



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA



**EFFECTOS DE LOS INCENDIOS EN LA VEGETACIÓN Y SUELOS
DE PASTIZALES ALTOANDINOS EN LA REGIÓN PUNO.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MAX PETER PANCA JEVERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA: ECOLOGÍA

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EFFECTOS DE LOS INCENDIOS EN LA VEG
ETACIÓN Y SUELOS DE PASTIZALES AL
TOANDINOS EN LA REGIÓN PUNO**

AUTOR

Max Peter Panca Jevera

RECuento DE PALABRAS

24692 Words

RECuento DE CARACTERES

139946 Characters

RECuento DE PÁGINAS

128 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

16.9MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 3, 2024 5:43 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 3, 2024 5:45 PM GMT-5

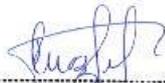
● 5% de similitud general

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

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Blga. Mg. Iván Gutiérrez Flores
DOCENTE - FDCRR
UNA - PUNO

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA

EFFECTOS DE LOS INCENDIOS EN LA VEGETACIÓN Y SUELOS DE
PASTIZALES ALTOANDINOS EN LA REGIÓN PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

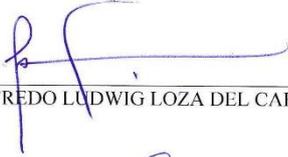
Bach. MAX PETER PANCA JEVERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA: ECOLOGÍA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Dr. ALFREDO LUDWIG LOZA DEL CARPIO

PRIMER MIEMBRO:


Dr. JHON SAUL ROJAS MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO:


M.Sc. MARISOL ROJAS BARRETO

DIRECTOR / ASESOR:


Mg. IVÓN ROCÍO GUTIERREZ FLORES

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 11/10/2024

ÁREA: Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales




V^oB^a Dra. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN-FCCBB



DEDICATORIA

A la Ciencia y la curiosidad humana.

Son el motor del avance científico; comete errores, se autocorrige y por sobre todo es verdadera.

Max Peter Panca Jevera



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y hermano por permitirme crecer personal y profesionalmente, por su incondicional apoyo en todas mis actividades y locuras.

Mi más grande gratitud a aquellos docentes que confiaron en mí y fueron un pilar en mi formación académica, especialmente a mi asesora quien nunca me dejó solo académica y emocionalmente durante mis estudios.

A Nidia Sanches (Salem), Fany Cusihuaman, Gloria Calatayud y Luis Ocupa por capacitarme en el prensado de muestras botánicas y ayudarme en la identificación de la Orquídea encontrada.

A Luz Milagros Palaco, Jimmy Choquehuayta y Yenifer Givera por ayudarme en la recolección de muestras, la adquisición de prensas y el montaje de plantas.

Agradezco al señor Benito Fernández Calloapaza, a William Fernández y a Silver por confiar, acogerme e instruirme en el análisis de suelos durante mi estadía en el laboratorio de suelos y aguas de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

Particularmente agradezco al CONCYTEC entidad que permitió el financiamiento de mi tesis bajo el contrato: N° PE 501082076 – 2023 – PROCIENCIA

Max Peter Panca Jevera



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES	19
2.1.1 Comportamiento histórico de los incendios	19
2.1.2 Ocurrencia de incendios en Latinoamérica	19
2.1.3 Ocurrencia de incendios en el Perú	21
2.1.4 Efectos en la vegetación	22
2.1.4.1 Efectos en la composición y estructura de la vegetación.....	23
2.1.4.2 Efectos en la reproducción.....	24



2.1.4.3	Efectos en la presencia de exóticas	25
2.1.4.4	Sucesión ecológica.....	26
2.1.5	Efectos en los suelos	26
2.1.5.1	Efectos en características físicas	26
2.1.5.2	Efectos en características químicas.....	27
2.2	MARCO TEÓRICO	27
2.2.1	Incendios	27
2.2.2	Pastizales altoandinos.....	28
2.2.2.1	Inflamabilidad vegetal.....	29
2.2.2.2	Servicios ecosistémicos.....	30
2.2.3	Los suelos.....	31

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	33
3.2	DISEÑO DE MUESTREO.....	34
3.3	EVALUACIÓN DE FLORA.....	36
3.4	EVALUACIÓN DE SUELOS.....	37
3.4.1	Descripción de métodos	38
3.4.1.1	Medición de potencial de hidrogeno (pH)	38
3.4.1.2	Conductividad eléctrica (CE).....	39
3.4.1.3	Destilación de nitrógeno (N).....	40
3.4.1.4	Materia orgánica (MOS)	41
3.4.1.5	Capacidad de Intercambio catiónico (CIC).....	42
3.4.1.6	Determinación de cationes cambiabiles	43
3.4.1.7	Fosforo disponible (P).....	45



3.4.1.8	Textura	46
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	EFFECTOS EN LA FRUCTIFICACIÓN	51
4.2	EFFECTOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE ESPECIES	57
4.3	EFFECTOS EN LOS SUELOS.....	79
V	CONCLUSIONES	90
VI	RECOMENDACIONES.....	91
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....		106

ÁREA : Ciencias Biomédicas

SUBLINEA: Conservación y aprovechamiento de recursos naturales

FECHA DE SUSTENTACION: 11 DE OCTUBRE DEL 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Formulas utilizadas para variables de vegetación y suelos.....	35
Tabla 2 Modelos lineales mixtos generalizados (GLMM) para variables de vegetación.	57
Tabla 3 Modelos lineales mixtos generalizados para variables de riqueza, diversidad y equitatividad.....	63
Tabla 4 Diversidad beta de comunidades vegetales afectadas por incendios.	65
Tabla 5 Análisis de especies indicadoras (ISA).....	78
Tabla 6 Modelos lineales mixtos generalizados para variables de suelo.	87



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación de los sitios de muestreo	34
Figura 2 Procedimiento de limpieza de muestras de suelo	38
Figura 3 Procedimiento de medición de pH	39
Figura 4 Procedimiento de medición de conductividad eléctrica	40
Figura 5 Procedimiento de medición de nitrógeno	41
Figura 6 Procedimiento de determinación de materia orgánica.....	42
Figura 7 Procedimiento de determinación de capacidad de intercambio catiónico..	43
Figura 8 Procedimiento de determinación de fosforo disponible	46
Figura 9 Procedimiento de determinación de textura del suelo	48
Figura 10 Familias botánicas identificadas en el estudio.....	51
Figura 11 Efectos del fuego en (A) porcentaje de plantas maduras y (B) porcentaje de plantas leñosas con dos periodos de recuperación post-incendio.....	54
Figura 12 Efectos del fuego en (A) porcentaje de plantas inmaduras, (B) porcentaje de plantas leñosas y (C) porcentaje de hierbas en cicatrices de incendio con un periodo de recuperación post-incendio.....	55
Figura 13 Efectos del fuego en (A) biomasa aérea con un periodo de recuperación post incendio, (B) biomasa con dos periodos de recuperación.	58
Figura 14 Macollos parcialmente quemados en proceso de regeneración.....	60
Figura 15 Efectos del fuego en (A) diversidad de pajonales altoandinos, (B) equitatividad con dos periodos de recuperación post-incendio.....	62
Figura 16 Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Antaymarca.....	67
Figura 17 Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Totorani.....	68
Figura 18 Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de San Francisco....	69



Figura 19	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Compi.	70
Figura 20	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Calvario.....	71
Figura 21	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Azángaro.....	72
Figura 22	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Collana.....	73
Figura 23	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Istarata.....	74
Figura 24	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Anansaya.....	75
Figura 25	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Huayruro.	76
Figura 26	Efectos del fuego en las características fisicoquímicas del suelo en cicatrices de incendio con un periodo de recuperación post-incendio.	80
Figura 27	Efectos del fuego en las características fisicoquímicas del suelo en cicatrices de incendio con dos periodos de recuperación post-incendio.	83
Figura 28	Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de características fisicoquímicas de suelo en sitios quemados y no quemados para (A) un periodo de recuperación y (B) dos periodos de recuperación post-incendio.	89



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Coordenadas proyectadas UTM WGS-84., de los cuadrantes evaluados.....	106
ANEXO 2 Muestreo en campo	109
ANEXO 3 Tratamiento de muestras de suelo en laboratorio y limpieza de biomasa.....	110
ANEXO 4 Resolución Administrativa N° D000087-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO.....	111
ANEXO 5 Identificación taxonómica de la familia y especies identificadas por el Herbario de la Universidad Mayor de San Andrés.	115
ANEXO 6 Resultados del laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de suelos.	121
ANEXO 7 Ficha de resultados de variables fisicoquímicas de suelos.....	125
ANEXO 8 Constancia de ejecución del proyecto	126
ANEXO 9 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional .	127
ANEXO 10 Declaración jurada de autenticidad de tesis	128



ACRÓNIMOS

NMDS	Non-metric multidimensional scaling.
GLMM	Generalized linear mixed models.
ISA	Indicator species analysis.
AEI	Análisis de especies indicadoras.
CIC	Capacidad de intercambio catiónico.
CE	Conductividad eléctrica.
pH	Potencial de hidrógeno.
MOS	Materia orgánica del suelo.
N	Nitrógeno.
P	Fosforo.
P⁺	Fosforo disponible.
K	Potasio.
K⁺	Potasio disponible.
Ca⁺²	Calcio.
Mg⁺²	Magnesio.
Na⁺	Sodio.
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna silvestre.
INDECI	Instituto Nacional de Defensa Civil.
CENEPRED	Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
USDA	Natural Resources Conservation Service.
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.



RESUMEN

Los pastizales altoandinos representan uno de los ecosistemas más biodiversos de los Andes Neotropicales, que a su vez brindan una serie de servicios ecosistémicos. Si bien existen varios estudios, aún se desconoce la ecología de este tipo de ecosistemas. Los incendios evaluados corresponden a aquellos generados de manera accidental por las propias comunidades. Los objetivos del presente estudio fueron: (a) Determinar los efectos de los incendios en la diversidad y fructificación de la vegetación de pastizales altoandinos, (b) Determinar los efectos de los incendios en las características fisicoquímicas de los suelos en pastizales altoandinos. Se recolectaron muestras de variables de vegetación como la biomasa, cobertura, tipo de vegetación, ciclo de vida, fructificación, floración y se analizaron variables del suelo como la CIC, MOS, N, CE, pH, K^+ , Mg^{+2} , Na^+ , P disponible, Ca^{+2} y K en sitios con uno y dos periodos de crecimiento post-incendio. Todas las variables de vegetación y suelo se analizaron con modelos lineales mixtos generalizados. Además, para la determinación del efecto de los incendios sobre la composición de especies de plantas se utilizó el análisis de escalamiento multidimensional no métrico y el análisis de especies indicadoras. Se encontró un efecto positivo de los incendios en el porcentaje de individuos maduros, en la diversidad, la equitatividad y cambios en la composición de especies. Asimismo, hubo un incremento de la MOS (14.39 %) y Na^+ (20.88 %) y una reducción del pH (5.42 %) y la CIC (7.67 %) después de un periodo de recuperación y un incremento del P disponible (11.22 %), K (5.81 %) y CIC (4.48 %) después de dos periodos de recuperación. Esta investigación dilucidó el comportamiento del fuego en un corto periodo de tiempo y pueda permitir una mejor gestión de riesgos ante los incendios.

Palabras clave: Biodiversidad, Fructificación, Impactos en los suelos, Pastizales



ABSTRACT

High Andean grasslands represent one of the most biodiverse ecosystems in the Neotropical Andes, which in turn provide a series of ecosystem services. Although there are several studies, the ecology of this type of ecosystem is still unknown. The fires evaluated correspond to those accidentally generated by the communities themselves. The objectives of this study were: (a) To determine the effects of fires on the diversity and fruiting of high Andean grassland vegetation, (b) To determine the effects of fires on the physicochemical characteristics of soils in high Andean grasslands. Samples of vegetation variables such as biomass, cover, vegetation type, life cycle, fruiting, flowering were collected, and soil variables such as CEC, SOM, N, EC, pH, K^+ , Mg^{+2} , Na^+ , available P, Ca^{+2} and K were analyzed in sites with one and two post-fire growth periods. All vegetation and soil variables were analyzed with generalized linear mixed models. In addition, non-metric multidimensional scaling analysis and indicator species analysis were used to determine the effect of fires on plant species composition. A positive effect of fires was found on the percentage of mature individuals, diversity, evenness, and changes in species composition. There was also an increase in SOM (14.39 %) and Na^+ (20.88 %) and a reduction in pH (5.42 %) and CEC (7.67 %) after one recovery period and an increase in available P (11.22 %), K (5.81%) and CEC (4.48 %) after two recovery periods. This research elucidated fire behavior in a short period of time and may allow for better risk management in the face of fires.

Keywords: Biodiversity, Fruiting, Grasslands, Soil impacts.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Resumen Técnico del Perfil del Ecosistema Hotspot de Biodiversidad de los andes tropicales, el foco de biodiversidad de los andes tropicales que se extiende por más de 1.5 millones de km² entre Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile representa una de las 36 zonas de mayor biodiversidad a nivel mundial (Bengtsson et al., 2019; PRONATURALEZA, 2021). Constituye un mosaico de alrededor de 130 ecosistemas que pueden ser caracterizadas en siete categorías y alberga un aproximado de 35 320 especies entre plantas vasculares, peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos, invertebrados y hongos. Por ende, es considerado como el Hotspot más rico en especies del planeta (PRONATURALEZA, 2021). En el sur peruano generalmente se hallan cuatro tipos de pastizales constituidos en diferentes hábitats: Jalca, Paramo, Puna seca y Puna húmeda, los cuales brindan importantes servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, almacenamiento de carbono, control biológico, control de la erosión del suelo, biodiversidad y servicios que se traducen en bienes a la población (Blair et al., 2014; CONDESAN, 2023; Mosquera et al., 2022). No obstante, poca atención han recibido por parte de los investigadores y la sociedad, a pesar de ser uno de los ecosistemas que más amenazas han sufrido en los últimos años (Bengtsson et al., 2019). Entre los disturbios que más impactan a estos ecosistemas altoandinos se encuentran: el cambio de uso de suelo, expansión urbana, agricultura, ganadería e incendios (Almond et al., 2020). Particularmente, la ocurrencia de incendios es una perturbación que cada vez tiene un mayor protagonismo en la dinámica de estos ecosistemas, debido al cambio climático (Márquez et al., 2011) y a un mayor nivel de migración desde las zonas rurales a las urbanas, que implica una reducción de la actividad ganadera, y con ello una mayor



acumulación de biomasa (Carilla & Grau, 2011; Grau et al., 2020; Grau & Aide, 2008). Para los años 2005, 2010 y 2016 los incendios incrementaron hasta un 400 % en los andes tropicales, atribuyéndose principalmente al incremento de la temperatura, la disminución de la precipitación, las heladas y fenómenos naturales como el Niño o la Niña (González-Leonardo et al., 2022; Hoffman et al., 2021; Zubieta et al., 2023a; Zubieta et al., 2023b; Zubieta et al., 2021).

Se estima una mayor ocurrencia e intensidad de incendios en los próximos años (Andela et al., 2017). Por ejemplo, para el año 2023 se reportó que los incendios forestales representaron un 5 % de cobertura de la tierra quemada, pero que aportaron más del 80 % de las emisiones de aerosoles y gases de efecto invernadero (Koudenoukpo, 2023). En el último decenio se ha reportado un importante incremento del número de incendios que amenaza y pone en riesgo a ecosistemas receptores sensibles al efecto del fuego que no forma parte de su dinámica histórica (Vidal-Riveros et al., 2023). Una de las razones por las que se realizan incendios intencionales es para reverdecer los campos, eliminación de restos de cultivos, quema de residuos sólidos, cocina al aire libre (huatias) y prácticas culturales (Hoffman et al., 2021), esperando que los nutrientes y elementos químicos generados durante el incendio sirvan como impulsores del crecimiento vegetal y el ciclaje de nutrientes. Aunque el efecto de los incendios ha sido ampliamente evaluado en diferentes ámbitos geográficos (e.g. África, Argentina, Chile, Brasil, Australia, entre otros), muy poco se ha evaluado en nuestro país. Además, los efectos de los incendios en este tipo de ecosistemas son diversos, e incluyen efectos tanto positivos como negativos. Por ejemplo, los incendios han demostrado tener efectos directos en la composición y estructura de las comunidades vegetales asociadas a diversos procesos de reestructuración, cambio en la composición vegetal, fructificación, floración, invasión de especies exóticas e incremento de atributos como la cobertura o biomasa de especies más



adaptables (Estigarribia et al., 2023; Pilon et al., 2021; Rauber et al., 2022; Zabala et al., 2023). Asociado a la vegetación, también es necesario evaluar los efectos en las características fisicoquímicas del suelo; ya que, este determina la eficiencia en el establecimiento y desarrollo de las plantas después del incendio (Wang et al., 2021). Los efectos de los incendios en el suelo se traducen en la eliminación total o parcial de las comunidades microbianas, asociaciones micorrícicas y ensamblajes de microorganismos benéficos, debido al efecto físico del fuego (aumento de la temperatura); así como, por la alteración del pH, contenido de cationes, materia orgánica, fósforo y nitrógeno (Mitchell et al., 2009), que en condiciones óptimas favorecen la estabilidad y enriquecen fertilidad del suelo. Por tal motivo resulta necesario identificar cuáles son los efectos de los incendios sobre las comunidades de plantas y suelos en pastizales altoandinos, para dilucidar la dirección de sus efectos (positivos o negativos) e integrar esta perturbación en la dinámica de estos ecosistemas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto de los incendios en las comunidades de plantas y suelos de pastizales altoandinos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los efectos de los incendios en la diversidad y fructificación de la vegetación en pastizales altoandinos.
- Determinar los efectos de los incendios en las características fisicoquímicas de los suelos en pastizales altoandinos.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Comportamiento histórico de los incendios

Registros de carbón fósil de hace 430 millones de años atrás en el periodo Silúrico medio y tardío datan la frecuencia e intensidad de los incendios (Glasspool & Gastaldo, 2022). Otros estudios datan su ocurrencia desde el quinto periodo de la era paleozoica en el carbonífero (Karp et al., 2021). El origen de la ignición se atribuyó especialmente a la alta incidencia de rayos y tormentas, y en menor medida a la actividad volcánica y a las chispas generadas por el desprendimiento de rocas, además de la presencia de una alta concentración de oxígeno (Scott, 2022). En el cuaternario tardío en la era cenozoica; hace aproximadamente 2.59 millones de años atrás Karp et al. (2021) describió la relación entre la ocurrencia e intensidad de los incendios con la presencia de megaherbívoros, debido a que la herbívora limita la ocurrencia de incendios (Harrison et al., 2022).

La ocurrencia de incendios forestales históricamente ha modelado las características del entorno tales como: la estructura del paisaje, características de vegetación (Glasspool & Gastaldo, 2022; Scott, 2022) y especialmente suelos (Harrison et al., 2022).

2.1.2 Ocurrencia de incendios en Latinoamérica

El efecto de las actividades antrópicas es más influyente que nunca y se encuentra alterando los regímenes del fuego en áreas cada vez más vulnerables.



Particularmente pronósticos del calentamiento global estiman que las condiciones ambientales se volverán más severas proyectando un mayor número de focos de calor e incendios lo que es relevante para América del Sur, ya conocida como uno de los principales focos de incendios del mundo por encontrarse históricamente en el cinturón de fuego (Andela et al., 2017; Hoyos et al., 2017).

En general en Centroamérica, Argentina, Bolivia, Colombia, Brasil, Uruguay y Chile se perdieron 9.4 millones de hectáreas de bosques por causa del fuego, siendo el 85 % de los incendios reportados asociados a actividades antrópicas (Martínez-Domínguez & Rodríguez-Trejo, 2008).

En el corredor ecológico mesoamericano, se han descrito que los incendios ya formaban parte de la dinámica de algunos ecosistemas por ejemplo en México la sabana, los palmares y bosques de pino nativos ya estaban adaptados a determinados regímenes de fuego (Carballo, 2009).

Asimismo, se documentó evidencia histórica de la ocurrencia de incendios naturales durante los últimos 4 500 años datos con una ocurrencia regular registrada en ecosistemas de pastizal. (Vidal-Riveros et al., 2023). La región andina fue uno de los lugares que vio la mayor parte de su territorio afectado por los incendios (Cisneros-Vaca et al., 2024), lo que ha ocasionado un incremento de la temperatura superficial de la tierra (LST) (Capador-Aguilar et al., 2021).

No todos los países han invertido en conocer sobre el efecto del fuego en sus ecosistemas existiendo brechas de información que dificultan la elaboración de planes de prevención, monitoreo, control y mitigación (González-Rosales & Ortiz-Paniagua, 2022). Especialmente en Latinoamérica los incendios que son fenómenos catastróficos, devastadores y costosos han sido pobremente estudiados



y se desconocen sus efectos a escala local, pues investigaciones externas no son del todo extrapolables (Sanchez et al., 2023; Zabala et al., 2023).

2.1.3 Ocurrencia de incendios en el Perú

En el Perú, en los últimos años se ha identificado patrones de incendios cada vez más constantes y que representan potenciales riesgos económicos, sociales y ambientales en todas las regiones del país ya habiéndose estudiado algunos casos desde el sur al norte (e.g. Zubieta et al., 2023b). Si bien se han estudiado algunos aspectos de los incendios en territorio peruano, estos se limitan al uso de sensores remotos (satélites y misiones espaciales) cuya máxima resolución llega a ser insuficiente para determinar el número exacto de incendios que se ocasionan (Fu et al., 2023; Zubieta et al., 2023a). En pastizales altoandinos uno de los factores que más determina la actividad de los incendios es la disponibilidad de biomasa que tiende a desarrollar elementos finos y escleromórficos de naturaleza piromórfica (Gordijn & O'Connor, 2021; Sanchez et al., 2023; Styger et al., 2018). Asimismo, se tiende a subestimar el número de focos de calor e incendios a pequeña escala pues si bien son atendidos por las autoridades correspondientes (e.g. Servicio Nacional Forestal y de fauna silvestre (SERFOR), Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) y Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI)), existen limitaciones como la limitada resolución espacial de las imágenes satelitales, el corto tiempo de duración del incendio y las variaciones atmosféricas de dificultan su análisis (Zubieta et al., 2023a).



La Política Nacional Agraria del Perú establece que está prohibido realizar la quema de los residuos agrícolas y sanciona las quemas no autorizadas, por lo que en muchos casos no se llegan a reportar numerosos incendios y se pasa por desapercibido sus efectos en los ecosistemas y los cultivos debido al miedo, la desconfianza y la difícil accesibilidad de la población hacia las autoridades (Amanda-Stasiewicz et al., 2020).

En el Perú como en otros países de Latinoamérica, los incendios no son de origen natural, sino que son ocasionados principalmente por actividades antrópicas (Armenteras et al., 2020), que buscan aumentar la palatabilidad y el reverdecimiento de la vegetación (Rauber et al., 2022). En el departamento de Puno pocos estudios se realizaron sobre el comportamiento de los incendios, siendo uno de ellos realizado por Añamuro-Luque et al. (2020) quienes analizaron un incendio ocurrido en el distrito de Macarí, reportando un área total afectada de 2 458.673 ha. No obstante, esta información es particularmente insuficiente y pobre en términos de estimación de daños causados por el fuego.

2.1.4 Efectos en la vegetación

Los efectos de los incendios sobre la composición y estructura vegetal han sido ampliamente estudiados en países como Argentina, El Tíbet, China, España, Francia, Brasil, India y Australia (Ferreira et al., 2021; Mora et al., 2022; Naval Fernández et al., 2023; Pilon et al., 2018a; Rauber et al., 2022; Sekar et al., 2023; Wang et al., 2021; Yates et al., 2023) y que han permitido a los científicos ambientales entender cómo se comporta la vegetación bajo determinadas condiciones ambientales, geográficas o de perturbación. Las adaptaciones evolutivas en plantas se pueden interpretar como cambios en los rasgos



funcionales que representan respuestas y adaptaciones individuales que pueden ser de tipo morfológico, fisiológico o fenológico (Z. Liu et al., 2022). El cambio abrupto del ambiente potencialmente afecta la aptitud de las plantas, su composición evolutiva y los tipos funcionales adecuados al clima por ende se las ha utilizado como bioindicadores para cuantificar el efecto de las perturbaciones en las comunidades vegetales (Bravo et al., 2001; Jaureguiberry et al., 2011; Quétier et al., 2011).

2.1.4.1 Efectos en la composición y estructura de la vegetación

En cuanto a las comunidades vegetales se ha reportado un incremento en el establecimiento de dicotiledóneas y una disminución en cuanto a monocotiledóneas perennes, el incremento en la productividad anual primaria neta y el favorecimiento de especies sombra intolerantes (Kunst, 2011). Las hierbas anuales son las que más son afectadas positivamente, tanto en riqueza como en diversidad (Gordijn & O'Connor, 2021). Las especies leñosas son más beneficiadas que las gramíneas y los pastos debido a características fisiológicas como una corteza gruesa (Bravo et al., 2001). No obstante, en otros contextos el efecto del fuego ha ocasionado el cambio de la estructura de la composición vegetal de bosques a matorrales después de un incendio (Landi et al., 2021). Así mismo, se encontró cambios en la disimilaridad de la composición de especies entre sitios quemados y no quemados (Hassan, 2011), disminución de la biomasa aérea total e incremento de la biomasa viva en sitios quemados (Carilla et al., 2018).



La diversidad funcional y alfa es mayor en los sitios de quema intermedia, mientras que la diversidad beta y gama es mayor en los sitios de quema antigua favoreciendo especialmente a plantas gramíneas con vías metabólicas C4 (Ferreira et al., 2021). La riqueza de especies se reduce en cicatrices de incendio antiguas en comparación con aquellos sitios con incendios recientes y medianos, lo que indica que la vegetación tiende a presentar picos elevados de riqueza y diversidad después de un incendio antes de llegar a estabilizarse (Ferreira et al., 2021; Souza-Alonso et al., 2022). No obstante, la riqueza y la diversidad son mayores en sitios conservados (Salim et al., 2022). La abundancia de asteráceas es mayor tanto en sitios no quemados como en sitios con quemaduras recientes (Ferreira et al., 2021), mientras que en sitios con quemaduras intermedias y antiguas las poáceas son más abundantes (Salim et al., 2022).

2.1.4.2 Efectos en la reproducción

El incremento de la frecuencia de incendios puede tener mayores efectos negativos sobre la reproducción vegetal afectando a sus potenciales polinizadores, insectos especialistas, dispersores y depredadores de semillas (Fontenele et al., 2020). Esta disminución impacta negativamente el potencial reproductivo y genético de las plantas (Benedicto-Royuela et al., 2024; Harris et al., 2023). Por otro lado, los bancos de semillas tienden a diferir significativamente de la vegetación, tanto en sitios quemados como no quemados, ya que no todas las especies pueden formar bancos de semillas (Carbone & Aguilar, 2021). El fuego ha producido cambios en el equilibrio de los ecosistemas especialmente en la relación gramíneas-latifoliadas, el periodo de floración (tiende a ser más corto y sucede en



etapas de inmadurez), los bancos de semillas, la germinación, la diversidad alfa y la potenciación de crecimiento por ser parcial o totalmente piro-dependientes (Kunst, 2011). Los pastos son más favorecidos en el desarrollo de los órganos reproductivos, en comparación a hierbas y subarbustos luego de un incendio (Pilon et al., 2021).

2.1.4.3 Efectos en la presencia de exóticas

Como resultado de los incendios se han descrito fenómenos biológicos como la invasión por especies exóticas, habiendo estudios que no encontraron un mayor establecimiento (McMillan et al., 2023) y otros que sí encontraron mayor establecimiento de exóticas (Harvey & Enright, 2022). El efecto del fuego puede cambiar el régimen natural de las comunidades vegetales favoreciendo la dominancia de especies exóticas estableciendo un régimen de especies piro-dependientes o piro-resistentes (Brooks et al., 2004). Se ha reportado una mayor presencia de plantas exóticas después de incendios de gran severidad después de varios años mientras que en cortos periodos de evaluación suele muy baja (Keeley et al., 2003). Generalmente se ha registrado especies exóticas invasoras leñosas en gran parte de bosques secundarios, resultado de las múltiples alteraciones a los bosques primarios los cuales tienden a reducir su integridad funcional después del fuego (Landi et al., 2021). Determinadas especies exóticas son favorecidas después de la ocurrencia de incendios. No obstante, el recambio también favorece a especies amenazadas (Vélez-Mora et al., 2022).



2.1.4.4 Sucesión ecológica

La sucesión ecológica es un proceso que implica la recuperación y reorganización de los ecosistemas afectados por diversos factores de perturbación (Carilla & Grau, 2011). En ecosistemas altoandinos este proceso es condicionado por una serie de factores ambientales y biológicos, como la latitud, la altitud y condiciones extremas caracterizadas principalmente por bajas temperaturas, heladas, alta incidencia de radiación solar y fuertes vientos (Vélez-Mora et al., 2022). Asimismo, la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo puede ser afectada por la erosión post-incendio (Nagel et al., 2023).

2.1.5 Efectos en los suelos

2.1.5.1 Efectos en características físicas

El efecto del fuego produce alteraciones en las propiedades físicas del suelo, tales como la reducción del potencial de infiltración, incremento de la repelencia al agua, disminución de la capacidad de retención del agua y cambios en la biomasa microbiana (Certini, 2005; Hawkins & Zeglin, 2022; Neary et al., 1999).

Adicionalmente, se ha evidenciado disminuciones en la actividad microbiana debido a la mineralización de nutrientes en suelos sometidos a incendios frecuentes durante largos periodos (Vidal-Riveros et al., 2023). No obstante, Hawkins & Zeglin (2022) reportaron que la dispersión de las comunidades microbianas asociadas a la formación del suelo no estaría influenciada necesariamente por los incendios, sino por la interacción con

sus dispersores (herbívoros mayores y micromamíferos), los cuales huyen al sentir la presencia del fuego.

2.1.5.2 Efectos en características químicas

Respecto a los efectos en los suelos, se ha encontrado estudios que reportan una disminución de la humedad, pH, contenido de K, CIC, fósforo orgánico, MOS, cobre y Mg^{+2} (Neary et al., 2005; Salim et al., 2022). No obstante, otros estudios reportaron leves incrementos en las concentraciones de fósforo total, Na^+ , K y nitratos (Kunst, 2011; Salim et al., 2022). Asimismo, hubo estudios que no encontraron efectos en el contenido de Na^+ , P, Ca^+ , Mg^{+2} , azufre, boro, hierro y Zinc (Salim et al., 2022).

También se han reportado alteraciones en la relación carbono-nitrógeno, en cortos periodos de tiempo (anualmente) disminuyendo sus concentraciones en suelo (Kunst, 2011). Los efectos del fuego son evidentes en la materia orgánica del suelo (MOS), ya que el fuego provoca su mineralización resultando en la volatilización parcial del carbono y el nitrógeno orgánico, mientras que el fósforo es reciclado por las plantas o se pierde por lixiviación, agotando sus reservas (Certini, 2005).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Incendios

Los incendios son fuerzas destructivas que ocurren tanto de manera natural como inducida afectando a menudo zonas rurales, urbanas, bosques, sabanas, áreas de cultivos y lo han estado haciendo durante cientos de millones de años (Glasspool & Gastaldo, 2022). Una definición más adecuada, define que un



incendio en tierras forestales es aquel que fue originado por una fuente de ignición no planificada. Aunque las áreas forestales incluyen bosques, praderas, matorrales, pastizales, etc., también se les considera a aquellas tierras que no han sido cultivadas y que no son aptas para el cultivo (González et al., 2011). De modo que, en ecosistemas de pastizales que difieren tanto del concepto de bosque no dejan de ser potencialmente peligrosos; ya que, sea pequeño o grande un incendio tiene el potencial suficiente para afectar a personas y comunidades (Fitzgerald-McGowan, 2024). Los incendios forestales pueden arder en vegetación con una alta carga de combustible que en general es materia orgánica, como las hojas, cortezas, raíces y ramas (X. Liu et al., 2019), propagándose de manera descontrolada, afectando áreas naturales, rurales o urbanas (Makhaya et al., 2022). Es una combustión incontrolada que se propaga de manera rápida y puede causar daño a propiedades, vida silvestre, vegetación y, en algunos casos, a las personas; pueden ocurrir en diferentes contextos, como en áreas urbanas (incendios estructurales) o en ambientes naturales (incendios forestales). De este modo, cuando sobrepasa el interfaz urbano forestal es cuando se vuelven peligrosos. No obstante, el fuego es un proceso esencial del sistema terrestre que altera la composición atmosférica y de los ecosistemas. Aunque el fuego es considerado una fuerza negativa y destructiva, puede ser utilizado para proporcionar múltiples beneficios (Fitzgerald-McGowan, 2024).

2.2.2 Pastizales altoandinos

Los pastizales altoandinos son un tipo de ecosistema que ocurre en la Cordillera de los Andes a gran altitud, más allá del límite de la vegetación arbórea, pero por debajo de la línea de nieve permanente. En esta ecorregión, la vegetación predominante es el pasto y los arbustos. La precipitación anual en los pastizales



altoandinos varía, depende de la elevación y la ubicación. Algunos pastizales se caracterizan por condiciones húmedas, mientras que otros son relativamente secos (Mosquera et al., 2022). Son ecosistemas de alta montaña situados en la región de los Andes, que se encuentran a elevaciones generalmente por encima de los 3 500 metros de elevación. Estos pastizales son característicos de las zonas más altas de países andinos como Perú, Bolivia, Chile, Argentina, Colombia y Ecuador (Valenzuela-González et al., 2023).

2.2.2.1 Inflamabilidad vegetal

La inflamabilidad de las plantas se ha estudiado a nivel de especies individuales, características ecosistémicas y depende en gran medida del tipo, cantidad y calidad de las comunidades vegetales, por lo que la vegetación juega un papel clave en el riesgo de ocurrencia de incendios. Por ejemplo, muchas especies son ricas en diferentes metabolitos secundarios como resinas, aceites y terpenoides que se asocian a factores de combustibilidad (Jaureguiberry et al., 2011; Ormeño et al., 2009; Santacruz-García et al., 2021). Otros metabolitos como los taninos, terpenos y fenoles también están involucrados en la respuesta bioquímica al fuego y relacionados con el rebrote post incendio. La respuesta bioquímica al fuego es mayor en especies arbustivas de rápida ignición vs las especies arbóreas que pueden arder por semanas (Santacruz-García et al., 2021). Se ha encontrado una correlación significativa entre el incremento de metabolitos secundarios al fuego y la capacidad de rebrote años después del incendio.



La inflamabilidad dependerá de la cobertura vegetal (%), la carga combustible disponible y el contenido de humedad del combustible. Entonces, la combustibilidad también está relacionada con el tipo de planta. Por ejemplo, las plantas herbáceas de hoja ancha y los pastos se consideran más inflamables que las especies leñosas (Argañaraz et al., 2015; Jaureguiberry et al., 2011; Palma et al., 2021). Asimismo, la acumulación de combustible depende de factores ambientales como la temperatura y la humedad relativa. Los climas más secos pueden disminuir el contenido de humedad del combustible y aumentar el riesgo de ignición. La inflamabilidad de las plantas puede estar relacionada con estrategias particulares de regeneración, como el reclutamiento del banco de semillas de origen anemófilo o local; ya que, las condiciones posteriores al incendio reducen la competencia promoviendo el establecimiento y colonización de nuevas especies (Fontenele et al., 2020).

2.2.2.2 Servicios ecosistémicos

En los servicios de soporte; una de las funciones de las coberturas vegetales es proporcionar protección al suelo contra la erosión eólica o hídrica, además las raíces de las plantas confieren estabilidad a su estructura, nutriéndolo e impidiendo la pérdida de horizontes superficiales (Bengtsson et al., 2019). La cobertura vegetal apoya significativamente en el ciclaje de nutrientes (Burbano-Orjuela, 2016), favoreciendo la disponibilidad de nitrógeno (Neary et al., 2005). Las plantas también forman bancos de semillas que a su vez constituyen importantes reservas de recursos genéticos (Harris et al., 2023).



En cuanto a los servicios de regulación; la cobertura vegetal permite la regulación del clima a través de la captura y secuestro de gases de efecto invernadero (e.g. dióxido de carbono y monóxido de carbono), y a la transpiración vegetal que enfría el aire (Bengtsson et al., 2019). Asimismo, brindan hábitat para especies de animales silvestres, fuentes de alimentación, refugio, sitios de reproducción y cría (Amanda-Stasiewicz et al., 2020).

En los servicios de abastecimiento; brindan madera, alimentos, recursos para ganadería, frutos y alimentos, fuentes de combustible y suministro de agua (Thom & Seidl, 2016). En cuanto a los servicios culturales; permiten espacios de recreación y expresión de la cultura (Pausas & Keeley, 2019).

2.2.3 Los suelos

El suelo es la capa superficial de la Tierra que se forma a partir de la descomposición de rocas y la desintegración de materia orgánica a lo largo de miles de años (Certini, 2005). Está compuesto por una mezcla compleja de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos (Barreiro & Díaz-Raviña, 2021; Beltrán-Pineda & Lizarazo-Forero, 2014). La textura y composición del suelo varían ampliamente dependiendo de factores como el clima, la topografía, la vegetación y el tiempo (Hans, 1941). El suelo cumple funciones cruciales en los ecosistemas, actuando como un medio de soporte para las plantas al proporcionarles los nutrientes, disponibilidad de agua y anclaje necesarios para su crecimiento y desarrollo (Burbano-Orjuela, 2016). Además, el suelo permite que el ciclo de nutrientes ocurra al descomponer materia orgánica y



reciclar elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio (Neary et al., 2005). También juega un papel vital en la regulación del agua al actuar como un filtro natural que ayuda a controlar la escorrentía, reduciendo así el riesgo de inundaciones y erosión del terreno (Hans, 1941). Además de sus funciones ecológicas, el suelo es fundamental para la agricultura y la producción de alimentos dado que la calidad del suelo influye directamente en la fertilidad y el rendimiento de los cultivos, y una gestión adecuada del suelo es esencial para mantener la productividad agrícola y la sostenibilidad a largo plazo. La conservación del suelo, mediante prácticas como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la protección contra la erosión, es crucial para preservar estos recursos y asegurar la salud de los ecosistemas y la seguridad alimentaria (Burbano-Orjuela, 2016).



CAPÍTULO III

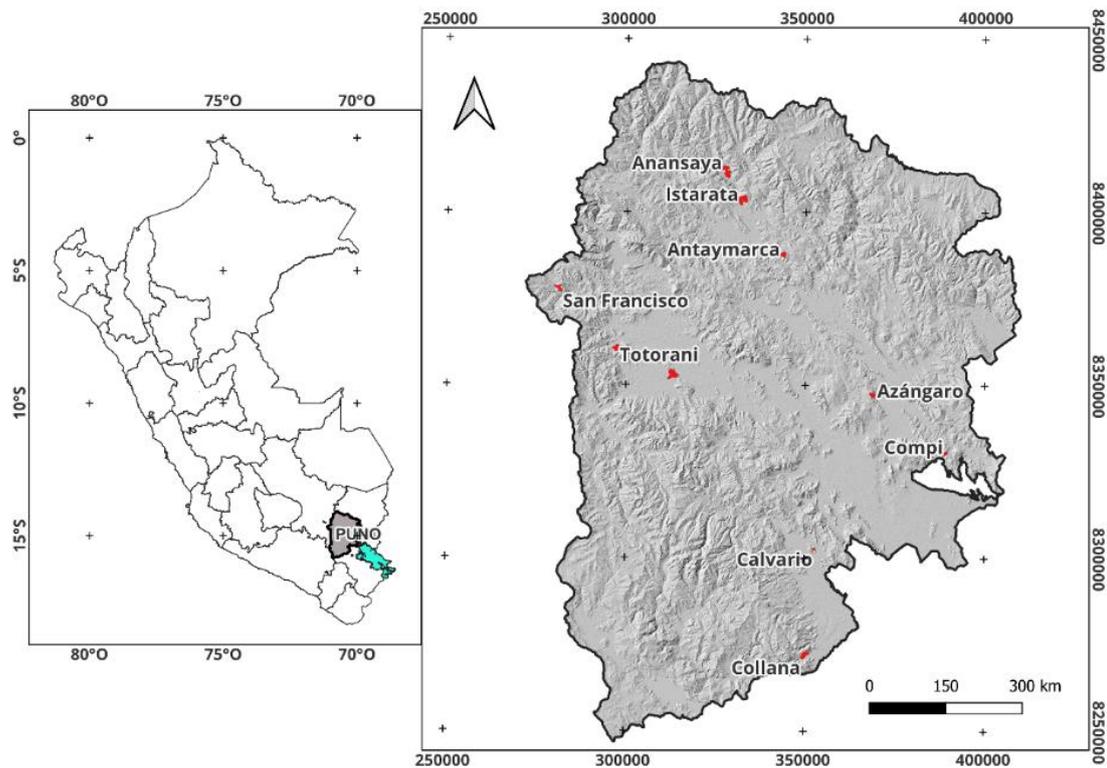
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en 10 sitios de muestreo ubicados entre las provincias de Melgar, Azángaro y Lampa (Figura 1). El área de estudio se encuentra entre los 14 a 15 ° de latitud sur, y entre los 69 a 71 ° de longitud oeste, y entre los 3 800 a 4 700 msnm. En el área de estudio se encuentra dos climas de acuerdo con el sistema de clasificación de Werren Thornthwaite. El clima B (o, i) D'H3, caracterizado por ser un clima semifrío lluvioso, con deficientes lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como húmeda; y el clima C (o, i) C'H2, caracterizado por ser un clima semiseco, frío, con deficiencias de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seca (SENAMHI 2021).

Figura 1

Ubicación de los sitios de muestreo



Nota: Las cicatrices de incendio evaluadas en los dos periodos de recuperación están representadas en rojo.

3.2 DISEÑO DE MUESTREO

Se llevo a cabo una investigación de enfoque cuantitativo probabilístico donde se evaluaron 10 cicatrices de incendios de similar extensión, condiciones ambientales e intensidad de pastoreo previamente ubicadas mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica e imágenes satelitales, a fin de aislar lo más posible el efecto de los incendios. Los incendios evaluados fueron de origen antrópico, cuya ocurrencia fue de manera accidental por las propias comunidades. De esta manera, cinco de las cicatrices fueron evaluadas en sitios quemados después de dos periodos de crecimiento post - incendio y las otras cinco en sitios después de un periodo de crecimiento post- incendio (ANEXO 1). Tanto en los sitios quemados, como en los sitios no quemados (zonas aledañas a los

sitios quemados) se establecieron cinco transectos de 50 m, ubicados de manera paralela y distanciados por 30 m. En cada transecto se establecieron cuatro parcelas de 5 m² distanciados por 10 m. La evaluación se realizó finalizando la estación de crecimiento (febrero), aproximadamente 06 (un periodo de crecimiento post - incendio) y 18 (dos periodos de crecimiento post- incendio) meses después del incendio, a fin de que se pueda identificar adecuadamente a las especies.

Tabla 1

Fórmulas de los modelos lineales mixtos generalizados.

Formulas	Descripción	Tipo de variable
Modelos Lineales mixtos generalizados $Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{1ij} + \dots + \beta_p X_{pij} + \mu_i + \varepsilon_{ij}$	Y_{ij} : Es el valor observado de la variable respuesta para la observación j en el sitio de muestreo i .	
	β_0 : Es el intercepto del modelo, es decir, el valor promedio de la variable respuesta cuando todas las variables predictoras X_{1ij}, \dots, X_{pij} son iguales a 0.	
	β_1, \dots, β_p : Son los coeficientes de los efectos fijos para cada predictor X_{1ij}, \dots, X_{pij} . Estos coeficientes indican el efecto de las variables explicativas o independientes sobre la variable respuesta.	
	X_{1ij}, \dots, X_{pij} : Son las variables independientes correspondientes a la observación j en el sitio i .	Variables de vegetación y suelos.
	μ_i : Es el efecto aleatorio asociado al sitio de muestreo i . Este término captura la variabilidad no explicada en la variable respuesta debida a diferencias entre sitios de muestreo, asumiendo que $\mu_i \sim N(\sigma_\mu^2)$, es decir, los efectos aleatorios siguen una distribución normal con media 0 y varianza σ_μ^2 .	
	ε_i : Es el residuo de la observación j en el sitio i . Representa la variabilidad no explicada por el modelo, asumiendo que $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$, es decir, sigue una distribución normal con media 0 y varianza σ^2 .	
Índice de Shannon $H' = 1 - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$	H' : Es el índice de diversidad de Shannon. \ln : Logaritmo natural de N . p_i : Es la abundancia relativa.	Variables de vegetación.

Formulas	Descripción	Tipo de variable
Análisis de especies indicadoras.		
<i>Especificidad/abundancia relativa:</i>	X_{ij} : Es la cobertura media de las especies i dentro del grupo j .	
$A_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_j X_{i\bullet}}$	$\sum_j X_{i\bullet}$: Es la suma de la cobertura media de la especie i en todos los grupos.	
<i>Fidelidad / Frecuencia relativa:</i>		Variables de vegetación.
$B_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{\bullet j}}$	n_{ij} : Es el número de parcelas del grupo j ocupadas por la especie i .	
<i>Valor del indicador:</i>		
$IV_{ij} = A_{ij} * B_{ij} * 100$	$n_{\bullet j}$: Es el número total de parcelas en el grupo j .	
<i>Valor del indicador a escala normalizada:</i>		
$IV_{ij} = \sqrt{A_{ij} * B_{ij}}$		

3.3 EVALUACIÓN DE FLORA

Dentro de cada parcela se determinó la cobertura visual de todas las especies (fanerógamas y pteridofitas) con el método fitosociológico de Braun-Blanquet (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). Para esto, dentro de cada parcela se estimó la cobertura de las especies, asignándoles el valor según las siguientes clases: 5: > 75 %, 4: 50 – 75 %, 3: 25 – 50 %, 2: 5 -25 %, 1: 5 %, +: 1 %, r: solitario. A partir de estos datos se determinó el índice de Shannon (H'), equitatividad (J') y densidad de riqueza de especies (S). Así mismo, se registró el nivel de madurez de los individuos, cuya clasificación fue: individuos maduros (con presencia de flor o fruto) e inmaduros (sin indicación de madurez) (Plumanns-Pouton et al., 2023). Para esto, en cada parcela se establecieron cuatro hileras a lo largo de las cuales se ubicaron puntos de muestreo cada 1 m de distancia. Entonces, por cada parcela se tuvo 36 registros del nivel de madurez de las especies (ANEXO 2). Con los datos de las cuatro parcelas de cada transecto se determinó el porcentaje de individuos (abundancia relativa) maduros e inmaduros según forma de crecimiento de las especies (graminoides: familia Cyperaceae y Juncaceae, pastos: familia Poaceae únicamente, hierbas y leñosas). También se determinó el número de



especies maduras e inmaduras. A partir de cuatro cuadrantes de 0.25 x 0.25 m ubicados en las esquinas de la parcela de 5 m², se cortó la vegetación al ras del suelo y fueron colectados en bolsas de papel adecuadamente rotulados. Las muestras fueron secadas a 105 °C por 24 a 48 horas para la determinación de la masa seca (ANEXO 3). Para la recolección de muestras se contó con permiso del (SERFOR) (ANEXO 4). El reconocimiento taxonómico se realizó en el Herbario Nacional de Bolivia de la Universidad Mayor de San Andrés (ANEXO 5). Debido a que las muestras colectadas aún se encuentran en uso por el proyecto N ° PE 501082076 – 2023 – PROCENCIA, estas serán depositadas a la Colección Biológica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNA Puno al finalizar el proyecto.

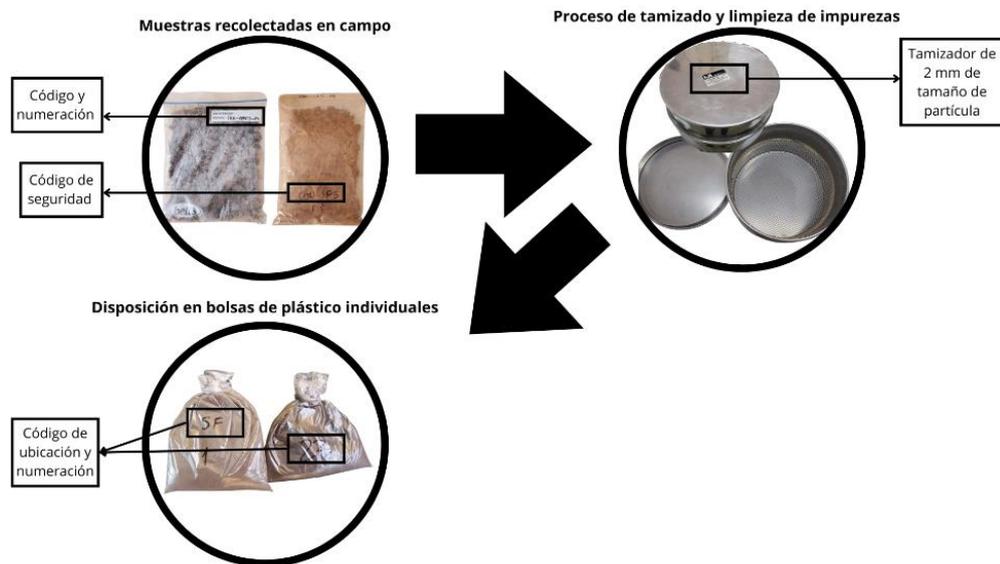
3.4 EVALUACIÓN DE SUELOS

Se tomaron tres muestras a ~15 cm de profundidad de cada parcela de 5 x 5 m en cada transecto. Las tres muestras fueron mezcladas y homogenizadas, para posteriormente ser analizadas. De modo que se obtuvieron 40 muestras de suelos, entre sitios quemados y no quemados por cada lugar de evaluación. De cada muestra de suelo se determinó: la CIC (1N acetato de amonio, pH₇), contenido de cationes (equilibrio iónico de ácidos y bases, K (1N de acetato de amonio, pH₇), materia orgánica (LOI), nitrógeno (digestión de Kjeldahl), pH (pHmetro), fósforo (extracción de NaHCO₃) y cationes intercambiables. Todos los análisis se realizaron en el laboratorio de agua y suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno (ANEXO 6 y 7).

3.4.1 Descripción de métodos

Figura 2

Procedimiento de limpieza de muestras de suelo



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los códigos y procedimientos utilizados.

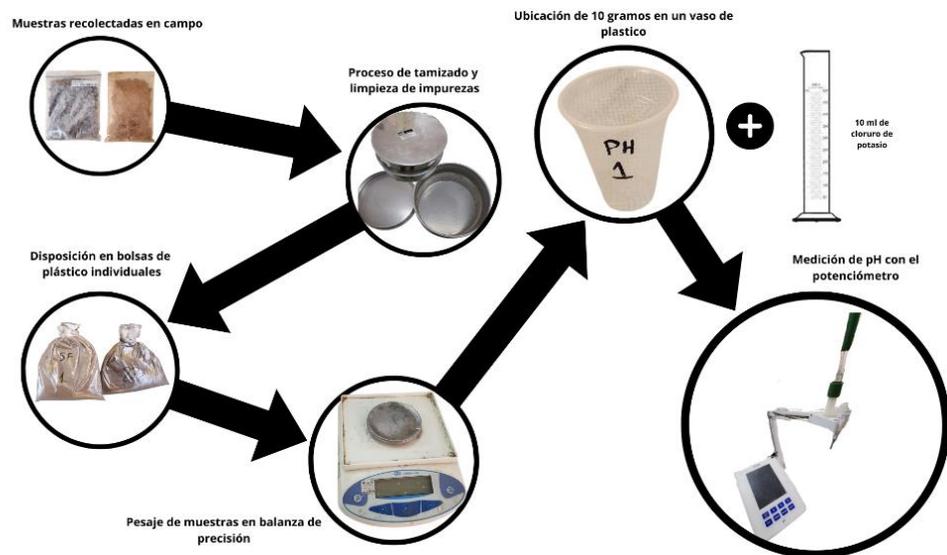
3.4.1.1 Medición de potencial de hidrogeno (pH)

Los reactivos utilizados fueron soluciones de amortiguadores (buffer; 4,7,10) para calibrar el potenciómetro y agua destilada.

Se pesó 10 gr de suelo previamente tamizado con un tamiz de malla de 2mm (Figura 1), con ayuda de una balanza de precisión se dispuso la muestra en vasos de plástico. Luego se le adicionó una solución de 10 ml de cloruro de potasio (KCl) con una mili equivalencia de 1000/litro (1000meq/L) y una relación tierra-agua de 1:1, se mezcló con ayuda de una varilla de vidrio y se la dejó reposar por 10 minutos (Figura 3). Se calibró el potenciómetro con el buffer 7 para pH neutro y se realizó las mediciones correspondientes de acuerdo con las instrucciones del equipo.

Figura 3

Procedimiento de medición de pH



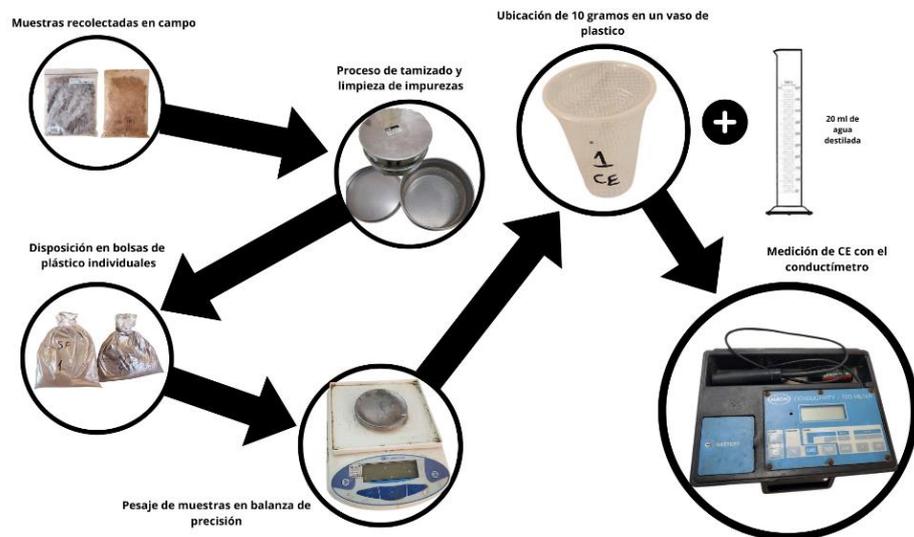
Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.2 Conductividad eléctrica (CE)

Se preparó muestras de suelo de 10 gr con 20 ml de agua destilada en una relación de 1:2, asegurando de se encuentre a la temperatura adecuada y esté adecuadamente homogenizada (Figura 4). Posteriormente, se introdujo la sonda del conductímetro en la muestra asegurando de que los electrodos estén completamente sumergidos. Para luego esperar unos segundos hasta que la lectura se estabilice.

Figura 4

Procedimiento de medición de conductividad eléctrica



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.3 Destilación de nitrógeno (N)

Se pesó 0.5 gramos de muestra de suelo para luego ser dispuesto en balones de destilación para luego añadir 0.5 gramos de catalizador (óxido de cobre, selenio y potasio), adicionalmente se añadió 3 ml de ácido sulfúrico concentrado químicamente puro, el producto fue llevado a un digestor durante un periodo mínimo de 2 horas hasta que el color del balón cambie a un tono blanquecino.

Para la segunda etapa se utilizó un equipo de destilación simple, en matraces Erlenmeyer de 250 ml se preparó la solución de viraje que consistió en una mezcla de 5 ml de ácido bórico y 5 gotas de indicador de Tashiro (rojo de metilo y azul de bromotimol). Se ajustó y rehidrató los balones de destilación con 10 ml de agua destilada para que empiece el proceso de destilación que duró entre 15 a 20 minutos. Una vez que el

proceso de viraje terminó (rojo a azul/morado a amarillo) se tituló el contenido del matraz con ayuda del ácido sulfúrico al 0.1156N hasta que el viraje se revierta (azul a rojo/amarillo a morado) (Figura 5). Los cálculos propuestos se fundamentaron en:

Gasto: H_2SO_4 0.2 N: 10cc

Gasto: NaOH 0.2 N: 8cc

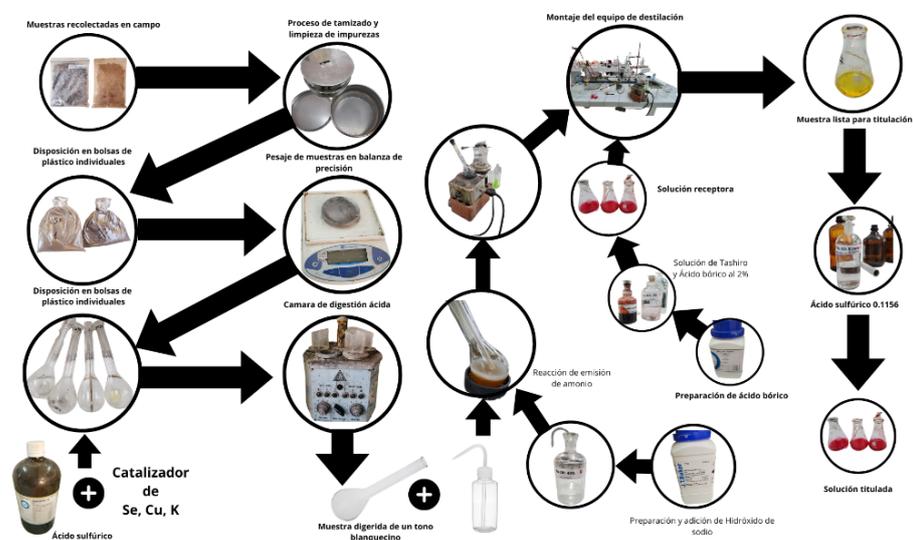
2cc = (diferencia) = volumen de gasto

Donde:

$$\%N = \frac{\text{volumen de gasto} * 0.0028 * 100}{\text{peso de la muestra}}$$

Figura 5

Procedimiento de medición de nitrógeno



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.4 Materia orgánica (MOS)

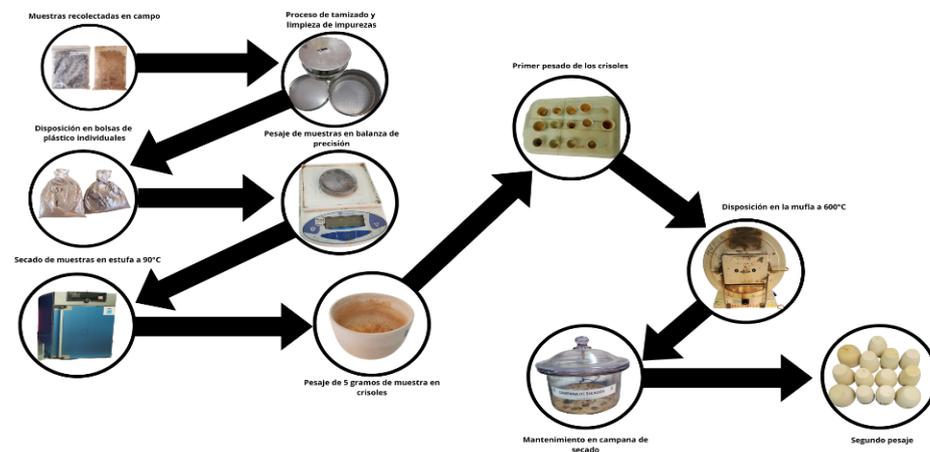
Originalmente propuesto por Schulte & Hopkings, que sigue el método LOI (Loss On Ignition, calcinación) donde se espera que tanto la

fracción de materia orgánica que se encuentra como carbono orgánico e inorgánico puedan combustionar para obtener el valor verdadero de materia orgánica MOS. Para ello se secó las muestras a 90 °C durante 24 horas para eliminar la humedad existente en el suelo. Luego se pesó 5 gramos de suelo que fueron dispuestos en capsulas o crisoles de porcelana resistente a altas temperaturas para ser sometidos durante 5 horas a una temperatura de 600 °C, después de ello se dejó secar los crisoles en campanas de desecación para su próximo pesaje (Figura 6). El cálculo del porcentaje de materia orgánica siguió la siguiente ecuación:

$$\%MOS = \frac{\text{peso inicial del crisol} - \text{peso final del crisol}}{\text{peso inicial del crisol}} * 100$$

Figura 6

Procedimiento de determinación de materia orgánica



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.5 Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)

Se pesó 5 gramos de suelo en un matraz Erlenmeyer al cual se le adicionó 100 ml de acetato de amonio y se dispuso para ser agitado por 15

minutos. La solución resultante se filtró usando papel filtro Whatman de porosidad fina y fue depositado en frascos de 100 ml (Figura 7). El líquido resultante fue llevado a determinación por fotometría de llama de absorción de potasio donde los resultados se obtuvieron siguiendo la fórmula:

$$CIC \left(\frac{meq}{100gr} \right) = \frac{meq}{amonio\ leido} \times \frac{A}{Wt} \times \frac{100}{1000}$$

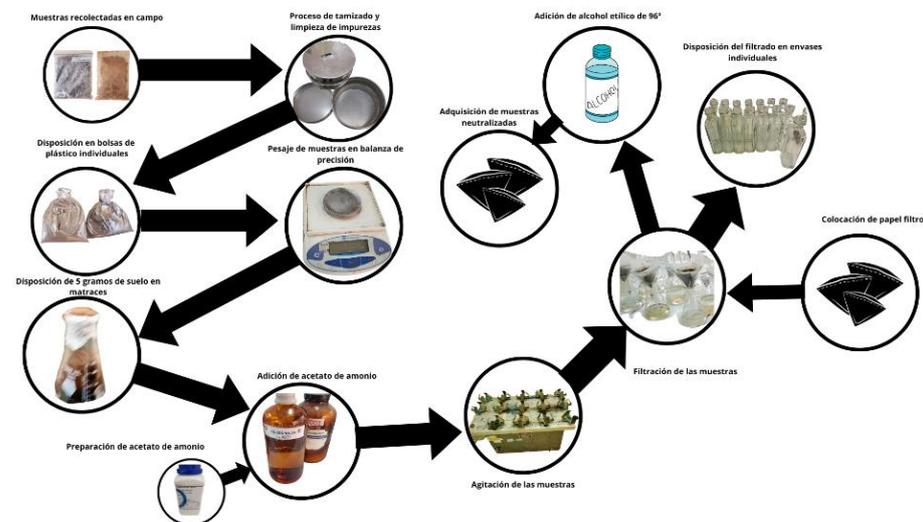
Donde:

A= Volumen total del extracto

Wt= Peso del suelo

Figura 7

Procedimiento de determinación de capacidad de intercambio catiónico



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.6 Determinación de cationes cambiables

Se usó el extracto preparado durante el proceso de saturación con acetato de amonio (Figura 7) para el análisis de la capacidad de



intercambio catiónico la cual contiene los cationes cambiables del suelo, consistiendo principalmente de: Ca^+ , Mg^{+2} , K y Na^+ .

Los cationes cambiables o los cationes que están en sitios de cambio sobre la superficie de los minerales arcillosos son los dominantes del total de los cationes extractables por lo que los cationes solubles pueden ser deducidos por inferencia siguiendo la siguiente formula:

$$\text{Cationes cambiables} = \text{cationes extractables} - \text{cationes solubles}$$

Los cationes extractables fueron medidos en el extracto de acetato de amonio y los solubles en extracto acuoso cuando el contenido de sales era bajo. Considerando que el pH alcalino 7,0 del acetato de amonio disuelve considerables cantidades de carbonato de calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}) cuando los procesos son prolongados: los cationes de calcio y magnesio fueron medidos por espectrofotometría de absorción atómica (AAS) siguiendo la siguiente formula:

$$\begin{aligned} & \text{Ca}^{+2} \text{ o } \text{Mg}^{+2} \\ & = \text{mg}(\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}) (\text{curva de calibracion del equipo}) * \frac{A}{Wt} \end{aligned}$$

Donde:

A= Volumen total del extracto

Wt= Peso del suelo

Para los cationes de sodio (Na^+) y potasio (K^+) fueron medidos usando fotometría de llama usando directamente las diluciones ya con los equipos calibrados según los estándares respectivos. Los cálculos se realizaron siguiendo la siguiente formula:



$$K^+ \text{ o } Na^+ = mg \text{ de } K^+ \text{ o } Na^+ (\text{valor de curva de calibracion}) * \frac{A}{Wt}$$

Donde:

A= Volumen total del extracto

Wt= Peso del suelo

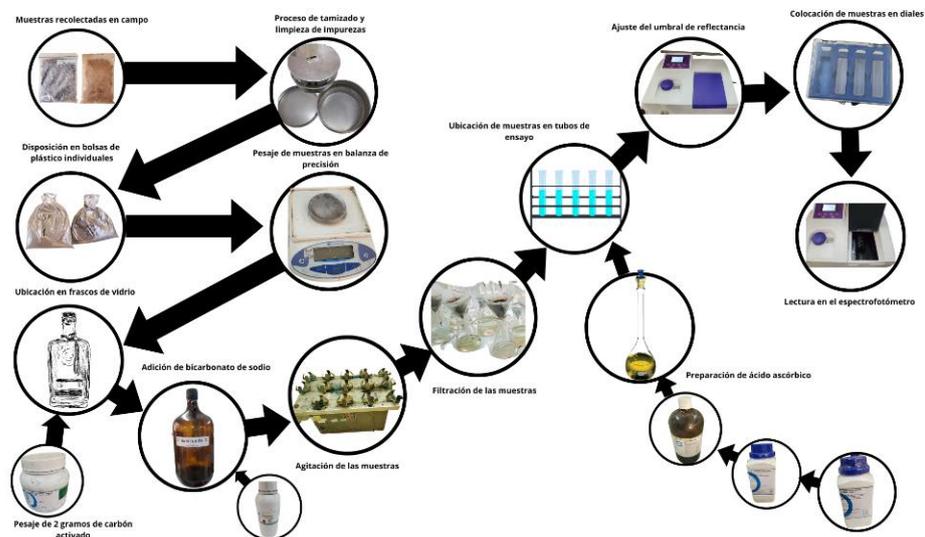
3.4.1.7 Fosforo disponible (P)

Con ayuda de una balanza analítica se pesó 2 gramos de suelo que fueron trasladados a una botella de 100 ml, luego se añadió 1 gramo de carbón activado para adicionar 20 ml de bicarbonato de sodio 8.5 pH. El producto se agitó durante 15 minutos en un agitador para luego ser filtrado usando papel filtro Whatman No 40 de porosidad fina hasta obtener un líquido transparente. Del filtrado se tomó una alícuota de 3 ml en un tubo de ensayo para luego añadir otra alícuota de 7 u 8 ml de ácido ascórbico. Se dejó en reposo por un periodo de 30 minutos hasta que se torne de un tono celeste o azul. Finalmente se ajustó el espectrofotómetro en la banda de radiancia de 660 mu para proceder a su lectura.

La curva estándar para fósforo se ajustó con una solución patrón de 50 ppm de P. Se pesó 0.2195 gramos de fosfato biácido de potasio (KH_2PO_4) QP y se disolvió en 400 ml de agua destilada. Al producto se le agregó 25 ml de ácido sulfúrico al 7 N y se completó a 1 litro aforado de agua destilada (Figura 8).

Figura 8

Procedimiento de determinación de fósforo disponible



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.4.1.8 Textura

Se utilizó el método del hidrómetro, el cual resulta adecuado para la determinación de la clase textural.

Los equipos usados fueron: Termómetro, Hidrómetro, Probetas de 1L

Los reactivos utilizados fueron:

Hexametáfosfato de sodio + Hidróxido de sodio

Se pesó una cantidad considerable de suelo para ser secado en una estufa a una temperatura de 90 °C por 24 horas. Con la muestra seca se pesó 50 gramos que fue dispuesta en el vaso agitador de un equipo de mezclado Bouyoucos, al cual se le añadió 10 ml de hexametáfosfato de sodio y se le completo con 600 ml de agua destilada hasta aforar el vaso.



Se agitó la mezcla por un periodo de 15 minutos, una vez terminado el proceso de agitación se vertió la mezcla a una probeta graduada de un litro de capacidad priorizando que se vierta todo el contenido con una piseta y se aforó con agua destilada a un litro. Una vez aforado se homogenizó la solución con ayuda de un bastón, en caso de generarse espuma se añadió 1 o 2 gotas de alcohol isoamílico y se procedió a hacer la medición de la temperatura inicial y la primera lectura del hidrómetro, este proceso se repitió después de dos horas (Figura 9). Las lecturas fueron calculadas siguiendo las siguientes formulas:

$$\% \text{ de arena} = 100 - \left(\frac{Z_1}{X} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de arcilla} = 100 - \left(\frac{Z_2}{X} * 100 \right)$$

$$\% \text{ de limo} = 100 - (\% \text{ de arena} + \% \text{ de arcilla})$$

Donde:

Peso de muestra tomada= x

Temperatura = y

1° lectura = Z₁

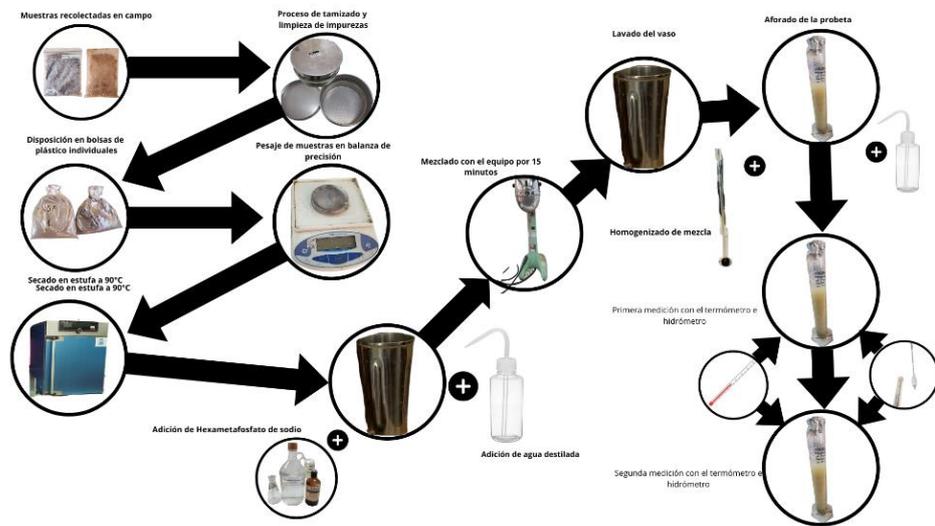
2° lectura = Z₂

Para Z₁ y Z₂ se adiciona un factor de corrección de 0.2 al valor bruto obtenido.

Los resultados obtenidos se ubicaron dentro del triángulo de texturas de la USDA para determinar la clase textural del suelo.

Figura 9

Procedimiento de determinación de textura del suelo



Nota: Las flechas indican la dirección de los procesos detallando los procedimientos utilizados.

3.5 ANALISIS ESTADÍSTICO

Las variables de vegetación (% de maduros e inmaduros) y diversidad se analizaron con modelos lineales mixtos generalizados (GLMM, por sus siglas en inglés), considerando como factor fijo la perturbación (sitios quemados y no quemados); mientras que, los sitios de muestreo fueron las variables aleatorias (Tabla 1). La variable independiente fue el tipo de perturbación (Factores fijos), la variable respuesta fueron los atributos de la vegetación (e.g. % de maduros e inmaduros y diversidad). Los análisis se realizaron por separado en periodos de crecimiento post-incendio correspondientes a los años 2022 y 2023. Se utilizó una familia de distribución gaussiana para las variables de naturaleza continua de distribución normal, gamma para aquellas variables continuas positivas y la familia Poisson para las variables discretas.

Todas las variables de suelo fueron analizadas con GLMM, en el que el factor fijo fue la perturbación (quemado vs no quemado), mientras que la variable aleatoria fueron



los lugares de evaluación (Tabla 1). La variable independiente fue el tipo de perturbación (Factores fijos), la variable respuesta fueron los atributos del suelo (e.g. CIC, CE, pH, N, P, K, Na⁺, Mg⁺², K⁺, Ca⁺²). Los análisis se realizaron por separado, para un periodo de recuperación (incendios del 2023) y dos periodos de recuperación (incendios del 2022). Para la significancia del análisis se realizó pruebas de relación de verosimilitud (L-R test), todas las variables de suelo fueron analizadas con la distribución Gaussiana y Gamma.

Por otra parte, se aplicó el análisis multivariado de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS, por sus siglas en inglés) para estimar la distancia o disimilaridad entre los sitios de evaluación (quemado vs no quemado). El análisis se aplicó tanto para las características de la vegetación como del suelo. Sólo se consideró las especies que contribuyeron con más del 2.5 % de cobertura, para eliminar el efecto de especies raras. Se determinó el coeficiente de determinación (R^2), el valor de significancia y el nivel de stress de todas las variables. Para confirmar los resultados, se aplicó el análisis de similitud (ANOSIM, por sus siglas en inglés). Asimismo, se aplicó un análisis de especies indicadoras (ISA, por sus siglas en inglés), para identificar a aquellas especies ecológicamente más importantes y que representen factores de combustibilidad o vulnerabilidad (Tabla 5), las cuales se estimaron a partir de la distancia de Bray-Curtis y Jaccard respectivamente. Todos los análisis se realizaron en el programa R (R Development Core Team, 2023) con las librerías “*vegan*” e “*indicspecies*”.



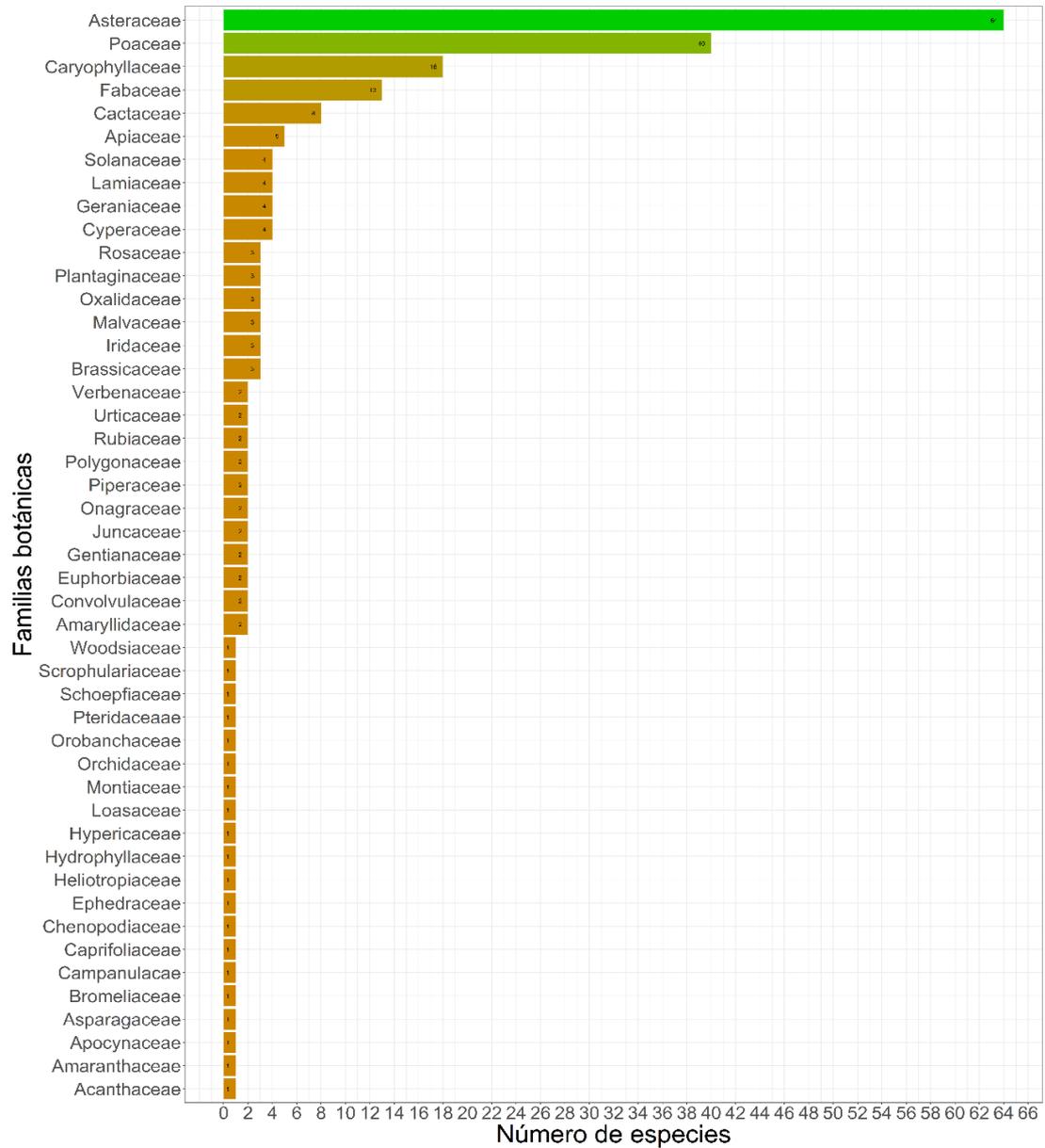
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificó un total de 48 familias botánicas, siendo más frecuentes las familias Asteraceae, Poaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Cactaceae, Apiaceae, Cyperaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Solanaceae, Brassicaceae, Iridaceae, Malvaceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae y Rosaceae (Figura 10). Los incendios han modelado la configuración de múltiples ecosistemas a lo largo del tiempo, en el caso de las plantas se han reportado cambios en la cobertura e identidad debido a la pérdida o ganancia de especies a lo largo del tiempo independientemente de la severidad del incendio (Meza et al., 2023). En otros contextos geográficos se obtuvieron resultados similares con 52 familias reportadas por Ferreira et al. (2021) y a las 33 familias reportadas por Salim et al. (2022). Los sitios con un periodo de recuperación post-incendio presentaron una configuración diferente debido a la inherente variabilidad climática y orográfica. De este modo, en Antaymarca se encontró un total de 68 especies; en Totorani, 70 especies; en San Francisco, 52 especies; en Compi, 62 especies y en Calvario, 70 especies. Los sitios con dos periodos de recuperación mostraron tendencias similares: en Azángaro se registraron a 70 especies; Collana, 53 especies; Istarata, 53 especies; Anansaya, 50 especies y Huayruro, 62 especies. No obstante, no se pudo identificar a 59 especies adecuadamente, las cuales fueron excluidas de los análisis.

Figura 10

Familias botánicas identificadas en el estudio.



Nota: La distribución de familias se encuentra ordenado de menor (colores naranjas) a mayor (colores verdes) según el número de especies encontradas.

4.1 EFECTOS EN LA FRUCTIFICACIÓN

La proporción de plantas en estado reproductivo (con semillas y flores) no presentó diferencias estadísticas entre sitios quemados ($\bar{x} = 20.08 \pm 1.074$) y no quemados, ($\bar{x} = 20.28 \pm 0.969$) para los sitios con un periodo de recuperación ($\chi^2 = 0.025$,



$P = 0.874$), pero sí para los sitios con dos periodos de recuperación (Tabla 2), existiendo un mayor porcentaje de individuos en estado reproductivo en sitios quemados ($\bar{x} = 22.6 \pm 1.491$) que en sitios no quemados ($\bar{x} = 20 \pm 1.502$) con un incremento del (11.06 %) ($\chi^2 = 6.919$, $P = 0.009$) (Figura 11A). De modo que, las características como la producción de flores y semillas propios de hierbas y arbustos no suceden después de un incendio sino tras un periodo temporal más largo (Pilon et al., 2021). En adición, el efecto del fuego acelera el proceso reproductivo de hierbas, arbustos y pastos como resultado del incremento de la incidencia de luz solar, la liberación de compuestos Fito-estimulantes (Karrikinolides) (Soltani et al., 2022), el incremento de la disponibilidad de nutrientes (Pilon et al., 2018) e incluso como respuesta ante la pérdida de protección ante eventos extremos (Meza et al., 2023). Un problema recurrente derivado de los incendios es la relación que guardan con la severidad del daño, la inmadurez vegetal, las etapas reproductivas y las tasas de mortalidad, pudiendo verse afectadas a partir de uno hasta quince años después del incendio sin importar su gravedad (Salim et al., 2022).

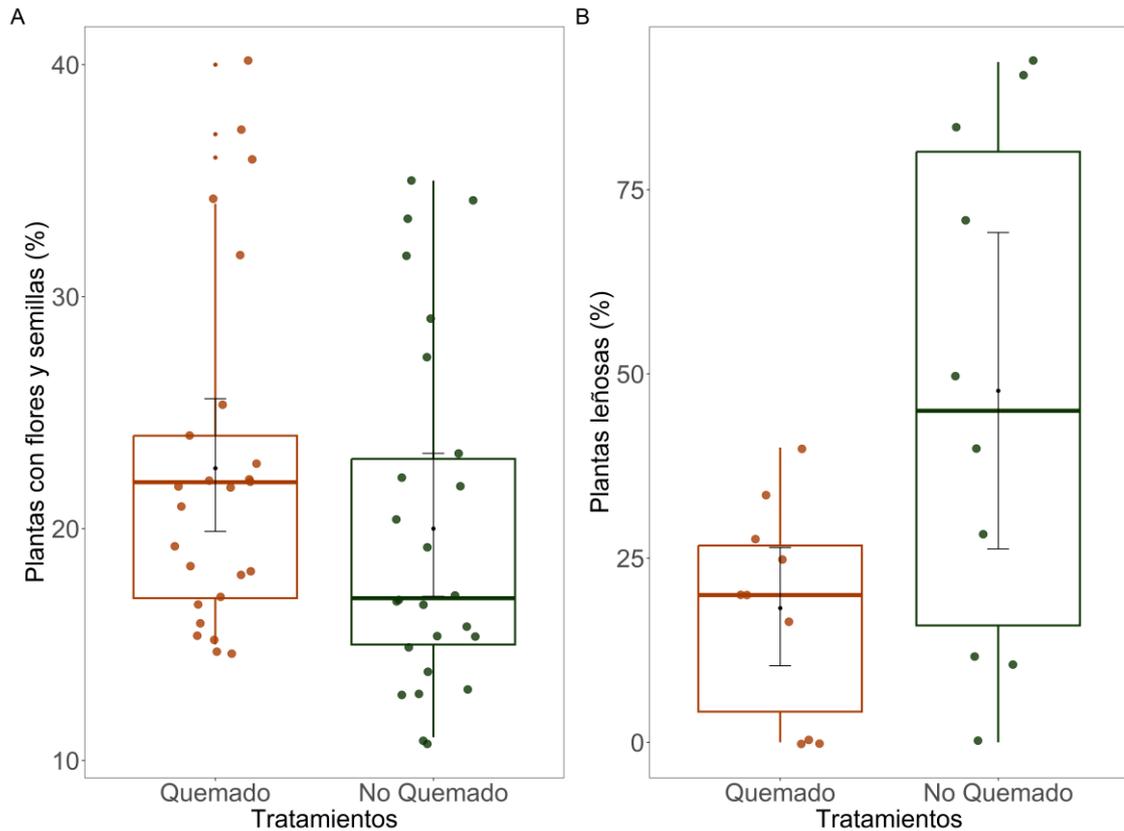
Para las especies leñosas se consideró solo a dos lugares de evaluación ($n = 20$) dado que su presencia no fue representativa en todos los casos. Bajo un periodo de recuperación sí hubo un efecto importante; ya que, la proporción de individuos en estado reproductivo fue mayor en sitios no quemados ($\bar{x} = 86.236 \pm 2.557$) en comparación a los sitios quemados ($\bar{x} = 78.640 \pm 2.929$) ($\chi^2 = 22.605$, $P < 0.001$) con una reducción del (8.8 %) (Figura 11B). De manera similar, para el segundo periodo de recuperación la proporción de plantas leñosas ($n = 20$) tuvo diferencias con un mayor porcentaje de individuos en estado reproductivo en los sitios no quemados ($\bar{x} = 47.712 \pm 11.060$) que en los quemados ($\bar{x} = 18.227 \pm 4.516$) ($\chi^2 = 11.114$, $P = 0.001$) con una reducción del (61.79 %) (Figura 12B). Si bien en otros ecosistemas las especies leñosas no se vieron afectadas por el efecto del fuego debido a adaptaciones que las protegen contra el efecto



de la temperatura (pirófitas) (Nippert et al., 2021; Thom & Seidl, 2016). Las especies leñosas características de ecosistemas altoandinos como *M. mollis*, *T. cristatum*, *E. rupestris* no presentan un tallo y una corteza gruesa como las especies del género *Neltuma* (Vidal-Riveros et al., 2023) o son piro dependientes (pirófilas) (Thom & Seidl, 2016), ya que son más delgados y por ende susceptibles a ser quemadas parcial o completamente sin la capacidad de dejar semillas viables como en el caso de las especies postradas (De La Cruz-Arango et al., 2023). No obstante, especies evaluadas en otros contextos geográficos corresponden a plantas arborescentes de gran fuste y un diámetro de tallo lo suficientemente grueso como para proteger al individuo sin comprometer su proceso reproductivo (Plumanns-Pouton et al., 2023).

Figura 11

Efectos del fuego en (A) porcentaje de plantas maduras y (B) porcentaje de plantas leñosas con dos periodos de recuperación post-incendio.



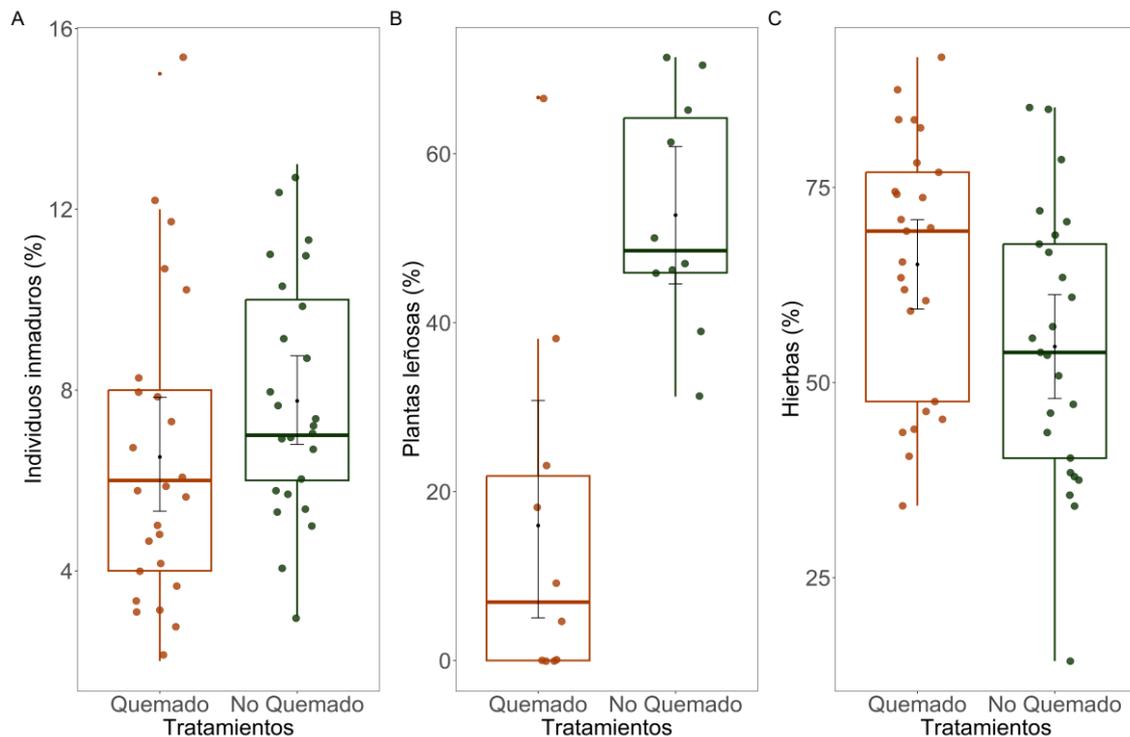
Nota: A - B) Los puntos representan la dispersión de los datos, los extremos y las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.

En los sitios con un periodo de recuperación la proporción de individuos inmaduros fue diferente ($\chi^2 = 4.555$, $P = 0.03$), existiendo una mayor frecuencia de inmaduros en sitios no quemados ($\bar{x} = 7.76 \pm 0.521$) que en sitios quemados ($\bar{x} = 6.52 \pm 0.669$) con una reducción del (15.97 %) (Figura 12A). Mientras que, con dos periodos de recuperación, la proporción de individuos inmaduros no presentó diferencias significativas en sitios quemados ($\bar{x} = 3.68 \pm 0.373$) ni en sitios no quemados ($\bar{x} = 3.60 \pm 0.458$) ($\chi^2 = 0.022$, $P = 0.882$), pudiendo estar influenciada por la aceleración en la formación de órganos reproductivos dado el efecto de la perturbación (Pilon et al., 2018);

ya que, las especies tienden a crecer lentamente asegurando su estabilidad y supervivencia (Boulton et al., 2022).

Figura 12

Efectos del fuego en (A) porcentaje de plantas inmaduras, (B) porcentaje de plantas leñosas y (C) porcentaje de hierbas en cicatrices de incendio con un periodo de recuperación post-incendio.



Nota: A - C) Los puntos representan la dispersión de los datos, los extremos y las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.

La proporción de graminoides en estado reproductivo con un periodo de recuperación ($n = 48$) no presentó diferencias entre sitios quemados ($\bar{x} = 63.728 \pm 5.530$) y no quemados ($\bar{x} = 56.80 \pm 5.912$) ($\chi^2=0.636$, $P = 0.425$). De igual manera, para los sitios quemados ($\bar{x} = 75.756 \pm 4.760$) y no quemados ($\bar{x} = 72.899 \pm 6.939$) con dos periodos de recuperación ($n = 42$) ($\chi^2 = 0.039$, $P = 0.842$). El porcentaje de pastos en estado reproductivo tampoco tuvo diferencias significativas entre sitios quemados ($\bar{x} = 78.639 \pm$

2.156) y no quemados ($\bar{x} = 82.23 \pm 2.665$) con un periodo de recuperación ($\chi^2 = 1.276$, $P = 0.258$) ni con dos periodos de recuperación ($\chi^2 = 1.701$, $P = 0.192$). Lo que podría indicar que los gramíneos tienen una alta capacidad de resiliencia y recuperación después del fuego, lo que coincide con otros estudios que han demostrado la habilidad de ciertas ciperáceas para mantener su capacidad reproductiva tras incendios (Harrison et al., 2003; Keeley et al., 2003). Asimismo, el hecho de que no se observaran diferencias en el porcentaje de pastos en estado reproductivo sugiere que la respuesta de estas especies a los incendios podría estar más influenciada por otros factores ambientales o por el tiempo transcurrido desde el último incendio, más que por el hecho de haber estado expuestos al fuego (Bond & Keeley, 2005).

Para el primer periodo de recuperación, la proporción de hierbas en estado de madurez reproductiva fue significativamente mayor en sitios quemados ($\bar{x} = 65.135 \pm 3.271$) que en sitios no quemados ($\bar{x} = 54.605 \pm 3.500$) ($\chi^2 = 8.142$, $P = 0.004$) con un incremento del (16.17 %) (Figura 12C). No obstante, no se encontró diferencias entre el porcentaje de hierbas en estado reproductivo en los sitios evaluados con dos periodos de recuperación ($\chi^2 = 0.994$, $P = 0.319$). Después de un incendio es posible encontrar un pico de diversidad en un corto tiempo principalmente por la colonización de especies pioneras de rápido crecimiento como hierbas cuya principal estrategia de sobrevivencia se basa en generar gran cantidad de flores y semillas de dispersión anemófila (Pilon et al., 2021); coincidiendo con los resultados del presente estudio, considerando que la proporción de hierbas en estado reproductivo pudo haberse estabilizado en un mayor rango temporal. Además, la intensidad y extensión de los incendios determinan el grado de daño al banco de semillas y la microbiota del suelo, lo que a su vez afecta la capacidad de recuperación del ecosistema (Barreiro & Díaz-Raviña, 2021; Hassan, 2011).

Tabla 2

Resultados de los GLMM para variables de vegetación.

Variables	Promedios y error estándar				Estadísticos (Wald χ^2 y P-valor)	
	Un periodo de recuperación (2023)		Dos periodos de recuperación (2022)		Un periodo	Dos periodos
	Sitios quemados	Sitios no quemados	Sitios quemados	Sitios no quemados		
% de individuos Maduros	20.08±1.074	20.28±0.969	22.6±1.491	20±1.502	0.025 (0.874)	6.919 (0.009)
% de individuos Inmaduros	6.52±0.669	7.76±0.521	3.68±0.373	3.60±0.458	4.555 (0.033)	0.022 (0.882)
Graminoides	63.728±5.530	56.80±5.912	75.756±4.760	72.899±6.939	0.636 (0.425)	0.039 (0.842)
Pastos	78.639±2.156	82.23±2.665	82.067±2.784	84.678±2.227	1.276 (0.258)	1.701 (0.192)
Plantas leñosas	78.640±2.929	86.236±2.557	18.227±4.516	47.712±11.060	22.605 (<0.001)	11.114 (0.001)
Hierbas	65.135±3.271	54.605±3.500	72.273±1.951	69.437±3.105	8.142 (0.004)	0.994 (0.319)

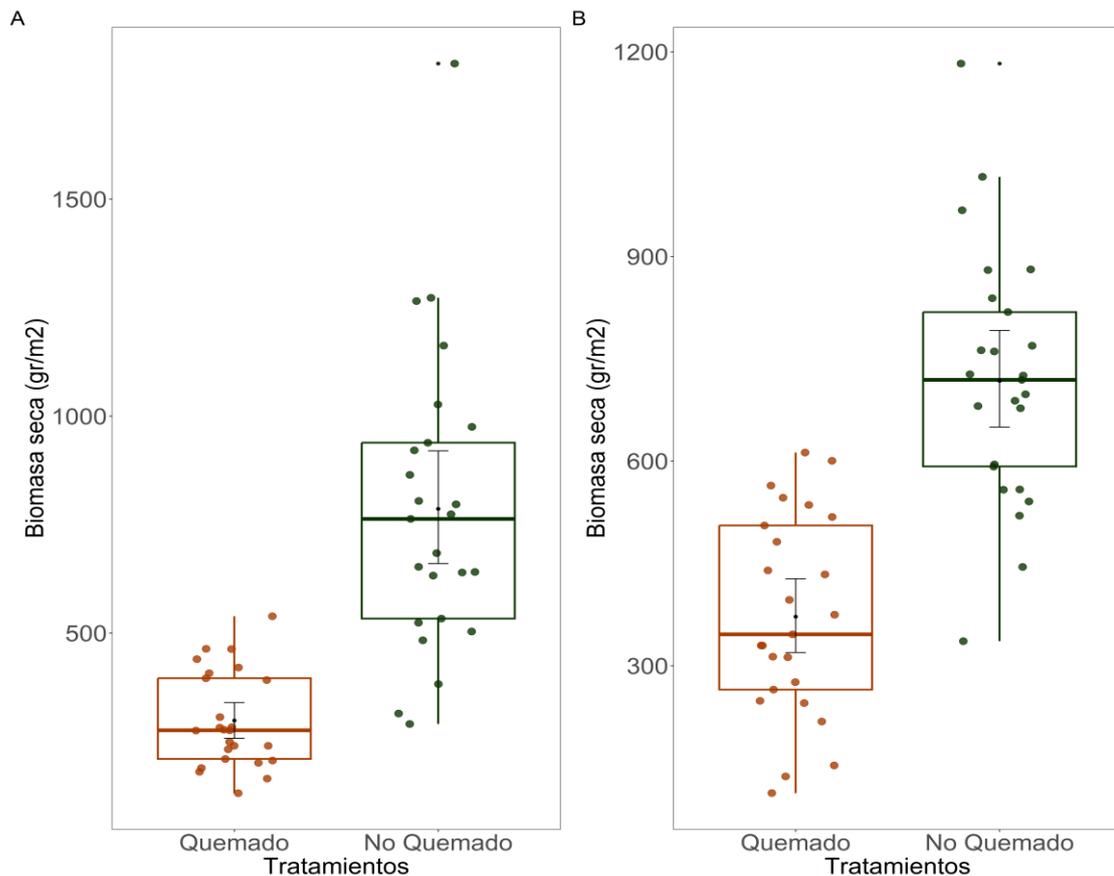
Nota: Los valores con significancia estadística se muestran en negrita.

4.2 EFECTOS EN LA COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Se encontró diferencias significativas para la biomasa seca en el primer periodo de recuperación siendo mayor en los sitios no quemados ($\bar{x} = 786.42 \pm 68.7$) que en los sitios quemados ($\bar{x} = 298.71 \pm 22$) ($\chi^2 = 78.241$, $P < 0.001$) con una reducción del 62.02 %) (Figura 13A), de igual manera para el segundo periodo de recuperación donde también fue mayor en los sitios no quemados ($\bar{x} = 717.55 \pm 37.2$) que en los sitios quemados ($\bar{x} = 371.90 \pm 29.5$) con una reducción del (48.17 %) ($\chi^2 = 55.317$, $P < 0.001$) (Figura 13B).

Figura 13

Efectos del fuego en (A) biomasa aérea con un periodo de recuperación post-incendio, (B) biomasa con dos periodos de recuperación.



Nota: A - B) Los puntos representan la dispersión de los datos, los extremos y las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.

La lenta recuperación de la biomasa observada en los sitios quemados en comparación con los sitios no quemados se debe principalmente al corto periodo de tiempo que no fue suficiente para permitir su recuperación (Ramírez et al., 2022). De este modo el fuego tiende a reducir la disponibilidad de forraje que es utilizado por las poblaciones para el alimento de su ganado ya que incluso después de dos periodos de crecimiento, la biomasa en sitios quemados es inferior a comparación con los sitios no quemados. No obstante, no se puede precisar con exactitud si la calidad bromatológica o



el valor biológico como alimento del forraje post-incendio se ha visto comprometido por el efecto del fuego como si ocurre con los totorales (Loza-Del Carpio & Roque, 2022). La mayor disponibilidad de nutrientes y la estabilidad ecosistémica facilitan una mayor productividad en sitios no quemados en comparación con los que han sido afectados por el fuego, además los sitios no quemados tienden a acumular biomasa muerta en pie. Adicionalmente, actividades como el pastoreo son cada vez menores debido a la migración rural-urbana lo que reduce considerablemente la herbivoría que evitaba su acumulación (Carilla & Grau, 2011; Grau & Aide, 2008).

La riqueza (S) en el primer periodo de recuperación no presentó diferencias significativas ($\chi^2 = 0.772$, $P = 0.378$), ni en el segundo periodo ($\chi^2 = 0.288$, $P = 0.591$). La riqueza de hierbas no fue diferente en el primer periodo de recuperación ($\chi^2 = 0.474$, $P = 0.474$), ni en el segundo periodo ($\chi^2 = 2.618$, $P = 0.106$). En cuanto a la riqueza de pastos, tampoco se encontró diferencias en el primer periodo ($\chi^2 = 1.945$, $P = 0.163$), ni en el segundo ($\chi^2 = 0.062$, $P = 0.804$). Generalmente la riqueza de especies tiende a disminuir en sitios quemados tras largos periodos de tiempo (Ferreira et al., 2021); así como, en cortos periodos de recuperación (De La Cruz-Arango et al., 2023). No obstante, no se encontraron diferencias importantes, probablemente debido a la resiliencia y la velocidad de recuperación de las comunidades vegetales. Algunas especies han desarrollado adaptaciones como una regeneración rápida a partir de raíces, tallos y rizomas subterráneos (De La Cruz-Arango et al., 2023). Por ejemplo, se observó que, en muchos casos, algunas poáceas no se consumían por completo dejando al macollo vivo, lo que permitió la pronta recolonización tras un incendio (Figura 14). Los incendios tienden a reducir la diversidad taxonómica y funcional de múltiples ecosistemas afectados ya sea por la intensidad del fuego y la frecuencia de quema; por lo que, se ha encontrado una reducción parcial tanto en la diversidad alfa como en la beta (Meza et al., 2023). No

obstante, también se han reportado picos de diversidad post-incendio asociados a un periodo corto de tiempo antes de alcanzar la estabilización (Ferreira et al., 2021).

Figura 14

Macollos parcialmente quemados en proceso de regeneración.



Nota: Foto tomada tras un incendio reciente.

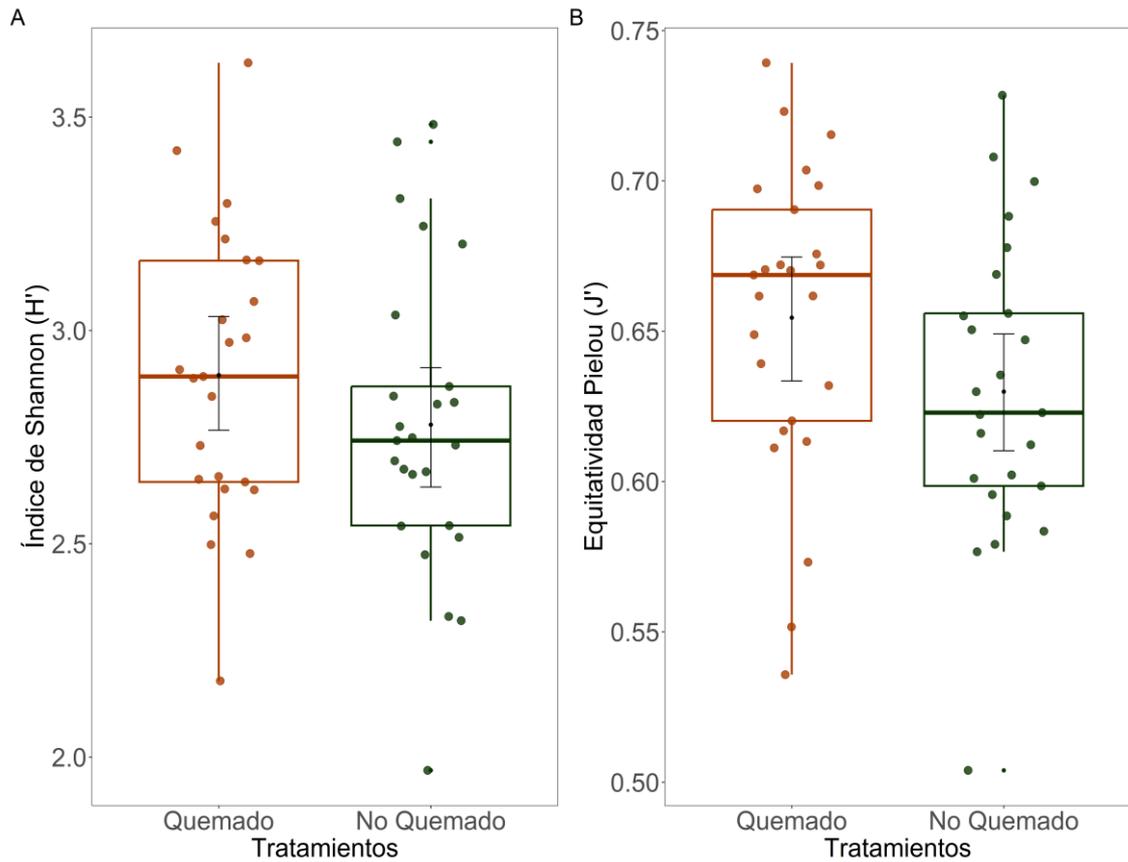
Además, los incendios pueden generar un mosaico de microhábitats dentro de un área afectada, lo que en algunos casos puede incluso aumentar la heterogeneidad y, por ende, mantener o incluso incrementar la riqueza de especies (Bond & Keeley, 2005; Pausas & Keeley, 2019). En contraste, en sitios no quemados, la ausencia de perturbaciones de gran magnitud permite la continuidad de las comunidades vegetales existentes, conservando así la riqueza de especies (De La Cruz-Arango et al., 2023). En este caso, la riqueza de especies fue resistente a los efectos del fuego, manteniéndose estable entre sitios quemados y no quemados.



Después de un periodo de crecimiento no se encontró diferencias significativas en la diversidad en sitios evaluados. No obstante, para el segundo periodo de recuperación si hubo diferencias importantes siendo mayores los valores diversidad para los sitios quemados ($\bar{x} = 2.90 \pm 0.067$) que para los sitios no quemados ($\bar{x} = 2.78 \pm 0.072$) ($\chi^2 = 4.476$, $P = 0.034$) con un incremento del (4.14 %) (Figura 15A). La equitatividad en el primer periodo de recuperación no presentó diferencias significativas ($\chi^2 = 1.345$, $P = 0.246$), pero sí para el segundo periodo de recuperación en donde la equitatividad fue mayor en los sitios quemados ($\bar{x} = 0.654 \pm 0.010$) que en los sitios no quemados ($\bar{x} = 0.630 \pm 0.010$) con un incremento del (3.67 %) ($\chi^2 = 4.199$, $P = 0.040$) (Figura 15B). De modo que, la diversidad estaría explicando la alta equitatividad ya que indica que el ecosistema está más equilibrado y que las especies tienen una distribución más uniforme tras el paso del tiempo indicando que el ecosistema se está recuperando con efectos importantes a partir de dos periodos de recuperación (Souza-Alonso et al., 2022). No obstante, interacciones entre especies, como la competencia y la facilitación, junto con la presencia de especies exóticas como: *Cerastium glomeratum*, *Medicago hispida*, *Taraxacum officinale*, *Erodium cicutarium*, *Briza* spp., *Hypochaeris radicata*, *Daucus* spp., *Verbena* spp., *Cenchrus clandestinus*, *Euphorbia* spp. y *Rumex acetosella*, también pueden influir en la dinámica sucesional, determinando qué especies pueden colonizar y persistir en el área afectada tras una perturbación (Palma et al., 2021).

Figura 15

Efectos del fuego en (A) diversidad de pajonales altoandinos, (B) equitatividad con dos periodos de recuperación post-incendio.



Nota: A - B) Los puntos representan la dispersión de los datos, las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.

Tabla 3

Modelos lineales mixtos generalizados para variables de riqueza, diversidad y equitatividad.

Variables	Promedios y error estándar				Estadísticos (Wald X ² y P-valor)	
	Un periodo de recuperación (2023)		Dos periodos de recuperación (2022)		Un periodo	Dos periodos
	Sitios quemados	Sitios no quemados	Sitios quemados	Sitios no quemados		
Biomasa seca (gr/m²)	298.71±22.0	786.42±68.7	371.90±29.5	717.55±37.2	78.241 (<0.001)	55.317 (<0.001)
Riqueza de especies	24.09±0.992	25.08±1.244	21.89±0.972	21.57±0.914	0.772 (0.378)	0.288 (0.591)
Riqueza de hierbas	15.90±0.825	16.56±1.019	12.95±0.722	11.90±0.676	0.474 (0.491)	2.618 (0.106)
Riqueza de pastos	4.87±0.215	5.17±0.268	5.68±0.256	5.74±0.237	1.945 (0.163)	0.062 (0.804)
Diversidad (H')	3.026±0.075	2.986±0.060	2.90±0.067	2.78±0.072	0.297 (0.586)	4.476 (0.034)
Equitatividad (J')	0.662±0.001	0.650±0.007	0.654±0.010	0.630±0.010	1.345 (0.246)	4.199 (0.040)

Nota: Los valores con significancia estadística están en negrita.

En general, los sitios quemados mostrar una diversidad beta total (B Sor) similar a los sitios no quemados, pero con ligeras variaciones en los componentes de recambio y anidamiento (Tabla 4) después de uno y dos periodos de recuperación post-incendio. Para el primer periodo de recuperación en Antaymarca, Totorani, San Francisco, Compi y Calvario la beta de Simpson explicó la mayor proporción de la disimilaridad en cuanto al recambio de la cobertura, la beta anidada fue similar, aunque ligeramente mayor en los sitios no quemados, indicando una mayor heterogeneidad (Pausas & Keeley, 2019). La estructura de las comunidades puede variar entre sitios y a lo largo del tiempo (Anderson et al., 2011). De similar manera para los sitios con dos periodos de recuperación; Azángaro, Istarata, Huayruro, Anansaya y Collana, en todos los casos la diversidad beta total fue explicada por la beta de Simpson, observándose mayor variabilidad en sitios no quemados, pero también en sitios quemados caracterizados por presentar valores de anidamiento ligeramente mayores.



Las diferencias entre las comunidades están impulsadas principalmente por el reemplazo en lugar de la pérdida de especies debido a la presencia de barreras de diferenciación selectiva y procesos ambientales determinísticos propios de cada sitio (Baselga, 2010). Esto significa que las comunidades en diferentes sitios tienen especies distintas entre sí, lo que contribuye a una mayor diversidad beta, en lugar de una simple reducción en la riqueza de especies en algunas áreas. Este patrón puede ser indicativo de un alto grado de heterogeneidad ambiental y variabilidad en las respuestas de las especies a las condiciones post-incendio, donde la perturbación crea diferentes microhábitats que favorecen la coexistencia de diferentes especies. En cambio, una menor beta anidada indica que la pérdida de especies es menos predominante, y que los cambios en la composición de especies son más el resultado de reemplazos específicos que de una disminución generalizada en la riqueza de especies (Anderson et al., 2011). De modo que, la recuperación de la cobertura vegetal podría ser más lenta de lo esperado ya que se observó bajos valores de riqueza en los dos periodos de recuperación evaluados, estando más acentuado en sitios con dos periodos de recuperación. No obstante, son necesarios mayores rangos temporales para observar cambios importantes en la composición y estructura de comunidades vegetales (Gordijn & O'Connor, 2021; Pilon et al., 2021; Salim et al., 2022). En esta ocasión los pastizales mostraron un patrón similar de respuesta ante el fuego, aunque es probable que la población de aquellos sitios con menor riqueza en esencia pueda estar condicionadas a ser un fragmento de otras comunidades (Baselga, 2010).

Tabla 4

Diversidad beta de comunidades vegetales afectadas por incendios.

Sitios	Periodo de recuperación	Diversidad beta						ANOSIM (R y P-valor)	
		Sitios quemados			Sitios no quemados				
		B Sim	B nes	B Sor	B Sim	B nes	B Sor		
Antaymarca	1 periodo de crecimiento	0.332	0.101	0.433	0.326	0.112	0.438	0.256	0.066
Totorani	1 periodo de crecimiento	0.332	0.099	0.430	0.391	0.109	0.500	0.408	0.007
San Francisco	1 periodo de crecimiento	0.266	0.182	0.448	0.272	0.220	0.492	0.508	0.030
Compi	1 periodo de crecimiento	0.427	0.073	0.500	0.371	0.082	0.453	0.448	0.015
Calvario	1 periodo de crecimiento	0.297	0.121	0.418	0.295	0.145	0.440	0.612	0.009
Azángaro	2 periodos de crecimiento	0.329	0.040	0.369	0.371	0.027	0.398	0.460	0.043
Collana	2 periodos de crecimiento	0.451	0.062	0.512	0.300	0.120	0.420	0.504	0.010
Istarata	2 periodos de crecimiento	0.365	0.086	0.451	0.356	0.055	0.411	0.476	0.010
Anansaya	2 periodos de crecimiento	0.412	0.058	0.470	0.338	0.136	0.474	0.304	0.007
Huayruro	2 periodos de crecimiento	0.462	0.036	0.498	0.401	0.059	0.460	0.532	0.009

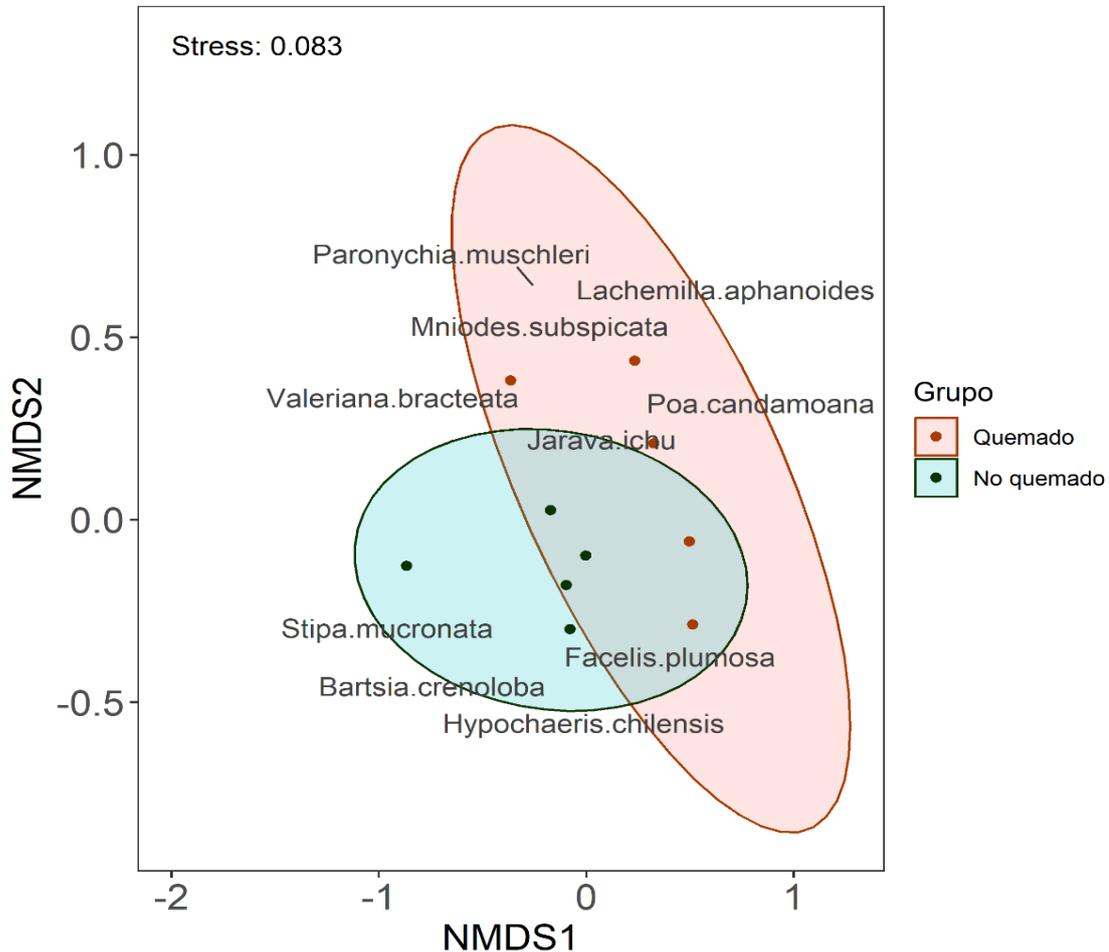
Nota: Bsim: Beta de Simpson (recambio o turnover), Bnes: Beta anidada o nested (ganancia o pérdida de especies), Bsor: Beta de Sorensen (Beta total). R: estadístico de validación de la composición de especies. Valores con significancia estadística está marcado en negrita.



El NMDS realizado para Antaymarca mostró valores de cobertura no muy diferenciados entre los sitios con incendio y sin incendios compartiendo especies en cinco sitios entre quemados y no quemados. Cabe resaltar que en los sitios quemados se encuentra una mayor dispersión y un elipsoide más grande indicando que la cobertura de las especies ha sido alterada y por ende presenta una mayor variabilidad en su composición (Figura 16). Además, algunas especies pueden ser consideradas indicadoras de incendios. Por ejemplo, el análisis de especies indicadoras encontró que hierbas como *Urocarpidium echinatum* y *Oxalis oreocharis* son indicadoras del fuego ya que están presentes prácticamente en todos los sitios con incendios; de modo que, estas especies han sido beneficiadas por el efecto del fuego y posiblemente sean pioneras en los procesos de sucesión ecológica después del incendio (Salim et al., 2022). De igual manera, hierbas como *Oxalis pachyrrhiza* es indicadora de sitios sin incendios encontrándose asociada al 100 % de los sitios no quemados (Tabla 5).

Figura 16

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Antaymarca.



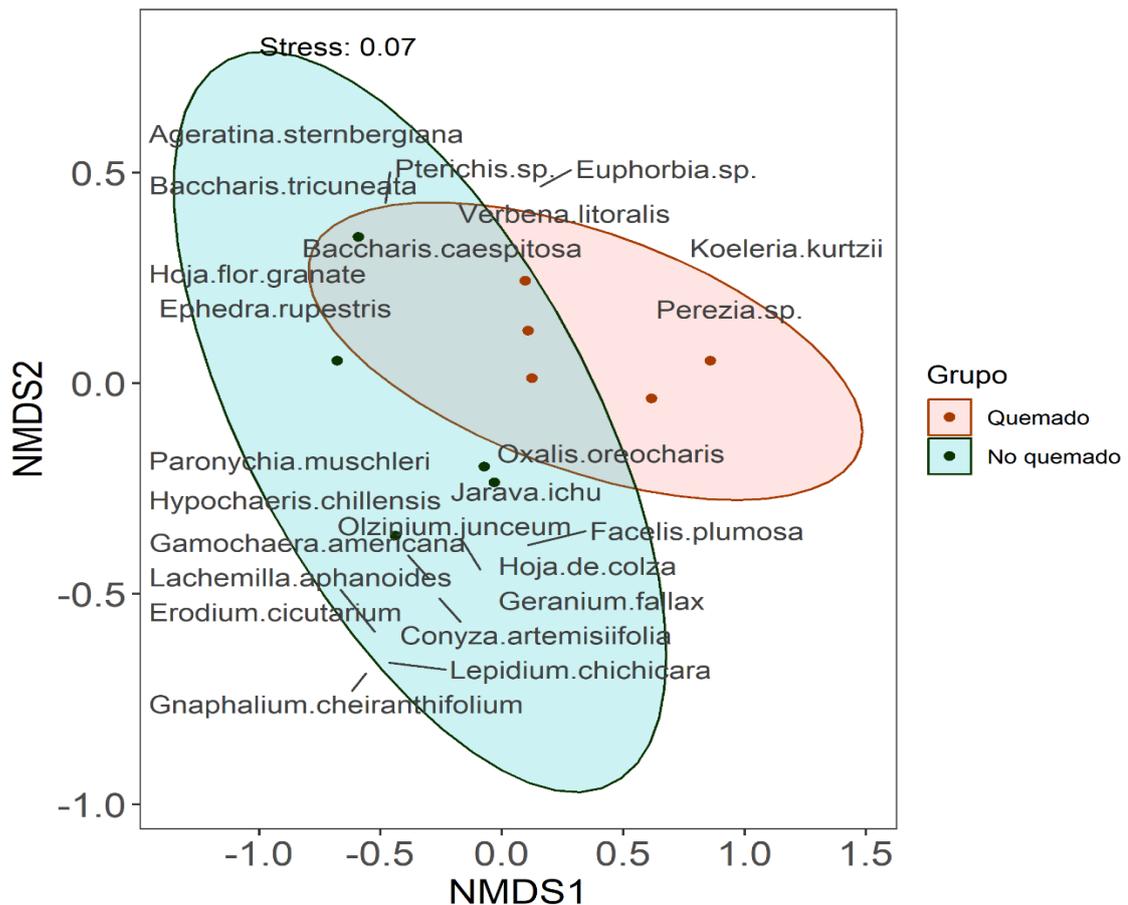
Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En Totorani el proceso de recuperación fue bastante similar en ambos grupos ya que los elipsoides se encuentran compartiendo características en cuatro sitios entre quemados y no quemados (Figura 17). No obstante, los sitios no quemados son las que presentaron una mayor dispersión de sus datos indicando mayor diversidad mientras que los sitios quemados fueron más reducidos habiendo limitado el crecimiento y desarrollo de las especies. Hierbas como *Paranephelius ovatus*, *Sisyrinchium chilense*, *Perezia sublyrata* y *Verbena litoralis* fueron las especies indicadoras para sitios quemados mientras que para los sitios no quemados hierbas como *Astragalus garbancillo*, *Bidens*

andicola y gramíneas como *Festuca dolichophylla* fueron las especies con un mayor estadístico de asociación.

Figura 17

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Totorani.



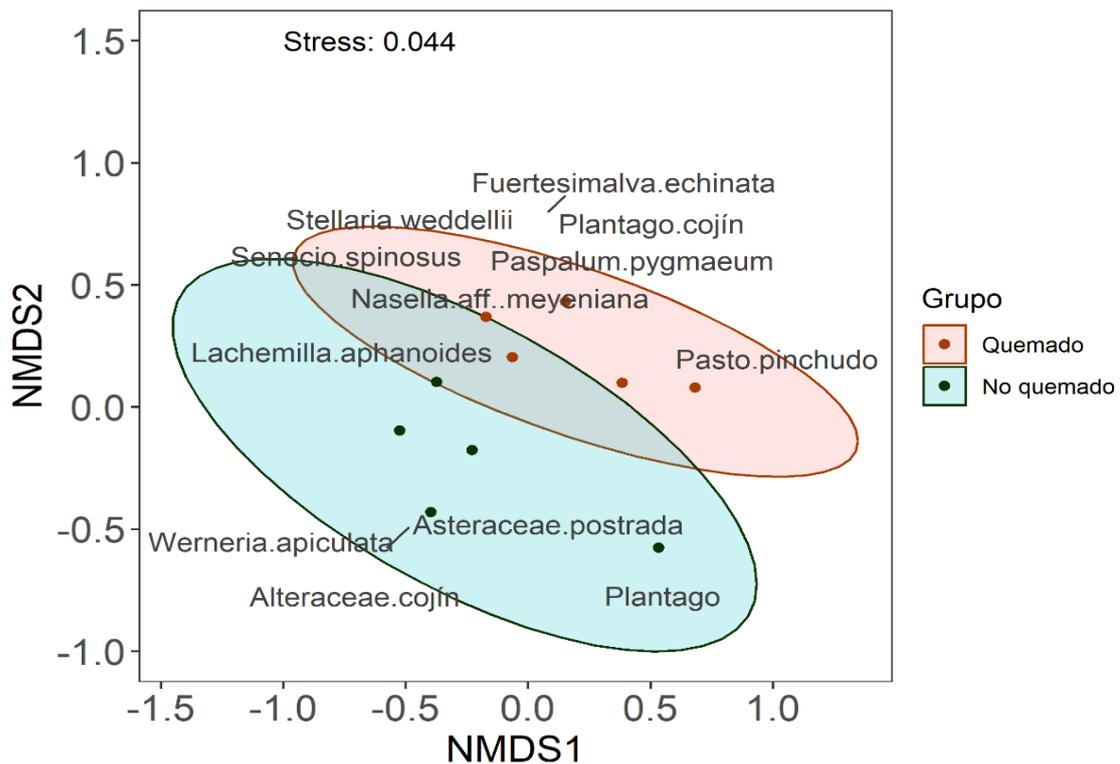
Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En San Francisco se puede observar que los sitios quemados y no quemados se diferencian de mejor manera indicando que el efecto del fuego ocasionó cambios en la estructura de la comunidad, reduciendo su diversidad al mostrar un elipsoide más pequeño en los sitios quemados tan solo compartiendo valores similares en tres sitios (Figura 18). Para los sitios quemados la especie indicadora fue la gramínea *Bromus*

catharticus, mientras que para los sitios no quemados fueron *Stipa plumosa* y *Tetraglochin cristatum*.

Figura 18

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de San Francisco.

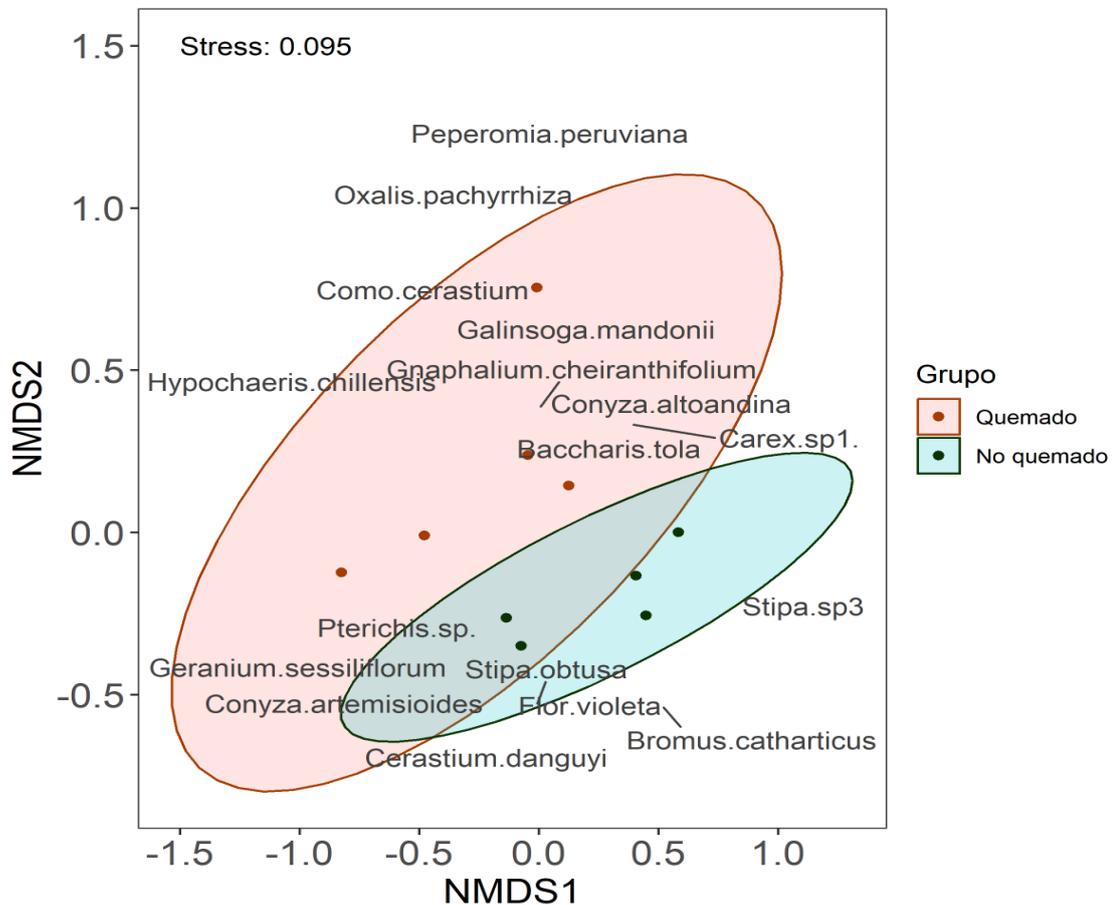


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En Compi los sitios quemados y no quemados muestran diferencias con dos grupos separados, aunque relativamente cercanos, por un lado, la variabilidad más grande se encuentra en los sitios quemados y por otro lado de manera más reducida los sitios no quemados (Figura 19). Las especies indicadoras para sitios con incendios fueron *Hieracium mandonii* y *Muhlenbergia peruviana*. Por otro lado, las especies indicadoras para sitios no quemados fueron *Paronychia muschleri*, *Ephedra rupestris*, *Tetraglochin cristatum* y *Plantago sericea*.

Figura 19

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Compi.

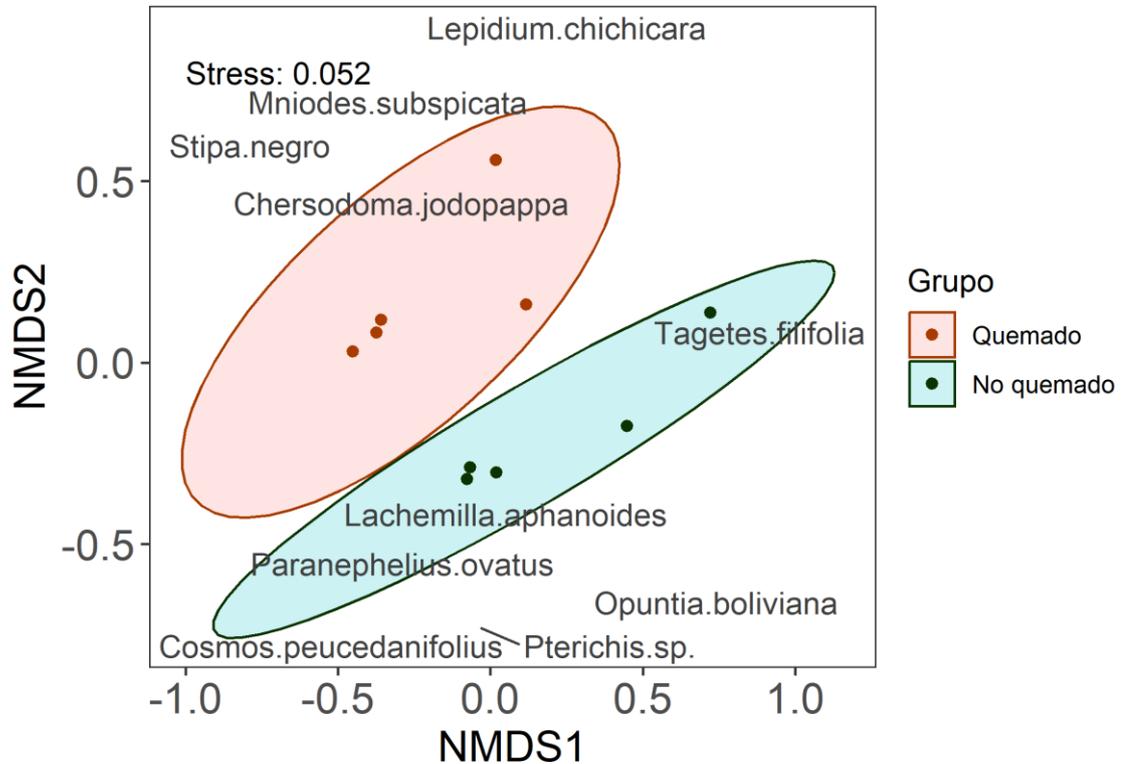


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En cuanto a Calvario la diferenciación entre los grupos es más notoria y la mayor variabilidad se encuentra en los sitios no quemados mientras que los sitios quemados están menos dispersos (Figura 20). Las especies indicadoras de los sitios quemados fueron *Chersodoma jodopappa*, *Hypochaeris chilensis* y la exótica *Hieracium mandonii*; mientras que, las indicadoras de sitios no quemados fueron *Conyza artemisioides*, un helecho, *Tetraglochin cristatum* y *Festuca dolichophylla*.

Figura 20

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Calvario.

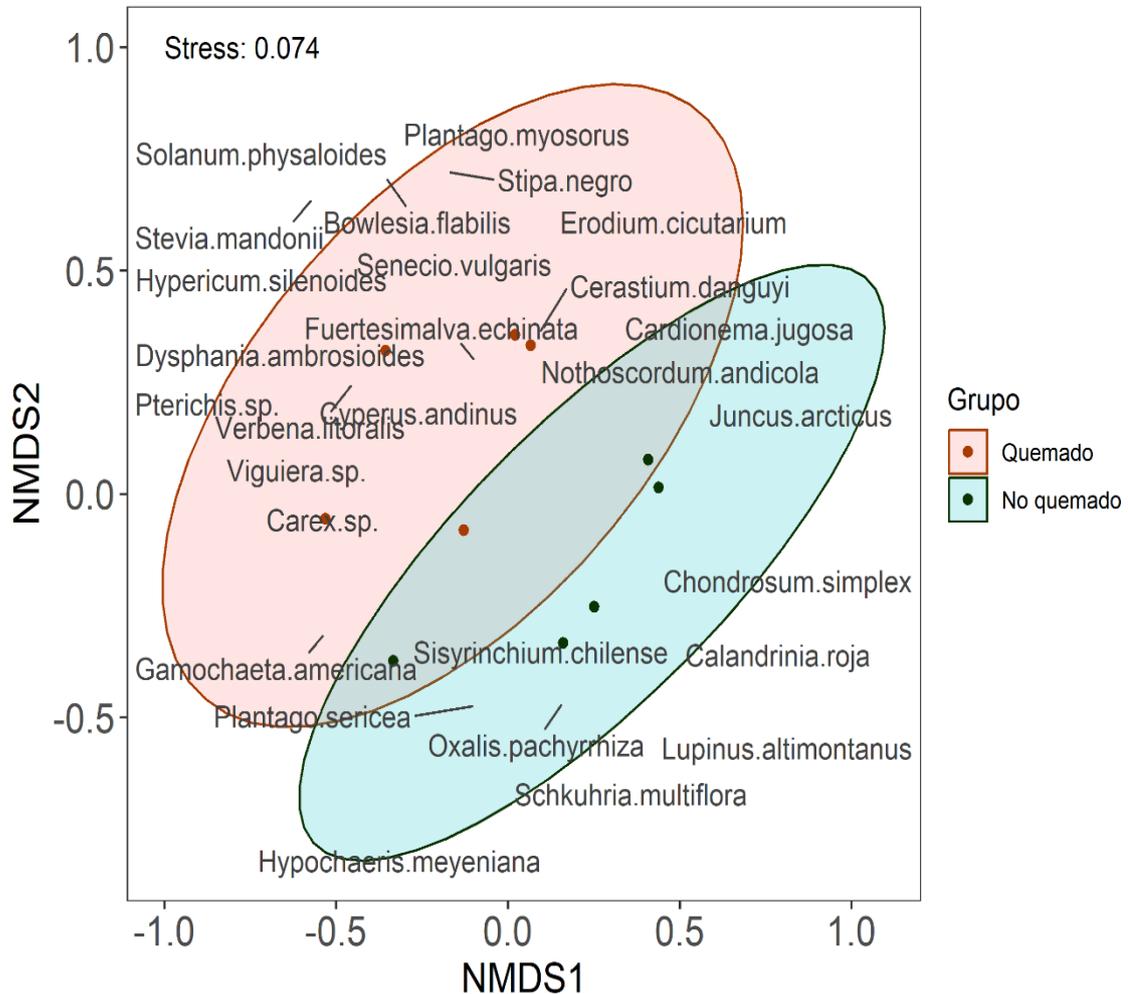


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

Después de dos periodos de recuperación en Azángaro la cobertura es similar en los sitios evaluados indicando una recuperación paulatina (Figura 21). Las especies indicadoras para los sitios quemados fueron hierbas y gramínoideas como *Hypericum silenoides*, *Stevia mandonii*, *Verbena litoralis*, *Cyperus andinus*, *Piptochaetium indutum* y *Fuertesimalva echinata*; mientras que, para los sitios no quemados fueron *Cheilanthes pruinata*, *Tetraglochin cristatum*, *Calandrinia*, *Chondrosium simplex* y *Bidens triplinervia*.

Figura 21

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Azángaro.

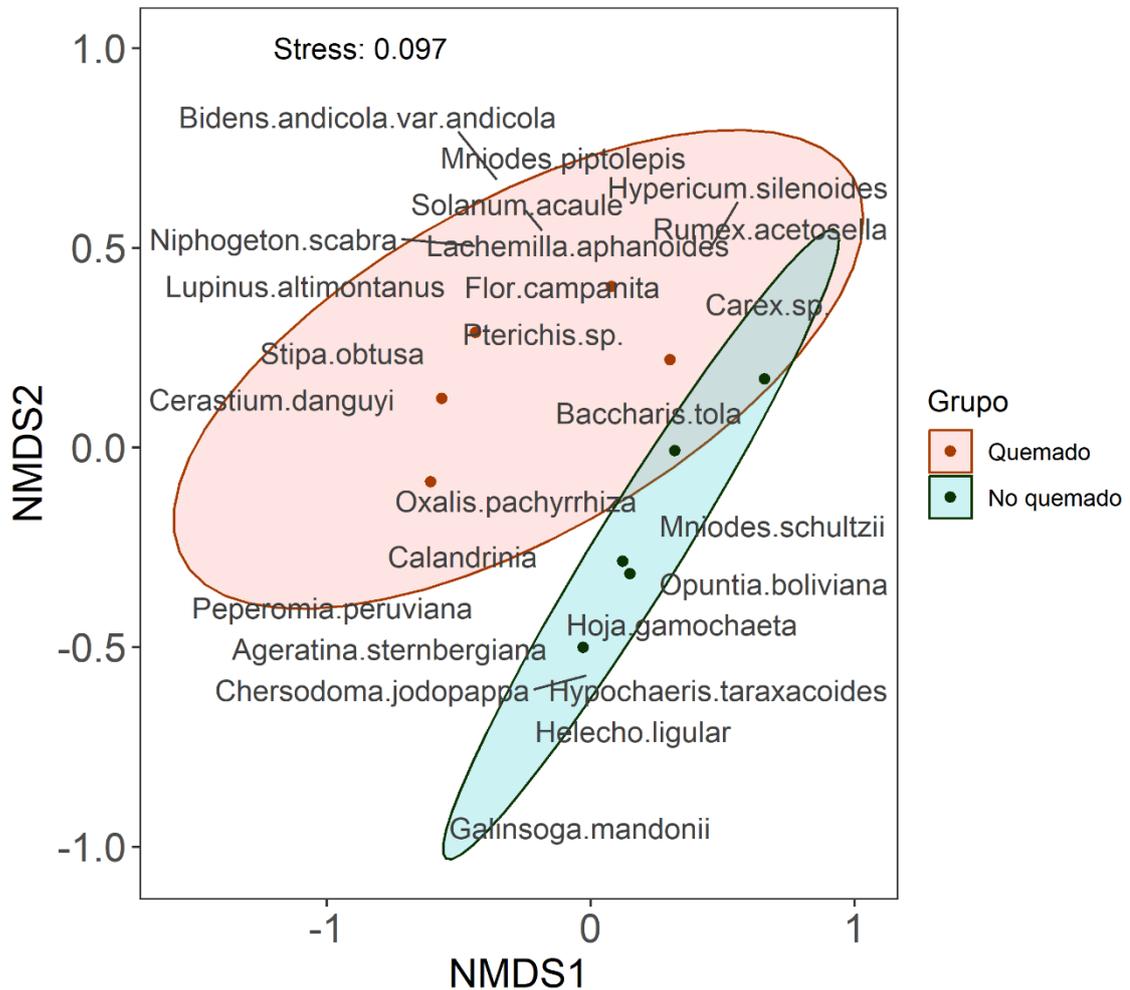


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En cuanto a Collana la recuperación no fue muy evidente. La mayor variabilidad se encontró en los sitios quemados los cuales estuvieron distanciados y más dispersos que los sitios no quemados (Figura 22). No se encontró ninguna especie indicadora para sitios quemados, pero si para sitios no quemados siendo hierbas y helechos como *Mniodes schultzii* y *Woodsia montevidensis*.

Figura 22

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Collana.

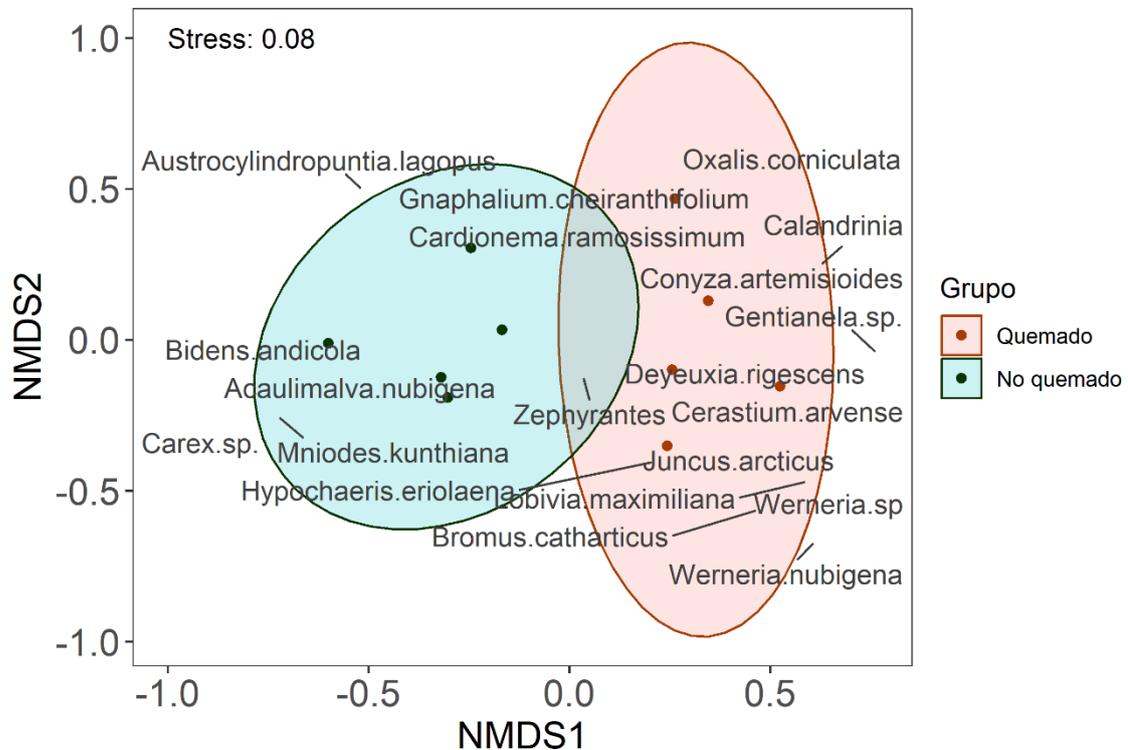


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En Istarata los grupos se encuentran ligeramente distanciados y la mayor variabilidad pertenece a los sitios quemados (Figura 23). En cuanto a las especies indicadoras para los sitios quemados fueron *Stipa*, *Koeleria kurtzii* y *Cyperus andinus* que son gramínoideas y gramíneas. Por otro lado, las especies indicadoras para sitios no quemados fueron *Paronychia muschleri*, *Stipa obtusa*, *Astragalus micranthellus*, *Facelis plumosa* y *Festuca dolichophylla*.

Figura 23

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Istarata.

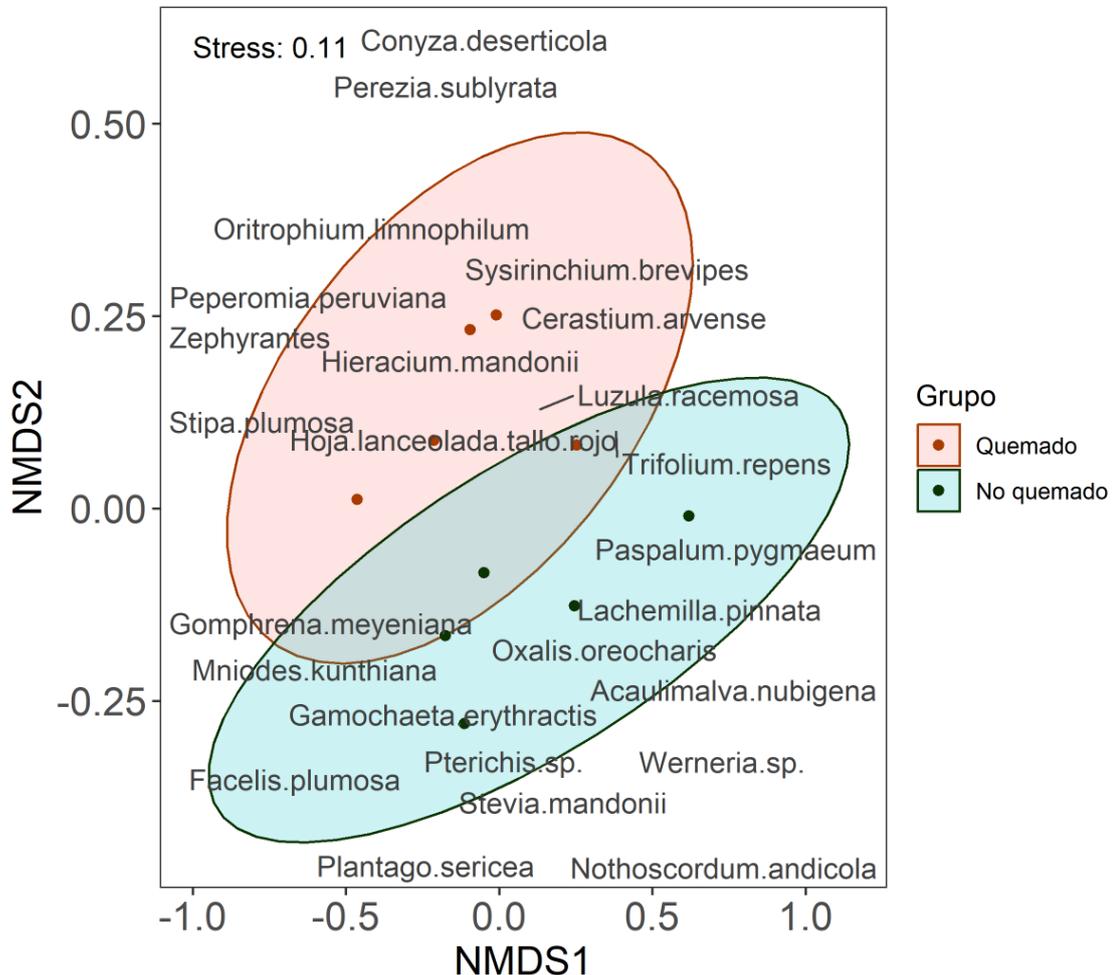


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

En cuanto a Anansaya los grupos están ligeramente distanciados (Figura 24), aunque comparten especies en tres sitios entre quemados y no quemados. No se encontró especies indicadoras para los sitios quemados, pero si para los sitios no quemados la cual fue únicamente *Stipa obtusa*.

Figura 24

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Anansaya.

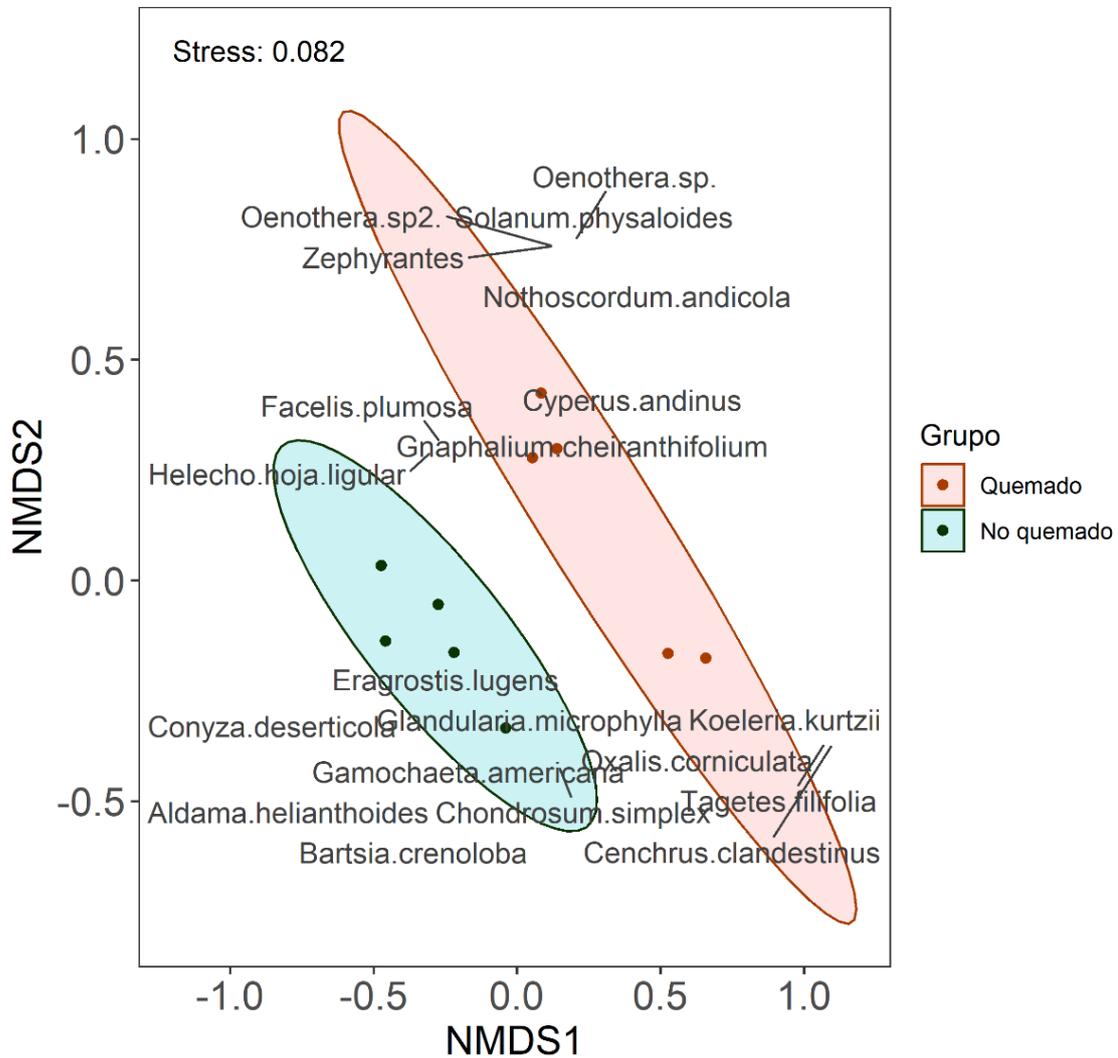


Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

Para Huayruro se observó que los valores para sitios quemados y no quemados son distantes y no parece haber un indicio de recuperación aun con dos periodos de recuperación (Figura 25). Las especies indicadoras del fuego fueron *Cyperus andinus* y *Gnaphalium cheiranthifolium*; mientras que, para los sitios no quemados fueron *Tetraglochin cristatum*, *Aristida adscensionis*, *Festuca dolichophylla* y *Galinsoga mandonii*.

Figura 25

Escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de Huayruro.



Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de la cobertura de especies (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS.

Con el tiempo, especies pioneras facilitan la recuperación del suelo y crean condiciones favorables para que especies más especializadas y de crecimiento más lento, como arbustos, pastos, gramíneas y graminoides se establezcan. Este proceso de sucesión puede variar en duración dependiendo de la intensidad del incendio, las condiciones climáticas, y las características del suelo (Shakesby, 2011). En los ecosistemas altoandinos, donde las condiciones ambientales son severas, la sucesión vegetal tiende a



ser más lenta, pero es esencial para la restauración de la biodiversidad y la recuperación de las funciones ecológicas del paisaje. La reaparición de especies clave y la reconstitución de la estructura del ecosistema son indicadores del progreso de la sucesión y de la resiliencia del ecosistema frente a perturbaciones. En la mayoría de los casos existe una ligera superposición entre los grupos indicando hasta cierto punto una estabilización en la cobertura a través del tiempo. No obstante, esta interpretación podría ser contraproducente; ya que, el presente estudio no evalúa la sucesión ecológica como para aseverar si está ocurriendo o no. En adición, los muestreos no se realizaron en las mismas áreas afectadas después de los dos periodos de recuperación como si fueron realizados en otros estudios (Landi et al., 2021; X. Liu et al., 2019).

De cualquier manera, la recuperación observada podría estar relacionada con la capacidad de algunas especies de generar mecanismos biológicos de protección (Martinez Carretero, 1995) como un crecimiento al ras del suelo, tallos subterráneos, bulbos y una gran capacidad de dispersión de semillas (De La Cruz-Arango et al., 2023). Estas adaptaciones confieren una ventaja en cuanto a la recuperación después de un lapso considerable de tiempo, además de que podrían estar facilitadas por las condiciones microclimáticas y edáficas favorables que persisten en estos sitios, a pesar del impacto inicial del fuego (Wang et al., 2021). La variabilidad en la cobertura vegetal fue mayor en los sitios quemados en casi todos los sitios de evaluación a excepción de algunos sitios donde la variabilidad más grande se encontró en los sitios no quemados. Esto se observa especialmente en sitios con una menor riqueza de especies y que probablemente sean subconjuntos de otras (Anderson et al., 2011; Baselga, 2010).

En general tras la ocurrencia de un incendio, las especies herbáceas son más favorecidas por efecto del fuego, debido a las adaptaciones para generar estructuras de protección, su capacidad para aprovechar los nutrientes liberados por la combustión,

resistencia contra las condiciones extremas del altiplano y mecanismos de dispersión de semillas (De La Cruz-Arango et al., 2023). No obstante, son las leñosas aquellas especies que se han visto principalmente perjudicadas tras un incendio a excepción de *C. jodopappa*. Por otro lado, tanto las especies leñosas, los helechos, gramíneas y determinadas hierbas perennes son indicadoras de sitios no incendiados.

Tabla 5

Análisis de especies indicadoras (ISA).

Sitio	Quemadas			No quemadas		
	Especies importantes	Estadístico de asociación	P-valor	Especies importantes	Estadístico de asociación	P-valor
Antaymarca	<i>Urocarpidium echinatum</i>	1	0.035			
	<i>Oxalis oreocharis</i>	1	0.035	<i>Oxalis pachyrrhiza</i>	1	0.035
Totorani	<i>Paranephelius ovatus</i>	0.956	0.04	<i>Astragalus garbancillo</i>	1	0.015
	<i>Sisyrinchium chilense</i>	0.919	0.025	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.8	0.015
	<i>Perezia sublyrata</i>	0.894	0.04	<i>Bidens andicola</i>	0.788	0.045
	<i>Verbena litoralis</i>	0.878	0.045			
San Francisco				Hoja Baccharis	0.894	0.04
	<i>Bromus catharticus</i>	1	0.01	<i>Stipa plumosa</i>	0.894	0.04
				<i>Tetraglochin cristatum</i>	0.894	0.04
Compi	<i>Hieracium mandonii</i>	0.894	0.04	<i>Paronychia muschleri</i>	1	0.015
				<i>Ephedra rupestris</i>	0.894	0.05
	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	0.876	0.05	<i>Tetraglochin cristatum</i>	0.877	0.015
				<i>Plantago sericea</i>	0.872	0.05
Calvario	<i>Chersodoma jodopappa</i>	1	0.02	<i>Conyza artemisioides</i>	0.894	0.05
	<i>Hypochoeris chillensis</i>	0.822	0.035	Helecho hoja ligular	0.894	0.05
				<i>Tetraglochin cristatum</i>	0.893	0.03
	<i>Hieracium mandonii</i>	0.792	0.045	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.864	0.02
Azángaro	<i>Hypericum silenoides</i>	1	0.015	Flor violeta	0.928	0.04
	<i>Stevia mandonii</i>	0.894	0.045	<i>Cheilanthes pruinata</i>	0.912	0.025
	<i>Verbena litoralis</i>	0.894	0.05	<i>Tetraglochin cristatum</i>	0.898	0.02
	<i>Cyperus andinus</i>	0.886	0.015	Calandrinia roja	0.894	0.05
	<i>Piptochaetium indutum</i>	0.878	0.03	<i>Chondrosium simplex</i>	0.894	0.05
	<i>Fuertesimalva echinata</i>	0.868	0.015	<i>Bidens triplinervia</i>	0.888	0.045

Sitio	Quemadas			No quemadas		
	Especies importantes	Estadístico de asociación	P-valor	Especies importantes	Estadístico de asociación	P-valor
Collana				<i>Mniodes schultzei</i>	0.894	0.05
				<i>Woodsia montevidensis</i>	0.924	0.03
Istarata	<i>Stipa sp1</i>	0.915	0.035	<i>Paronychia muschleri</i>	1	0.005
	<i>Koeleria kurtzii</i>	0.838	0.025	<i>Stipa obtusa</i>	0.902	0.005
				<i>Astragalus micranthellus</i>	0.894	0.04
	<i>Cyperus andinus</i>	0.834	0.035	<i>Facelis plumosa</i>	0.894	0.03
Anansaya				<i>Festuca dolichophylla</i>	0.843	0.025
				<i>Stipa obtusa</i>	0.866	0.025
Huayruro	<i>Cyperus andinus</i>	1	0.01	<i>Tetraglochin cristatum</i>	0.932	0.02
				<i>Aristida adscensionis</i>	0.924	0.01
	<i>Gnaphalium cheiranthifolium</i>	1	0.01	<i>Festuca dolichophylla</i>	0.863	0.015
				<i>Galinsoga mandonii</i>	0.854	0.01

Nota: El estadístico de asociación: representa el porcentaje de presencia de la especie en cada sitio. Los valores con significancia estadística están en negrita.

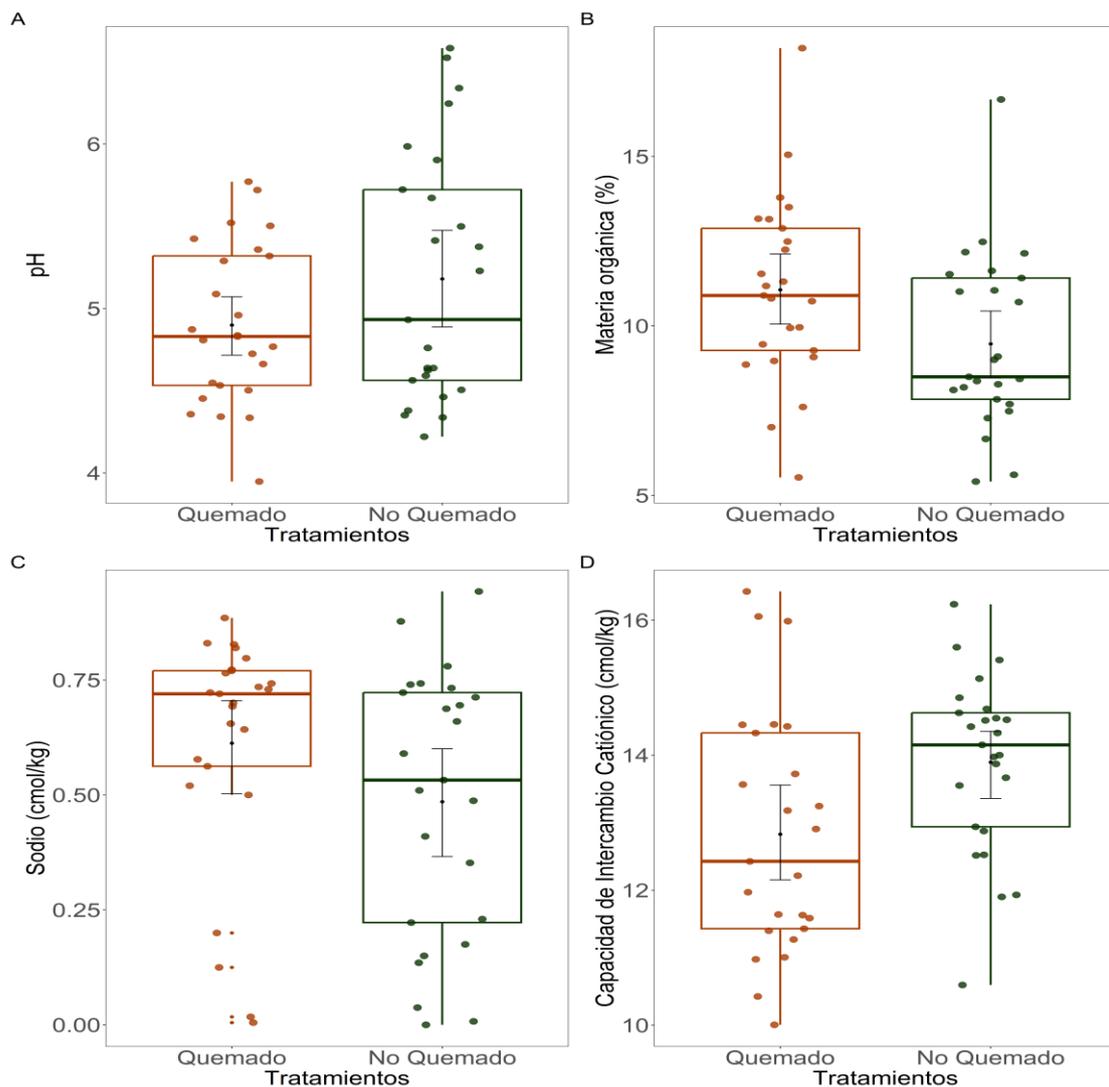
4.3 EFECTOS EN LOS SUELOS

El pH fue más ácido en sitios quemados ($\bar{x} = 4.899 \pm 0.097$) que en sitios no quemados ($\bar{x} = 5.180 \pm 0.152$) en el primer periodo de recuperación ($\chi^2 = 6.017$, $P = 0.014$) con una reducción del (5.42 %) (Figura 26A), pero no hubo diferencias para el segundo periodo ($\chi^2 = 3.813$, $P = 0.051$). El fuego tiende a incrementar el pH principalmente por dos vías, la primera por combustión de determinados ácidos carboxílicos derivados de la materia orgánica del suelo y la segunda vía, por la liberación de cationes básicos a partir de las cenizas provocadas por la combustión (Beltrán-Pineda & Lizarazo-Forero, 2014). No obstante, en estos ecosistemas específicos, la acidez puede verse influenciada por la lixiviación acelerada de cationes básicos (e.g. Ca^{+2} , Mg^{+2} , K y Na^+) después del incendio, especialmente cuando ocurren constantes precipitaciones post-incendio. Además, la mineralización rápida de la materia orgánica puede liberar

ácidos orgánicos (ácido carbónico, oxálico, acético y húmico), contribuyendo aún más a la acidez del suelo (Neary et al., 2005) lo que no ocurre después de dos periodos de recuperación indicando una estabilización de dicho parámetro (Tabla 6).

Figura 26

Efectos del fuego en las características fisicoquímicas del suelo en cicatrices de incendio con un periodo de recuperación post-incendio.



Nota: C - D) cmol/kg: Miliequivalencia de 1 gramo en 100 gramos o centimoles por kilogramo. A - D) Los puntos representan la dispersión de los datos, los extremos y las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.



La conductividad eléctrica no mostró diferencias significativas en sitios quemados y no quemados luego de un ($\chi^2 = 1.751$, $P = 0.186$) y dos ($\chi^2 = 1.028$, $P = 0.311$) periodos de recuperación post - incendio. La falta de cambio en la conductividad eléctrica entre los sitios evaluados podría deberse a varios factores, como la naturaleza del suelo, la intensidad y frecuencia del incendio, y la composición del material vegetal quemado. En efecto, los incendios pueden volatilizar nutrientes clave, pero si la biomasa combustible tiene un contenido bajo en sales solubles, es posible que no haya efecto alguno (Hidalgo, 2016). Además, si la recuperación post-incendio ha sido suficientemente prolongado (uno o dos periodos), los procesos de lixiviación podrían haber redistribuido las sales, equilibrando las diferencias. En otros estudios, se ha observado que la conductividad eléctrica puede aumentar significativamente después de un incendio debido a la liberación de sales solubles desde la materia orgánica quemada (Benito et al., 2014). Sin embargo, estas variaciones dependen en gran medida de las condiciones locales y la severidad del incendio, lo que explica por qué en algunos estudios, como el presente, no se encontraron diferencias, siendo necesarios estudios en diferentes estaciones del año.

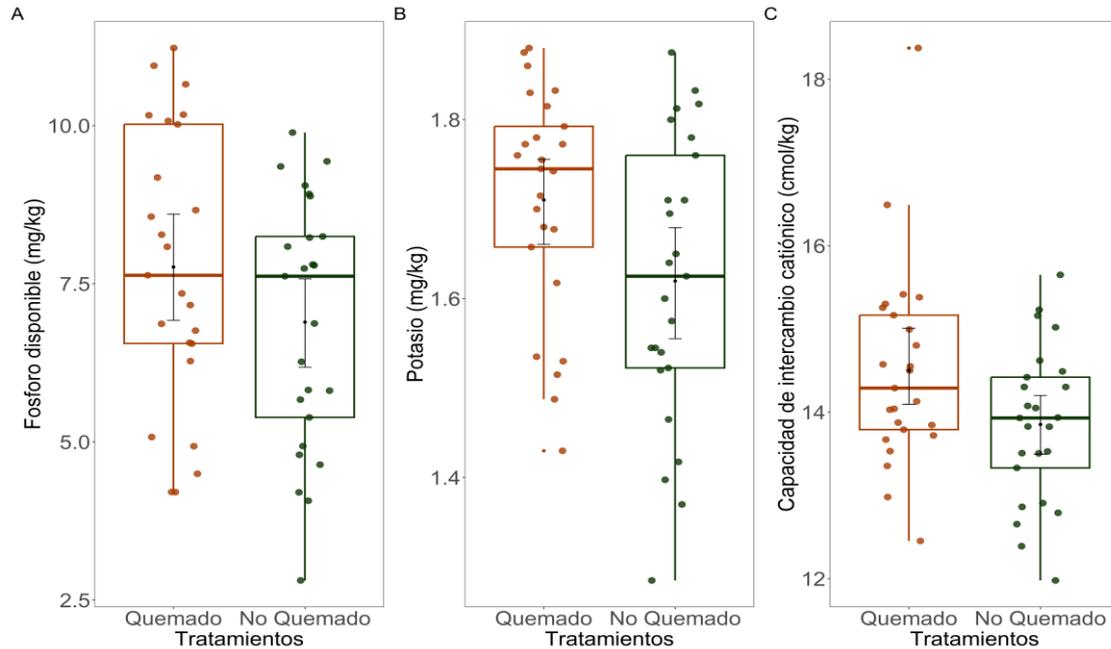
En cuanto al nitrógeno total tampoco se encontró diferencias entre los sitios quemados y no quemados en uno ($\chi^2 = 0.056$, $P = 0.815$) y dos ($\chi^2 = 0.876$, $P = 0.349$) periodos de recuperación post - incendio. No obstante, se sabe que la temperatura y las altas cantidades de cationes intercambiables proveen condiciones favorables para la actividad microbiana responsable de la fijación de nitrógeno en el suelo, resultando en una alta tasa de ciclaje de nutrientes. El fuego puede crear condiciones adversas como la anaerobiosis, compactación de la textura y ausencia de cobertura vegetal que son características que pueden reducir la actividad fijadora de nitrógeno despojándolas de sus fuentes de alimentación como el malato o la glucosa (Beltrán-Pineda & Lizarazo-Forero, 2014). Durante un incendio, las altas temperaturas pueden provocar la volatilización de



nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el azufre, lo que disminuye su disponibilidad en el suelo y afecta la fertilidad a largo plazo (Certini, 2005). En este caso el nitrógeno no cambió en los sitios de evaluación. Además, el fuego puede alterar la textura del suelo al modificar la configuración de partículas, reduciendo la porosidad, la capacidad de retención de agua e incrementando su repelencia, lo que a su vez impacta negativamente la capacidad del suelo para soportar la vegetación post-incendio (Debano, 2000). Cambios en las propiedades fisicoquímicas del suelo pueden tener efectos prolongados sobre la recuperación del ecosistema, ralentizando la recolonización vegetal y alterando las dinámicas ecológicas en los años posteriores al incendio (Neary et al., 1999). El efecto de los incendios en las características fisicoquímicas de los suelos tiende a ser un proceso complejo y depende de múltiples factores ambientales, topográficos, microbiológicos y ecológicos que determinan su estado ya sea en escenarios pre y post incendio (Certini, 2005).

Figura 27

Efectos del fuego en las características fisicoquímicas del suelo en cicatrices de incendio con dos periodos de recuperación post-incendio.



Nota: A – B) mg/kg: Equivale a $1 \cdot 10^{-6}$ o partes por millón (ppm). C) cmol/kg: Miliequivalencia de 1 gramo en 100 gramos o centimoles por kilogramo. Los puntos representan la dispersión de los datos, los extremos y las líneas horizontales a los cuartiles teóricos: 0, 1, 2, 3 y 4., el promedio (punto) y la desviación estándar (líneas) están representados en negro.

Después de dos periodos de recuperación post-incendio si hubo diferencias significativas en el fosforo disponible presentando una mayor concentración en sitios quemados ($\bar{x} = 7.764 \pm 0.438$) que en los sitios no quemados ($\bar{x} = 6.893 \pm 0.395$) con un incremento del (11.22 %) ($\chi^2 = 13.691$, $P < 0.001$) (Figura 27A), pero no para un periodo de recuperación ($\chi^2 = 0.296$, $P = 0.586$). La principal fuente de fosforo en el suelo es a partir de bacterias solubilizadoras de fosfato que por lo general son susceptibles al efecto del fuego. No obstante, el fuego puede ocasionar la liberación de fósforo inorgánico desde la materia orgánica del suelo lo que al ir acumulándose favorecería la presencia de este tipo de bacterias durante su recuperación tras la regeneración de la cobertura vegetal y el crecimiento bacteriano (González-Pérez et al., 2004). El potasio disponible (K^+) no



mostró diferencias significativas entre los sitios quemados y no quemados a un ($\chi^2 = 0.027$, $P = 0.870$) y dos ($\chi^2 = 0.880$, $P = 0.348$) periodos de recuperación post - incendio. Algo que podría estar relacionado con la resistencia del potasio a los procesos de volatilización durante los incendios (González-Pérez et al., 2004), dado que el potasio, a diferencia de otros nutrientes como el nitrógeno o el fósforo, no se volatiliza fácilmente a temperaturas moderadas. Esto podría explicar por qué los niveles de potasio disponible permanecen estables en ambos tipos de sitios, especialmente si el incendio no fue extremadamente intenso o porque su duración fue muy corta, característico de incendios de pastizales (Zubieta et al., 2021). Sin embargo, se ha documentado un aumento en el potasio disponible debido a la liberación de este elemento desde la ceniza y la materia orgánica quemada, lo que puede enriquecer el suelo temporalmente (Certini, 2005; González-Pérez et al., 2004). Esto no ocurre con el potasio disponible, pero si con la materia orgánica; ya que, para el primer periodo de recuperación es donde es mayor en los sitios quemados ($\bar{x} = 11.064 \pm 0.542$) y menor en los sitios no quemados con un incremento del (14.39 %) ($\bar{x} = 9.471 \pm 0.511$) ($\chi^2 = 13.691$, $P < 0.001$) (Figura 26B). Por otro lado, no fue diferente para el segundo periodo de recuperación post-incendio ($\chi^2 = 2.663$, $P = 0.103$).

En cuanto al Ca^{+2} no se encontraron diferencias significativas entre las áreas quemadas y no quemadas a un ($\chi^2 = 1.198$, $P = 0.274$) y dos ($\chi^2 = 0.044$, $P = 0.833$) periodos de recuperación post - incendio. Las concentraciones de Mg^{+2} tampoco se vieron afectadas por el fuego ($\chi^2 = 1.679$, $P = 0.195$) ($\chi^2 = 1.695$, $P = 0.193$). La ausencia de cambios en los niveles de calcio y magnesio podría atribuirse a la estabilidad relativa de estos cationes en el suelo frente a los efectos del fuego; ya que, ambos elementos son menos volátiles que otros cationes y suelen permanecer en el suelo incluso después de incendios moderados (Certini, 2005). Además, el calcio y el magnesio están fuertemente



adsorbidos a las partículas del suelo, lo que reduce su susceptibilidad a la lixiviación post-incendio así excluyendo el efecto de la lluvia. Sin embargo, se ha observado que los incendios pueden aumentar temporalmente la disponibilidad de calcio y magnesio en el suelo debido a la liberación de estos elementos desde la materia orgánica y las cenizas, especialmente en incendios de alta intensidad con una duración prolongada (Debano, 2000). Algo que no ocurrió debido a la corta duración de los incendios de pastizales altoandinos; ya que, los cambios producidos pueden ser transitorios y dependen de factores como la intensidad, el tipo de vegetación y las condiciones posteriores al incendio, lo que explica por qué no se observaron cambios significativos en estos cationes; mientras que, en otros contextos, sí se reportan variaciones post-incendio. El contenido de potasio no fue diferente en el primer periodo de recuperación ($\chi^2 = 0.116$, $P = 0.733$) pero si a dos periodos de recuperación, donde su concentración fue mayor en los sitios quemados ($\bar{x} = 1.710 \pm 0.025$) que en los no quemados ($\bar{x} = 1.620 \pm 0.032$) ($\chi^2 = 5.758$, $P = 0.016$) con un incremento del (5.81 %) (Figura 27B). Este cambio podría reflejar una acumulación gradual de potasio disponible en el suelo, posiblemente debido a la descomposición continua de residuos vegetales quemados y la liberación sostenida de potasio desde las cenizas a lo largo del tiempo (Caon et al., 2014). Además, la menor movilidad del potasio en comparación con otros nutrientes podría haber contribuido a su persistencia y acumulación en los sitios quemados, especialmente a medida que la vegetación se recupera y reincorpora nutrientes al ciclo del suelo (Montaña & García-Oliva, 2006). Este patrón sugiere que los efectos del fuego sobre la disponibilidad de nutrientes como el potasio pueden ser más evidentes en etapas posteriores mayores a un año. El sodio si presentó diferencias en su concentración en el primer periodo de recuperación, siendo mayor en los sitios quemados ($\bar{x} = 0.613 \pm 0.051$) que en los sitios no quemados ($\bar{x}=0.485\pm 0.058$) ($\chi^2 = 7.484$, $P = 0.006$) con un incremento del (20.88 %)



(Figura 26C), pero no a dos periodos de recuperación ($\chi^2 = 0.117$, $P = 0.732$). No obstante, los resultados de pH muestran un ambiente más ácido en los sitios quemados, por lo que la interpretación original de la mayor concentración de sodio en el primer periodo de recuperación necesita ser reconsiderada. La acidez del suelo puede influir en la disponibilidad y movilidad del sodio. En suelos más ácidos, es posible que el aumento en la concentración de sodio no esté directamente relacionado con la liberación de sales solubles desde la materia orgánica quemada, sino más bien con un cambio en la capacidad de intercambio catiónico del suelo (Caon et al., 2014). La acidez podría reducir la capacidad del suelo para retener cationes como el Ca^{+2} y el Mg^{+2} , dejando más espacio para cationes monovalentes como el sodio, que puede ser desplazado al suelo a través de la lluvia (Bolan et al., 2003). Esto explicaría la mayor concentración de sodio en los sitios quemados, ya que el ambiente ácido promueve su movilidad y disponibilidad, independientemente de la cantidad de sodio originalmente liberada por el fuego. Además, la acidez podría influir en la dinámica del sodio a lo largo del tiempo; ya que, en condiciones más ácidas, el sodio puede ser más susceptible a procesos de lixiviación, especialmente si la precipitación es alta. Esto ayudaría a explicar las diferencias en la concentración de sodio entre los sitios quemados y no quemados se diluyen en el segundo periodo de recuperación, habiendo pasado por periodos constantes de lluvias. La capacidad de intercambio catiónico mostró diferencias significativas en ambos periodos de recuperación post-incendio. Este fue mayor en los sitios no quemados ($\bar{x} = 13.895 \pm 0.260$) que en los sitios quemados ($\bar{x} = 12.829 \pm 0.358$) en el primer periodo de recuperación con una reducción del (7.67 %) ($\chi^2 = 8.871$, $P = 0.003$) (Figura 26D); de modo que, la reducción de cationes fue resultado de un proceso de acidificación y lixiviación (Bolan et al., 2003). Para el segundo periodo de recuperación este fue mayor en los sitios quemados ($\bar{x} = 14.501 \pm 0.240$) que en los sitios no quemados ($\bar{x} = 13.852 \pm$

0.186) con un incremento del (4.48 %) ($\chi^2 = 4.955$, $P = 0.026$) (Figura 27C). A largo plazo el efecto del fuego puede incrementarlo debido a la mayor presencia de cenizas ricas en cationes. Sin embargo, en un periodo de recuperación más corto, ocurrió lo contrario, lo que podría indicar que los efectos inmediatos del fuego pueden incluir la pérdida temporal de materia orgánica y cationes, ya que el impacto del fuego varía según el tiempo transcurrido desde el evento de quema, siendo inicialmente negativo, pero con potenciales beneficios a largo plazo (Bolan et al., 2003; Certini, 2005).

Tabla 6

Modelos lineales mixtos generalizados para variables de suelo.

Variables	Promedios y error estándar				Estadísticos (Wald χ^2 y P-valor)	
	Un periodo de recuperación (2023)		Dos periodos de recuperación (2022)		Un periodo	Dos periodos
	Sitios quemados	Sitios no quemados	Sitios quemados	Sitios no quemados		
pH	4.899±0.097	5.180±0.152	4.841±0.095	5.015±0.105	6.017 (0.014)	3.813 (0.051)
CE	0.170±0.016	0.147±0.019	0.134±0.012	0.120±0.001	1.751 (0.186)	1.028 (0.311)
Nitrógeno total	0.101±0.0123	0.100±0.012	0.161±0.011	0.150±0.011	0.055 (0.815)	0.876 (0.349)
Fosforo disponible	8.371±0.325	8.157±0.236	7.764±0.438	6.893±0.395	0.296 (0.586)	13.691 (<0.001)
Potasio disponible	220.94±11.721	221.57±11.165	284.810±9.033	275.540±7.587	0.027 (0.870)	0.880 (0.348)
Materia orgánica del suelo	11.064±0.542	9.471±0.511	10.552±0.609	9.535±0.759	6.260 (0.012)	2.663 (0.103)
Calcio	2.790±0.162	2.674±0.152	3.608±0.147	3.587±0.148	1.198 (0.274)	0.044 (0.833)
Magnesio	1.481±0.079	1.558±0.068	1.712±0.037	1.812±0.080	1.679 (0.195)	1.695 (0.193)
Sodio	0.613±0.051	0.485±0.058	0.710±0.017	0.704±0.011	7.484 (0.006)	0.117 (0.732)
Potasio	1.372±0.041	1.390±0.045	1.710±0.025	1.620±0.032	0.116 (0.733)	5.758 (0.016)
Capacidad de intercambio catiónico	12.829±0.358	13.895±0.260	14.501±0.240	13.852±0.186	8.871 (0.003)	4.955 (0.026)

Nota: Los valores con significancia estadística están en negrita.

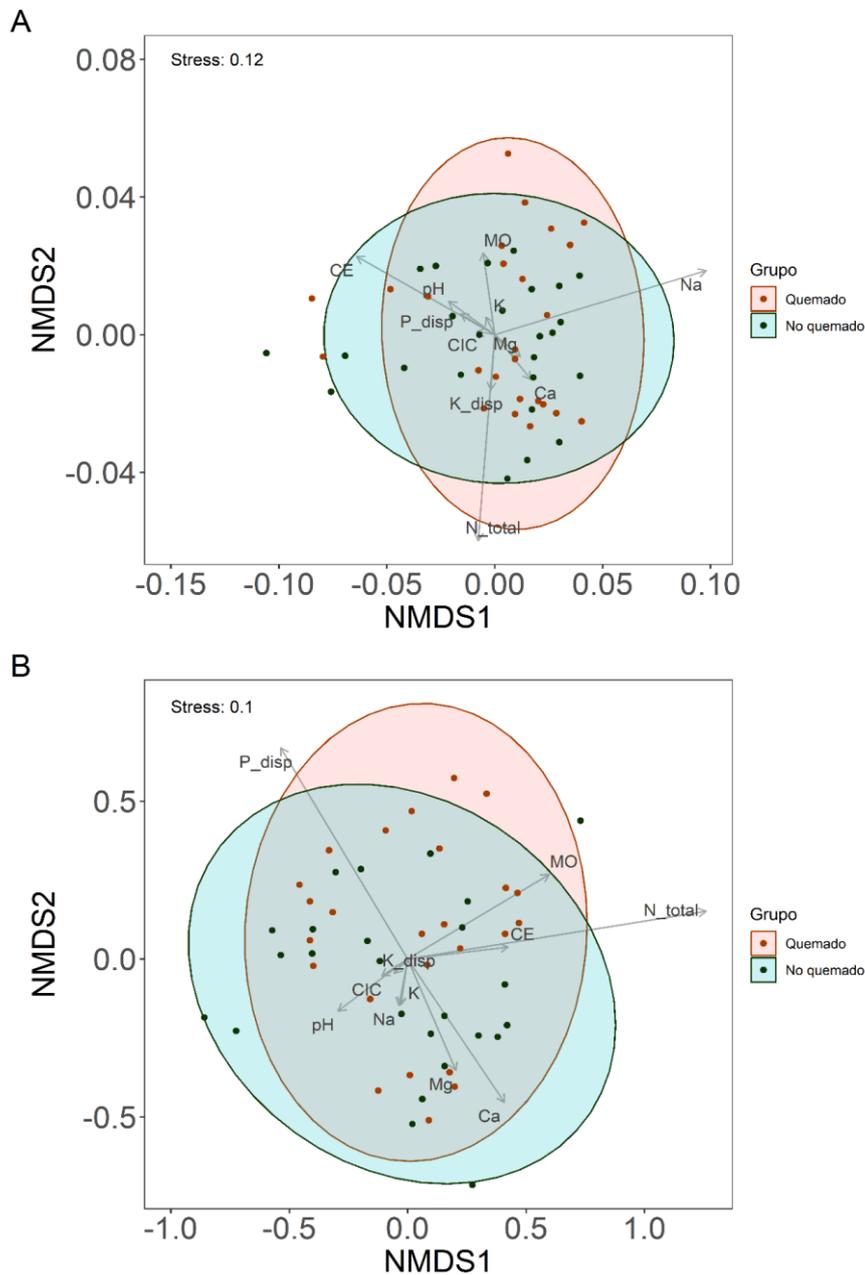
El sodio fue la variable con mayor peso para la diferenciación de los grupos, mientras que variables como el nitrógeno, calcio y magnesio tuvieron una influencia moderada en la separación de los grupos. Por otro lado, la materia orgánica,



conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico y pH tuvieron vectores más cortos indicando un efecto leve en la configuración de las dimensiones del NMDS. Para el primer periodo de recuperación, los sitios quemados y no quemados mostraron menos diferenciación, indicando que la recuperación inicial es similar en ambos tipos de sitios afectados por incendios. En cuanto a sus vectores, el sodio fue la variable que presentó el vector más grande para sitios quemados indicando mayores valores para los sitios afectados por el fuego concordando con los resultados de los (GLMM) aplicados anteriormente (Figura 28A). En el segundo periodo de recuperación, prácticamente no hay diferencias importantes en los sitios quemados y no quemados; de modo que, las características del suelo tienden a estabilizarse con el tiempo a excepción del fosforo disponible que tiende a ser mayor en sitios quemados (Figura 28B).

Figura 28

Resultados del NMDS de características fisicoquímicas de suelo en sitios quemados y no quemados para (A) un periodo de recuperación y (B) dos periodos de recuperación post-incendio



Nota: Los círculos representan los elipsoides de confianza según la influencia de la segregación de las variables de suelo (etiquetas). Los puntos indican el valor de las dimensiones del NMDS y las líneas la dirección del vector de cada dimensión.



V. CONCLUSIONES

- Este es uno de los pocos estudios que analizaron el efecto del fuego en características de vegetación y suelo realizados en tres provincias de importancia ganadera del departamento de Puno. El fuego favoreció el porcentaje de individuos en estado de madurez (hierbas) (16.17 %) y redujo el porcentaje en estado de inmadurez (leñosas) (8.80 % y 61.79 %), incrementando la diversidad y equitatividad, pero redujo la biomasa después de uno y dos periodos de recuperación (62.02 % y 48.17 %). Se encontraron efectos significativos en la composición de especies en prácticamente todos los sitios de evaluación pese a que solo se pudo muestrear dos periodos de recuperación. Se identificaron a aquellas especies indicadoras que corresponden a sitios quemados (hierbas, gramíneas), como no quemados (leñosas, helechos y gramíneas), siendo necesario evaluaciones en mayores rangos temporales.
- En cuanto a características de suelo hubo una disminución del pH y la capacidad de intercambio catiónico luego de un periodo de recuperación y un incremento del fósforo disponible, materia orgánica, sodio y capacidad de intercambio catiónico después de dos periodos de recuperación en sitios afectados por el fuego. No se observó un patrón diferente en las características fisicoquímicas del suelo para sitios quemados y no quemados en los dos periodos de evaluación.



VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios a mayor escala temporal (>30 meses) y en estaciones diferentes para visualizar con mayor exactitud los cambios en la composición de especies y características de suelo.
- Aplicar metodologías más sofisticadas para el monitoreo de los incendios como el uso de parcelas permanentes en sitios de ocurrencia potencial para así generar registros continuos de la vegetación en sitios cada vez más afectados por los incendios.
- Implementar los resultados generados como una línea base para la ejecución de proyectos para el control y manejo del fuego en sitios afectados constantemente por incendios.
- Realizar estudios de carácter bromatológico en los pastizales que han sido afectados por incendios para evaluar si su calidad biológica como forraje se ha visto comprometido después del efecto del fuego.
- Implementar los resultados para la formulación de mejores políticas de gestión, manejo y sanción de incendios que puedan ser incluidas en la normativa vigente.
- Desarrollar planes de conservación en sitios afectados por incendios para reducir sus perjuicios en el ecosistema.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almond, R. E. A., Groten, M., Juffe Bignoli, D., & Petersen, D. (2020). *Informe Planeta Vivo 2022* / WWF. <https://www.wwf.org.pe/?379452/Informe-Planeta-Vivo-2022>
- Amanda Stasiewicz, by M., Wilson, P. I., Becker, D. R., Kobziar, L. N., Administrator, D., & Vierling, L. (2020). *Exploring Local Responses to Wildfire Risk in Rural Areas: Residents' Mitigation Influences and Coordination with Fire Service Organizations*. <https://verso.uidaho.edu/esploro/outputs/doctoral/Exploring-Local-Responses-to-Wildfire-Risk/996638320401851>
- Añamuro-Luque, H. H., Larico-Mamani, C. J., Ruiz-Vásquez, C. E., Monteza-Rosales, O. M., & Quiñonez-Choquecota, J. (2020). Análisis de incendios forestales en pajonales andinos utilizando sistemas de información geográfica y teledetección, Macari – Puno. *Revista el Ceprosimad*, 8(2), 30–37. <https://doi.org/10.56636/ceprosimad.v8i2.96>
- Andela, N., Morton, D. C., Giglio, L., Chen, Y., Van Der Werf, G. R., Kasibhatla, P. S., DeFries, R. S., Collatz, G. J., Hantson, S., Kloster, S., Bachelet, D., Forrest, M., Lasslop, G., Li, F., Mangeon, S., Melton, J. R., Yue, C., & Randerson, J. T. (2017). A human-driven decline in global burned area. *Science*, 356(6345), 1356–1362. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAL4108/SUPPL_FILE/FIREMIP_DATA.ZIP
- Anderson, M. J., Crist, T. O., Chase, J. M., Vellend, M., Inouye, B. D., Freestone, A. L., Sanders, N. J., Cornell, H. V., Comita, L. S., Davies, K. F., Harrison, S. P., Kraft, N. J. B., Stegen, J. C., & Swenson, N. G. (2011). Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology Letters*, 14(1), 19–28. <https://doi.org/10.1111/J.1461-0248.2010.01552.X>
- Argañaraz, J. P., Gavier Pizarro, G., Zak, M., Landi, M. A., & Bellis, L. M. (2015). Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina. *Science of The Total Environment*, 520, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.081>



- Armenteras, D., González, T. M., Vargas, J. O., Meza Elizalde, M. C., & Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia*, 42(1), 1–16. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>
- Barreiro, A., & Díaz-Raviña, M. (2021). Fire impacts on soil microorganisms: Mass, activity, and diversity. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 22, 100264. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100264>
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19(1), 134–143. <https://doi.org/10.1111/J.1466-8238.2009.00490.X>
- Beltrán Pineda, M. E., & Lizarazo-Forero, L. M. (2014). Grupos Funcionales de Microorganismos en Suelos de Páramo Perturbados por Incendios Forestales. *Revista de Ciencias*, 17(2), 121–136. <https://doi.org/10.25100/rc.v17i2.490>
- Benedicto-Royuela, J., Costa, J. M., Heleno, R., Silva, J. S., Freitas, H., Lopes, P., Mendes, S. B., & Timóteo, S. (2024). What is the value of biotic seed dispersal in post-fire forest regeneration? *Conservation Letters*, 17(1), e12990. <https://doi.org/10.1111/CONL.12990>
- Bengtsson, J., Bullock, J. M., Egoh, B., Everson, C., Everson, T., O'Connor, T., O'Farrell, P. J., Smith, H. G., & Lindborg, R. (2019). Grasslands-more important for ecosystem services than you might think. *Ecosphere*, 10(2), e02582. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2582>
- Benito, E., Varela, M., & Rodríguez-Alleres, M. (2014). Efectos de los incendios forestales en la erosionabilidad de los suelos en Galicia. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 40(2), 353–370.
- Blair, J., Nippert, J., & Briggs, J. (2014). Grassland Ecology. In: Monson, R. (eds). *Ecology and the Environment* (pp. 389–423). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14
- Bolan, N. S., Adriano, D. C., & Curtin, D. (2003). Soil acidification and liming interactions with nutrient and heavy metal transformation and bioavailability.



- Advances in Agronomy*, 78, 215–272. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(02\)78006-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(02)78006-1)
- Bond, W. J., & Keeley, J. E. (2005). Fire as a global ‘herbivore’: the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(7), 387–394. <https://doi.org/10.1016/J.TREE.2005.04.025>
- Boulton, C. A., Lenton, T. M., & Boers, N. (2022). Pronounced loss of Amazon rainforest resilience since the early 2000s. *Nature Climate Change*, 12(3), 271–278. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01287-8>
- Bravo, S., Kunst, C., Gimenez, A., & Moglia, G. (2001). Fire regime of a *Elionorus muticus* Spreng. savanna, western Chaco region, Argentina. *International Journal of Wildland Fire*, 10(1), 65–72. <https://doi.org/10.1071/WF01014>
- Brooks, M. L., D’Antonio, C. M., Richardson, D. M., DiTomaso, J. M., Grace, J. B., Hobbs, R. J., Keeley, J. E., Pellant, M., & Pyke, D. (2004). Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience*, 54(7), 677–688. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054)
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117–124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Caon, L., Vallejo, V. R., Coen, R. J., & Geissen, V. (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. *Earth-Science Reviews*, 139, 47–58. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2014.09.001>
- Capador Aguilar, Y. E., González Angarita, G. P., & Suarez Daza, P. A. (2021). Análisis de la cobertura vegetal en incendios forestales mediante índices espectrales: caso de estudio Cerros orientales (Bogotá, Colombia). *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/AVANCES.1.6931>
- Carbone, L. M., & Aguilar, R. (2021). Abiotic and biotic interactions as drivers of plant reproduction in response to fire frequency. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(1), 83–94. <https://doi.org/10.1007/S11829-020-09792-3/METRICS>



- Carilla, J., & Grau, R. (2011). Tendencias sucesionales de los bosques montanos subtropicales del noroeste argentino. *Bosque (Valdivia)*, 32(2), 97–111. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000200001>
- Carilla, J., Halloy, S., Cuello, S., Grau, A., Malizia, A., & Cuesta, F. (2018). Vegetation trends over eleven years on mountain summits in NW Argentina. *Ecology and Evolution*, 8(23), 11554–11567. <https://doi.org/10.1002/ece3.4602>
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: A review. *Oecologia*, 143(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/S00442-004-1788-8/METRICS>
- Cisneros Vaca, C., Calahorrano, J., & Manzano, M. (2024). Análisis espacial y temporal de incendios forestales en el Ecuador utilizando datos de sensores remotos. *Colombia Forestal*, 27(1), e20111. <https://doi.org/10.14483/2256201X.20111>
- Consortio Para El Desarrollo Sostenible de La Ecorregión Andina. (2023). *Pajonales altoandinos son determinantes para la conservación del agua - CONDESAN*. <https://condesan.org/2023/02/06/pajonales-altoandinos-son-determinantes-para-la-conservacion-del-agua/>
- De La Cruz-Arango, J., Córdor Alarcón, R., De La Cruz-Arango, J., & Córdor Alarcón, R. (2023). Dinámica de regeneración natural post-incendio de ecosistemas altoandinos en el distrito de Chiara. Ayacucho-Perú. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 11(1), 6–21. <https://doi.org/10.36610/J.JSAB.2023.110100006>
- DeBano, L. F. (2000). The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology*, 231–232, 195–206. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00194-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00194-3)
- Estigarribia, L., Cáceres, D. M., Pastor, N., & Díaz, S. (2023). What makes a good fire? Local actor- and science-based knowledge of fuel-related functional traits of Chaco plants. *Ecología Austral*, 33(2), 395–410. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.2.0.2115>
- Ferreira, P. M. A., Ely, C. V., & Beal-Neves, M. (2021). Different post-fire stages encompass different plant community compositions in fire-prone grasslands from Southern Brazil. *Flora*, 285, 151937. <https://doi.org/10.1016/J.FLORA.2021.151937>



- Fitzgerald-McGowan, M. (2024, January 31). ¿Qué es exactamente un incendio forestal? *National Fire Protection Association (NFPA)*. <https://www.nfpa.org/es/news-blogs-and-articles/blogs/2024/01/31/que-es-un-incendio-forestal>
- Fontenele, H. G. V., Figueirôa, R. N. A., Pereira, C. M., Nascimento, V. T. do, Musso, C., & Miranda, H. S. (2020). Protected from fire, but not from harm: seedling emergence of savanna grasses is constrained by burial depth. *Plant Ecology & Diversity*, 13(2), 189–198. <https://doi.org/10.1080/17550874.2020.1729889>
- Fu, Y., Hu, J., Song, W., Cheng, Y., & Li, R. (2023). Satellite observed response of fire dynamics to vegetation water content and weather conditions in Southeast Asia. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 202, 230–245. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.06.007>
- Fundación Peruana para la Conservación de la Naturaleza-PRONATURALEZA. (2021). Resumen técnico del perfil del ecosistema: Hotspot de biodiversidad de los andes tropicales. <https://www.cepf.net/sites/default/files/tropical-andes-2021-ecosystem-profile-summary-spanish.pdf>
- Glasspool, I. J., & Gastaldo, R. A. (2022). Silurian wildfire proxies and atmospheric oxygen. *Geology*, 50(9), 1048–1052. <https://doi.org/10.1130/G50193.1/614348/SILURIAN-WILDFIRE-PROXIES-AND-ATMOSPHERIC-OXYGEN>
- González, Mauro E, Lara, Antonio, Urrutia, Rocío, Bosnich, & Juvenal. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque (Valdivia)*, 32 215-219. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002011000300002>
- González-Leonardo, M., Rowe, F., & Fresolone-Caparrós, A. (2022). Rural revival? The rise in internal migration to rural areas during the COVID-19 pandemic. Who moved and Where? *Journal of Rural Studies*, 96, 332–342. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.11.006>
- González-Pérez, J. A., González-Vila, F. J., Almendros, G., & Knicker, H. (2004). The effect of fire on soil organic matter—a review. *Environment International*, 30(6), 855–870. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2004.02.003>



- González-Rosales, A., & Ortiz Paniagua, C. F. (2022). Superficie forestal afectada por incendios en México: apuntes iniciales hacia un modelo de manejo preventivo. *Revista De Ciencias Ambientales*, 56(1), 1-27. <https://doi.org/10.15359/rca.56-1.1>
- Gordijn, P. J., & O'Connor, T. G. (2021). Multidecadal effects of fire in a grassland biodiversity hotspot: Does pyrodiversity enhance plant diversity? *Ecological Applications*, 31(6). <https://doi.org/10.1002/eap.2391>
- Grau, H. R., & Aide, M. (2008). Globalization and Land-Use Transitions in Latin America. *Ecology and Society*, 13(2). <https://www.jstor.org/stable/26267952?seq=1&cid=pdf->
- Grau, H. R., Aráoz, E., Navarro, C. J., Nanni, A. S., & Malizia, A. (2020). Pathways of megaherbivore rewilding transitions: typologies from an Andean gradient. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8. <https://doi.org/10.1525/elementa.415>
- Hans, J. (1941). Factors of Soil Formation, a System of Quantitative Pedology. *Agronomy Journal*, 33(9), 857–858. <https://doi.org/10.2134/agronj1941.00021962003300090016x>
- Harris, J., Chapple, D. G., McLean, C. A., & Melville, J. (2023). Genetic footprints of fire: Understanding the genetic implications of fire regimes for fauna and effective conservation strategies. *Biological Conservation*, 284, 110169. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2023.110169>
- Harrison, S., Inouye, B. D., & Safford, H. D. (2003). Ecological Heterogeneity in the Effects of Grazing and Fire on Grassland Diversity. *Conservation Biology*, 17(3), 837–845.
- Harrison, S., Villegas-Diaz, R., Cruz-Silva, E., Gallagher, D., Kesner, D., Lincoln, P., Shen, Y., Sweeney, L., Colombaroli, D., Ali, A., Barhoumi, C., Bergeron, Y., Blyakharchuk, T., Bobek, P., Bradshaw, R., Clear, J. L., Czerwiński, S., Daniau, A.-L., Dodson, J., ... Paillard, J. (2022). The Reading Palaeofire Database: an expanded global resource to document changes in fire regimes from sedimentary charcoal records. *Earth System Science Data*, 14(3), 1109–1124. <https://doi.org/10.5194/essd-14-1109-2022>



- Harvey, B. J., & Enright, N. J. (2022). Climate change and altered fire regimes: impacts on plant populations, species, and ecosystems in both hemispheres. *Plant Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s11258-022-01248-3>
- Hassan, S. N. (2011). Influence of early dry season fires on primary production in western Serengeti grasslands, Tanzania. *Open Journal of Ecology*, 01(02), 24–34. <https://doi.org/10.4236/oje.2011.12003>
- Hawkins, J. H., & Zeglin, L. H. (2022). Microbial Dispersal, Including Bison Dung Vectored Dispersal, Increases Soil Microbial Diversity in a Grassland Ecosystem. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.825193>
- Hidalgo, V. (2016). Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales Prioridades de restauración de áreas forestales quemadas. *Cuaderno de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* (Vol. 42).
- Hoffman, K. M., Davis, E. L., Wickham, S. B., Schang, K., Johnson, A., Larking, T., Lauriault, P. N., Quynh Le, N., Swerdfager, E., & Trant, A. J. (2021). Conservation of Earth's biodiversity is embedded in Indigenous fire stewardship. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(32). <https://doi.org/10.1073/pnas.2105073118>
- Hoyos, N., Correa-Metrio, A., Sisa, A., Ramos-Fabiel, M. A., Espinosa, J. M., Restrepo, J. C., & Escobar, J. (2017). *The environmental envelope of fires in the Colombian Caribbean*. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.05.001>
- Jaureguiberry, P., Bertone, G., & Díaz, S. (2011). Device for the standard measurement of shoot flammability in the field. *Austral Ecology*, 36(7), 821–829. <https://doi.org/10.1111/J.1442-9993.2010.02222.X>
- Karp, A. T., Tyler Faith, J., Marlon, J. R., & Carla Staver, A. (2021). Global response of fire activity to late Quaternary grazer extinctions. *Science*, 374(6571), 1145–1148. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABJ1580/SUPPL_FILE/SCIENCE.ABJ1580_SM.PDF
- Keeley, J. E., Lubin, D., & Fotheringham, C. J. (2003). Fire and grazing impacts on plant diversity and alien plant invasions in the southern Sierra Nevada. *Ecological Applications*, 13(5), 1355–1374. <https://doi.org/10.1890/02-5002>



- Koudenoukpo, J. B. (2023). El aumento de los incendios descontrolados hace que la adopción de estrategias integradas para los bosques, el clima y la sostenibilidad sea más urgente que nunca / Naciones Unidas. *ONU Organización de Las Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/cr%C3%B3nica-onu/el-aumento-de-los-incendios-descontrolados-hace-que-la-adopci%C3%B3n-de-estrategias>
- Kunst, C. (2011). Ecología y uso del fuego en la región Chaqueña: una revisión. *Boletín Del CIDEU*. www.inta.gov.ar/santiago
- Landi, M. A., Di Bella, C. M., Bravo, S. J., & Bellis, L. M. (2021). Structural resistance and functional resilience of the Chaco forest to wildland fires: an approach with MODIS time series. *Austral Ecology*, 46(2), 277–289. <https://doi.org/10.1111/AEC.12977>
- Liu, X., Zhang, G., Lu, J., & Zhang, J. (2019). Risk assessment using transfer learning for grassland fires. *Agricultural and Forest Meteorology*, 269–270, 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.01.011>
- Liu, Z., Liu, K., Shi, X., Ryan Lock, T., Kallenbach, R. L., & Yuan, Z. (2022). Changes in grassland phenology and growth rate, rather than diversity, drive biomass production after fire. *Agricultural and Forest Meteorology*, 322, 109028. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.109028>
- Loza-Del Carpio, A., & Roque Huanca, B. (2022). Efecto de la quema prescrita sobre el valor nutricional de los tallos aéreos de *Schoenoplectus tatora*, Lago Titicaca, Perú. *Bioagro*, 34 (3), 253-264. <https://doi.org/10.51372/bioagro343.5>
- Makhaya, Z., Odindi, J., & Mutanga, O. (2022). The influence of bioclimatic and topographic variables on grassland fire occurrence within an urbanized landscape. *Scientific African*, 15, e01127. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01127>
- Márquez, A. L., Real, R., Olivero, J., & Estrada, A. (2011). Combining climate with other influential factors for modelling the impact of climate change on species distribution. *Climatic Change*, 108(1–2), 135–157. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0010-8>
- Martinez Carretero, E. (1995). *Los incendios forestales en la Argentina*. *Latin American Journal of Natural Resources*.



- Martínez Domínguez, R., & Arturo Rodríguez Trejo, D. (2008). “Los Incendios Forestales en México y América Central”. *Memorias del Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección contra Incendios Forestales: Una visión global*. 19–22 de abril, Córdoba, España
- McMillan, N. A., Fuhlendorf, S. D., Davis, C. A., Hamilton, R. G., Neumann, Landon. K., & Cady, S. M. (2023). A plea for scale, and why it matters for invasive species management, biodiversity and conservation. *Journal of Applied Ecology*, 60(7), 1468–1480. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14411>
- Meza, M. C., Espelta, J. M., González, T. M., & Armenteras, D. (2023). Fire reduces taxonomic and functional diversity in Neotropical moist seasonally flooded forests. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 21(2), 101–111. <https://doi.org/10.1016/J.PECON.2023.04.003>
- Mitchell, R. J., Simonson, W., Flegg, L. A., Santos, P., & Hall, J. (2009). A comparison of the resilience of four habitats to fire, and the implications of changes in community composition for conservation: a case study from the Serra de Monchique, Portugal. *Plant Ecology & Diversity*, 2(1), 45–56. <https://doi.org/10.1080/17550870902752421>
- Montaña, C., & García-Oliva, F. (2006). Relationship between Soil Nutrient Availability and Plant Species Richness in a Tropical Semi-Arid Environment. *Journal of Vegetation Science*, 17(6), 719–729. <https://philportal.de/records/edsjsr/4499176>
- Mora, J. L., Badía-Villas, D., & Gómez, D. (2022). Fire does not transform shrublands of *Echinopartum horridum* (Vahl) Rothm. into grasslands in the Pyrenees: Development of community structure and nutritive value after single prescribed burns. *Journal of Environmental Management*, 315, 115125. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115125>
- Mosquera, G. M., Marín, F., Stern, M., Bonnesoeur, V., Ochoa-Tocachi, B. F., Román-Dañobeytia, F., & Crespo, P. (2022). Progress in understanding the hydrology of high-elevation Andean grasslands under changing land use. *Science of The Total Environment*, 804, 150112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150112>



- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (1974). Aims and methods of vegetation ecology. Toronto: *John Wiley & Sons*, 547 p.
- Nagel, G. W., De Carvalho, L. A. S., Libonati, R., da Silva Nemirovsky, A. K., & da Cunha Bustamante, M. M. (2023). Fire Impacts on Water Resources: A Remote Sensing Methodological Proposal for the Brazilian Cerrado. *Fire*, 6(5), 214. <https://doi.org/10.3390/FIRE6050214/S1>
- Naval Fernández, M. C., Albornoz, J., Bellis, L. M., Baldini, C., Arcamone, J., Silvetti, L., Álvarez, M. P., & Argañaraz, J. P. (2023). Megaincendios 2020 en Córdoba: Incidencia del fuego en áreas de valor ecológico y socioeconómico. *Ecología Austral*, 33(1), 136–151. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.2120>
- Neary, D. G., Klopatek, C. C., DeBano, L. F., & Ffolliott, P. F. (1999). Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122(1–2), 51–71. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00032-8)
- Neary, D. G., Ryan, K. C., & DeBano, L. F. (2005). Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-Vol.4. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 250 p., 042.* <https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-42-V4>
- Nippert, J. B., Telleria, L., Blackmore, P., Taylor, J. H., & O'Connor, R. C. (2021). Is a Prescribed Fire Sufficient to Slow the Spread of Woody Plants in an Infrequently Burned Grassland? A Case Study in Tallgrass Prairie. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.05.007>
- Ormeño, E., Céspedes, B., Sánchez, I. A., Velasco-García, A., Moreno, J. M., Fernandez, C., & Baldy, V. (2009). The relationship between terpenes and flammability of leaf litter. *Forest Ecology and Management*, 257(2), 471–482. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2008.09.019>
- Palma, E., Vesk, P. A., White, M., Baumgartner, J. B., & Catford, J. A. (2021). Plant functional traits reflect different dimensions of species invasiveness. *Ecology*, 102(5). <https://doi.org/10.1002/ecy.3317>
- Pausas, J. G., & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289–295. <https://doi.org/10.1002/FEE.2044>



- Pilon, N. A. L., Cava, M. G. B., Hoffmann, W. A., Abreu, R. C. R., Fidelis, A., & Durigan, G. (2021). The diversity of post-fire regeneration strategies in the Cerrado ground layer. *Journal of Ecology*, *109*(1), 154–166. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13456>
- Pilon, N. A. L., Hoffmann, W. A., Abreu, R. C. R., & Durigan, G. (2018). Quantifying the short-term flowering after fire in some plant communities of a Cerrado grassland. *Plant Ecology & Diversity*, *11*(3), 259–266. <https://doi.org/10.1080/17550874.2018.1517396>
- Plumanns-Pouton, E. S., Swan, M. H., Penman, T. D., Collins, L., & Kelly, L. T. (2023). Time since fire shapes plant immaturity risk across fire severity classes. *Fire Ecology*, *19*(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S42408-023-00185-4/TABLES/1>
- Quétier, F., Lavorel, S., Liancourt, P., Thébault, A., & Davies, I. D. (2011). Assessing long-term land-use legacies in subalpine grasslands by using a plant trait-based generic modelling framework. *Plant Ecology & Diversity*, *4*(4), 391–402. <https://doi.org/10.1080/17550874.2011.629232>
- R Development Core Team. (2023). *R: The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Ramirez, D.-W., Lértora, G., Vargas, R., Aponte, H., Ramirez, 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. <https://doi.org/10.15517/REV.BIOL.TROP..V70I1.46084>
- Rauber, R., Cendoya, M. A., Arroyo, D., & Bogino, S. (2022). Composición florística y funcional del pastizal natural del centro de la Argentina: Efecto del pastoreo bovino y el fuego. *Ecología Austral*, *33*(1), 013–019. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.2054>
- Salim, I. S. H., Reis, A. F. S., Welker, C. A. D., & Scotti, M. R. (2022). Fire shifts the soil fertility and the vegetation composition in a natural high-altitude grassland in Brazil. *Environmental Challenges*, *9*, 100638. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2022.100638>



- Sanchez, M., Baldassini, P., Fischer, M. de los Á., Torre Zaffaroni, J., & Di Bella, C. M. (2023). Dónde, cuándo y cómo ocurren grandes incendios en la provincia de La Pampa, Argentina: Una caracterización basada en sensores remotos. *Ecología Austral*, 33(1), 211–228. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.1972>
- Santacruz-García, A. C., Bravo, S., Del Corro, F., García, E. M., Molina-Terrén, D. M., & Nazareno, M. A. (2021). How Do Plants Respond Biochemically to Fire? The Role of Photosynthetic Pigments and Secondary Metabolites in the Post-Fire Resprouting Response. *Forests* 2021, Vol. 12, Page 56, 12(1), 56. <https://doi.org/10.3390/F12010056>
- Scott, A. C. (2022). Charcoalified vegetation from the Pennsylvanian of Yorkshire, England: Implications for the interpretation of Carboniferous wildfires. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 296, 104540. <https://doi.org/10.1016/J.REVPALBO.2021.104540>
- Sekar, K. C., Thapliyal, N., Pandey, A., Joshi, B., Mukherjee, S., Bhojak, P., Bisht, M., Bhatt, D., Singh, S., & Bahukhandi, A. (2023). Plant species diversity and density patterns along altitude gradient covering high-altitude alpine regions of west Himalaya, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/24749508.2022.2163606>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI]. (2021). Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional (Proyecto Apoyo a la Gestión del Cambio Climático, p. 70) [Documento Técnico]. Ministerio del Ambiente. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/2158106-climas-del-peru-mapa-de-clasificacion-climatica>
- Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews*, 105(3–4), 71–100. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2011.01.001>
- Soltani, E., Baskin, C. C., & Gonzalez-Andujar, J. L. (2022). An Overview of Environmental Cues That Affect Germination of Nondormant Seeds. *Seeds* 2022, Vol. 1, Pages 146-151, 1(2), 146–151. <https://doi.org/10.3390/SEEDS1020013>



- Souza-Alonso, P., Saiz, G., García, R. A., Pauchard, A., Ferreira, A., & Merino, A. (2022). Post-fire ecological restoration in Latin American forest ecosystems: Insights and lessons from the last two decades. *Forest Ecology and Management*, 509, 120083. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2022.120083>
- Styger, J., Marsden-Smedley, J., & Kirkpatrick, J. (2018). Changes in Lightning Fire Incidence in the Tasmanian Wilderness World Heritage Area, 1980–2016. *Fire*, 1(3), 38. <https://doi.org/10.3390/fire1030038>
- Thom, D., & Seidl, R. (2016). Natural disturbance impacts on ecosystem services and biodiversity in temperate and boreal forests. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 91(3), 760–781. <https://doi.org/10.1111/BRV.12193>
- Valenzuela González, R., Parada Ibáñez, J., Domínguez Vilaza, J. C., Caro Vera, C., Aznarán Luk, K., Ferrer Cruz, I., López Urrego, J., & Ruiz Fajardo, M. (2023). *Andean Mountain Initiative (AMI, 2023)*. Vulnerability and Adaptation to Climate Change in High Mountain Areas of the Andean Region. A regional study organized by the Consortium for Sustainable Development of the Andean Ecoregion (CONDESAN) and the United Nations Environment Programme (UNEP). Prepared by DEUMAN. <https://iam-andes.org/>
- Vélez-Mora, D. P., Gusmán, E., Espinosa, C. I., & Quintana-Ascencio, P. F. (2022). Changes in climate, grazing pressure and nutrient inputs affect the structural integrity and functioning of Andean shrublands. *Plant Ecology & Diversity*, 15(5–6), 309–327. <https://doi.org/10.1080/17550874.2022.2122753>
- Vidal-Riveros, C., Souza-Alonso, P., Bravo, S., Laino, R., & Ngo Bieng, M. A. (2023). A review of wildfires effects across the Gran Chaco region. *Forest Ecology and Management*, 549, 121432. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121432>
- Wang, D., Chen, J., Felton, A. J., Xia, L., Zhang, Y., Luo, Y., Cheng, X., & Cao, J. (2021). Post-fire co-stimulation of gross primary production and ecosystem respiration in a meadow grassland on the Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 303, 108388. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108388>
- Yates, C., Evans, J., Vernooij, R., Eames, T., Muir, E., Holmes, J., Edwards, A., & Russell-Smith, J. (2023). Incentivizing sustainable fire management in Australia's



northern arid spinifex grasslands. *Journal of Environmental Management*, 344, 118384. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118384>

Zabala, C., Aranibar, J., & Rodriguez, D. (2023). Las comunidades criptógamas como potenciales indicadores de recuperación post-fuego en el pedemonte. *Ecología Austral*, 33(1), 108–123. <https://doi.org/10.25260/EA.23.33.1.0.1820>

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

Zubieta, R., Ccanchi, Y., Martínez, A., Saavedra, M., Norabuena, E., Alvarez, S., & Ilbay, M. (2023b). The role of drought conditions on the recent increase in wildfire occurrence in the high Andean regions of Peru. *International Journal of Wildland Fire*, 32(4), 531–544. <https://doi.org/10.1071/WF21129>

Zubieta, R., Prudencio, F., Ccanchi, Y., Saavedra, M., Sulca, J., Reupo, J., & Alarco, G. (2021). Potential conditions for fire occurrence in vegetation in the Peruvian Andes. *International Journal of Wildland Fire*, 30(11), 836–849. <https://doi.org/10.1071/WF21029>



ANEXOS

ANEXO 1 Coordenadas proyectadas UTM WGS-84., de los cuadrantes evaluados.

N°	Transecto	X	Y	Sitio	Periodo
1	SIN-ANT1	343691	8388437	Antaymarca	2022
2	SIN-ANT2	343167	8388300	Antaymarca	2022
3	SIN-ANT3	343108	8388033	Antaymarca	2022
4	SIN-ANT4	342983	8388041	Antaymarca	2022
5	SIN-ANT5	343533	8387213	Antaymarca	2022
6	CON-ANT1	343673	8388098	Antaymarca	2022
7	CON-ANT2	343393	8388128	Antaymarca	2022
8	CON-ANT3	343305	8387852	Antaymarca	2022
9	CON-ANT4	343353	8387989	Antaymarca	2022
10	CON-ANT5	342998	8387464	Antaymarca	2022
11	SIN-TOT1	297889	8360748	Totorani	2022
12	SIN-TOT2	297983	8360893	Totorani	2022
13	SIN-TOT3	297666	8359918	Totorani	2022
14	SIN-TOT4	297777	8360618	Totorani	2022
15	SIN-TOT5	297795	8360459	Totorani	2022
16	CON-TOT1	297745	8360745	Totorani	2022
17	CON-TOT2	297811	8360921	Totorani	2022
18	CON-TOT3	297505	8360075	Totorani	2022
19	CON-TOT4	297446	8360213	Totorani	2022
20	CON-TOT5	297567	8360492	Totorani	2022
21	SIN-SF1	280201	8378290	San Francisco	2022
22	SIN-SF2	280332	8378273	San Francisco	2022
23	SIN-SF3	280703	8377883	San Francisco	2022
24	SIN-SF4	280015	8378353	San Francisco	2022
25	SIN-SF5	279923	8378377	San Francisco	2022
26	CON-SF1	280265	8378284	San Francisco	2022
27	CON-SF2	280431	8378236	San Francisco	2022
28	CON-SF3	280803	8377888	San Francisco	2022
29	CON-SF4	280794	8377935	San Francisco	2022
30	CON-SF5	280734	8378019	San Francisco	2022
31	SIN-COMPI1	388716	8330224	Compi	2022
32	SIN-COMPI2	388821	8330179	Compi	2022
33	SIN-COMPI3	388735	8330689	Compi	2022
34	SIN-COMPI4	388919	8330770	Compi	2022
35	SIN-COMPI5	389135	8330902	Compi	2022
36	CON-COMPI1	388740	8330289	Compi	2022
37	CON-COMPI2	388724	8330543	Compi	2022
38	CON-COMPI3	388796	8330396	Compi	2022
39	CON-COMPI4	389201	8330776	Compi	2022
40	CON-COMPI5	388994	8330569	Compi	2022
41	SIN-AZ1	369356	8347110	Azángaro	2022



N°	Transecto	X	Y	Sitio	Periodo
42	SIN-AZ2	369408	8347224	Azángaro	2022
43	SIN-AZ3	369485	8347242	Azángaro	2022
44	SIN-AZ4	369421	8347383	Azángaro	2022
45	SIN-AZ5	369482	8397345	Azángaro	2022
46	CON-AZ1	369260	8347600	Azángaro	2022
47	CON-AZ2	369253	8347300	Azángaro	2022
48	CON-AZ3	369389	8347353	Azángaro	2022
49	CON-AZ4	369358	8347394	Azángaro	2022
50	CON-AZ5	369340	8347425	Azángaro	2022
51	SIN-CAB1	351191	8272329	Cabanilla	2023
52	SIN-CAB2	351310	8272223	Cabanilla	2023
53	SIN-CAB3	351391	8272193	Cabanilla	2023
54	SIN-CAB4	351348	8272150	Cabanilla	2023
55	SIN-CAB5	350695	8271786	Cabanilla	2023
56	CON-CAB1	351024	8272422	Cabanilla	2023
57	CON-CAB2	351001	8272370	Cabanilla	2023
58	CON-CAB3	350948	8272346	Cabanilla	2023
59	CON-CAB4	350777	8271958	Cabanilla	2023
60	CON-CAB5	350918	8272287	Cabanilla	2023
61	SIN-IST1	332175	8404729	Istarata	2023
62	SIN-IST2	332041	8404908	Istarata	2023
63	SIN-IST3	331991	8404767	Istarata	2023
64	SIN-IST4	332081	8404711	Istarata	2023
65	SIN-IST5	332257	8404836	Istarata	2023
66	CON-IST1	332276	8404744	Istarata	2023
67	CON-IST2	332095	8404573	Istarata	2023
68	CON-IST3	332208	8404497	Istarata	2023
69	CON-IST4	332335	8404503	Istarata	2023
70	CON-IST5	332454	8404449	Istarata	2023
71	SIN-ANA1	328734	8410189	Anansaya	2023
72	SIN-ANA2	328303	8409856	Anansaya	2023
73	SIN-ANA3	328501	8409848	Anansaya	2023
74	SIN-ANA4	328562	8409960	Anansaya	2023
75	SIN-ANA5	328590	8410063	Anansaya	2023
76	CON-ANA1	328677	8410245	Anansaya	2023
77	CON-ANA2	328565	8410133	Anansaya	2023
78	CON-ANA3	328552	8410041	Anansaya	2023
79	CON-ANA4	328478	8409938	Anansaya	2023
80	CON-ANA5	328180	8409993	Anansaya	2023
81	SIN-HUA1	314438	8352967	Huayruro	2023
82	SIN-HUA2	314576	8352871	Huayruro	2023
83	SIN-HUA3	314151	8353206	Huayruro	2023
84	SIN-HUA4	314656	8352795	Huayruro	2023
85	SIN-HUA5	314231	8353075	Huayruro	2023
86	CON-HUA1	314554	8352759	Huayruro	2023
87	CON-HUA2	314513	8352847	Huayruro	2023



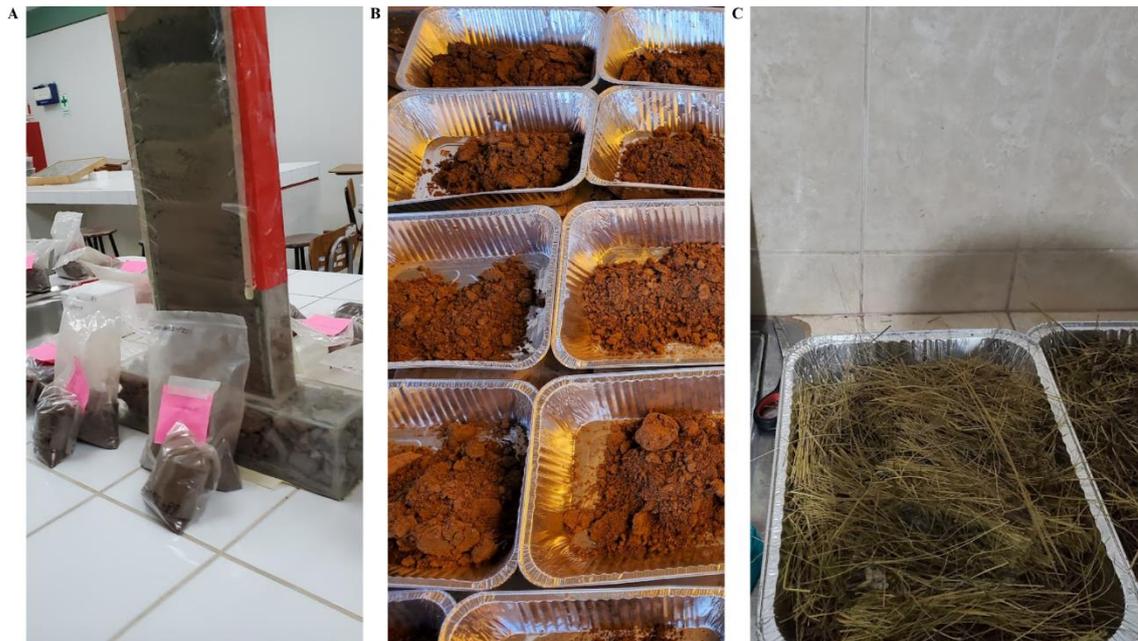
N°	Transecto	X	Y	Sitio	Periodo
88	CON-HUA3	314407	8352871	Huayruro	2023
89	CON-HUA4	314156	8353075	Huayruro	2023
90	CON-HUA5	314103	8353174	Huayruro	2023
91	SIN-CAL1	352615	8304454	Calvario	2023
92	SIN-CAL2	352741	8302350	Calvario	2023
93	SIN-CAL3	352674	8302428	Calvario	2023
94	SIN-CAL4	333000	8302705	Calvario	2023
95	SIN-CAL5	352770	8302642	Calvario	2023
96	CON-CAL1	352655	8302518	Calvario	2023
97	CON-CAL2	352720	8302433	Calvario	2023
98	CON-CAL3	352755	8302359	Calvario	2023
99	CON-CAL4	352754	8302490	Calvario	2023
100	CON-CAL5	352780	8302650	Calvario	2023

ANEXO 2 Muestreo en campo



Nota: A) secado de las muestras recolectadas para su prensado, B) evaluación de los cuadrantes establecidos, C) Prensado de las especies recolectadas.

ANEXO 3 Tratamiento de muestras de suelo en laboratorio y limpieza de biomasa



Nota: A) tamizado del suelo en laboratorio, B) secado de las muestras de suelo en bandejas de aluminio, C) Limpieza de la biomasa recolectada en campo.

ANEXO 4 Resolución Administrativa N° D000087-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO



Firmado digitalmente por IDME
HANARI Grover FAU 20582838927
sofi
Cargo: Administrador Técnico Ffs (E)
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.07.2023 18:51:54 -05:00

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Puno, 04 de Julio del 2023

RA N° D000087-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO

VISTO:

El Informe Técnico N° D000014-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM de evaluación de autorización con fines de investigación científica presentada por la administrada la señora IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES identificada con DNI N° 45818801, y,

CONSIDERANDO:

- Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica;
- Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su artículo 9°, referido a la investigación científica, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación en materia de recursos naturales;
- Que, el artículo 13° de la Ley N° 29763, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y se constituye en su autoridad técnico normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;
- Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI del 18 de julio del 2013, y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI del 03 de setiembre del 2014, aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, el mismo que en la parte de disposiciones complementarias transitorias señala que las administraciones técnicas forestales y de fauna silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR, ejerciendo una de las funciones de las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre, la de actuar como primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia; y acorde a las atribuciones reconocidas;
- Que, mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, se aprueba los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre";
- Que, mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, vigente desde 01 de octubre de 2015, se aprobó el Reglamento para la Gestión Forestal, el mismo que en el artículo 154°, menciona que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país, respecto a su patrimonio genético nativo, así mismo, las ARFFS otorgan autorizaciones con fines de investigación científica, que impliquen la utilización de métodos directos e indirectos para especies no categorizadas como amenazadas, no listadas en los apéndices CITES y que en ningún caso otorgue el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, de acuerdo a los lineamientos

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: OLF8BMGK



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

aprobados por el SERFOR para la evaluación para las solicitudes, así como los criterios para la verificación del cumplimiento de los compromisos de los investigadores;

- Que, mediante solicitud de fecha 06 de junio de 2023, la administrada la señora IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES, investigadora, solicita autorización con fines de investigación científica de flora silvestre fuera de áreas naturales protegidas, para el proyecto denominado: "*Efectos de los incendios y factores ambientales y antrópicos que determinan su ocurrencia y extensión en pastizales altoandinos de importancia ganadera en la región de Puno*" siendo el objeto evaluar el efecto de los incendios de pastizales en la vegetación, los sitios de estudios estarán en función al lugar en el que ocurran los incendios en el año 2023 y en el año 2024, por lo que es responsabilidad del investigados contar con los permisos de los titulares de los predios a fin de que cuente con el acceso correspondiente;
- Que, el Informe Técnico N° D000014-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM, señala que la solicitud materia de resolución cumple todos los requisitos establecidos en los lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación de flora y/o fauna silvestre, aprobado por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE.
- Adicional a ello precisa que la investigación de flora silvestre prevé la colecta de ejemplares enteros para la determinación taxonómica y (bio)masa seca para la determinación de la carga de combustible;
- Que, de conformidad con la Ley Forestal y de Fauna Silvestre Ley N° 29763; el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, TUO de la Ley N° 27444 Ley del Procedimiento Administrativo General, y el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, modificado por el Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, y en uso de sus atribuciones conferidas por la presente disposición.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre fuera de las Áreas Naturales Protegidas, con colecta de ejemplares conforme especifica el Informe Técnico N° D000014-2023-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM, que es parte integrante de la presente resolución, a favor de la administrada la señora IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES identificada con DNI N° 45818801, correspondiéndole el siguiente Código de Autorización **21-PUN/AUT-IFL-2023-002**.

Artículo 2°.- El proyecto titulado "*Efectos de los incendios y factores ambientales y antrópicos que determinan su ocurrencia y extensión en pastizales altoandinos de importancia ganadera en la región de Puno*", a realizarse en el año 2023 y 2024 por un periodo de 18 meses en el departamento de Puno, conforme al plan de investigación, participaran los siguientes investigadores.

NOMBRE	FUNCION	NACIONALIDAD	DOC	DNI N°
IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES	Investigador principal	Peruana	DNI	45818801
ERNESTO JAVIER CHURA YUPANQUI	Co-Investigador	Peruano	DNI	01204009

Artículo 3°.- El titular de la autorización tiene las siguientes obligaciones:

- a) Colectar únicamente las muestras autorizadas.
- b) No ceder el material colectado a terceros, ni utilizarlo para fines distintos a lo autorizado.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 076-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: OLF8MGK



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

- c) Si por razones científicas acotadas, se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, los interesados deberán gestionar el correspondiente Permiso para la Exportación ante la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo.
- d) No contactar, ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.
- e) Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de Puno una (01) copia del Informe Parcial anual (incluyendo versión digital), al término de cada año, contado a partir de la emisión de la presente autorización. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- f) Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de Puno, una (01) copia del Informe Final (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g) Los Informes Parciales y Final deberán contener una lista taxonómica de las especies de fauna colectadas o registradas bajo la presente autorización, en formato MS Excel. Esta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). El formato de Informe Parcial y Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h) La entrega de lo indicado en el literal e), no deberá exceder los seis (06) meses luego de terminado cada año de la autorización; y en el caso del literal f) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización
- i) Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.
- j) Solicitar anticipadamente al SERFOR o ARFFS y dentro del plazo de vigencia de la autorización, cualquier cambio en las características del proyecto (p. ej. Cronograma, especialistas, puntos de muestreo, etc) que demanden la modificación de la presente Resolución.

Artículo 4°.- El investigador/a deberá tener en consideración el bienestar animal y flora en la colecta de especímenes de ser el caso.

Artículo 5°.- La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por la o el solicitante de esta autorización, durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del proyecto de investigación los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se formulen ajustes sobre la presente autorización.

Artículo 6°.- Notificar la presente Resolución Administrativa que autoriza la investigación a la administrada IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES, a la Dirección General de Información y Ordenamiento Forestal y de Fauna Silvestre, a la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre, y a la Policía Nacional del Perú.

Artículo 7°.- Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: www.serfor.gob.pe.

Regístrese, comuníquese.

Firmado Digitalmente

Blgo. GROVER IDME HAÑARI
Administrador Técnico (e)
Forestal y de Fauna Silvestre de Puno
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: OLF8MGK



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

ANEXO 1

FORMATO DE INFORME PARCIAL Y/O FINAL DE INVESTIGACION

Cada año, y una vez culminada la investigación autorizada, el investigador responsable deberá revisar el cumplimiento de las obligaciones indicadas en su autorización, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1) Entregar a la ATFFS del SERFOR una (01) copia del informe parcial o final en idioma español, como resultado de la autorización otorgada, en formato impreso y soporte digital (CD), para ello adjunto el formato de informe a presentar:

a.	Título del Proyecto.
b.	Área estudiada (indicando coordenadas geográficas para todas las zonas de colecta, en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). Dicha información deberá ser presentada en un cuadro en formato excel).
c.	Nº de Autorización.
d.	Autores.
e.	Institución.
f.	Resumen para ser publicado en la web del SERFOR (donde se deberá señalar los resultados y la relevancia de lo encontrado en forma sintetizada)
g.	Marco teórico.
h.	Material y Métodos.
i.	Resultados.
j.	Discusión.
k.	Conclusiones.
l.	Bibliografía.
m.	Anexos

- 2) Entregar copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión institucional no comercial.
- 3) Entregar copia de la(s) publicación(es), producto de la investigación realizada en formato impreso y digital, o de lo contrario señalar que no cuenta con publicación alguna en la remisión de su carta.
- 4) Presentar la lista taxonómica de las especies de fauna y/o flora encontradas en las zonas evaluadas con las respectivas coordenadas formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). Dicha información deberá ser presentada en un cuadro en formato Excel.
- 5) Además, se deberá adjuntar copias de los permisos de exportación otorgados (para el caso de autorización con colecta).

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: OLF8MGK



ANEXO 5 Identificación taxonómica de la familia y especies identificadas por el Herbario de la Universidad Mayor de San Andrés.

N°	Especie	Familia
1	<i>Acaulimalva engleriana</i>	Malvaceae
2	<i>Acaulimalva nubigena</i>	Malvaceae
3	<i>Achyrocline ramosissima</i>	Asteraceae
4	<i>Adesmia spinosissima</i>	Fabaceae
5	<i>Ageratina sternbergiana</i>	Asteraceae
6	<i>Airampoa ayrampo</i>	Cactaceae
7	<i>Aldama helianthoides</i>	Asteraceae
8	<i>Arenaria digyna</i>	Caryophyllaceae
9	<i>Aristida adscensionis</i>	Poaceae
10	<i>Aschersoniodoxa cachensis</i>	Brassicaceae
11	<i>Astragalus garbancillo</i>	Fabaceae
12	<i>Astragalus micranthellus</i>	Fabaceae
13	<i>Astragalus pusillus</i>	Fabaceae
14	<i>Austrocylindropuntia floccosa</i>	Cactaceae
15	<i>Austrocylindropuntia lagopus</i>	Cactaceae
16	<i>Baccharis caespitosa</i>	Asteraceae
17	<i>Baccharis</i> sp.	Asteraceae
18	<i>Baccharis tola</i>	Asteraceae
19	<i>Baccharis tricuneata</i>	Asteraceae
20	<i>Bartsia crenoloba</i>	Orobanchaceae
21	<i>Bidens andicola</i>	Asteraceae
22	<i>Bidens triplinervia</i>	Asteraceae
23	<i>Bouteloua simplex</i>	Poaceae
24	<i>Bowlesia flabilis</i>	Apiaceae
25	<i>Bromus catharticus</i>	Poaceae
26	<i>Bromus</i> sp.	Poaceae
27	<i>Cactus</i> 2	Cactaceae
28	<i>Cactus</i> 3	Cactaceae
29	<i>Caiophora horrida</i>	Loasaceae
30	<i>Calandrinia acaulis</i>	Montiaceae
31	<i>Cardionema ramosissimum</i>	Caryophyllaceae
32	<i>Carex</i> sp1.	Cyperaceae
33	<i>Carex</i> sp2.	Cyperaceae
34	<i>Carex</i> sp3.	Cyperaceae
35	<i>Cenchrus clandestinus</i>	Poaceae
36	<i>Cerastium arvense</i>	Caryophyllaceae
37	<i>Cerastium danguyi</i>	Caryophyllaceae
38	<i>Cerastium glomeratum</i>	Caryophyllaceae
39	<i>Cerastium mucronatum</i>	Caryophyllaceae
40	<i>cf. Melandrium mandonii</i>	Caryophyllaceae



N°	Especie	Familia
41	<i>Chaerophyllum andicola</i>	Apiaceae
42	<i>Cheilanthes pruinata</i>	Pteridaceae
43	<i>Chersodoma jodopappa</i>	Asteraceae
44	<i>Conium maculatum</i>	Apiaceae
45	<i>Convolvulus montanus</i>	Convolvulaceae
46	<i>Conyza altoandina</i>	Asteraceae
47	<i>Conyza artemisioides</i>	Asteraceae
48	<i>Conyza deserticola</i>	Asteraceae
49	<i>Conyza gnaphalioides</i>	Asteraceae
50	<i>Cosmos peucedanifolius</i>	Asteraceae
51	<i>Crespillo</i>	Poaceae
52	<i>Cumulopuntia boliviana</i>	Cactaceae
53	<i>Cyperus andinus</i>	Cyperaceae
54	<i>Daucus montanus</i>	Apiaceae
55	<i>Deyeuxia brevifolia</i>	Poaceae
56	<i>Deyeuxia heterophylla</i>	Poaceae
57	<i>Deyeuxia intermedia</i>	Poaceae
58	<i>Deyeuxia rigescens</i>	Poaceae
59	<i>Deyeuxia violacea</i>	Poaceae
60	<i>Dichondra microcalyx</i>	Convolvulaceae
61	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Chenopodiaceae
62	<i>Ephedra rupestris</i>	Ephedraceae
63	<i>Eragrostis lugens</i>	Asteraceae
64	<i>Erigeron pazensis</i>	Asteraceae
65	<i>Erigeron sp.</i>	Asteraceae
66	<i>Erodium cicutarium</i>	Geraniaceae
67	<i>Euphorbia huanchahana</i>	Euphorbiaceae
68	<i>Euphorbia sp.</i>	Euphorbiaceae
69	<i>Facelis plumosa</i>	Asteraceae
70	<i>Festuca dolichophylla</i>	Poaceae
71	<i>Fuertesimalva echinata</i>	Malvaceae
72	<i>Galinsoga mandonii</i>	Asteraceae
73	<i>Galium corymbosum</i>	Rubiaceae
74	<i>Gamochaeta americana</i>	Asteraceae
75	<i>Gamochaeta erythraetis</i>	Asteraceae
76	<i>Gamochaeta sp1.</i>	Asteraceae
77	<i>Gamochaeta sp2.</i>	Asteraceae
78	<i>Gamochaeta sp3.</i>	Asteraceae
79	<i>Gentiana sedifolia</i>	Gentianaceae
80	<i>Gentianella sp.</i>	Gentianaceae
81	<i>Geranium core-core</i>	Geraniaceae
82	<i>Geranium fallax</i>	Geraniaceae
83	<i>Geranium sessiliflorum</i>	Geraniaceae



N°	Especie	Familia
84	<i>Glandularia microphylla</i>	Verbenaceae
85	<i>Gnaphalium cheiranthifolium</i>	Asteraceae
86	<i>Gnaphalium cheiranthifolium</i>	Asteraceae
87	<i>Gnaphalium glandulosum</i>	Asteraceae
88	<i>Gnaphalium</i> sp1.	Asteraceae
89	<i>Gomphrena meyeniana</i>	Amaranthaceae
90	<i>Hedeoma mandoneana</i>	Lamiaceae
91	<i>Heliotropium microstachyum</i>	Heliotropiaceae
92	<i>Herniaria</i> sp.	Caryophyllaceae
93	<i>Hieracium adenocephalum</i>	Asteraceae
94	<i>Hieracium mandonii</i>	Asteraceae
95	<i>Hieracium pongoense</i>	Asteraceae
96	sp26	Scrophulariaceae
97	<i>Hypericum silenoides</i>	Hypericaceae
98	<i>Hypochaeris chilensis</i>	Asteraceae
99	<i>Hypochaeris eriolaena</i>	Asteraceae
100	<i>Hypochaeris meyeniana</i>	Asteraceae
101	<i>Hypochaeris taraxacoides</i>	Asteraceae
102	<i>Hypochoeris echegarayi</i>	Asteraceae
103	<i>Jarava ichu</i>	Poaceae
104	<i>Juncus arcticus</i>	Juncaceae
105	<i>Koeleria kurtzii</i>	Poaceae
106	<i>Lachemilla aphanoides</i>	Rosaceae
107	<i>Lachemilla pinnata</i>	Rosaceae
108	<i>Lamium amplexicaule</i>	Lamiaceae
109	<i>Lepechinia meyenni</i>	Lamiaceae
110	<i>Lepidium chichicara</i>	Brassicaceae
111	<i>Lobivia maximiliana</i>	Cactaceae
112	<i>Lobivia pequeño</i>	Cactaceae
113	<i>Lupinus altimontanus</i>	Fabaceae
114	<i>Lupinus buchtienii</i>	Fabaceae
115	<i>Lupinus conicus</i>	Fabaceae
116	<i>Lupinus otto-buchtienii</i>	Fabaceae
117	<i>Lupinus</i> sp1.	Fabaceae
118	<i>Lupinus</i> sp2.	Fabaceae
119	<i>Luzula racemosa</i>	Juncaceae
120	<i>Mancoa hispida</i>	Brassicaceae
121	<i>Medicago hispida</i>	Fabaceae
122	<i>Microchloa kunthii</i>	Poaceae
123	<i>Minthostachys mollis</i>	Lamiaceae
124	<i>Mniodes kunthiana</i>	Asteraceae
125	<i>Mniodes piptolepis</i>	Asteraceae
126	<i>Mniodes schultzii</i>	Asteraceae



N°	Especie	Familia
127	<i>Mniodes subspicata</i>	Asteraceae
128	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>	Polygonaceae
129	<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Poaceae
130	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Poaceae
131	<i>Nasella aff. meyeniana</i>	Poaceae
132	<i>Nasella asplundii</i>	Poaceae
133	<i>Nasella inconspicua</i>	Poaceae
134	<i>Nasella meyeniana</i>	Poaceae
135	<i>Niphogeton scabra</i>	Apiaceae
136	NN1	Caryophyllaceae
137	NN2	Caryophyllaceae
138	<i>Nothoscordum andicola</i>	Amaryllidaceae
139	<i>Oenothera multicaulis</i>	Onagraceae
140	<i>Oenothera punae</i>	Onagraceae
141	<i>Olsynium junceum</i>	Iridaceae
142	<i>Oritrophium limnophilum</i>	Asteraceae
143	<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae
144	<i>Oxalis orocharis</i>	Oxalidaceae
145	<i>Oxalis pachyrrhiza</i>	Oxalidaceae
146	<i>Oziroë acaulis</i>	Asparagaceae
147	<i>Paranephelius ovatus</i>	Asteraceae
148	<i>Paronychia andina</i>	Caryophyllaceae
149	<i>Paronychia chilensis</i>	Caryophyllaceae
150	<i>Paronychia muschleri</i>	Caryophyllaceae
151	<i>Paronychia</i> sp.	Caryophyllaceae
152	<i>Paronychia weberbaueri</i> .	Caryophyllaceae
153	<i>Paspalum pygmaeum</i>	Poaceae
154	Pasto espinoso	Poaceae
155	Pasto pequeño	Poaceae
156	<i>Pectis sessiliflora</i>	Asteraceae
157	<i>Peperomia peruviana</i>	Piperaceae
158	<i>Peperomia verruculosa</i>	Piperaceae
159	<i>Perezia</i> sp.	Asteraceae
160	<i>Perezia sublyrata</i>	Asteraceae
161	<i>Phacelia pinnatifida</i>	Hydrophyllaceae
162	<i>Philibertia lysimachioides</i>	Apocynaceae
163	<i>Piptochaetium indutum</i>	Poaceae
164	<i>Plantago australis</i>	Plantaginaceae
165	<i>Plantago myosorus</i>	Plantaginaceae
166	<i>Plantago sericea</i>	Plantaginaceae
167	<i>Poa candamoana</i>	Poaceae
168	<i>Poa cf. buchtienii</i>	Poaceae
169	<i>Poaceae</i> 2	Poaceae



N°	Especie	Familia
170	<i>Polypogon interruptus</i>	Poaceae
171	<i>Pterichis</i> sp.	Orchidaceae
172	<i>Pycnophyllum molle</i>	Caryophyllaceae
173	<i>Quasiantennaria linearifolia</i>	Asteraceae
174	<i>Quinchamalium chilense</i>	Schoepfiaceae
175	<i>Relbunium hirsutum</i>	Rubiaceae
176	<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae
177	<i>Salpichroa glandulosa</i>	Solanaceae
178	<i>Schkuhria multiflora</i>	Asteraceae
179	<i>Senecio candollei</i>	Asteraceae
180	<i>Senecio carnosus</i>	Asteraceae
181	<i>Senecio nutans</i>	Asteraceae
182	<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae
183	<i>Senecio spinosus</i>	Asteraceae
184	<i>Senecio vulgaris</i>	Asteraceae
185	<i>Siphocampylus tupaiformis</i>	Campanulaceae
186	<i>Sisyrinchium brevipes</i>	Iridaceae
187	<i>Sisyrinchium chilense</i>	Iridaceae
188	<i>Solanum acaule</i>	Solanaceae
189	<i>Solanum aloysiifolium</i>	Solanaceae
190	<i>Solanum physaloides</i>	Solanaceae
191	<i>Spergularia andina</i>	Caryophyllaceae
192	<i>Stellaria weddellii</i>	Caryophyllaceae
193	<i>Stenandrium dulce</i>	Acanthaceae
194	<i>Stevia mandonii</i> _Verbena	Asteraceae
195	<i>Stipa brachyphylla</i> _Stipa sp1	Poaceae
196	<i>Stipa hans-mayeni</i> _Plumosa negra	Poaceae
197	<i>Stipa mucronata</i>	Poaceae
198	<i>Stipa negro</i>	Poaceae
199	<i>Stipa obtusa</i>	Poaceae
200	<i>Stipa</i> sp1	Poaceae
201	<i>Stipa</i> sp2	Poaceae
202	<i>Stipa</i> sp3	Poaceae
203	<i>Stipa</i> sp4	Poaceae
204	<i>Stipa</i> sp5	Poaceae
205	<i>Tagetes filifolia</i>	Asteraceae
206	<i>Tagetes multiflora</i>	Asteraceae
207	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae
208	<i>Tetraglochin cristatum</i>	Rosaceae
209	<i>Tillandsia capillaris</i>	Bromeliaceae
211	<i>Trifolium amabile</i>	Fabaceae
212	<i>Urtica echinata</i>	Urticaceae
213	<i>Urtica flabellata</i>	Urticaceae



N°	Especie	Familia
214	<i>Valeriana bracteata</i>	Caprifoliaceae
215	<i>Verbena litoralis</i>	Verbenaceae
216	<i>Vicia graminea</i>	Fabaceae
217	<i>Viguiera sp.</i>	Asteraceae
218	<i>Villanova robusta</i>	Asteraceae
219	<i>Vulpia bromoides</i>	Poaceae
220	<i>Werneria apiculata</i>	Asteraceae
221	<i>Werneria heteroloba</i>	Asteraceae
222	<i>Werneria nubigena</i>	Asteraceae
223	<i>Werneria sp.</i>	Asteraceae
224	<i>Woodsia montevidensis</i>	Woodsiaceae
225	<i>Zephyrantes sp.</i>	Amaryllidaceae



ANEXO 6 Resultados del laboratorio de los parámetros fisicoquímicos de suelos.

N°	Transecto	Sitio	Factor	Año	Biomasa gr/m ²	pH	CE	N total	P disp.	K ⁺	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K	CIC	Arena	Limo	Arcilla
1	SIN-ANT1	Antaymarca	No quemado	2023	314.6	6.53	0.36	0.11	8.82	193.00	7.84	1.55	0.98	0.00	1.10	12.88	72.40	14.40	13.20
2	SIN-ANT2	Antaymarca	No quemado	2023	796.8	6.25	0.26	0.11	7.13	159.00	8.37	1.57	1.11	0.04	1.11	12.53	79.60	12.80	7.60
3	SIN-ANT3	Antaymarca	No quemado	2023	1265.2	5.67	0.22	0.09	10.47	226.25	8.19	1.79	1.23	0.15	0.88	11.90	72.80	20.00	7.20
4	SIN-ANT4	Antaymarca	No quemado	2023	639.6	5.90	0.13	0.06	8.17	164.75	6.67	1.76	1.21	0.01	1.36	13.55	66.00	20.80	13.20
5	SIN-ANT5	Antaymarca	No quemado	2023	1272.72	5.41	0.11	0.12	8.39	202.25	11.05	2.37	1.47	0.23	1.08	12.94	62.80	25.20	12.00
6	CON-ANT1	Antaymarca	Quemado	2023	232.4	4.96	0.35	0.06	7.92	222.25	7.61	1.84	0.97	0.02	1.40	11.40	74.40	21.20	4.40
7	CON-ANT2	Antaymarca	Quemado	2023	210	5.32	0.18	0.07	7.42	156.00	7.01	1.75	0.91	0.01	1.04	10.43	75.20	16.80	8.00
8	CON-ANT3	Antaymarca	Quemado	2023	396	5.72	0.23	0.06	8.17	180.50	10.81	1.91	0.75	0.13	1.35	10.98	66.40	26.00	7.60
9	CON-ANT4	Antaymarca	Quemado	2023	440	5.36	0.16	0.06	7.99	151.25	9.96	1.96	0.70	0.20	1.31	11.63	62.80	23.20	14.00
10	CON-ANT5	Antaymarca	Quemado	2023	538.76	4.81	0.11	0.11	2.94	257.00	8.97	4.10	1.62	0.64	1.65	11.64	53.80	18.40	27.80
11	SIN-TOT1	Totorani	No quemado	2023	684.4	5.99	0.13	0.06	7.81	208.75	7.28	2.40	1.16	0.74	1.33	14.00	70.40	12.00	17.60
12	SIN-TOT2	Totorani	No quemado	2023	1026.8	5.38	0.11	0.07	8.02	201.75	8.50	2.09	0.86	0.51	1.11	14.69	74.80	18.00	7.20
13	SIN-TOT3	Totorani	No quemado	2023	1162.4	5.72	0.26	0.13	9.13	251.00	11.52	2.45	1.36	0.53	1.39	14.85	60.80	28.00	11.20
14	SIN-TOT4	Totorani	No quemado	2023	652.8	6.58	0.39	0.14	11.73	286.50	16.68	2.65	1.61	0.94	1.64	15.41	35.20	26.00	38.80
15	SIN-TOT5	Totorani	No quemado	2023	975.2	6.34	0.27	0.07	7.41	197.00	12.14	2.62	1.61	0.88	1.58	13.67	43.60	26.00	30.40
16	CON-TOT1	Totorani	Quemado	2023	463.2	5.77	0.23	0.07	8.10	195.50	13.16	2.30	1.24	0.72	1.40	12.22	38.00	29.60	32.40
17	CON-TOT2	Totorani	Quemado	2023	276	5.43	0.15	0.06	8.14	187.50	11.31	2.09	1.29	0.77	1.27	11.97	43.60	28.00	28.40
18	CON-TOT3	Totorani	Quemado	2023	189.2	5.50	0.20	0.03	7.49	153.50	12.88	2.31	1.18	0.80	1.26	11.01	36.00	31.60	32.40
19	CON-TOT4	Totorani	Quemado	2023	277.6	5.09	0.20	0.06	7.91	181.75	15.05	2.10	1.07	0.66	1.27	12.91	35.60	32.00	32.40
20	CON-TOT5	Totorani	Quemado	2023	420.8	5.29	0.32	0.04	7.63	183.75	18.19	2.17	1.07	0.89	1.36	13.18	36.00	21.60	42.40
21	SIN-SF1	San Francisco	No quemado	2023	382.4	4.56	0.06	0.03	7.65	154.50	7.70	2.34	1.70	0.66	1.25	14.33	80.40	5.60	14.00
22	SIN-SF2	San Francisco	No quemado	2023	524	4.46	0.05	0.04	7.75	160.75	5.61	2.54	1.29	0.35	1.07	14.15	84.00	5.60	10.40
23	SIN-SF3	San Francisco	No quemado	2023	921.2	4.35	0.15	0.05	8.07	176.25	8.11	2.35	1.60	0.22	1.57	14.55	78.00	7.60	14.40
24	SIN-SF4	San Francisco	No quemado	2023	1812.4	4.51	0.15	0.04	7.73	163.75	12.48	2.45	1.64	0.14	1.63	12.52	64.40	11.60	24.00
25	SIN-SF5	San Francisco	No quemado	2023	290.68	4.38	0.14	0.04	7.63	162.50	12.18	2.15	1.71	0.18	1.61	13.98	70.80	8.00	21.20
26	CON-SF1	San Francisco	Quemado	2023	180.4	4.53	0.09	0.03	7.63	151.75	12.25	2.70	1.78	0.82	1.39	11.27	83.20	8.00	8.80



N°	Transecto	Sitio	Factor	Año	Biomasa gr/m ²	pH	CE	N total	P disp.	K ⁺	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K	CIC	Arena	Limo	Arcilla
27	CON-SF2	San Francisco	Quemado	2023	283.2	4.34	0.15	0.03	7.63	155.50	13.15	2.67	1.70	0.83	1.38	11.43	83.20	8.00	8.80
28	CON-SF3	San Francisco	Quemado	2023	164.8	4.50	0.08	0.01	7.35	158.00	9.28	2.29	1.55	0.83	1.17	10.01	57.60	15.60	26.80
29	CON-SF4	San Francisco	Quemado	2023	131.2	4.34	0.07	0.06	8.00	178.75	12.49	2.77	1.79	0.56	1.23	12.43	67.60	9.60	22.80
30	CON-SF5	San Francisco	Quemado	2023	206.4	4.55	0.07	0.15	9.36	218.50	13.50	2.75	1.69	0.50	1.21	11.59	67.60	9.60	22.80
31	SIN-COMPI1	Compi	No quemado	2023	632.516	4.76	0.07	0.04	7.84	177.75	10.70	2.65	1.69	0.70	1.66	14.52	72.40	9.60	18.00
32	SIN-COMPI2	Compi	No quemado	2023	533.296	4.93	0.09	0.13	9.62	266.00	11.01	2.78	1.76	0.72	1.47	15.14	64.40	9.60	26.00
33	SIN-COMPI3	Compi	No quemado	2023	938.74	5.23	0.07	0.08	8.43	217.75	11.41	3.07	1.93	0.78	1.48	14.63	60.00	15.60	24.40
34	SIN-COMPI4	Compi	No quemado	2023	773.96	4.34	0.08	0.09	7.98	219.75	11.62	2.68	1.47	0.71	1.55	14.53	56.40	17.60	26.00
35	SIN-COMPI5	Compi	No quemado	2023	503.8	4.63	0.08	0.13	8.48	268.25	9.00	2.76	1.70	0.59	1.37	14.42	56.00	13.60	30.40
36	CON-COMPI1	Compi	Quemado	2023	275.348	4.36	0.29	0.14	9.93	259.50	9.45	2.97	1.84	0.52	1.54	14.33	66.40	9.60	24.00
37	CON-COMPI2	Compi	Quemado	2023	249.12	3.95	0.29	0.15	9.32	257.25	11.54	2.65	1.72	0.74	0.98	14.46	68.00	7.60	24.40
38	CON-COMPI3	Compi	Quemado	2023	240.352	5.52	0.19	0.15	9.92	252.25	9.08	2.76	1.72	0.58	1.00	13.72	68.40	15.60	16.00
39	CON-COMPI4	Compi	Quemado	2023	306.36	4.84	0.17	0.13	8.20	229.75	10.90	2.73	1.79	0.69	1.55	14.45	62.00	11.60	26.40
40	CON-COMPI5	Compi	Quemado	2023	282.18	4.83	0.15	0.16	10.30	268.00	13.79	2.64	1.66	0.73	1.53	14.43	74.40	11.60	14.00
41	SIN-AZ1	Azángaro	No quemado	2022	1016.66	5.42	0.12	0.14	9.44	256.25	6.97	2.84	1.73	0.62	1.55	13.83	70.00	9.60	20.40
42	SIN-AZ2	Azángaro	No quemado	2022	540.812	6.06	0.13	0.13	9.05	244.25	5.94	2.81	1.72	0.65	1.65	14.05	78.80	7.20	14.00
43	SIN-AZ3	Azángaro	No quemado	2022	880.96	6.04	0.08	0.13	9.89	253.00	5.95	2.67	1.54	0.71	1.60	14.30	84.00	5.60	10.40
44	SIN-AZ4	Azángaro	No quemado	2022	688.448	5.47	0.07	0.06	8.23	218.75	3.78	2.61	1.72	0.76	1.63	13.51	57.60	7.60	34.80
45	SIN-AZ5	Azángaro	No quemado	2022	725.28	5.22	0.06	0.05	7.74	180.25	4.96	2.70	1.72	0.70	1.40	12.79	78.00	7.60	14.40
46	CON-AZ1	Azángaro	Quemado	2022	518.028	5.53	0.19	0.07	8.28	199.25	9.08	2.57	1.74	0.73	1.66	13.53	58.40	17.20	24.40
47	CON-AZ2	Azángaro	Quemado	2022	505.608	5.62	0.13	0.17	10.95	282.25	6.93	2.78	1.79	0.73	1.77	14.55	83.20	9.20	7.60
48	CON-AZ3	Azángaro	Quemado	2022	481.624	5.73	0.10	0.11	8.66	255.75	6.87	2.67	1.55	0.70	1.68	14.03	87.60	9.20	3.20
49	CON-AZ4	Azángaro	Quemado	2022	600.372	5.45	0.31	0.18	11.23	280.75	8.19	2.89	1.83	0.73	1.88	15.00	71.60	9.60	18.80
50	CON-AZ5	Azángaro	Quemado	2022	433.9	5.35	0.20	0.13	10.02	262.50	7.19	2.67	1.57	0.71	1.76	14.29	70.00	19.60	10.40
51	SIN-CAB1	Collana	No quemado	2022	818.4	4.95	0.15	0.16	8.89	306.75	13.07	3.04	1.48	0.82	1.55	14.30	80.00	3.20	16.80
52	SIN-CAB2	Collana	No quemado	2022	760.7	4.52	0.11	0.08	7.80	265.25	9.76	2.35	1.11	0.71	1.42	13.53	87.60	5.20	7.20
53	SIN-CAB3	Collana	No quemado	2022	557.94	4.42	0.08	0.11	9.35	280.00	8.34	2.57	1.16	0.64	1.37	13.94	78.00	7.60	14.40
54	SIN-CAB4	Collana	No quemado	2022	444.7	4.82	0.09	0.20	8.92	317.75	7.45	3.97	1.89	0.76	1.88	15.02	76.40	13.20	10.40



N°	Transecto	Sitio	Factor	Año	Biomasa gr/m ²	pH	CE	N total	P disp.	K ⁺	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K	CIC	Arena	Limo	Arcilla
55	SIN-CAB5	Collana	No quemado	2022	335.94	4.43	0.08	0.11	8.25	274.75	6.93	2.67	1.26	0.65	1.29	14.08	90.40	3.20	6.40
56	CON-CAB1	Collana	Quemado	2022	264.968	4.65	0.11	0.12	10.07	285.75	13.26	2.72	1.33	0.67	1.72	13.85	92.00	5.20	2.80
57	CON-CAB2	Collana	Quemado	2022	313.216	4.89	0.09	0.09	10.17	266.50	11.64	2.75	1.33	0.71	1.52	13.88	68.80	5.20	26.00
58	CON-CAB3	Collana	Quemado	2022	612.54	4.03	0.13	0.17	10.65	303.50	15.34	3.15	1.53	0.53	1.49	14.50	78.80	6.80	14.40
59	CON-CAB4	Collana	Quemado	2022	396.472	4.02	0.09	0.20	10.16	345.75	15.76	3.64	1.74	0.53	1.86	15.26	84.80	3.20	12.00
60	CON-CAB5	Collana	Quemado	2022	312.5	3.95	0.08	0.11	8.56	270.00	6.67	2.94	1.42	0.54	1.53	13.67	86.40	1.20	12.40
61	SIN-IST1	Istarata	No quemado	2022	520.02	4.79	0.06	0.13	4.80	271.25	13.21	4.15	2.24	0.73	1.47	12.91	67.20	18.80	14.00
62	SIN-IST2	Istarata	No quemado	2022	967.74	4.92	0.25	0.21	5.81	309.25	9.96	4.70	2.99	0.75	1.58	15.65	69.60	20.40	10.00
63	SIN-IST3	Istarata	No quemado	2022	1182.736	4.32	0.10	0.15	4.94	250.25	11.66	3.74	2.32	0.67	1.52	12.86	62.40	24.40	13.20
64	SIN-IST4	Istarata	No quemado	2022	880.06	4.54	0.14	0.13	5.82	249.00	13.97	3.87	2.23	0.64	1.52	11.98	62.40	18.40	19.20
65	SIN-IST5	Istarata	No quemado	2022	768.98	4.59	0.06	0.13	5.39	249.50	9.61	3.80	2.17	0.69	1.54	12.39	64.80	12.00	23.20
66	CON-IST1	Istarata	Quemado	2022	439.68	4.85	0.10	0.29	7.35	384.50	12.46	4.43	1.89	0.81	1.75	18.38	67.20	16.40	16.40
67	CON-IST2	Istarata	Quemado	2022	275.828	4.61	0.15	0.10	6.57	255.25	13.00	3.55	1.75	0.80	1.83	12.98	69.60	22.40	8.00
68	CON-IST3	Istarata	Quemado	2022	137.708	4.97	0.16	0.25	6.56	362.25	13.12	4.64	1.83	0.83	1.88	15.38	62.40	16.40	21.20
69	CON-IST4	Istarata	Quemado	2022	113.156	4.56	0.13	0.26	7.16	370.50	14.12	4.56	1.96	0.85	1.82	16.49	62.40	8.40	29.20
70	CON-IST5	Istarata	Quemado	2022	153.724	4.48	0.18	0.16	6.87	254.50	15.76	4.42	1.77	0.81	1.74	13.72	67.20	18.80	14.00
71	SIN-ANA1	Anansaya	No quemado	2022	680.732	4.16	0.10	0.18	6.87	305.00	12.54	3.57	1.90	0.60	1.71	14.62	56.40	9.60	34.00
72	SIN-ANA2	Anansaya	No quemado	2022	595.1	5.03	0.20	0.22	7.79	323.00	22.66	4.22	2.00	0.79	1.83	15.23	70.80	5.20	24.00
73	SIN-ANA3	Anansaya	No quemado	2022	838.916	4.94	0.08	0.33	8.09	354.50	11.21	4.35	2.08	0.74	1.64	15.16	66.00	9.20	24.80
74	SIN-ANA4	Anansaya	No quemado	2022	719.156	4.92	0.10	0.20	6.27	315.00	7.77	4.09	1.93	0.77	1.80	14.49	68.40	15.20	16.40
75	SIN-ANA5	Anansaya	No quemado	2022	558.288	4.94	0.14	0.15	7.62	279.75	8.17	3.52	1.62	0.75	1.70	13.93	62.80	9.60	27.60
76	CON-ANA1	Anansaya	Quemado	2022	374.7	4.82	0.14	0.22	7.63	322.25	11.17	3.95	1.93	0.69	1.68	15.17	62.40	13.20	24.40
77	CON-ANA2	Anansaya	Quemado	2022	329.408	5.32	0.23	0.19	8.09	299.25	9.99	4.04	1.98	0.75	1.78	14.58	68.80	16.80	14.40
78	CON-ANA3	Anansaya	Quemado	2022	564.212	4.84	0.08	0.20	6.76	319.25	9.72	3.80	1.82	0.70	1.79	14.80	70.40	21.20	8.40
79	CON-ANA4	Anansaya	Quemado	2022	329.696	4.84	0.06	0.10	6.28	257.50	8.09	3.11	1.50	0.67	1.43	13.36	70.80	12.80	16.40
80	CON-ANA5	Anansaya	Quemado	2022	345.928	4.70	0.11	0.14	9.18	271.25	13.79	3.29	1.59	0.75	1.54	13.79	58.40	16.80	24.80
81	SIN-HUA1	Huayruro	No quemado	2022	677.44	4.94	0.17	0.18	2.81	273.00	9.03	4.52	1.90	0.68	1.82	14.42	67.20	10.80	22.00
82	SIN-HUA2	Huayruro	No quemado	2022	697.98	5.25	0.17	0.15	4.64	323.50	9.03	4.31	1.71	0.66	1.76	13.83	67.20	14.80	18.00
83	SIN-HUA3	Huayruro	No quemado	2022	727.34	5.18	0.16	0.13	4.20	282.50	8.19	3.98	1.62	0.70	1.71	12.66	74.80	10.40	14.80



N°	Transecto	Sitio	Factor	Año	Biomasa gr/m ²	pH	CE	N total	P disp.	K ⁺	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K	CIC	Arena	Limo	Arcilla
84	SIN-HUA4	Huayruro	No quemado	2022	592.04	6.02	0.19	0.15	5.67	250.50	10.63	4.32	1.64	0.71	1.78	13.33	60.80	8.00	31.20
85	SIN-HUA5	Huayruro	No quemado	2022	762.4	5.52	0.12	0.15	4.07	255.50	7.58	4.31	1.67	0.77	1.81	13.51	62.40	10.40	27.20
86	CON-HUA1	Huayruro	Quemado	2022	218.3	5.01	0.25	0.15	4.93	275.25	7.63	4.28	1.78	0.73	1.83	14.04	60.40	20.40	19.20
87	CON-HUA2	Huayruro	Quemado	2022	535.7	4.91	0.14	0.18	4.50	269.50	9.36	4.38	1.82	0.72	1.77	15.30	69.20	12.80	18.00
88	CON-HUA3	Huayruro	Quemado	2022	245.24	4.75	0.09	0.16	4.21	225.00	8.30	4.54	1.81	0.72	1.70	14.13	60.40	6.40	33.20
89	CON-HUA4	Huayruro	Quemado	2022	248.64	4.60	0.08	0.20	4.21	269.25	9.37	4.31	1.84	0.71	1.76	15.42	50.80	14.80	34.40
90	CON-HUA5	Huayruro	Quemado	2022	546.4	4.58	0.07	0.11	5.08	232.75	6.99	4.17	1.72	0.67	1.62	12.45	58.80	12.40	28.80
91	SIN-CAL1	Calvario	No quemado	2023	763.284	5.50	0.15	0.25	7.07	354.00	8.28	4.04	2.11	0.69	1.63	16.24	74.40	7.20	18.40
92	SIN-CAL2	Calvario	No quemado	2023	804.584	4.22	0.12	0.25	7.17	326.75	9.10	3.86	2.05	0.41	1.48	15.60	68.40	12.80	18.80
93	SIN-CAL3	Calvario	No quemado	2023	640.864	4.64	0.10	0.13	7.54	264.75	8.43	4.05	2.00	0.49	1.36	11.93	67.60	11.20	21.20
94	SIN-CAL4	Calvario	No quemado	2023	864.7	4.59	0.07	0.08	8.25	234.75	5.41	3.88	1.74	0.73	1.51	10.60	77.20	8.80	14.00
95	SIN-CAL5	Calvario	No quemado	2023	483.54	4.64	0.08	0.18	5.68	301.50	7.48	4.04	2.01	0.74	1.59	13.87	77.60	9.20	13.20
96	CON-CAL1	Calvario	Quemado	2023	391.868	4.66	0.10	0.18	10.70	353.25	11.18	4.03	2.09	0.77	1.64	16.43	69.20	11.20	19.60
97	CON-CAL2	Calvario	Quemado	2023	407.468	4.45	0.21	0.20	9.35	305.25	9.94	4.19	1.83	0.77	1.67	16.06	69.20	7.20	23.60
98	CON-CAL3	Calvario	Quemado	2023	463.876	4.77	0.11	0.22	11.74	320.75	10.73	4.13	1.88	0.74	1.60	15.99	72.80	9.20	18.00
99	CON-CAL4	Calvario	Quemado	2023	240.416	4.73	0.10	0.16	8.55	285.00	8.86	4.33	1.84	0.72	1.63	13.57	68.80	8.80	22.40
100	CON-CAL5	Calvario	Quemado	2023	201	4.87	0.08	0.14	7.64	261.00	5.53	3.64	1.37	0.70	1.51	13.25	80.80	8.80	10.40



ANEXO 7 Ficha de resultados de variables fisicoquímicas de suelos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : Ivon Rocío Gutierrez Flores

Departamento : PUNO
Distrito : Melgar

Provincia :
Fecha : 15/04/2024
Fecha de entrega de resultados: 26/05/2024

N° Muestra	Ubicación				pH (1:1)	C.E. (1:1)		M.O. %	N total %	P (ppm)	K (ppm)	Análisis mecánico			Clase	Cationes cambiabiles			
	Norte	Este	Altitud	Localidad		mS/cm	M.O. %					Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca+2	Mg+2	K+	Na+
1	8388437	343691	3821	Antaymarca	6.53	0.36	7.84	0.11	8.82	1.10	72.40	14.40	13.20	Fr.A	12.88	1.55	0.98	198.00	0.00
2	8388300	343167	3875	Antaymarca	6.25	0.26	8.37	0.11	7.13	1.11	78.60	12.80	7.60	Fr.A	12.53	1.57	1.11	159.00	0.04
3	8388033	343108	3825	Antaymarca	5.67	0.22	8.19	0.09	10.47	0.88	72.80	20.00	7.20	Fr.A	11.90	1.78	1.23	226.25	0.15
4	8388041	342983	3977	Antaymarca	5.90	0.13	6.67	0.06	8.17	1.36	66.00	29.80	13.20	A.Fr	13.55	1.76	1.21	164.75	0.01
5	8387213	343533	4027	Antaymarca	5.41	0.11	11.05	0.12	8.39	1.08	62.80	25.20	12.00	A.Fr	12.94	2.37	1.47	202.25	0.23
6	8388098	343673	3944	Antaymarca	4.96	0.35	7.61	0.06	7.92	1.40	74.40	21.20	4.40	Fr.A	11.40	1.84	0.97	222.25	0.02
7	8388126	343393	3959	Antaymarca	5.32	0.18	7.01	0.07	7.42	1.04	75.20	18.80	8.00	Fr.A	10.43	1.75	0.91	156.00	0.01
8	8387852	343305	4050	Antaymarca	5.72	0.23	10.81	0.06	8.17	1.35	66.40	26.00	7.60	A.Fr	10.98	1.91	0.75	180.50	0.13
9	8387989	343353	4102	Antaymarca	5.36	0.16	9.96	0.06	7.99	1.31	62.80	23.20	14.00	A.Fr	11.63	1.96	0.70	151.25	0.20
10	8387464	342968	4158	Antaymarca	4.81	0.11	8.97	0.11	2.94	1.65	53.80	18.40	27.80	A.Fr	11.64	4.10	1.62	257.00	0.64

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ;
Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso ; M.O. = Materia Orgánica

Ivon Rocío Gutierrez Flores
ANALISTA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

Bla. Mg. Ivon Gutierrez Flores
DOCENTE - FCCB
UNA - PUNO



ANEXO 8 Constancia de ejecución del proyecto



PROYECTO DE INVESTIGACION BASICA: Efectos de los incendios y factores ambientales y antrópicos que determinan la ocurrencia y extensión en pastizales altoandinos de importancia ganadera en la región Puno - PE501082076 2023



CONSTANCIA

Yo, IVON ROCIO GUTIERREZ FLORES, responsable técnico del proyecto "Efectos de los incendios y factores ambientales y antrópicos que determinan la ocurrencia y extensión en pastizales altoandinos de importancia ganadera en la región Puno – PE501082076 2023", financiado por el CONCYTEC, identificado con DNI 45818801, hago constar que el Bachiller **Max Peter Panca Jevera**, ha ejecutado las actividades inherentes a su tesis titulado "Efectos de los incendios en la vegetación y suelos de pastizales altoandinos en la región Puno" por el periodo de seis meses, desde enero a junio del 2024. La ejecución de su tesis implicó la evaluación de 10 incendios ocurridos entre las provincias de Melgar, Azángaro y Lampa, en las que se colectaron muestras de vegetación y suelos. Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ecología Acuática de la Facultad de Ciencias Biológicas y en el Laboratorio de Agua y Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Firmo la presente constancia a los 03 días de septiembre del 2024.


M^{ra}. Ivon Rocio Gutierrez Flores
RESPONSABLE TÉCNICO
Contrato N° PE 501082076-2023-PROCIENCIA

IRGF/YRO/2024

Av. Floral N° 1145, Puno
E-mail: igutierrez@unap.edu.pe



ANEXO 9 Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Max Peter Panca Jevera
identificado con DNI 73024132 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

de Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ Efectos de los incendios en la vegetación y suelos de pastizales
altoandinos en la región Puno ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 03 de Octubre del 2024


FIRMA (obligatoria)





ANEXO 10 Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Max Peter Panca Jevera
identificado con DNI 73024132 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de Biología

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ Efectos de los incendios en la vegetación y suelos de
pastizales altoandinos en la región Puno ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 03 de Octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella