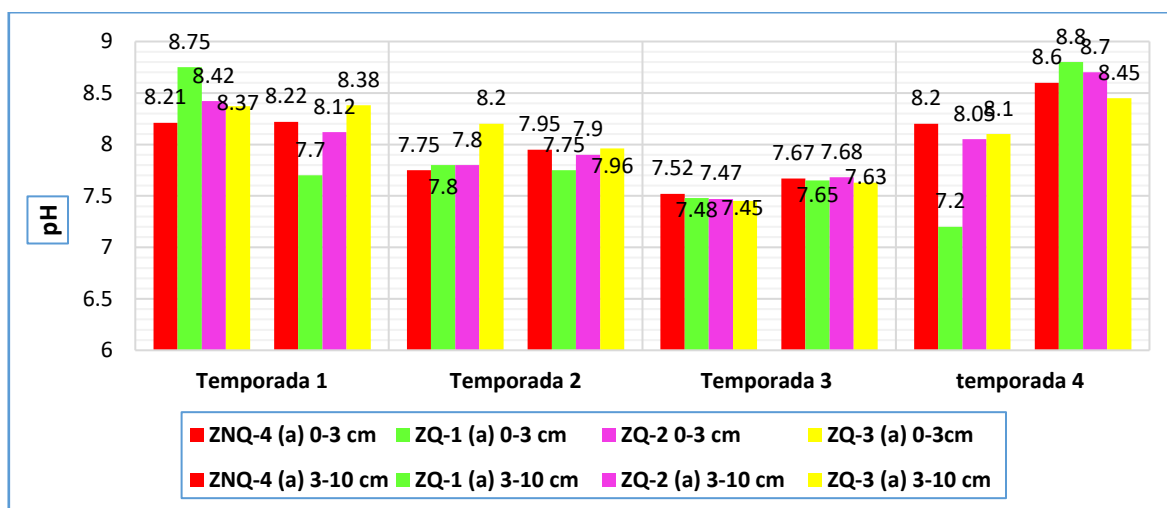
3.2.4. Fase de gabinete final

En esta etapa, organizamos toda la información recolectada en el campo a través de la integración de datos, esto implica registrar detalles sobre las especies vegetales como la cantidad de transectos y cuadrantes. Contamos con la ayuda libros y manuales y de profesionales con experiencia en la cuantificación de biomasa, asimismo, se realizó la interpretación de los resultados de laboratorio.

IV. RESULTADOS

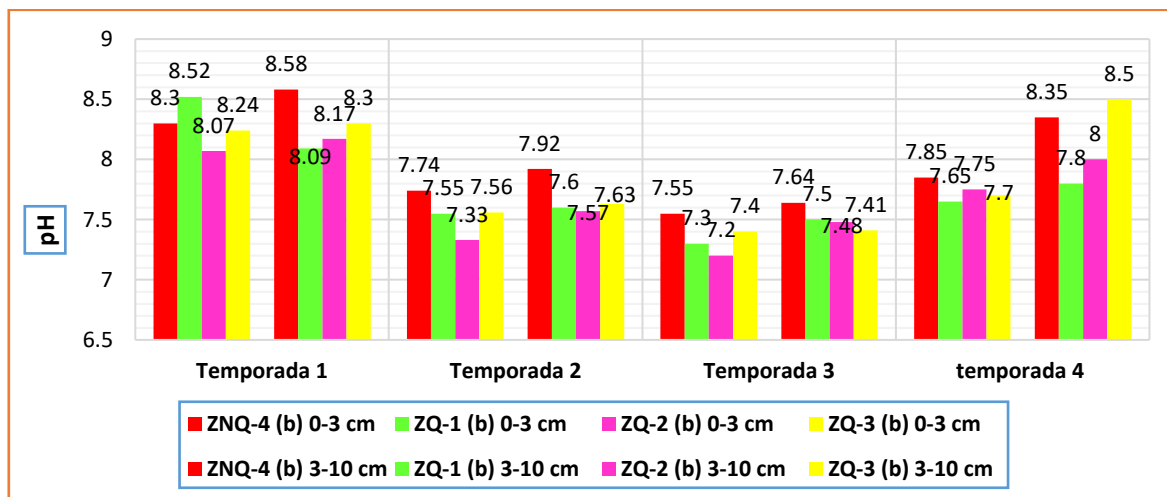
4.1. Análisis de los cambios en el pH y clasificación durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 26. Cambios en los valores del pH durante las temporadas de análisis en Macay.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-23. 02

Figura 27. Cambios en los valores del pH durante las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en el pH durante las temporadas 1, 2, 3 y 4 para en profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm, monitoreadas en las comunidades de Macay y Salloc. ZQ-Nro

es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 10. Clasificación del pH por temporada de análisis en Macay y Salloc.

Macay					
Parámetro pH	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
	3 - 10 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Muy alcalino	Alcalino	Neutro	Neutro
	3 - 10 cm	Alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Muy alcalino
	3 - 10 cm	Muy alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Muy Alcalino	Neutro	Muy alcalino
	3 - 10 cm	Muy alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
Salloc					
Parámetro pH	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Alcalino	Alcalino
	3 - 10 cm	Muy alcalino	Alcalino	Alcalino	Muy alcalino
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Muy alcalino	Alcalino	Neutro	Alcalino
	3 - 10 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Alcalino
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Alcalino
	3 - 10 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Alcalino
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Alcalino
	3 - 10 cm	Muy Alcalino	Alcalino	Neutro	Muy alcalino

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: La tabla 26 muestra la Clasificación del pH por temporada de análisis (temporada 1: setiembre-época seca, temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, temporada 3: Marzo: periodo de lluvias y temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en las profundidades de 0-3 y 3-10 cm del suelo en las comunidades de Macay y salloc.

En comparación a la zona no quemada, los valores del pH en el suelo durante la temporada 1 y 4 en todas las zonas quemadas analizadas, sugiere un ligero aumento del pH al presentar un estado muy alcalino (valores superiores a 8) en la zona más superficial (0-3) (Figuras 26 y 27).

En la temporada 2 (aproximadamente tres meses después del incendio) los valores del pH disminuyen en todas las zonas analizadas. Se registran valores inferiores a 8, ubicándose en un estado aún alcalino, un nivel promedio de pH en el suelo.

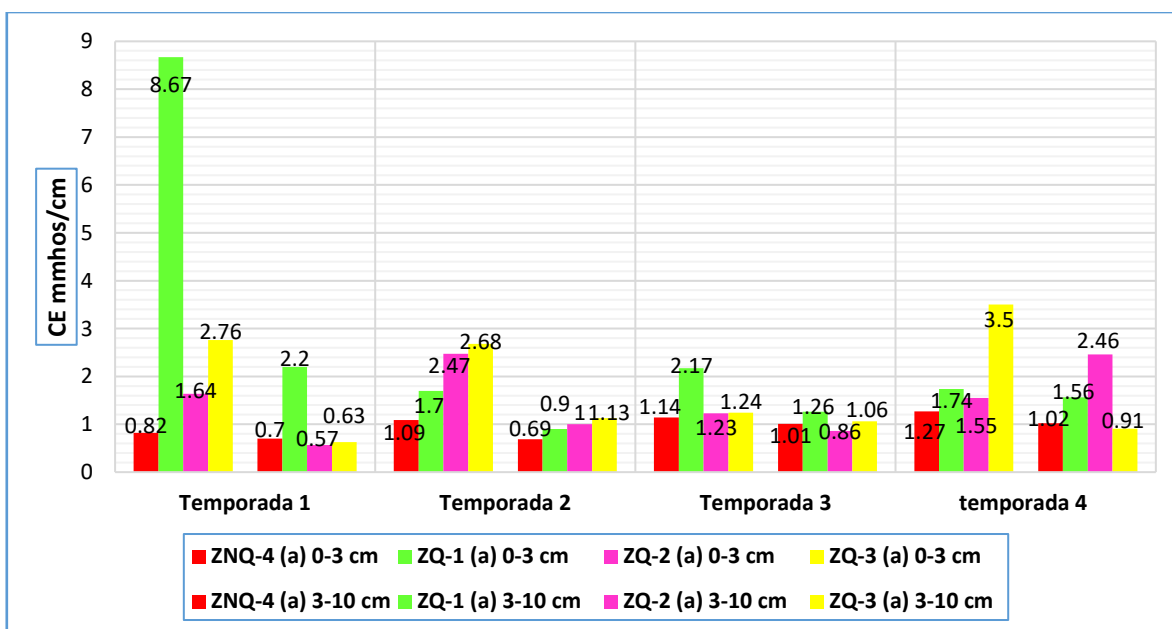
Durante la temporada 3 los valores del pH disminuyen aún más en ambas comunidades y en todas las zonas analizadas en comparación a los análisis realizados en la temporada 1 y 2 (Figuras 26 y 27). Asimismo, se clasifican con pH neutros. Los resultados nos indican que el pH sube posterior a la quema y luego disminuye paulatinamente a medida que pasan los meses debido a la “lixiviación de las bases” (desplazamiento de sustancias solubles debido a la circulación del agua en el suelo). Esto es muy probablemente al efecto que tiene la esorrentía en el suelo a raíz de la lluvia.

El pH indica la disponibilidad de nutrientes, a raíz del incendio, se observa un ligero aumento del pH en zonas quemadas durante la temporada 1. Este

comportamiento observado en los niveles de pH en Macay, es también observado en la comunidad de Salloc, no obstante, tiende a disminuir tanto en la segunda y tercera temporada. Lo que indica un impacto del incendio en el pH del suelo principalmente se encuentra en parte más superficial del suelo (0-3cm de profundidad).

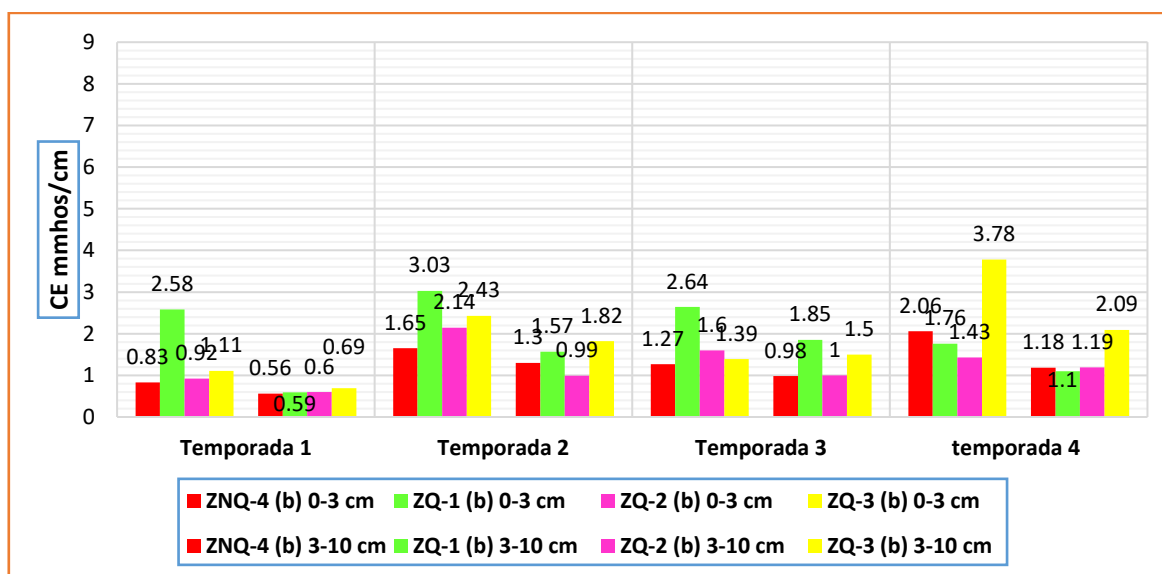
4.1.1. Análisis de los cambios de la conductividad eléctrica durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 28. Cambios de valores en la Conductividad Eléctrica durante las temporadas de análisis en Macay.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Figura 29. Cambios de valores en la Conductividad Eléctrica durante las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en la Conductividad Eléctrica (CE) durante las temporadas 1, 2 y 3 en profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm del suelo, monitoreadas en las comunidades de Macay y Salloc. ZQ-Nro es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 11. Clasificación de la Conductividad Eléctrica (CE) por temporada de análisis en Macay y Salloc.

Macay					
Parámetro CE	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales
	3 - 10 cm	Bajo en sales	Libre de sales	Bajo en sales	Bajo en sales
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Muy salino	Bajo en sales	Lig. salino	Bajo en sales
	3 - 10 cm	Lig. salino	Libre de sales	Bajo en sales	Bajo en sales
	0 - 3 cm	Bajo en sales	Lig. salino	Bajo en sales	Bajo en sales

Zona quemada 2	3 - 10 cm	Bajo en sales	Libre de sales	Libre de sales	Lig. Salino
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Lig. salino	Lig. Salino	Bajo en sales	Salino
	3 - 10 cm	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales	Libre de sales
Salloc					
Parámetro CE	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales	Lig. Salino
	3 - 10 cm	Bajo en sales	Bajo en sales	Libre de sales	Bajo en sales
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Lig. salino	Lig. salino	Lig. Salino	Bajo en sales
	3 - 10 cm	Lig. salino	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Bajo en sales	Lig. salino	Bajo en sales	Bajo en sales
	3 - 10 cm	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales	Bajo en sales
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Bajo en sales	Lig. salino	Bajo en sales	Lig. salinos
	3 - 10 cm	Bajo en sales	Libre de sales	Bajo en sales	Lig. salinos

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: La tabla 27 presenta la clasificación de la Conductividad Eléctrica (CE) por temporada de análisis (temporada 1: setiembre-época seca, temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, temporada 3: marzo-periodo de lluvias y temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en las profundidades de 0-3 y 3-10 cm de suelo en las comunidades de Macay y Salloc.

La conductividad eléctrica como indicador de la salinidad, durante la temporada 1 en Macay, se clasifican en estados ligeramente salinos y no salinos (la zona quemada 1, de 0-3 cm de profundidad fue la que obtuvo el valor más elevado) (Figura 29).

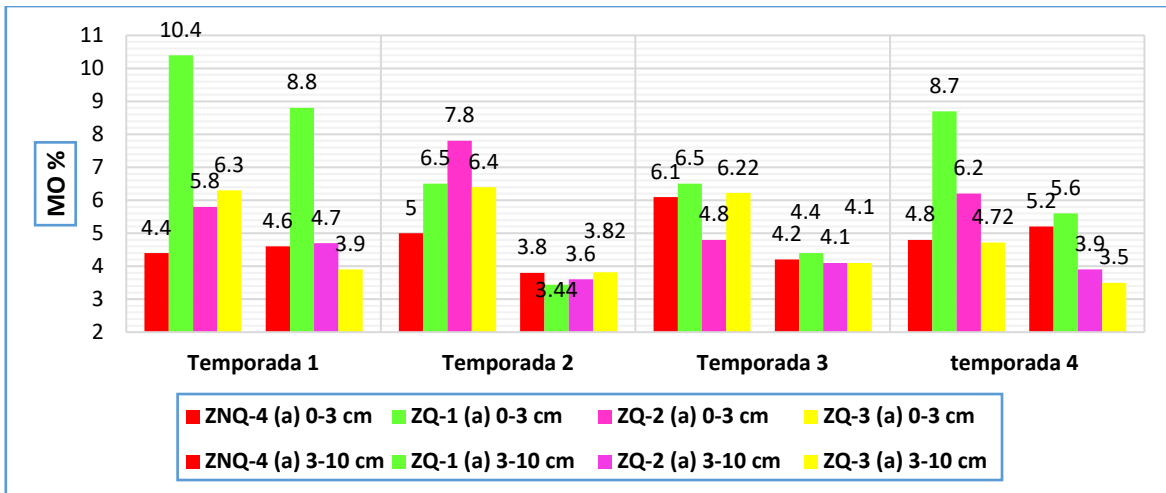
No obstante, en la temporada 2, los valores varían en cada profundidad y se clasifican en estados no salinos y libres de sales (un nivel donde progresan bien las plantas) y, asimismo, en ligeramente salinos (las plantas sensibles pueden verse afectadas).

Durante la temporada 3 y 4 la conductividad eléctrica presenta valores que según su clasificación son bajos en sales en todas las zonas analizadas, excepto en la zona quemada 1 de 0-3 cm de profundidad cuyos valores continúan siendo ligeramente salinos en ambas comunidades (Figura 29).

Mientras en la comunidad de Salloc, durante la temporada 1 se registró niveles no salinos (a excepción de la zona quemada 1 que presenta niveles ligeramente salinos). En la temporada 2 generalmente se registraron niveles ligeramente salinos de 0-3 cm de profundidad y en la zona no quemada continúan siendo no salinos. Un patrón similar es también observado durante las temporadas 1 y 2 en la comunidad de Macay (Figura 28).

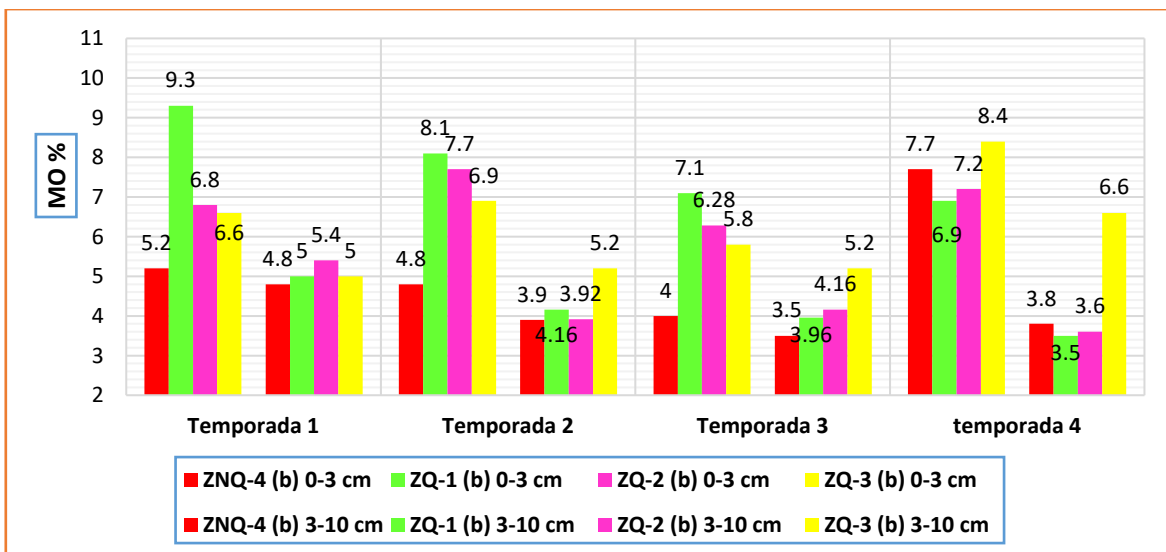
4.1.2. Análisis de cambios de la materia orgánica durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 30. Cambios en valores de la Materia Orgánica durante las temporadas de análisis en Macay.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Figura 31. Cambios en valores de la Materia Orgánica durante las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en la Materia Orgánica (MO) durante las temporadas 1, 2 y 3 en las profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm, monitoreadas en las comunidades Macay y Salloc ZQ-Nro es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 12. Clasificación de la Materia orgánica (MO) por temporada de análisis en Macay y Salloc.

Macay					
Parámetro MO	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Normal	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Bajo	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Bajo	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Normal	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Bajo	Alto	Normal	Normal
Salloc					
Parámetro MO	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Alto	Alto	Normal	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: La Tabla 28 presenta la clasificación de la materia orgánica por temporada de análisis (Temporada 1: setiembre-época seca, Temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, Temporada 3: marzo-periodo de lluvias y Temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en profundidades de 0-3 y 3-10 cm del suelo para las comunidades de Macay y Salloc.

Durante la Temporada 1 en Macay en las zonas quemadas mostraron valores más elevados en comparación a la zona no quemada, esto sugiere el impacto directo que tiene las prácticas de quemas en el aumento de la materia orgánica (Figura 31).

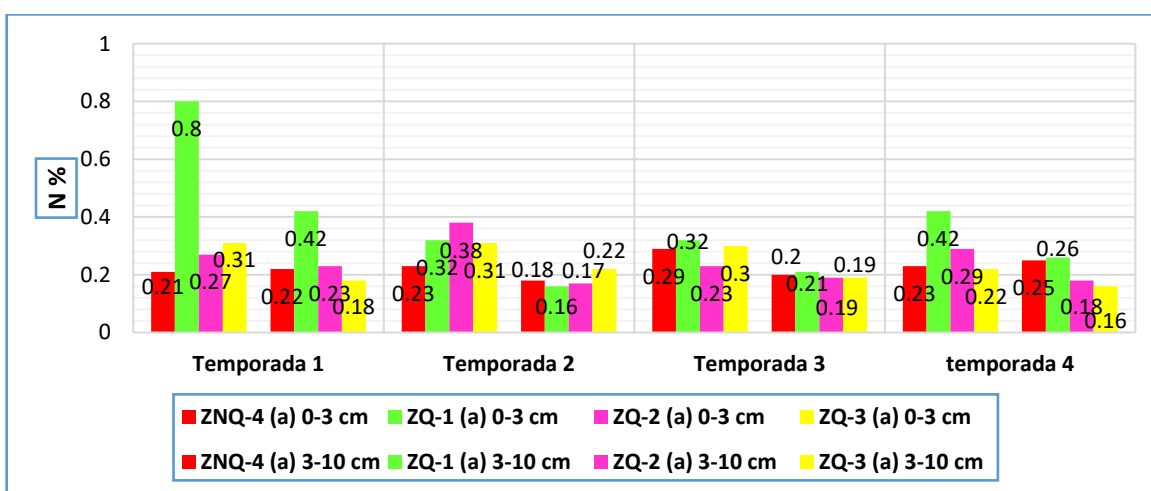
Para la temporada 2 aún se registraron incrementos en los valores de Materia orgánica principalmente de 0-3 cm de profundidad clasificándose en niveles medios y altos. No obstante, durante la temporada 3 se registra una leve reducción de los valores de la materia orgánica en zonas quemadas y un ligero incremento en la zona no quemada y para la temporada 4 se registran ligeros incrementos (Figura 31). Es decir, 8 meses después del incendio se presentan valores similares de materia orgánica para las profundidades de 0-3 cm y de 3 a 10 cm en zonas quemadas y no quemada.

A diferencia del monitoreo realizado en la comunidad de Macay, en Salloc durante la temporada 1, los valores de la materia orgánica se encuentran predominantemente en niveles medios (Figura 31).

En la tercera temporada se registra una ligera disminución en los valores de todas las zonas analizadas, pero los valores según la clasificación continúan siendo altos y medios al igual que en la temporada 2 (Figura 30 y 31).

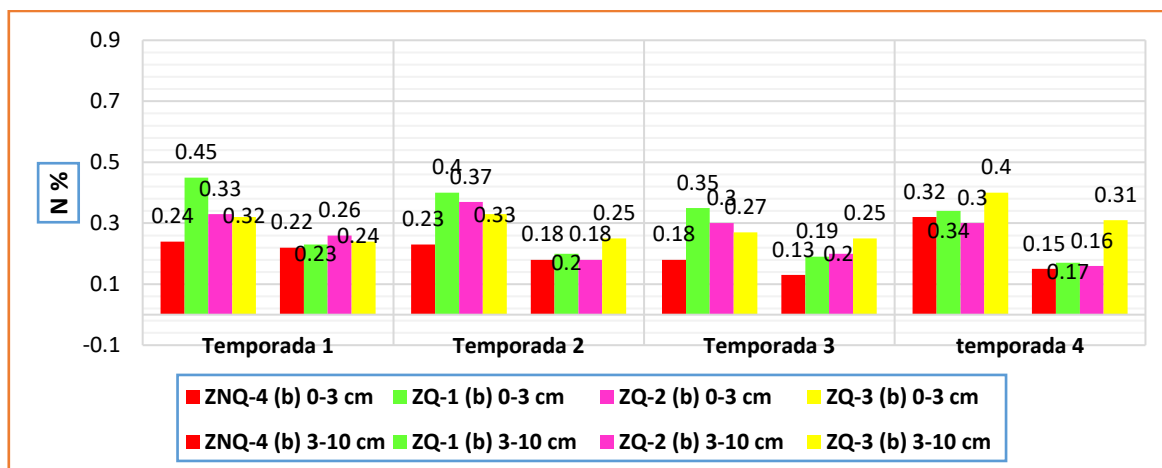
4.1.3. Análisis de los cambios en el Nitrógeno durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 32. Cambios en el Nitrógeno durante las temporadas de análisis en Macay.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Figura 33. Cambios en los valores del Nitrógeno en las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en el Nitrógeno (N) durante las temporadas 1, 2 y 3 para las profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm, monitoreadas en las comunidades de Macay y Salloc. ZQ-Nro es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 13. Clasificación del Nitrógeno (N) por temporada de análisis en Macay y Salloc.

Macay					
Parámetro N	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Alto	Alto
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Muy alto	Muy alto	Muy Alto	Muy alto
	3 - 10 cm	Muy alto	Normal	Alto	Alto
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Muy alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Muy alto	Muy alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Alto	Normal	Normal
Salloc					
Parámetro N	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Alto	Alto	Normal	Muy alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
	3 - 10 cm	Alto	Alto	Normal	Normal
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Alto	Normal
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Muy alto	Muy Alto	Alto	Muy alto
	3 - 10 cm	Alto	Alto	Alto	Muy alto

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: La tabla 29 muestra la clasificación del Nitrógeno (N) por temporada de análisis (Temporada 1: setiembre-época seca, Temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, Temporada 3: marzo-periodo de lluvias y Temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en profundidades de 0-3 y 3-10 cm del suelo en las comunidades de Macay y Salloc.

En Macay, el nitrógeno disponible en la Temporada 1, 2 y 4 describe un aumento con respecto a la zona no quemada. De hecho, se clasifican en niveles muy altos principalmente de 0-3 cm de profundidad del suelo, y en zonas no quemadas presentan valores altos (Figura 33). Mientras tanto en la temporada 3 los valores de nitrógeno disminuyeron en las zonas quemadas en comparación con la temporada 2 y se registra un ligero incremento en la zona no quemada de 0-3 cm de suelo.

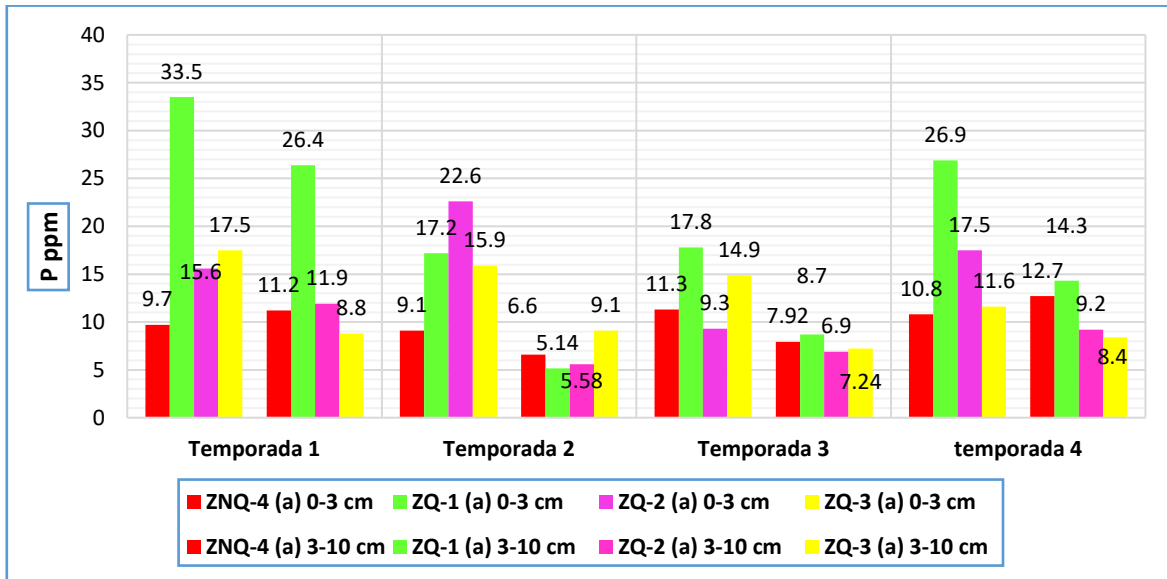
Ante esto, los suelos se presentarían débiles y tienden al vuelco en vientos o lluvias intensas.

En Salloc (Figura 33), en las zonas quemadas incrementaron los valores en comparación a la zona no quemada los valores del nitrógeno en las 3 primeras temporadas de 0-3 cm de profundidad del suelo mantienen un nivel alto o muy alto. Cabe resaltar que la zona no quemada viene registrando valores altos en las temporadas 1 y 2.

A profundidades entre 3 y 10 cm se mantiene ligeros aumentos de nitrógeno, manteniéndose en niveles medios y altos, tanto en Macay como en Salloc.

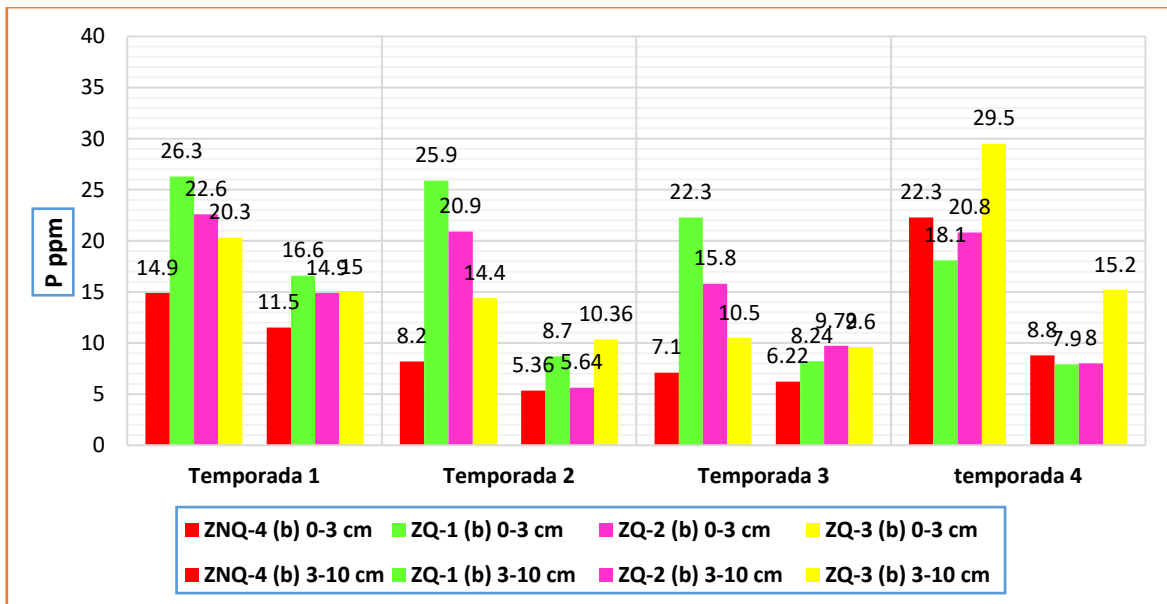
4.1.4. Análisis de los cambios en el Fosforo durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 34. Cambios en los valores del Fósforo durante las temporadas de análisis en Macay



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Figura 35. Cambios en los valores del Fósforo durante las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en el Fosforo (P) durante las temporadas 1, 2 y 3 en profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm del suelo, monitoreadas en las comunidades de Macay y Salloc. ZQ-Nro es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 14. Clasificación del Fósforo (P) por temporada de análisis en Macay y Salloc.

Macay					
Parámetro p	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Punto 1	0 - 3 cm	Alto	Normal	Normal	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Punto 2	0 - 3 cm	Normal	Normal	Bajo	Normal
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Punto 3	0 - 3 cm	Normal	Normal	Bajo	Bajo
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Salloc					
Parámetro p	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Normal
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
	3 - 10 cm	Normal	Bajo	Bajo	Bajo
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Normal	Normal	Normal
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Alto	Bajo	Bajo	Normal
	3 - 10 cm	Bajo	Bajo	Bajo	Normal

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias- UNSAAC-Cusco-2022-2023.

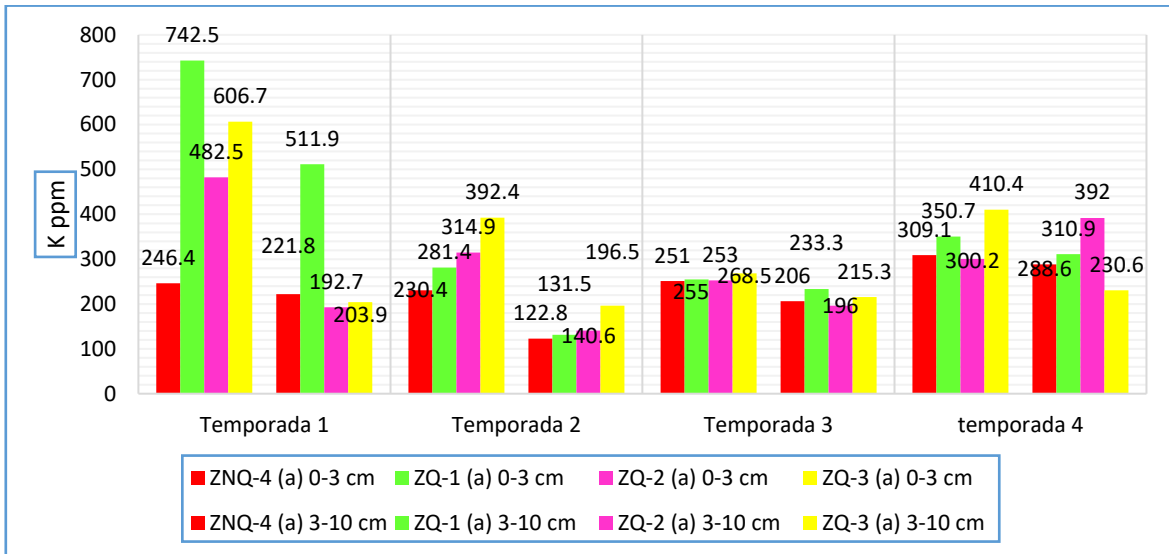
Nota: Clasificación del Fósforo (P) por temporada de análisis (Temporada 1: setiembre-época seca, Temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, Temporada 3: marzo-periodo de lluvias y Temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en profundidades de 0-3 y 3-10 cm de suelo en las comunidades de Macay y Salloc.

En Macay, los valores del Fosforo durante la Temporada 1 en las zonas quemadas se incrementaron después del incendio en comparación a la zona no quemada y según su clasificación estuvieron en niveles medios y altos (Figura 34).

En Salloc (Figura 35), a raíz del incendio los valores del Fosforo, en la temporada 1, se presentaron niveles bajos a niveles altos y medios en comparación a la zona no quemada. No obstante, para las Temporadas 2 y 3 muestran ya, una reducción a niveles bajos (excepto de la zona quemada 1 que continúa estando en un nivel promedio). Este patrón de reducción es observado en las profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm entre las Temporadas 1 y 3. No obstante para la Temporada 4 los resultados registran ligeros incrementos en Macay y Salloc clasificándose en niveles bajos. Los contenidos bajos del fosforo impiden el crecimiento del tallo y afectan el proceso de fotosíntesis, mientras tanto los niveles normales o promedio permiten el desarrollo normal de la planta y crecen con más vigor y maduran antes que otras plantas que carecen del mismo.

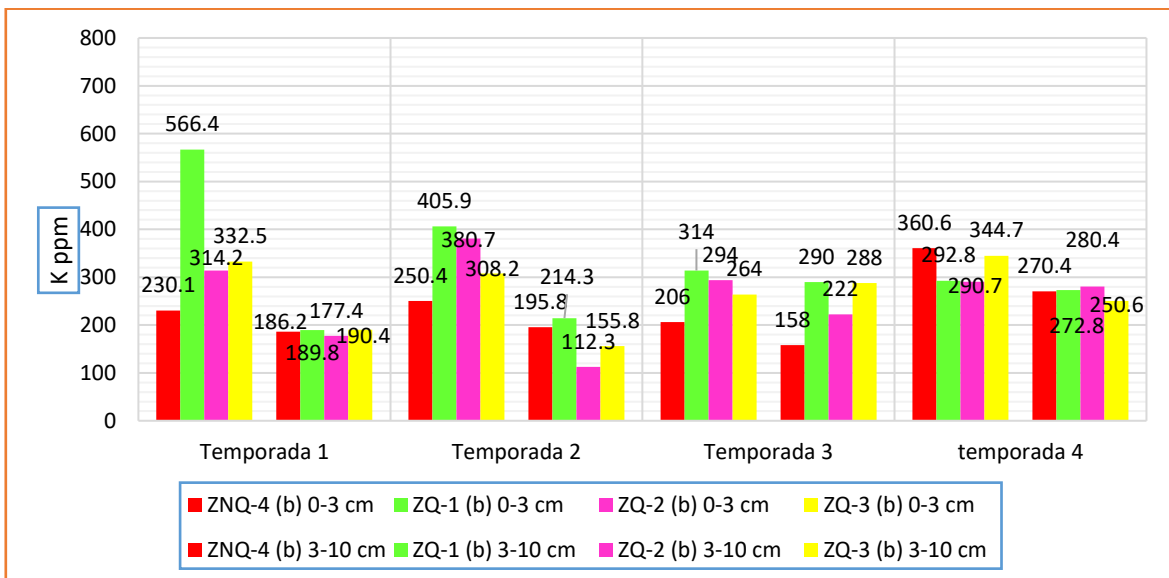
4.1.5. Análisis de los cambios en el Potasio durante 4 temporadas de muestreo.

Figura 36. Cambios en el Potasio (K) durante las temporadas de análisis en Macay



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022 y revisión bibliográfica.

Figura 37. Cambios en los valores del Potasio (K) durante las temporadas de análisis en Salloc.



Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Cambios en el Potasio (K) durante las temporadas 1, 2 y 3 en las profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm, monitoreadas en las comunidades de Macay y Salloc. ZQ-Nro es referida a las Zonas Quemadas Nros 1, 2, 3. Mientras ZNQ-4 es referida a la Zona no Quemada.

Tabla 15. Clasificación del Potasio (K) por temporada de análisis.

Macay					
Parámetro K	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Alto	Normal	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Alto	Normal	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Alto	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Normal	Normal	Normal
Salloc					
Parámetro K	Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
		Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
Zona no quemada	0 - 3 cm	Normal	Alto	Normal	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 1	0 - 3 cm	Alto	Alto	Normal	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 2	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Normal	Normal	Alto
Zona quemada 3	0 - 3 cm	Alto	Alto	Alto	Alto
	3 - 10 cm	Normal	Alto	Alto	Alto

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022-2023.

Nota: Clasificación del Potasio (K) por temporada de análisis (temporada 1: setiembre-época seca, temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvias, temporada 3: marzo-periodo de lluvias y temporada 4: junio-nuevo periodo seco) en profundidades de 0-3 y 3-10 cm de suelo en las comunidades de Macay y Salloc.

A raíz del incendio, en la Comunidad de Macay, durante la temporada 1 y 2 los valores del Potasio se incrementaron, registrándose niveles muy altos principalmente entre 0-3 cm de profundidad. Durante la temporada 3 se registra disminución de valores del potasio, pero en su clasificación continúan en un nivel muy alto (Figura 36).

Los niveles bajos de potasio inhiben la elongación de las hojas jóvenes y tienen una inclinación a marchitarse en días secos o soleados. El nivel medio del potasio permite mantener el balance iónico y el estado de hidratación dentro de la planta. Los niveles altos, permiten la formación correcta de estomas mientras los niveles muy altos causan antagonismo.

En la comunidad de Salloc (Figura 37), los valores del potasio en las temporadas 1, 2, 3 y 4 sugieren también niveles altos y muy altos.

4.1.6. Análisis de los cambios en la textura durante 4 temporadas de muestreo.

Tabla 16. Clasificación de la textura por temporada de análisis.

Macay				
Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
0 - 3 cm	Clasificación	clasificación	Clasificación	Clasificación
Punto 4	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 1	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 2	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 3	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
3 - 10 cm				
Punto 4	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 1	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 2	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 3	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Salloc				
Profundidad de muestreo	Temporada 1	Temporada 2	Temporada 3	Temporada 4
0 - 3 cm	Clasificación	clasificación	Clasificación	Clasificación
Punto 4	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 1	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 2	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 3	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
3 - 10 cm				
Punto 4	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 1	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 2	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Punto 3	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso

Fuente: Elaborado en base al reporte del laboratorio de análisis de suelo- Facultad de ciencias-UNSAAC-Cusco-2022 y revisión bibliográfica.

Nota: Clasificación de la textura por temporada de análisis (temporada 1: setiembre-época seca, temporada 2: diciembre-época de inicio de lluvia, temporada 3: marzo-periodo de lluvia y temporada 4: junio-nuevo periodo seco) para las profundidades 0-3 y 3-10 cm de suelo en las comunidades de Macay y Salloc.

Los componentes de la textura pueden soportar altos niveles de temperatura sin cambiar sus niveles de clasificación en el que se encuentran y por lo tanto el

fuego no los afecta. En esta investigación se registran que la arena, limo y arcilla muestran valores que están dentro de la clasificación de un suelo franco arenoso. En las cuatro temporadas los resultados registran que la textura permanece siendo franco arenoso tanto para Macay y Salloc.

4.1.7. Resultados del método de Parker empleado en el estudio.

Tabla 17. Composición florística y cobertura vegetal en Macay.

Familia	Genero/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento y duración de vida	Zona no quemada	Zona quemada
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Pasto gordura	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Stipa ichu</i>	Paja brava	Herbácea/perenne		x
	<i>Poa annua</i>	Qachu	Herbácea/anual	x	x
	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>	Gramma dulce	Herbácea/perenne		x
	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Cebadilla	Herbácea/anual	x	x
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Herbácea/perenne		x
	<i>Tagetes elliptica</i>	chicchinpa	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Schkuria pinnata</i>	Canchalagua	Herbácea/anual		x
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Laggera crispata</i>	-	Herbácea/anual		x
Cactaceae	<i>Austrocylindropuntieae subulata</i>	Pata kiska	Herbácea/anual	x	x
	<i>Opuntia ficus</i>	Airampo	Arbustivo/perenne	x	
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i>	Romero	Herbácea/perenne		x
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Rakiraki	Helecho/perenne	x	
Berberidoideae	<i>Berberis vulgaris</i>	Checche	Arbustivo/perenne		x
Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i>	Cola de caballo	Arbustivo/perenne	x	
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>	Aguja de pastor	Herbácea/perenne		x
Pteridaceae	<i>Adiantum capillus</i>	Culantrillo	Helecho/perenne		x

Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostata</i>	Mullaca	Herbácea/anual		x
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i>	verbena	Herbácea/perenne		x
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo/Perenne	x	x

Nota: La Tabla 17 presenta la composición florística y cobertura vegetal en zonas quemadas y no quemadas por el incendio en Macay-Coya-Calca-Cusco. Esta expresa familia, genero/especie, Nombre común, forma de crecimiento y duración de vida en función a las zonas quemadas y zona no quemada.

En el área no quemada se registró 11 especies que corresponden a 7 familias; en el área quemada se registró 21 especies que corresponden a 12 familias, de las cuales las familias de *poaceae* y *asteraceae* fueron las más representativas con 5 especies cada una. Esto sugiere un incremento sustancial de nuevas especies a consecuencia del incendio ocurrido en Macay.

Tabla 18. Composición florística y cobertura vegetal en Salloc.

Familia	Genero/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento y duración de vida	Zona no quemada	Zona quemada
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	Herbácea/Perenne	x	x
	<i>Paspalum vaginatum</i>	Gramas	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Melinis minutiflora</i>	Pasto gordura	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Dactylis glomerata</i>	Eno pasto	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Stipa ichu</i>	Ichu	Herbácea/perenne	x	x
Asteraceae	<i>Schkuhria pinnata</i>	Canchalagua	Arbustiva/Anual	x	x
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea/perenne	x	x
Amaranthaceae	<i>Altermanthera pungens</i>	Illutu illutu	Herbácea/Perenne	x	x

Convolvulaceae	<i>Dichondra sericea</i>	Oreja de ratón	Herbáceas/Perenne		x
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i>	verbena	Herbácea/perenne		x
Cactaceae	<i>Opuntia ficus</i>	Airampo	Arbustivo/perenne		x
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Lábanos	Herbácea/anual	x	x
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trébol	Herbácea/perenne	x	x

Nota: La tabla 18 presenta la zona quemada y no quemada por el incendio de la comunidad de Salloc-Andahuaylillas-Quispicanchis-Cusco. Esta expresa familia, genero/especie, Nombre común, forma de crecimiento y duración de vida en función a las zonas quemadas y zona no quemada.

Mientras en la comunidad de Salloc, en el área no quemada se registró 10 especies que corresponden a 5 familias; en el área quemada se registró 13 especies que corresponden a 8 familias, de ellas la familia de *poaceae* es la más típica con 5 especies cada una. Al igual que en Macay, esto también sugiere un incremento de nuevas especies a consecuencia del incendio ocurrido en Salloc.

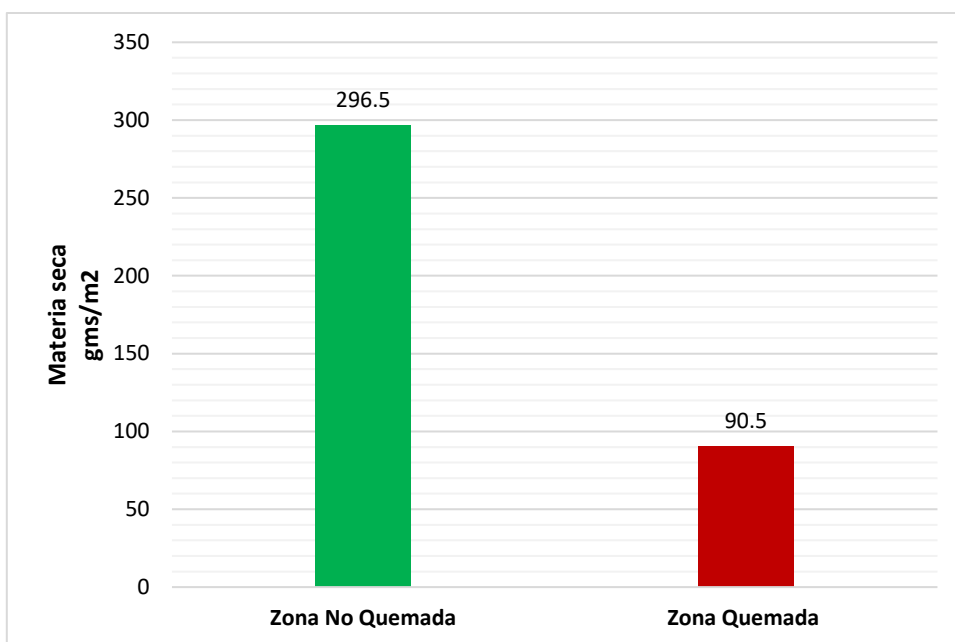
4.1.8. Estimación de biomasa (materia seca) en zonas quemadas y zona no quemada.

Tabla 19. *Estimación de materia seca-Macay*

Materia Seca (gr/m²)	
No quemado	Quemado
T1=307 gr.	T1=69 gr.
T2=286 gr.	T2=112gr.
\bar{x} = 296.5	\bar{x} = 90.5

Nota: La tabla 19, presenta el promedio de los valores de materia seca (gr/m²) de la Zona quemada (Transectos T1 y T2) y no quemada (transectos T1 y T2) en Macay.

Figura 38. Biomasa seca en gr/m²-Macay



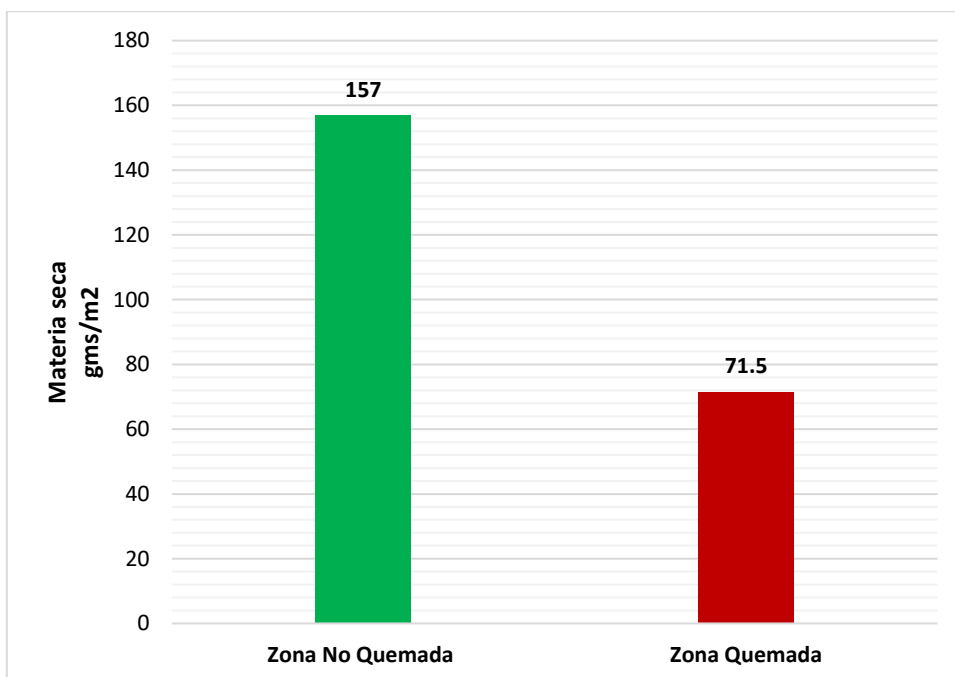
Nota: En la Figura 38, se observa el Promedio de biomasa seca en gr/m² en la zona que fue quemada y no en la zona que no fue quemada identificada para la comunidad de Macay.

Tabla 20. Estimación de materia seca-Salloc.

Materia Seca (gr/m ²)	
No quemado	Quemado
T1=154 gr.	T1=98 gr.
T2=160 gr.	T2=45 gr.
$\bar{x} = 157$	$\bar{x} = 71.5$

Nota: La tabla 20, presenta el promedio de los valores de materia seca (gr/m²) de la Zona quemada (Transectos T1 y T2) y no quemada (Transectos T1 y T2) en Salloc.

Figura 39. Biomasa seca gr/m²-Salloc.



Nota: En la Figura 39 se observa el promedio de biomasa seca en gr/m² en la zona quemada y no quemada identificada en la comunidad de Macay.

4.1.9. Análisis de un incendio pasado (año 2020) en la comunidad de Macay.

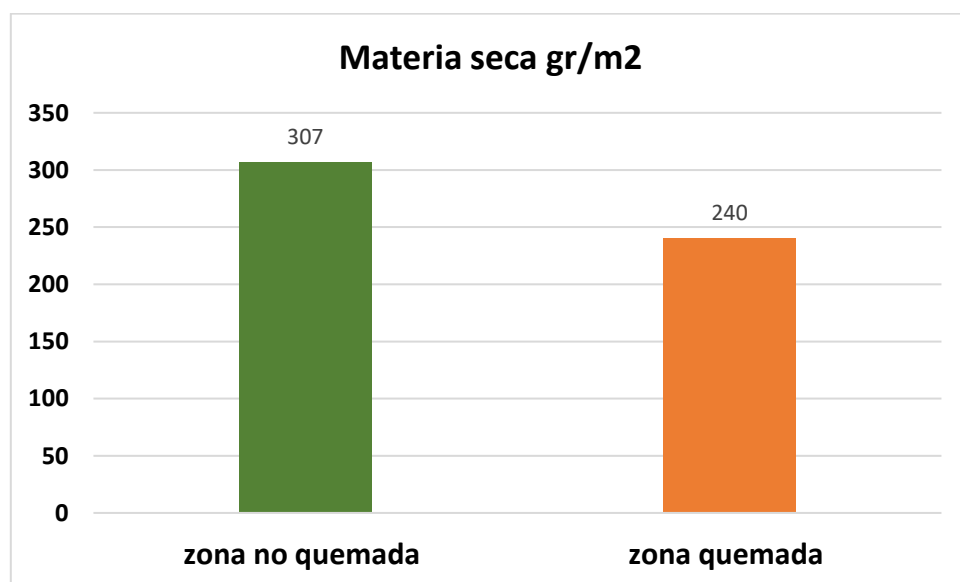
Después de aproximadamente tres años tras un incendio ocurrido en Macay se realizó un censo de la vegetación empleando el método de Parker asimismo se estimó la biomasa en materia seca, tanto en zonas quemadas y en zonas no quemadas.

Tabla 21. Composición de especies vegetales.

Familia	Genero/Especie	Nombre común	Forma de crecimiento y duración de vida	Zona no quemada	Zona quemada
Poaceae	<i>Aristida adscensionis L.</i>	Tres barbas	Herbácea/Anual		x
	<i>Stipa ichu</i>	Paja brava	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Melinis minutiflora</i>	Pasto gordura	Herbácea/perenne		x
Asteraceae	<i>Tagetes elliptica</i>	chicchinpa	Herbácea/perenne	x	x
	<i>Schkuria pinnata</i>	Canchalagua	Herbácea/anual	x	x
	<i>Helichrysum stoechas</i>	Flor eterna	Arbustivo/perenne	x	x
	<i>Helichrysum italicum</i>	Siempreviva del monte	Arbustivo/perenne	x	x
	<i>Viguiera lanceolata</i>	Sunchu	Herbácea/perenne	x	
Salicaceae	<i>Salix tiandra</i>	Sauce negro	Arbustivo/perenne	x	x
Lamiaceae	<i>Satureja montana</i>		Subarbustiva perenne		x
Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i>	Molle	Arbóreo/Perenne	x	

Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Biomasa seca en gr/m²-Macay



Nota: La figura 40 presenta la biomasa seca en gr/m² en la zona quemada y no quemada identificada en un incendio antiguo sucedido en el año 2020, en la comunidad de Macay. Tanto en zonas no quemadas y en zonas quemadas se encontró vegetación en su gran mayoría en un estado de floración.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Potencial de Hidrógeno (pH)

Para la primera temporada de muestreo de suelo (2 semanas después del incendio) se priorizó la evaluación en 3 zonas con incendio y uno sin incendio (zona de control), en las comunidades Macay y Salloc (eventos de incendios registrados por INDECI). Se registraron valores de pH mayores a ocho, en todos los casos, según su clasificación son alcalinos. Asimismo, en la temporada 4 los valores del pH son altos clasificándose en estados muy alcalinos. Lo que indica que la mayoría de los nutrientes no se disolverán fácilmente y compuestos como el calcio, hierro y fósforo no serán abundantes. Lo que habría dado lugar a deficiencias de nutrientes, clorosis y problemas de desarrollo en las plantas (Garrido, 1994).

Los aumentos de los valores de pH identificados en la temporada 1 después del incendio, son mínimos (1-2 %) en las zonas con incendio en comparación a la zona sin incendio. No obstante, los niveles de pH, después del incendio son altos (mayores de 8). Después de un incendio los valores del pH tienden a incrementarse debido a varios factores. Uno de los principales factores es la formación de cenizas y residuos de combustión, estos residuos pueden contener sustancias alcalinas, como carbonatos y óxidos, por lo tanto, el pH aumenta. (Mataix y Guerrero 2007, Marx et al., 1999, Romanyá et al., 1994). Los autores también observan que los aumentos en el pH podrían ser debido a la gran intensidad del fuego durante el incendio.

En este contexto, Úbeda (2001) obtuvo como resultado un aumento en los valores de pH a niveles alcalinos tras el incendio. Asimismo, Hermitaño & Crisóstomo (2021), señalan que la quema provoca un aumento en los valores del pH del suelo a profundidades de 0 a 3 cm de 7 a 9 % y en la profundidad de 3 a 5 cm también alrededor de 8%. Es importante destacar que esto varía según la profundidad e intensidad del fuego, dado que el pH puede experimentar un incremento significativo en su valor.

De igual modo, Giovannini, (1994), observa un incremento en los valores de pH tras un incendio. Asimismo, (Romanya et al., 1994), resalta mayores incrementos de pH principalmente en la parte más superficial del suelo: de 4 a 6 % en los dos primeros centímetros y de 5 % en los tres siguientes. El autor señala que el incremento puede ser más notorio si la intensidad del fuego es mayor.

De hecho, durante el desarrollo del incendio se pueden alcanzar temperaturas a 200 °C en ecosistemas de pastizales (Martínez et al., 2004). No obstante, Giovannini (1994), también indica que se requiere una temperatura de 450 °C para que el aumento del pH sea más notable. Mientras Von Wallis (2008) registra que el fuego provocaría incrementos notables en el pH, especialmente en la parte superficial del suelo. Es importante destacar que el impacto del fuego sobre el pH tiende a disminuir a medida que nos adentramos en capas más profundas del suelo. Después de aproximadamente un año los valores del pH tienden a estabilizarse y mantenerse en valores similares a los niveles previos al incendio (Batista, 2000).

Mientras tanto, en el segundo muestreo de suelos desarrollado en esta investigación (tres meses después del incendio), analizadas para las mismas 3

zonas con incendio y 1 sin incendio para las comunidades Macay y Salloc. Se registran una disminución en los valores de pH (menores de ocho), en la mayoría de los casos, clasificándose en un estado aún “Alcalino”. El pH del suelo fue elevado temporalmente debido al impacto del incendio sobre el suelo mediante la cantidad de cenizas liberadas tras la combustión. Un similar caso es reportado en el muestreo de la tercera temporada.

Estos resultados difieren con aquellos obtenidos por Pacheco (2019), que documenta que después de dos meses del incendio, se registra que el pH tiende a disminuir en el área quemada pasando a condiciones más ácidas. Del mismo modo, Alva y Manosalva (2019), describe que tres meses después del incendio, el resultado fue una reducción en los niveles del pH pasando a ser ligeramente alcalinos, con respecto a la parcela sin quemar.

No obstante, cuándo las lluvias provocan un lavado y arrastre intensos de cationes, los aumentos iniciales del pH después del incendio pueden ser seguidos por descensos fuertes que llegan obtener niveles menores a los registrados antes del fuego (Martínez et al., 2004). Esto sugiere que los factores climáticos con lluvia en exceso e impactos en el drenaje del suelo pueden ejercer alteración en pH después de la práctica de quemas.

Por lo general, los valores del pH incrementaron después del incendio, debido a las cenizas presentes en el suelo (Mataix y Guerrero., 2007), pero disminuyen a medida que pasan los meses de muy alcalinos a alcalinos, neutros y cercanos a la neutralidad. Estas variaciones dependen de las características del suelo y de disponibilidad de ceniza (Sánchez, 1981); impulsada principalmente por

el comienzo de la temporada de lluvias y el posterior drenaje del agua en el suelo. Estos cambios se dan notablemente de 0-3 cm de profundidad lo que indica que el impacto del incendio se encuentra en el horizonte más superficial, tanto para Macay y Salloc. Un pH del suelo alrededor de la neutralidad es ideal para el desarrollo de la mayoría de las plantas, al permitir una absorción óptima de nutrientes.

El efecto del fuego en el pH del suelo es un aumento temporal debido a la adición de cenizas liberadas después de la combustión, en el horizonte superficial de suelo, y luego disminuye.

Conductividad Eléctrica (CE)

En la primera, segunda, tercera y cuarta temporada de muestreo de suelo en ambas áreas de estudio, los valores de conductividad eléctrica que sirven como indicador de la salinidad del suelo, mostraron un ligero aumento en los valores de 0-3 cm de profundidad, en comparación con la zona no quemada. De 3-10 cm los valores en la conductividad eléctrica resultan ser bajos, pero manteniéndose en niveles no salinos y bajo en sales (excepto en la zona quemada 3 de 0 - 3 y 3 - 10 cm de profundidad que tiene un aumento notable y pasa de un estado no salino a ser ligeramente salino).

Alva y Manosalva (2019), mencionan que una intensidad alta del incendio incrementaría la conductividad eléctrica. De hecho, se observa un ligero aumento (de 1.04 mmhos/cm) en la zona completamente quemada comparadas con las zonas que fueron impactadas por el fuego. Asimismo, Hermitaño y Crisóstomo (2020), también ha documentado incrementos de la Conductividad eléctrica después de la quema.

Del mismo modo en el estudio de Pacheco (2019), se observó un incremento del 26% en la conductividad eléctrica en un pastizal que fue afectado por el fuego. Esto ocasionó que el suelo presentara una ligera salinidad en comparación con el pastizal que no fue quemado.

Las investigaciones han documentado un aumento en la conductividad eléctrica tras un incendio. El aumento observado en la conductividad eléctrica después de un incendio puede ser atribuido a la liberación de óxidos y bases durante la quema de materia orgánica (Urretavizcaya, 2010). En este caso, los efectos de los incendios forestales en los pastizales se pueden caracterizar por el aumento de la salinidad, el cual se relaciona con el incremento en la conductividad eléctrica.

En un principio, los valores de la conductividad eléctrica aumentan por la presencia de cenizas incorporadas, pero posteriormente disminuyen hasta alcanzar los valores correspondientes a suelos no afectados por incendios. La combustión de ciertos materiales puede liberar óxidos que contribuyen al aumento de la conductividad eléctrica (Cuesta & Giraldo, 2013). No obstante, estas alteraciones son temporales ya que las sales que se han incorporado al suelo disminuyen prontamente debido a la escorrentía que ocurre durante el periodo de lluvias (Celis., 2013). Los suelos con elevado nivel de conductividad eléctrica obstaculizan el buen desarrollo de las plantas (Garrido 1994; Sánchez 2003).

En general, un patrón de ligero incremento de la conductividad eléctrica es observado tanto en Macay y Salloc. Los cambios de ligeramente salinos a suelos no salinos a medida que pasan los meses sugieren que el impacto de la quema o

incendio, sobre la conductividad eléctrica no afectaría de manera relevante el desarrollo de los pastizales.

Materia orgánica (MO)

La materia orgánica, mostró incrementos en los análisis de la primera temporada después del incendio, en comparación con la zona que no fue quemada, clasificándose en rangos de medio y bajo, mientras tanto los valores de la materia orgánica en la segunda temporada aumentaron pasando a estar en niveles medios y altos. Para la tercera y cuarta temporada se mantienen en niveles medios y altos. Este incremento en los valores de Materia orgánica puede deberse a la presencia de las cenizas procedentes de la vegetación (Sánchez et al., 1994).

Similar resultado es también descrito por Alva y Manosalva (2019), indican que se registró un aumento (8 % en promedio) de materia orgánica en la parte superficial del suelo (10 cm de profundidad), en las zonas parcialmente quemadas, y en las zonas completamente quemadas aumentó 7 % cuando comparamos con el suelo no impactado por el fuego. Asimismo, Pacheco (2019), también menciona que la materia orgánica incrementa su valor en un 54% en el pastizal quemado referente al no quemado pasando a estar de un nivel medio a un nivel alto.

Además, esto es consistente con los resultados de (Hermitaño y Crisóstomo (2021), que documentan que el contenido de materia orgánica aumenta en promedio 5% en una profundidad de 0 a 3 cm y 3% de 3 a 5 cm. Este estudio demuestra que hay un incremento en el contenido de materia orgánica debido a las prácticas de quema o incendios forestales alrededor del 50 %.

Sin embargo, en fuegos con temperaturas superiores a los 450 °C puede generar un descenso en los valores iniciales de la materia orgánica, pero en fuegos poco intensos, por ejemplo: en ecosistemas de pastizales el fuego alcanza temperaturas de 200 °C, y puede tener un efecto contrario (incrementos en la materia orgánica), por la baja acumulación del material inflamable forestal que está representada por las cenizas (Martínez et al., 1991).

Los impactos de los incendios forestales intensos generan una disminución en los valores iniciales tras el incendio, llevando al empobrecimiento de los suelos dado si son bajos en materia orgánica pueden ser suelos de baja calidad con tipologías físicas que no son adecuadas en la nutrición de una planta (Rosero & Osorio, 2014). En esta investigación se asume que los incendios en ambas zonas de estudio no tuvieron mucha intensidad al registrar niveles bajos en materia orgánica en la primera temporada y después de tres meses se registran niveles medios y altos. Esto es debido a la predominancia de combustible vegetal limitado muy común en pastizales a diferencia de otros ecosistemas como matorrales o bosques andinos donde se asume que hay menor cantidad de combustible.

En general, como resultado de la quema, se puede apreciar un notable incremento en la materia orgánica en niveles más superficiales del suelo. Este incremento en niveles promedio puede favorecer el rendimiento idóneo de la producción de pastizal en relación a su cantidad y calidad, además permite estimar las reservas del N, P, K (Garrido, 1994).

Nitrógeno (N)

Nuestros resultados son consistentes con los registrados por Alva y Manosalva (2019), ellos documentan un incremento en el porcentaje del nitrógeno en zonas parcialmente quemadas. Además, indican que hay una relación entre el contenido de nitrógeno del suelo y el contenido de materia orgánica. Entonces, a medida que la profundidad del suelo aumenta, se observa una disminución en el contenido de materia orgánica y, como resultado, también disminuye el porcentaje de nitrógeno presente. Del mismo modo, Pacheco (2019), menciona que, en lugares con pastizal quemado, el nitrógeno aumenta su valor en 59% referente al pastizal no quemado pasando de un nivel medio a alto.

García, (2014) en el estudio realizado con muestras de suelo en tres tiempos (antes de la quema, después de la quema y en época de lluvias) mostraron prácticamente los mismos valores en los dos primeros tiempos de muestreo y para el tercer tiempo se presentó un incremento por efecto del fuego. Este aumento se debe a que la temperatura máxima alcanzada por la quema en el suelo fue 103 °C, ante estas temperaturas las características químicas del suelo no sufren grandes cambios (Neary et al., 1999).

En este contexto Yildiz et al (2010), señala que, durante la producción, se pueden observar aumentos iniciales en las concentraciones de nitrógeno, lo cual podría ser beneficioso para algunas especies de plantas. Esto se debe al incremento a corto plazo en la disponibilidad de nutrientes, lo cual favorece su crecimiento. El aumento del nitrógeno se debe también a que está ligado al amonio (Úbeda, 2021).

Sin embargo, varios autores también informan de una disminución en los valores del nitrógeno posterior a un incendio. Por ejemplo, Úbeda (2021), en el estudio realizado en un bosque compuesto también por vegetación herbácea, señala que la concentración del nitrógeno disminuye muy ligeramente en todas las áreas afectadas por el incendio (-1,04, -0.41, -1,03 % respectivamente).

También destacan que hay pérdida de nitrógeno cuando la temperatura llega a los 450°C (75% de nitrógeno). Lo que sugiere que la temperatura alcanzada en nuestros incendios de análisis tuvo una temperatura menor a ese umbral. Asimismo, Sánchez et al., (1994), observa que habría una disminución general de nitrógeno después de 6 meses. Del mismo modo, Blank y Zamudio (1998) también se ha observado este fenómeno y se atribuye al consumo de nitrógeno que ocurre durante la germinación de ciertas especies que emergen en condiciones posteriores a un incendio.

Los niveles de nitrógeno se incrementan después de los incendios forestales siempre en cuando estas temperaturas no superen los 400 °C Giovannini, (1994). De lo contrario la disponibilidad del nitrógeno disminuye en la parte superficial del suelo y en zonas más intensamente quemadas al alcanzar temperaturas mayores a los 450°C lo que conduciría a volatilizarse en forma de nitritos transformándose en formas más complejas (Raison et al., 2009; Romanyá et al., 1994), entonces habría una disminución de la disponibilidad de nitrógeno.

Nuestros resultados indican que los niveles de nitrógeno se incrementaron para la segunda temporada ya que es posible que la quema de pastizales no haya

superado la temperatura de 200° C. Esto es también congruente con lo expuesto por Martínez et al., (1991).

En general, ante la ocurrencia de la quema, se ha detectado un incremento del Nitrógeno, de niveles altos o muy altos, a niveles promedio a medida que pasan los meses. Este incremento inicial de nitrógeno puede evitar el impacto de la lixiviación y posterior drenaje producto de las lluvias que conduzca a un déficit de Nitrógeno del suelo, manteniéndose en niveles promedio. El nivel medio favorece el correcto desarrollo de las plantas (Marx et al., 1999). Los niveles bajos del nitrógeno producirían notables descensos en la producción vegetal. Mientras, niveles altos o muy altos causa un excesivo crecimiento vegetativo de las plantas, ya que la hoja tomaría un color verde muy oscuro.

Fosforo (P)

En el muestreo de suelo de la primera, segunda, tercera y cuarta temporada tanto en Macay y Salloc, el contenido de fosforo a profundidades de 0 a 3 cm, presentan incrementos en las tres zonas con incendio respecto a la zona sin incendio. Pasando de niveles bajos a niveles altos y en la zona no quemada los valores permanecen bajos.

Esto también fue identificado por Hermitaño y Crisóstomo (2021), ellos encontraron que el contenido del fosforo disponible en el suelo aumenta notablemente posterior a la quema (en profundidades de 0-3 cm de 46 a 115 ppm y de 3- 5 cm de 31 a 38 ppm).

Así mismo en un estudio realizado por Pacheco (2019), evidencia un aumento (en 61%) de los valores del fósforo en el pastizal quemado, no obstante, a pesar de aumentar el valor no varía, manteniéndose en un nivel arriba del óptimo. Sin embargo, Alva y Manosalva (2019) documentan que una disminución de fósforo disponible es posible a mayor profundidad.

Úbeda (2021), registra que la disponibilidad del fósforo se incrementa en la parte superficial del suelo (1 cm de profundidad). Mientras que, Romanyá et al., (1994) aprecia un incremento del fósforo en los dos primeros cm y también a más profundidad. De igual forma, señala que este incremento es mucho más pronunciado cuando la intensidad del fuego es más alta. La temperatura puede desencadenar la mineralización del fósforo orgánico, mientras que la presencia de cenizas derivadas de la combustión de la vegetación también puede influir en este proceso.

En un estudio llevado a cabo por Romanyá et al., (1994) se examinaron los niveles del Fósforo ya que se observó un aumento considerablemente en las zonas con incendio a comparación de la zona sin incendio (zona de control), este incremento es aún más pronunciado cuando la intensidad del fuego es alta. Esto sucede porque a una temperatura más alta, el fósforo orgánico puede mineralizarse. Cuando las condiciones se toman más anaeróbicas, el fósforo disponible aumenta, con las reacciones de mineralización y de solubilización.

En el estudio realizado por Valdés et al., (2016) en suelos de plantaciones de pino registra que los niveles del fósforo disponible cuatro años después del fuego, cuando se comparan antes y después de los incendios, muestran aumentos

significativos en diversas profundidades, esto está en línea con los hallazgos obtenidos por Urrutia, et al, (2013).

Los incendios forestales tienen impactos en los niveles del fósforo, especialmente en los primeros centímetros del suelo. Esto resulta en un aumento de los valores de fósforo en relación con la intensidad del fuego. Sin embargo, a medida que nos adentramos en capas más profundas del suelo, se observa una disminución en los niveles de fósforo.

En general, a raíz del incendio ocurre ligeros incrementos del fósforo en cada temporada de análisis, en comparación a la zona no quemada. Ya que la combustión de la vegetación aumenta la liberación de fósforo debido a la oxidación de la materia orgánica y la presencia de cenizas. Estos elementos tienen un impacto beneficioso en el suelo, mejorando su fertilidad a través de las propiedades de las cenizas (Gliessman, 2002).

Potasio (K)

En el muestreo de suelo de la primera temporada para Macay, predomina un aumento del contenido de potasio (en profundidades de 0-3 cm y 3-10 cm) de nivel normal a alto. Mientras en Salloc, este incremento solo se manifiesta en la parte más superficial (0-3 cm), manteniéndose en nivel de bajo o normal en la zona de 3 a 10 cm, de profundidad. En el muestreo de suelos de la segunda, tercera y cuarta temporada en ambas zonas de estudio presentan niveles altos y muy altos principalmente en los tres primeros centímetros.

En este contexto, Hermitaño y Crisóstomo (2021) documentaron que el potasio se incrementa notablemente en la parte más superficial del suelo (profundidad 0 a 3 cm, valores 674.5 a 2154.0 ppm). Asimismo, Alva y Manosalva (2019) observaron un aumento en la concentración de potasio disponible en los primeros 10 cm del suelo. En la parcela parcialmente quemada, se registraron valores de 43 ppm (5 %) para esta concentración en comparación a la parcela sin quemar.

El aumento se le atribuye usualmente a la quema o incendios mediante la acumulación de cenizas producida durante la combustión de la vegetación. A diferencia de Pacheco (2019) afirma que puede haber disminución del Potasio, alrededor de 25 %, no obstante, no cambia su nivel de clasificación al estar arriba del óptimo.

Existe un aumento del potasio en ambas comunidades en las zonas incendiadas en este estudio. Esto también es observado en los estudios realizados por: Hermitaño y Crisóstomo (2021), Úbeda (2021), Alva y Manosalva (2019). Si la temperatura llega a los 500 °C el potasio podría volatilizarse. Los resultados en este estudio sugieren que la temperatura fue inferior a 500 °C. Sin embargo, si la vegetación no proporciona un suministro de potasio, la concentración de este elemento disminuiría después del incendio, Pacheco (2019).

Por lo general, se observa un leve aumento de potasio disponible en los suelos después de un incendio, especialmente en los primeros 0 a 3 cm de profundidad.

Textura

En el muestreo de suelo en la primera, segunda, tercera y cuarta temporada tanto en Macay y Salloc, el análisis de la clase textural sugiere que la textura (Franco, Franco arenoso). La proporción de la textura hablando de la arcilla, empieza a modificarse a una temperatura aproximada de 400 °C y puede llegar a una destrucción total entre 700 y 800 °C (Beyers et al., 2008).

Hermitaño y Crisóstomo (2021) documentan que el contenido de arcilla disminuye posterior a la quema a la profundidad de 0 – 3 cm de alrededor de 28 %, debido a un impacto que ejerce la quema. El contenido de limo experimenta un ligero aumento de (31 a 33%) en la profundidad de 0 – 3 cm después de la quema. Alva y Manosalva (2019), indican que el contenido de arena descendió ligeramente con la profundidad del suelo

En contraste, Pacheco (2019) demuestra que el fuego puede tener un impacto notable en la composición del suelo. En los pastizales que han sido quemados, se nota una reducción de la arena, pero incrementos en la arcilla y el limo, lo que sugiere que la textura del suelo puede cambiar considerablemente debido a la influencia del fuego.

El contenido de arena desciende después del incendio si se compara con los datos de la parcela no quemada. Mientras tanto, la proporción de limo y arcilla aumentan tan solo en zonas que fueron quemadas con menos intensidad (Úbeda, 2001).

Nuestros hallazgos indican que después del incendio, el suelo en pastizales presenta solo ligeras variaciones en los valores de arcilla, arena y limo, lo que indica que no hay cambios en los niveles considerables en la textura del suelo. Basada en su clasificación son considerados suelos franco arenosos en todas las zonas de muestreo. Este suelo permite un adecuado desarrollo las plantas por presentar alta capacidad para retener agua y nutrimentos (VILLARROEL, 1988; Jaramillo, 2004).

En general, el componente de la textura no se altera con el incendio por lo tanto en la primera, segunda y tercera temporada de análisis los suelos son francos arenosos esto se debe a que los componentes de la textura soportan altos niveles de temperatura. Sin cambiar sus niveles de clasificación en el que se encuentran y por lo tanto el fuego no los afecta (Beyers et al., 2008).

Discusión de recuperación de pastizales

Durante las épocas de estiaje (periodo de muy escasa o nula precipitación), las especies herbáceas anuales de la actividad fotosintética en los últimos meses reducen, a la falta de lluvias se marchitan y luego tienden a rebrotar o germinar con la nueva temporada de lluvias (Serra, 2008). Para conseguir resultados adecuados después la quema se debiera dar una compleja interacción con el suelo y la cantidad de precipitación pluvial (Martínez et al., 2004).

Las lluvias continuas y esporádicas conllevan a aumentos en el cubrimiento vegetal después de una quema, aunque no necesariamente haya disminución en el número de especies en comunidades de pastizales (Vidal & Rangel, 1987). En contraste hay hábitats de humedales en zonas costeras que pueden verse

afectados significativamente y reducir su producción al 25% de biomasa y seca (Ramírez et al., 2022).

Las especies de plantas leñosas tienen la capacidad de resistir un incendio y recuperarse. Pero, por otro lado, las especies herbáceas suelen tener problemas para crecer después de un incendio, ya que deben competir por la humedad y la luz (Villaseñor y Ruiz, 1990).

Carballés et al (2009), documenta que después de un incendio forestal que tuvo lugar en verano, en el municipio de Fonfría (Zamora-España), evaluó los efectos del fuego en la regeneración de la vegetación. Esta describe que la cobertura vegetal, al cabo de un año tras el incendio obtuvo como resultado que en la zona del pastizal tuvo una recuperación entre 30 y 60% de cobertura vegetal, se menciona que la zona del pastizal se ha recuperado sorprendentemente bien.

Esto es posiblemente que el desarrollo de fuego fue de corta duración caracterizándose por baja severidad y que finalmente afectó de manera leve a la vegetación y que la recuperación post-fuego de la vegetación suele producirse por autosucesión o sucesión ecológica (implica que una comunidad vegetativa recuperan su estructura y composición después de un incendio a través de la capacidad de rebrotadora y germinación de las especies presentes antes del fuego), las especies que emergen después de un incendio son las mismas que residían anteriormente en el área (Carballés et al., 2009).

Ante una quema prescrita en pastizales y la llegada de las primeras precipitaciones primaverales (30 días después), se estima que los pastizales

comiencen a rebrotar y a los 180 días aparezcan especies latifoliadas anuales (González et al., 2004).

En este estudio las especies que han rebrotado y germinado son las mismas que había antes del incendio, asimismo, en la zona quemada el número de especies identificadas en las zonas quemadas resulta ser menor a aquellas identificadas en zonas no quemadas.

Dada las condiciones de control, ante la quema prescrita, se prevé un mayor (300 %) rendimiento en la producción de biomasa en las zonas quemadas en comparación a la zona de control no quemada (Martínez et al., 2004). Esto contrasta con nuestros resultados en Cusco, al haber obtenido un menor rendimiento de biomasa en Cusco, lo que sugiere el importante rol que puede ejercer el control de la quema o incendio al evitar el impacto severo del fuego en niveles subsuperficiales del suelo que pudiera afectar las raíces de especies vinculadas a pastizales que indefectiblemente podrían tardar su posterior recuperación o no recuperarse.

El monitoreo del crecimiento de la vegetación después del incendio en la comunidad de Macay (agosto 2022), indican que en las zonas quemadas la vegetación herbácea empezó a crecer después de tres meses de ocurrido el incendio. Se pudo observar las primeras plántulas y con el pasar de los meses fue habitada principalmente por especies herbáceas, pastizales de distintos géneros y algunas plantas arbóreas rebrotaron.

A consecuencia de los incendios, los cuales son analizados en nuestro estudio, la producción de biomasa total estimada mediante materia seca en zonas quemadas al ser comparada con la zona no quemada indica que hay impacto

severo, al presentar menor rendimiento vegetal. Este comportamiento se demuestra en ambas zonas de estudio Macay y Salloc-Cusco.

Un similar resultado también se observa en el estudio realizado por Salcedo (2019), luego de un incendio forestal que ocurrió el 08 de setiembre del 2018 en Cajamarca, documenta que después de transcurridos tres meses desde que se produjo el incendio, se pudo observar el inicio del crecimiento de la vegetación herbácea en el área afectada por el fuego.

Los registros de la vegetación, referido al *Ichu* describen un mayor porcentaje de cobertura vegetal en la zona sin quema. Asimismo, no se evidencia su recuperación en la zona quemada dado que este pastizal se encuentra en un mínimo porcentaje de cobertura vegetal en las zonas con incendio.

Al respecto, Batista (2013), señala que, tras un incendio, la regeneración natural implica la restauración de la vegetación, que puede ser con las mismas especies o con diferentes. Estas se adaptan rápidamente a las nuevas condiciones y comienzan a ocupar el área afectada en los primeros meses después del incendio. Lloret (2004), también destaca que la mayoría de las especies de vegetación tienen la habilidad de rebrotar o germinar tras un incendio, demostrando su capacidad de regeneración. Además, la manera en que utilizan y almacenan agua y nutrientes ya que estos factores determinarían la sucesión post-incendio.

VI. CONCLUSIONES

- Nuestros hallazgos también indican que, la biomasa total en materia seca después del incendio, se ve muy reducida (entre 50 y 70 %) a corto plazo (8 meses), pero a medida que pasan los años esta diferencia es menor (22%) debido a que no hay una recuperación estacional inmediata de los pastizales, sino que la recuperación del pastizal en cantidad y calidad se daría en los próximos años sucesivamente. No obstante, es notoria la aparición de nuevas especies (no necesariamente aprovechable por el ganado) en zonas quemadas.

- Los valores del pH se incrementaron inicialmente después del incendio, entre la segunda y tercera temporada mostró una paulatina reducción, principalmente debido a factores asociados como el régimen de precipitación y escorrentía que contribuyeron al proceso de lixiviación. Los valores de la conductividad eléctrica, materia orgánica, NPK mantuvieron incrementos en las cuatro temporadas de análisis por la incorporación de cenizas en el suelo que surgió de los incendios acontecidos.

- Los resultados indican que el incendio condujo a la alteración de algunas propiedades fisicoquímicas del suelo principalmente a nivel superficial (0-3 cm) donde los cambios de los valores son más notorios. Mientras los cambios en zonas menos superficiales (3-10 cm) son menos notorios.

VII. RECOMENDACIONES

- Los nuevos conocimientos técnico-científico generados pueden contribuir como soporte de la decisión política, institucional y jurídica para la reducción de los impactos de las prácticas de quemas e incendios forestales en zonas andinas.

- Evaluar el análisis químico (determinar el contenido de proteína cruda PC) de pastizales durante los estados fenológicos con y sin quema.

- Evaluar el estado de las raíces después de las prácticas de quemas controladas e incendios forestales en ecosistemas de pastizales alto andinos.

- Caracterizar los niveles de intensidad del fuego con distintos combustibles (pastizales, matorrales, bosques andinos) y como el volumen del fuego puede afectar el suelo y las raíces.

- Realizar estudios a través del tiempo, para enriquecer estos resultados sobre la recuperación de los pastizales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Alva, D. M., & Manosalva, H. I. (2019). Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el cañón de Sangal, Cajamarca (Tesis de licenciatura). Repositorio de la Universidad Privada del Norte. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11537/21088>.

Álvarez SA (2023). Perception of the wildfire occurrence of the Chanka and Arín-Huarán Andean communities, Calca – Calca. Professional dissertation. University Council, National University San Antonio Abad del Cusco.

ANA, (2021). “Autoridad Nacional del Agua”.

Batista A.C., C.B Reissmann Y. V. Suarez. 2000. Efeitos da queima controlada sobre algumas propriedades químicas do solo em um povoamento de Pinus taeda no município de Sangés –PR.Floresta Br.27 (1-2): pp.59-70

Batista Montenegro, A E. 2013. Regeneración natural en sitios impactados por incendios en la Reserva Biológica Uyuca (en línea). Honduras.

BAZÁN, T.L. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Lima, Perú. 2017.

BEYERS, J., BROWN, J. y DEBANO, L. Wildland Fire in Ecosystems Effects of Fire on Soil and Water. Arizona: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station., 2008. pág. 250.

Beyers, J., Brown, J., Busse, M., Debano, L., Elliot, W., Folliott, P. et al. (2008). Wildland fire in ecosystems: Effects of fire on soils and water. Lincoln:

University of Nebraska, United States Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station.61.

Blank, R. & Zamudio, D. (1998). The influence of wildfire on aqueous-extractable soil solutes in forested and wet meadow ecosystems along the eastern front of the Sierra Nevada Range, California. *Int. J. Wildland Fire*, 8 (2), 79-85.

Cáceres, J. (2018). Efecto de la quema de vegetación en las propiedades físicas y químicas del suelo. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Continental). Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCON_345c003fca143bc8b1d734e604f6e561

Calderón Vásquez, E. 1992 Evaluación del cambio de acidez en el suelo por acción de la dolomita mejorando las condiciones para el cultivo de café catuai rojo (*caffea arabica* L.) en el cantón de Chijchipani del Municipio de Caranavi del Departamento de La Paz (Doctoral dissertation).

Carballés, J. M., & Oria De Rueda, J. A. (2009, June). Efecto del fuego en la regeneración a corto plazo de la vegetación en comunidades de pastizal, matorral y arbolado en una zona incendiada de Zamora. In *Congresos Forestales*.

Casas Terrones, M. G. (2019). Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco-Cajamarca.

Ccanchi Espinoza, Y. J. (2021). Evaluación de sequías y del riesgo potencial a la ocurrencia de incendios forestales en ecosistemas alto andinos mediante uso de sensores remotos.

Celis, R., Jordán, A., & Martínez, L. (2013). Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/53599>.

CENEPRED. (2021). Escenario de riesgo por incendios forestales de la región cusco 1. 1–49.

COEN-INDECI (2022). Incendio forestal en la región cusco. 1-8.

Comparatore, V.; Martínez, M.; Vassallo, A.; Barg, M. & Isacch, J. (1996). Abundancia y relaciones con el hábitat de aves y mamíferos en pastizales de *Paspalum quadrifarium* (Paja Colorada) manejados con fuego. *Interciencia-Caracas-*, 21, 228-237.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Guía práctica para comunicadores. Incendios forestales (en línea). México.

Corredoira López, C. E. (2021). Efecto de los incendios forestales en la respiración basal del suelo. obtenido de <http://hdl.handle.net/2183/29161>.

COEN-INDECI (2022). Reportes complementarios de incendios forestales --
[-https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6803-31AGO2022-INCENDIO-FORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-ANDAHUAYLILLAS-CUSCO-1.pdf)

[COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6803-31AGO2022-INCENDIO-FORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-ANDAHUAYLILLAS-CUSCO-1.pdf](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6803-31AGO2022-INCENDIO-FORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-ANDAHUAYLILLAS-CUSCO-1.pdf)

[-https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6616-24AGO2022-INCENDIOFORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-COYA-CUSCO-1.pdf)

[COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6616-24AGO2022-INCENDIOFORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-COYA-CUSCO-1.pdf](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-6616-24AGO2022-INCENDIOFORESTAL-EN-EL-DISTRITO-DE-COYA-CUSCO-1.pdf)

Cuesta, J. R., & Giraldo, I. O. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. *Estado del arte. Cuaderno activa*, 5, 59-67.

Cuniff, P., & AOAC. International. (1997). Official methods of analysis of AOAC International (16 Ed). AOACInternational.

Díaz Delgado, R. 2003. Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite (en línea).

Díaz Hurtado, W y Evangelista Basilio, O. (2019). Caracterización de los efectos de la quema en algunas propiedades físico-mecánicas de un vertisol en el Departamento de Sucre, Sucre-Colombia. Universidad de Sucre.

Espinoza, L., Slaton, N. A., & Mozaffari, M. (2012). Como interpretar los resultados de los análisis de suelos. División de Agricultura de la Universidad de Arkansas, 1-8.

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., & Montenegro, G. (2010). Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Dirección de Investigación y Postgrado, Dirección de Extensión.

Forsythe, W. (1980). Física de suelos, Manual de laboratorio. Editorial IICA. San José Costa Rica. 212 p.

Flores, M., Alegría, J., & Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. Revista peruana de Biología, 12(1), 125-134.

Flórez, A., & Bryant, F. (2008). Fenología y contenido de nutrientes de gramíneas claves en los Andes de Perú. Investigación sobre pastos y forrajes de, 21.

García, L., & Arturo, L. (2014). Efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo, la producción y calidad de forraje de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Calvillo, Aguascalientes.

Garrido V., S. (1994). Interpretación del análisis de suelo. Guía de practica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis, https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf. Madrid, España. Gayos

Giovannini, G (1994): The effect of fire o soil quality. En: Sala, M y Rubio, J. L. Eds. Soil erosion as a consequence offorest fires. Geoderma Ediciones, Logroño, 15-27.

Gliessman, S.R. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba: CATIE, 2002. **ISBN 9977-57-385-9.**

González, C., abril, A., & Vollenweider, J. J. (2004). Efecto de una quema prescripta de pastizales nativos sobre los procesos biológicos del suelo. Rev. Arg. Prod. Anim, 24(3-4), 207-215.

González, M., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33o - 42o S). Bosque (Valdivia),32(3), 215-219. <https://doi.org/10.4067/S0717> - 92002011000300002

Hermitaño, H. y Crisóstomo, X. (2021). Efecto de la quema de pastizales en las propiedades de los suelos en Huamancaca Chico. Huancayo. 2020. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo.

Hernández J. 2000. Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. 37 p

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2014). Coastal blue carbon, methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. International Union for Conservation of Nature.

Huamán, L. (2021). Efecto de la quema en las propiedades fisicoquímicas de un suelo agrícola en el distrito de Sincos, Jauja, 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Continental, Huancayo, Perú.
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/11421>

Jaramillo, D. (2004). El recurso suelo y la competitividad del sector agrario colombiano. Cátedra Pedro Nel Gómez, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

Lloret, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. Valladares. Madrid. 101-126 p.

Loaiza, R. D. F., & Tenicela, E. R. F. (2012). Producción de pasturas cultivadas y manejo de pastos naturales altoandinos. INIA-Gobierno Regional de Moquegua.

López Galán, E., & Miñano Fernández, F. (1988). Métodos rápidos de análisis de suelos. Hojas.

Manta Nolasco, M. I. (2017). Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Martínez Ruiz, E. (2001). Manual de quemas controladas: el manejo del fuego en la prevención de incendios forestales. Mundi-Prensa Libros.

Martínez, J., De las Heras, J. y Herranz, J. (1991). Impacto ecológico de los incendios forestales. La Mancha.56.

Martínez, L.W; Ramos, M.; Castillo, I.; Bonilla, M. Y Sotolongo, R.2004. Efectos de quemas prescritas sobre las propiedades del suelo en bosques de *P. tropicalis* Morelet., en Cuba. Revista Chapingo. Universidad Autónoma de Chapingo, Vol. X, (1):31-37

Marx, E.; Hart, J.; Stevens, R. (1999). Soil test interpretation guide. Oregon State University. 8

Mataix-Solera, J. Y Guerrero, C. 2007. Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades edáficas, en Incendios forestales, suelos y erosión hídrica (Mataix-Solera, J. coord.). Alcoi, Edit. Caja Mediterráneo CEMACAM. 5-40.

Mercado Laguna, A. M. (2019). Evaluación agrostológica de la microcuenca Ocrabamba–Apurimac.

Miller, G. (1990). Resource conservation and management. Wadsworth Publishing Company, 4, 391.

MINAM (2019a). Mapa nacional de ecosistemas.

NEARY, D, RYAN K. y DEBANO L. Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on soil and water. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42 Ogden, UT: U.S.

Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p. 2008

Neary, D. G., Klopatek, C., C., DeBano, L. F. Y Ffolliott, P. F. 1999: Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, nº 122, 51-71

Neary, D. G., & Leonard, J. M. (2020). Effects of Fire on Grassland Soils and Water: A Review. In (Ed.), *Grasses and Grassland Aspects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90747>.

Novoa, S. A., & Villagrán, A. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura técnica*, 62(1), 166-171.

Oliva, G., Noy-Meir, I., & Cibils, A. (2001). Fundamentos de ecología de pastizales. *Ganadería ovina sustentable en Patagonia Austral. Tecnología de Manejo Intensivo*. Ed. INTA. Río Gallegos, 83-100.

Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 4–7. http://www.walterosorio.net/web/sites/default/files/documentos/pdf/1_4_pH_del_suelo_y_nutrientes_0.pdf

Pacheco Isasi, A. E. (2019). Efecto del fuego sobre las comunidades de pastizales y matorrales en el anexo de Torotani, distrito de Polobaya, Arequipa, octubre- diciembre, 2018.

Parker K. 1958. " The 3 Step Method for Measuring Condition and Trend of Forest Study". U.S. Dept. Agric. *Techniques and Methods of Measuring Understory Vegetation*. Georgia. U.S.A.

Parra, F., Torres, J., & Ceroni, A. (2004). Composición florística y vegetación de una Microcuenca andina: el Pachachaca (Huancavelica). *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 9-16.

Pérez-Verdín, G., Márquez-Linares, M. A., Cortés-Ortiz, A., & Salmerón-Macías, M. (2013). Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. *Madera y bosques*, 19(2), 37-58.

Puma, E. (2014). "Comparativo de dos métodos de determinación de la condición de un pastizal tipo pajonal de pampa en CICAS LA RAYA-FAZ-UNSAAC. [Tesis de Pregrado] Para optar al Título Profesional de Ingeniero Zootecnista.

Quintanilla V y R Castro. 1998. Seguimiento de las cubiertas vegetales post-incendios forestales en la zona mediterránea costera de Chile (en línea). Perú.

Qurakuna, I. Y. (2009). Plantas y Vegetación de Ica, Perú.

Raison, R. J., Khanna, P. K., Jacobsen, K., L. S., Romanya, J. Y Serrasol-Ses, I. 2009: Effect of fire on forest nutrient cycles, en *Fire effects on soils and restoration strategies* (Cerdà, A. y Robichaud, P. R., coord.). Enfield, Edit. Science Publishers, 225-256.

Ramírez, D. W., Lértora, G., Vargas, R., & Aponte, H. (2022). Efecto de los incendios en la cobertura vegetal, almacenamiento de carbono y biomasa vegetal de un humedal costero. *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 348-362.

Ressl, R. E., & Cruz, I. (2012). Detección y monitoreo de incendios forestales mediante imágenes de satélite. *CONABIO. Biodiversitas*, 100, 12-13.

Reynel, C., Pennington, R., Pennington, J. Marcelo & Daza, A. 2007. *Arboles útiles del Ande peruano y sus usos: un manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies de la Sierra y los Bosques*

Montanos en el Perú. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, Royal Botanic Gardens Kew, Royal Botanic Gardens Edinburgh, APRODES. 463 pp.

Rodríguez Trejo et al. 1996. Educación e Incendios Forestales. 2. ed. México. Editorial Mundi Prensa.

Rodríguez, D. (2014). Ecología del fuego. Su Ecología, Manejo e Historia. Ed. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Semarnat, Programa de Prevención y Combate de Incendios Forestales, CONAFOR, CONANP, Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, ANCF, AMPF. México, 891.

ROMANYA, J.; KHANNA, P.; RAISON, R.J. Effects of slash burning of soil phosphorus fractions and sorption and desorption of phosphorus. *Forest Ecology and Management*. 65: 89-103. 1994.

Rosero Cuesta, J., & Osorio Giraldo, I. (2014). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5(1), 59

Rufasto Pérez, K. A. (2023). Efecto del fuego en las propiedades físicas y químicas del suelo después de 5, 5 años del incendio forestal del Bosque de Protección Pagaibamba–Querocoto, Chota.

Ruiz García, V. H. (2022). Incendios forestales, cambios de uso de suelo y su impacto en el balance hidrológico de los bosques templados del centro de México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo).

Sagástegui, A et al. 2003. Diversidad Florística del Norte del Perú. Bosques Montanos. Trujillo: tomo II. Edit. Graficart.

Salcedo Bautista, C. R. (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.

Sánchez Vélez, AS; García Nuñez, RM; Palma Trujano, A. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (Alternativas productivas).

Sánchez, JR, Mangas, VJ, Ortiz, C., & Bellot, J. (1994). Efecto de los incendios forestales sobre las propiedades químicas del suelo y la escorrentía. La erosión del suelo como consecuencia de los incendios forestales, Geoderma, ediciones Logroño, España, 53-65.

SÁNCHEZ, P. Suelos tropicales. Características y Manejo. Costa Rica.: s.n., 1981.92-9039-017-4.

SENAMHI – DHI -2017, Lima, Perú.

SENAMHI (2012). Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco.

SERFOR. (2018). Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales. In Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales Periodo 2019-2022

SERNANP. (2016). Manual para el control de incendios forestales - Parque Nacional del Manu.

Serra, MT. 2008. Apuntes prácticos de Flora y vegetación (en línea). Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Chile.

Silva-Cardoza, A. I., Vega-Nieva, D. J., Briones-Herrera, C. I., Briseño-Reyes, J., López-Serrano, P. M., Corral-Rivas, J. J., & Alvarado-Celestino, E. 2018 Evaluación de severidad de incendios forestales con imágenes Sentinel en el Estado de Durango Evaluation of forest fire severity on Durango state with Sentinel 2A MSI imagery.

Solera, JM et al. 2009 Infiltración, estabilidad de agregados y erosión de suelos afectados por incendios forestales (en línea). España.

Tovar, O. (2005). Estudio florístico de los pastizales de la costa norte del Perú. Revista Peruana de Biología, 12(3), 397-413.

Úbeda, X. (2001). Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo después de un incendio forestal. Revista de la sociedad española de la ciencia del suelo, 8, 41-49.

USDA. 2008. Aggregate Stability. Soil Quality Indicators. Fecha de consulta 14/04/2015 en: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053287.pdf

Urretavizcaya, M. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. Bosque (Valdivia), 31(2), 140-149. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000200007>

Urrutia Hernández; Rodríguez Alfaro, B; Hernández Abreu, J.A; Germán Flores Garnica, J.; Martínez Becerra, L. W.; Bonilla Vichot, M. 2013 - Efecto de quemas prescritas sobre las propiedades físico químicas del suelo en la Estación Hidrológica Amistad Galalón. Vol. 32. No.1-enero-junio 2013. ISSN-0138-6441

Valdés, L., Martínez, L., Bonilla, M., & Castillo, I. (2016). Efectos del fuego en algunas características de suelos de pinares, Macurije, Pinar del Río, Cuba. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(2), 60-65.

Vellozas, T et al. 2010. Incendios forestales y su afectación al medio ambiente, prevención y combate (en línea). Monografía. Uruguay.

Vidal, M. L., & Rangel-Ch, J. O. (1987). Efecto del fuego sobre la temperatura del suelo y la vegetación en un pastizal de los Llanos Orientales (Meta, Colombia). *Pérez-Arbelaezia*, 1(4-5), 55-84.

VILLARROEL, J. (1988). Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio.

Vizcarra, R. A. A., & De La Cruz-Lozado, J. (2022). Incremento de incendios forestales en américa latina: problemática, causas e impactos en la biodiversidad, 2005-2021. Increase in forest fires in Latin America: problems, causes and impacts on biodiversity, 2005- 2021. 18 5(1).

Von Wallis A.; Martiarena R.; Pahr N. 2008. condición química de un suelo rojo de misiones en situación de quema y no quema de residuos forestales. INTA EEA Montecarlo. /www.researchgate.net/publication/237737770.

Yildiz, O., Esen, D., Sarginci, M. & Toprak, B. (2010). Effects of forest fire on soil nutrients in Turkish pine (*Pinus brutia*, Ten). *Journal of Environmental Biology*, Vol. 31, pp. 11-13. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte.

Zubieta R, Prudencio F, Ccanchi Y, Saavedra M, Sulca J, Reupo J, Alarco G (2021a) Potential conditions for fire occurrence in vegetation in the Peruvian

Andes. *International Journal of Wildland Fire* 30, 836-849.
<https://doi.org/10.1071/WF21029>

Zubieta, R., Ccanchi, Y., & Liza, R. (2023b). Performance of heat spots obtained from satellite datasets to represent burned areas in Andean ecosystems of Cusco, Peru. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 32, 101020.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101020>

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Álvarez, S., & Ilbay, M. (2023a). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*. <https://doi.org/10.1071/WF21129>

Zubieta, R., Prudencio, F., Alarco, G., & Reupo, J. (2019). Ocurrencia de incendios forestales en el Perú durante eventos El Niño. In *Boletín Técnico El Niño*. Instituto Geofísico del Perú (Vol. 6, Issue 5).

Zubieta, Ricardo, Jorge Molina-Carpio, Wilber Laqui, Juan Sulca, and Mercy Ilbay. 2021b. "Comparative Analysis of Climate Change Impacts on Meteorological, Hydrological, and Agricultural Droughts in the Lake Titicaca Basin" *Water* 13, no. 2: 175. <https://doi.org/10.3390/w13020175>

IX. ANEXOS

ANEXO 01: Resultados de los análisis del suelo.

Resultados en la temporada 1 (época seca)-Setiembre 2022-Macay.

Cuadro 01. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Macay-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.21	8.75	8.42	8.37
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0.82	8.67	1.64	2.76
Materia Orgánica	%	4.40	10.40	5.80	6.30
Nitrógeno	%	0.21	0.80	0.27	0.31
Fosforo	ppm	9.70	33.50	15.60	17.50
Potasio	ppm	246.40	742.50	482.50	606.70
Arena	%	69	83	82	79
Limo	%	27	16	16	19
Arcilla	%	4	1	2	2

Cuadro 02. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Macay-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.22	7.70	8.12	8.38
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0.70	2.20	0.57	0.63
Materia Orgánica	%	4.60	8.80	4.70	3.90
Nitrógeno	%	0.22	0.42	0.23	0.18
Fosforo	ppm	11.20	26.40	11.90	8.80
Potasio	ppm	221.80	511.90	192.70	203.90
Arena	%	71	69	65	65
Limo	%	25	28	31	29
Arcilla	%	4	3	4	6

Resultados en la temporada 2 (inicio de época de lluvia) diciembre-2022-Macay

Cuadro 3. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Macay-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.75	7.80	7.80	8.20
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.09	1.70	2.47	2.68
Materia Orgánica	%	5.00	6.50	7.80	6.40
Nitrógeno	%	0.23	0.32	0.38	0.31
Fosforo	ppm	9.10	17.20	22.60	15.90
Potasio	ppm	230.40	281.40	314.90	392.40
Arena	%	65	73	78	76
Limo	%	30	24	19	21
Arcilla	%	5	3	3	3

Cuadro 4. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Macay-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.95	7.75	7.90	7.96
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0.69	0.90	1.00	1.13
Materia Orgánica	%	3.80	3.44	3.60	4.82
Nitrógeno	%	0.18	0.16	0.17	0.22
Fosforo	ppm	6.60	5.14	5.58	9.10
Potasio	ppm	122.80	131.50	140.60	196.50
Arena	%	66	65	67	61
Limo	%	28	30	27	31
Arcilla	%	6	5	6	8

Resultados de laboratorio en la temporada 3 (periodo de lluvias)-marzo 2023-

Macay

Cuadro 5. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Macay-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.52	7.48	7.47	7.45
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.14	2.17	1.23	1.24
Materia Orgánica	%	6.10	6.50	4.80	6.22
Nitrógeno	%	0.29	0.32	0.23	0.30
Fosforo	ppm	11.30	17.80	9.30	14.90
Potasio	ppm	251.00	255.00	253.00	268.50
Arena	%	69	78	76	72
Limo	%	28	20	22	24
Arcilla	%	3	2	2	4

Cuadro 6. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Macay-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.67	7.65	7.68	7.63
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.01	1.26	0.86	1.06
Materia Orgánica	%	4.20	4.40	4.10	4.10
Nitrógeno	%	0.20	0.21	0.19	0.19
Fosforo	ppm	7.92	8.70	6.90	7.24
Potasio	ppm	206.00	233.30	196.00	215.30
Arena	%	69	68	66	64
Limo	%	25	27	29	30
Arcilla	%	6	5	5	6

Resultados de laboratorio en la temporada 4 (nuevo periodo seco) junio-2023-

Macay

Cuadro 7. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Macay-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.20	7.20	8.05	8.10
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.27	1.74	1.55	3.50
Materia Orgánica	%	4.80	8.70	6.20	4.72
Nitrógeno	%	0.23	0.42	0.29	0.22
Fosforo	ppm	10.80	26.90	17.50	11.6
Potasio	ppm	309.10	350.70	300.20	410.40
Arena	%	66	69	72	65
Limo	%	30	28	25	31
Arcilla	%	4	3	3	4

Cuadro 8. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Macay-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.60	8.80	8.70	8.45
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.02	1.56	2.46	0.91
Materia Orgánica	%	5.20	5.60	3.90	3.50
Nitrógeno	%	0.25	0.26	0.18	0.16
Fosforo	ppm	12.70	14.30	9.20	8.40
Potasio	ppm	288.60	310.90	392.00	230.60
Arena	%	70	67	70	66
Limo	%	27	27	27	29
Arcilla	%	3	4	3	5

Resultados de laboratorio en la temporada 1 (setiembre-época seca), setiembre 2022-Salloc.

Cuadro 9. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Salloc-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.30	8.52	8.07	8.24
Conductividad eléctrica	mmhos /cm	0.83	2.58	0.92	1.11
Materia Orgánica	%	5.20	9.30	6.80	6.60
Nitrógeno	%	0.24	0.45	0.33	0.32
Fosforo	ppm	14.90	26.30	22.60	20.30
Potasio	ppm	230.10	566.40	314.20	332.50
Arena	%	56	76	69	60
Limo	%	36	22	27	31
Arcilla	%	8	2	4	9

Cuadro 10. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Salloc-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.58	8.09	8.17	8.30
Conductividad eléctrica	mmhos /cm	0.56	0.59	0.60	0.69
Materia Orgánica	%	4.80	5.00	5.40	5.00
Nitrógeno	%	0.22	0.23	0.26	0.24
Fosforo	ppm	11.50	16.60	14.90	15.00
Potasio	ppm	186.20	189.80	177.40	190.40
Arena	%	50	62	64	61
Limo	%	38	32	30	33
Arcilla	%	12	6	6	6

Resultados de laboratorio en la temporada 2 (época de inicio de lluvias), diciembre 2022-Salloc.

Cuadro 11. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Salloc-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.74	7.55	7.33	7.56
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.65	3.03	2.14	2.43
Materia Orgánica	%	4.80	8.10	7.70	6.90
Nitrógeno	%	0.23	0.40	0.37	0.33
Fosforo	ppm	8.20	25.90	20.90	14.40
Potasio	ppm	250.40	405.90	380.70	308.20
Arena	%	61	69	70	66
Limo	%	33	27	25	29
Arcilla	%	6	4	5	5

Cuadro 12. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Salloc-2022.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.92	7.60	7.57	7.63
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.30	1.57	0.99	1.82
Materia Orgánica	%	3.90	4.16	3.92	5.20
Nitrógeno	%	0.18	0.20	0.18	0.25
Fosforo	ppm	5.36	8.70	5.64	10.36
Potasio	ppm	195.80	214.30	112.30	255.80
Arena	%	55	56	59	64
Limo	%	36	36	32	29
Arcilla	%	9	8	9	7

Resultados de laboratorio en la temporada 3 (periodo de lluvias)-marzo 2023-

Salloc

Cuadro 13. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Salloc-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.55	7.30	7.20	7.40
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	1.27	2.64	1.60	1.39
Materia Orgánica	%	4.00	7.10	6.28	5.80
Nitrógeno	%	0.18	0.35	0.30	0.27
Fosforo	ppm	7.10	22.30	15.80	10.50
Potasio	ppm	206.00	314.00	294.00	264.00
Arena	%	60	70	70	68
Limo	%	30	28	28	29
Arcilla	%	5	2	2	3

Cuadro 14. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad de-Salloc-2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.64	7.50	7.48	7.41
Conductividad eléctrica	mmhos/cm	0.98	1.85	1.00	1.50
Materia Orgánica	%	3.50	3.96	4.16	5.20
Nitrógeno	%	0.13	0.19	0.20	0.25
Fosforo	ppm	6.22	8.24	9.72	9.60
Potasio	ppm	158.00	290.00	222.00	288.00
Arena	%	60	64	63	60
Limo	%	33	33	33	34
Arcilla	%	7	3	4	6

Resultados de laboratorio en la temporada 4 (nuevo periodo seco) junio 2023-

Salloc


Cuadro 15. Resultados de 0 a 3 cm de profundidad del suelo-Salloc 2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	7.85	7.65	7.75	7.70
Conductividad eléctrica	mmhos /cm	2.06	1.76	1.43	3.78
Materia Orgánica	%	7.70	6.90	7.20	8.40
Nitrógeno	%	0.32	0.34	0.30	0.40
Fosforo	ppm	22.30	18.10	20.80	29.50
Potasio	ppm	360.60	292.80	290.70	344.70
Arena	%	61	65	68	67
Limo	%	35	31	30	30
Arcilla	%	4	4	2	3


Cuadro 16. Resultados de 3 a 10 cm de profundidad del suelo-Salloc 2023.

Parámetros	Unidad	Zona no quemada	Zona quemada 1	Zona quemada 2	Zona quemada 3
pH	unidad	8.35	7.80	8.00	8.50
Conductividad eléctrica	mmhos /cm	1.18	1.10	1.19	2.09
Materia Orgánica	%	3.80	3.50	3.60	6.60
Nitrógeno	%	0.15	0.17	0.16	0.31
Fosforo	ppm	8.80	7.90	8.00	15.20
Potasio	ppm	270.40	272.80	280.40	250.60
Arena	%	64	64	65	68
Limo	%	29	31	32	30
Arcilla	%	7	5	3	2

ANEXO 2: Informe de análisis de suelo en la primera temporada



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

Nº0221-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).


MUESTRA : SUELOS

- 1.- AP4T1, testigo sin Quemar, de 0 – 3cm
- 2.- Ap4T2, testigo sin Quemar, de 3 – 10cm
- 3.- AP3B1, Punto A-3, Quema bajo de 0 -3cm
- 4.- AP3B2, Quema bajo de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	8.21	8.22	8.37	8.38
C.E. mmhos/cm	0.82	0.70	2.76	0.63
Materia Orgánica %	4.40	4.60	6.30	3.90
Nitrógeno %	0.21	0.22	0.31	0.18
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9.70	11.20	17.50	8.80
Potasio ppm K ₂ O	246.40	221.80	606.70	203.90
d.a. g/cc	1.644	1.588	1.466	1.604
Textura:				
Arena %	69	71	79	65
Limo %	27	25	19	29
Arcilla %	4	4	2	6

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 05 de Octubre 2022



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

[Signature]

M^{sc} **Heffero Artística**
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0222-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).
MUESTRA : SUELOS

- 5.- AP2M1, Punto A-2, Quema medio, de 0 – 3cm
- 6.- Ap2M2, Punto A-2, Quema medio, de 3 – 10cm
- 7.- AP1A1, Punto A-1, Quema alto de 0 -3cm
- 8.- AP1A2, Punto A-1, Quema alto de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	8.42	8.12	8.75	7.70
C.E. mmhos/cm	1.64	0.57	8.67	2.20
Materia Orgánica %	5.80	4.70	10.40	8.80
Nitrógeno %	0.27	0.23	0.48	0.42
Fosforo ppm P ₂ O ₅	15.60	11.90	33.50	26.40
Potasio ppm K ₂ O	482.50	192.70	742.50	511.90
d.a. g/cc	1.406	1.574	1.140	1.416
Textura:				
Arena %	82	65	83	69
Limo %	16	31	16	28
Arcilla %	2	4	1	3

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 05 de Octubre 2022


 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico
Melquiades Herrera Artaico
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0223-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC- ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO)
MUESTRA : SUELOS

- 1.- BP4T1, Testigo sin Quemar de 0 – 3cm
- 2.- BP4T2, Testigo sin Quemar de 3 – 10cm
- 3.- BP3B1, Quema bajo de 0 -3cm
- 4.- BP3B2, Quema bajo de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	8.30	8.58	8.24	8.30
C.E. mmhos/cm	0.83	0.56	1.11	0.69
Materia Orgánica %	5.20	4.80	6.60	5.00
Nitrógeno %	0.24	0.22	0.32	0.24
Fosforo ppm P ₂ O ₅	14.90	11.50	20.30	15.00
Potasio ppm K ₂ O	230.10	186.20	332.50	190.40
d.a. g/cc	1.490	1.613	1.430	1.590
Textura:				
Arena %	56	50	60	61
Limo %	36	38	31	33
Arcilla %	8	12	9	6

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 05 de Octubre 2022

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
Unidad de Prestación de Servicios Analíticos

[Firma]
Mg. Yvonne Herrera Arzuaga
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0224-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC-ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO)
MUESTRA : SUELOS
 5.- BP2M1, Quema medio de 0 – 3cm
 6.- BP2M2, Quema medio de 3 – 10cm
 7.- BP1A1, Quema Alto (Punto B-1) de 0 -3cm
 8.- BP1A2, Quema Alto de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	8.07	8.17	8.52	8.09
C.E. mmhos/cm	0.92	0.60	2.58	0.59
Materia Orgánica %	6.80	5.40	9.30	5.00
Nitrógeno %	0.33	0.26	0.45	0.23
Fosforo ppm P ₂ O ₅	22.60	14.90	26.30	16.60
Potasio ppm K ₂ O	314.20	177.40	566.40	189.80
d.a. g/cc	1.496	1.672	1.420	1.617
Textura:				
Arena %	69	64	76	62
Limo %	27	30	22	32
Arcilla %	4	6	2	6

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.


Cusco, 05 de Octubre 2022

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Analíticos


[Signature]
 Responsable del Laboratorio de Análisis Químico

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

ANEXO 3: Informe de análisis de suelo en la segunda temporada



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

Nº0425-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).


MUESTRA : SUELOS

- 1.- AP4T1L, de 0 – 3cm
- 2.- AP4T2L, de 3 – 10cm
- 3.- AP3B1L, de 0 - 3cm
- 4.- AP3B2L, de 3 – 10cm


	1	2	3	4
pH	7.75	7.95	8.20	7.96
C.E. mmhos/cm	1.09	0.69	2.68	1.13
Materia Orgánica %	5.00	3.80	6.40	4.82
Nitrógeno %	0.23	0.18	0.31	0.22
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9.10	6.60	15.90	9.10
Potasio ppm K ₂ O	230.40	122.80	392.40	196.50
d.a. g/cc	1.501	1.574	1.339	1.552
Textura:				
Arena %	65	66	76	61
Limo %	30	28	21	31
Arcilla %	5	6	3	8

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 23 de Diciembre 2022



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis



Melipetolina Herrera Arce
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0426-22-LAQ

- SOLICITANTE :** MELIDA ROMAN HUAMAN
- PROYECTO :** EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).
- MUESTRA :** SUELOS
- 1.- AP2M1L, de 0 – 3cm
 - 2.- AP2M2L, de 3 – 10cm
 - 3.- AP1A1L, de 0 - 3cm
 - 4.- AP1A2L, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	7.80	7.90	7.80	7.75
C.E. mmhos/cm	2.47	1.00	1.70	0.90
Materia Orgánica %	7.80	3.60	6.50	3.44
Nitrógeno %	0.38	0.17	0.32	0.16
Fosforo ppm P ₂ O ₅	22.60	5.58	17.20	5.14
Potasio ppm K ₂ O	314.90	140.60	281.40	131.50
d.a. g/cc	1.406	1.528	1.375	1.509
Textura:				
Arena %	78	67	73	65
Limo %	19	27	24	30
Arcilla %	3	6	3	5

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 23 de Diciembre 2022


 Delgadinos Heredia Arriola
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0427-22-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC-ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO)
MUESTRA : SUELOS
 1.- BP4T1L, de 0 – 3cm
 2.- BP4T2L, de 3 – 10cm
 3.- BP3B1L, de 0 - 3cm
 4.- BP3B2L, de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	7.74	7.92	7.56	7.63
C.E. mmhos/cm	1.65	1.30	2.43	1.82
Materia Orgánica %	4.80	3.90	6.90	5.20
Nitrógeno %	0.23	0.18	0.33	0.25
Fosforo ppm P ₂ O ₅	8.20	5.36	14.40	10.36
Potasio ppm K ₂ O	250.40	195.80	308.20	255.80
d.a. g/cc	1.602	1.688	1.517	1.650
Textura:				
Arena %	61	55	66	64
Limo %	33	36	29	29
Arcilla %	6	9	5	7

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 23 de Diciembre 2022



 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Oficina de Control de Servicios y Análisis
 Melquisedec Herrera Arévalo
 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

Nº0428-22-LAQ

- SOLICITANTE :** MELIDA ROMAN HUAMAN
- PROYECTO :** EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC- ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO
- MUESTRA :** SUELOS
- 5.- BP2M1L, de 0 – 3cm
 - 6.- BP2M2L, de 3 – 10cm
 - 7.- BP1A1L, de 0 -3cm
 - 8.- BP1A2L, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	7.33	7.57	7.55	7.60
C.E. mmhos/cm	2.14	0.99	3.03	1.57
Materia Orgánica %	7.70	3.92	8.10	4.16
Nitrógeno %	0.37	0.18	0.40	0.20
Fosforo ppm P ₂ O ₅	20.90	5.64	25.90	8.70
Potasio ppm K ₂ O	280.70	112.30	405.90	214.30
d.a. g/cc	1.504	1.660	1.422	1.588
Textura:				
Arena %	70	59	69	56
Limo %	25	32	27	36
Arcilla %	5	9	4	8

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 23 de Diciembre 2022

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis
Melquisedec Herrera Arce
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

ANEXO 4: Informe de análisis de suelo en la tercera temporada



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

Nº0060-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).

MUESTRA : SUELOS

- 1.- AP4T1MLT3, de 0 – 3cm
- 2.- AP4T2MLT3, de 3 – 10cm
- 3.- AP3B1MLT3, de 0 - 3cm
- 4.- AP3B2MLT3, de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	7.52	7.67	7.45	7.63
C.E. mmhos/cm	1.14	1.01	1.24	1.06
Materia Orgánica %	6.10	4.20	6.22	4.10
Nitrógeno %	0.29	0.20	0.30	0.19
Fosforo ppm P ₂ O ₅	11.30	7.92	14.90	7.24
Potasio ppm K ₂ O	251.00	206.00	268.50	215.30
d.a. g/cc	1.536	1.588	1.496	1.568
Textura:				
Arena %	69	69	72	64
Limo %	28	25	24	30
Arcilla %	3	6	4	6

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 04 de Abril 2023





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD 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

Nº0061-23-LAQ

- SOLICITANTE :** MELIDA ROMAN HUAMAN
- PROYECTO :** EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).
- MUESTRA :** SUELOS
- 5.- AP2M1MLT3, de 0 – 3cm
 - 6.- AP2M2MLT3, de 3 – 10cm
 - 7.- AP1A1MLT3, de 0 - 3cm
 - 8.- AP1A2MLT3, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	7.47	7.68	7.48	7.65
C.E. mmhos/cm	1.23	0.86	2.17	1.26
Materia Orgánica %	4.80	4.10	6.50	4.40
Nitrógeno %	0.23	0.19	0.32	0.21
Fosforo ppm P ₂ O ₅	9.30	6.90	17.80	8.70
Potasio ppm K ₂ O	253.00	196.00	225.00	233.30
d.a. g/cc	1.517	1.546	1.560	1.579
Textura:				
Arena %	76	66	78	68
Limo %	22	29	20	27
Arcilla %	2	5	2	5

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 04 de Abril 2023


 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios Académicos
 LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO
 Mergullos 21777777
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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 PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0062-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. SALLO- ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO).
MUESTRA : SUELOS
 1.- BP4T1MLT3, de 0 – 3cm
 2.- BP4T2MLT3, de 3 – 10cm
 3.- AP3B1MLT3, de 0 - 3cm
 4.- AP3B2MLT3, de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	7.55	7.64	7.40	7.41
C.E. mmhos/cm	1.27	0.98	1.39	1.50
Materia Orgánica %	4.00	3.50	5.80	5.20
Nitrógeno %	0.18	0.13	0.27	0.25
Fosforo ppm P ₂ O ₅	7.10	6.22	10.50	9.60
Potasio ppm K ₂ O	206.00	158.00	264.00	288.00
d.a. g/cc	1.588	1.616	1.580	1.619
Textura:				
Arena %	60	60	68	60
Limo %	30	33	29	34
Arcilla %	5	7	3	6

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 04 de Abril 2023


 Mirquisinos Ferrero Arriola
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS 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

Nº0063-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC-ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO).

MUESTRA : SUELOS

5.- BP2M1MLT3, de 0 – 3cm
 6.- BP2M2MLT3, de 3 – 10cm
 7.- AP1A1MLT3, de 0 - 3cm
 8.- AP1A2MLT3, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	7.20	7.48	7.30	7.50
C.E. mmhos/cm	1.60	1.00	2.64	1.85
Materia Orgánica %	6.28	4.16	7.10	3.96
Nitrógeno %	0.30	0.20	0.35	0.19
Fosforo ppm P ₂ O ₅	15.80	9.72	22.30	8.24
Potasio ppm K ₂ O	294.00	222.00	314.00	290.00
d.a. g/cc	1.527	1.590	1.546	1.594
Textura:				
Arena %	70	63	70	64
Limo %	28	33	28	33
Arcilla %	2	4	2	3

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien

Cusco, 04 de Abril 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico

Melquides Ferrero Arivilca
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

ANEXO 4: Informe de análisis de suelo en la cuarta temporada



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 PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0241-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).
MUESTRA : SUELOS
1.- AP4T1T4, de 0 – 3cm
2.- AP4T2T4, de 3 – 10cm
3.- AP1A1T4, de 0 -3cm
4.- AP1A2T4, de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	8.20	8.60	7.20	8.80
C.E. mmhos/cm	1.27	1.02	1.74	1.56
Materia Orgánica %	4.80	5.20	8.70	5.60
Nitrógeno %	0.23	0.25	0.42	0.26
Fosforo ppm P ₂ O ₅	10.80	12.70	26.90	14.30
Potasio ppm K ₂ O	309.10	288.60	350.70	310.90
d.a. g/cc	1.517	1.548	1.455	1.474
Textura:				
Arena %	66	70	69	67
Limo %	30	27	28	27
Arcilla %	4	3	3	4

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 02 de Julio 2023





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

Nº0242-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FISCOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. MACAY-COYA CALCA-CUSCO).

MUESTRA : SUELOS

- 5.- AP2M1T4, de 0 – 3cm
- 6.- AP2M2T4, de 3 – 10cm
- 7.- AP3B1T4, de 0 -3cm
- 8.- AP3B2T4, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	8.05	8.70	8.10	8.45
C.E. mmhos/cm	1.55	2.46	3.50	0.91
Materia Orgánica %	6.20	3.90	4.72	3.50
Nitrógeno %	0.29	0.18	0.22	0.16
Fosforo ppm P ₂ O ₅	17.50	9.20	11.06	8.40
Potasio ppm K ₂ O	300.20	392.00	410.40	230.60
d.a. g/cc	1.588	1.560	1.596	1.584
Textura:				
Arena %	72	70	75	66
Limo %	25	27	22	29
Arcilla %	3	3	3	5

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 02 de Julio 2023





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

Nº0243-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN
PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC- ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO)
MUESTRA : SUELOS
 1.- BP4T1T4, de 0 – 3cm
 2.- BP4T2T4, de 3 – 10cm
 3.- BP1A1T4, de 0 - 3cm
 4.- BP1A2T4, de 3 – 10cm

	1	2	3	4
pH	7.85	8.35	7.65	7.80
C.E. mmhos/cm	2.06	1.18	1.76	1.10
Materia Orgánica %	7.70	3.80	6.90	3.50
Nitrógeno %	0.32	0.15	0.34	0.17
Fosforo ppm P ₂ O ₅	22.30	8.80	18.10	7.90
Potasio ppm K ₂ O	360.60	270.40	292.80	272.80
d.a. g/cc	1.494	1.528	1.552	1.651
Textura:				
Arena %	61	64	65	64
Limo %	35	29	31	31
Arcilla %	4	7	4	5

QUÍMICA AGRÍCOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 02 de Julio 2023





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

Nº0244-23-LAQ

SOLICITANTE : MELIDA ROMAN HUAMAN

PROYECTO : EVALUAR EL EFECTO DE LA QUEMA DE PASTISALES EN ALGUNAS
 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE SUELOS (C.C. SALLOC-
 ANDAHUAYLILLAS-QUISPICANCHI-CUSCO

MUESTRA : SUELOS

- 5.- BP2M1T4, de 0 – 3cm
- 6.- BP2M2T4, de 3 – 10cm
- 7.- BP3B1T4, de 0 - 3cm
- 8.- BP3B2T4, de 3 – 10cm

	5	6	7	8
pH	7.75	8.00	7.70	8.50
C.E. mmhos/cm	1.43	1.19	3.78	2.09
Materia Orgánica %	7.20	3.60	8.40	6.60
Nitrógeno %	0.30	0.16	0.40	0.31
Fosforo ppm P ₂ O ₅	20.80	8.00	29.50	15.20
Potasio ppm K ₂ O	290.70	280.40	344.70	250.60
d.a. g/cc	1.572	1.548	1.524	1.516
Textura:				
Arena %	68	65	67	68
Limo %	30	32	30	30
Arcilla %	2	3	3	2

QUIMICA AGRICOLA I, E. Primo Yúfera, J.M. Carrasco Dorrien.

Cusco, 02 de Julio 2023



ANEXO 5: Formato de evaluación de pastizales con el método de Parker

Registro de Transacción Lineal Al Paso													
Sitio/Transecta N°													
Sp. Indicadora Ovino			Sp. Indicadora Vacuno			Sp. Indicadora Alpaca.....			Sp. Indicadora Llama				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VIGOR (cm.)			
										Ovinos	Vacunos	Alpacas	Llamas
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40				
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50				
51	52	53	54	55	56	57	55	59	60				
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70				
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80				
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90				
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100				
M Mantillo			R Roca			P Pavimento de erosión			L Musgos		S Suelo desnudo		

ANEXO 6: Reporte de incendio forestal en la comunidad de Macay.

**INDECI**

CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIAS NACIONALES
COEN

REPORTE COMPLEMENTARIO N° 6616 - 24/8/2022 / COEN - INDECI / 18:10 HORAS ③
(Reporte N° 1)

INCENDIO FORESTAL EN EL DISTRITO DE COYA - CUSCO

I. HECHOS:

El 23 de agosto de 2022, a las 15:00 horas aproximadamente, se registró un incendio forestal que causó daños a la cobertura natural en la comunidad campesina de Macay, distrito de Coya, provincia de Calca.

II. UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD CAMPESINA
CUSCO	CALCA	COYA	MACAY



The map section includes a large satellite map of the Macay area with a red fire icon and a red dot indicating the fire location. To the right, there are three smaller maps: 'MAPA DE SITUACIÓN' showing the fire location in the Cusco region, 'MAPAS DE LOCALIZACIÓN' showing the location within the Cusco region and the province of Calca, and a detailed map of the Macay community. A legend in the bottom left of the main map identifies the fire icon and the 'COMUNIDAD CAMPESINA'.

Distribución: A los tres niveles de Gobierno (Nacional, Regional y Local).
CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL
Av. El Sol, Cdra. 4 - Chorrillos, Lima – Perú.
Tel. +511 224-1685 • www.indeci.gob.pe
Facebook: <https://www.facebook.com/COENPeru> • Twitter: <https://twitter.com/COENPeru>

Página 1 | 5

ANEXO 7: Reporte de incendio forestal en la comunidad de Salloc.



INDECI

CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL

COEN

REPORTE COMPLEMENTARIO N° 6803 - 31/8/2022 / COEN - INDECI / 20:10 HORAS (Reporte N° 1)

INCENDIO FORESTAL EN EL DISTRITO DE ANDAHUAYLILLAS - CUSCO

I. HECHOS:

El 30 de agosto de 2022, a las 14:30 horas, se registró un incendio forestal que causó daños a la cobertura natural en el sector comunidad Salloc, distrito de Andahuaylillas, provincia de Quispicanchi.

II. UBICACIÓN:

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	COMUNIDAD
CUSCO	QUISPICANCHI	ANDAHUAYLILLAS	SALLOC



Distribución: A los tres niveles de Gobierno (Nacional, Regional y Local).
CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA NACIONAL
 Av. El Sol, Cdta. 4 - Chorrillos, Lima - Perú.
 Tel. +511 224-1685 • www.indeci.gob.pe
 Facebook: <https://www.facebook.com/COENPeru> • Twitter: <https://twitter.com/COENPeru>

Página 1 | 5

ANEXO 8. Registros fotográficos

Fotografía 01: Apertura de calicatas



Fotografía 2: Toma de muestras de suelo



Fotografía 3: Toma de datos mediante el “método de Parker”

