

SERVICIOS AMBIENTALES E IMPACTO DEL INCENDIO EN PAJONALES DE LAS ZONAS ALTOANDINAS DE AYACUCHO

Dimas Alberto Quintanilla Melgar

Correo: dimas.quintanilla@unsch.edu.pe

Unidad de Investigación e Innovación de la Facultad de Ciencias Agrarias

Área: Medio Ambiente/ Línea de Investigación: Medio Ambiente y Ganadería Sostenible.

RESUMEN

El presente estudio centra su objetivo en el análisis del impacto de los incendios en los servicios ambientales de los pajonales de zonas altoandinas de Ayacucho, por lo tanto, su metodología se enmarca en un enfoque cuantitativo de diseño no experimental transeccional evaluados en tiempo único pico de lluvia. Se evaluó dos áreas de pajonales, un área referente de condición buena y otra área de pajonal disturbado por incendio ocurrido un año antes a la evaluación. Los resultados indican la reducción de la composición florística a nivel de familias en 25%, y en especies 41.18%, la pérdida de cobertura fue en 61%, la biomasa aérea combustionada fue de 99 141 tn/ha⁻¹. Carbono elemental fijado en la estructura aérea de biomasa y mantillo 28 070 tnC/ha⁻¹ y liberación por combustión de CO₂ al medio ambiente de 101.054 tnCO₂/ha⁻¹. En conclusión, los incendios de los pajonales en la localidad de Toccto afectaron los servicios ecosistémicos, causando estragos en la flora y fauna, la pérdida de la cobertura vegetal, reducción de la composición florística, liberación de CO₂ al medio ambiente, los efectos colaterales muerte de aves e insectos, la migración de especies de fauna silvestre, cambios en la función hidrológica, invasión de especies indeseables, erosión del suelo, arrastre de cenizas y contaminación de acuíferos en zonas bajas.

Palabras clave: incendios, pajonales, servicios ecosistémicos, cambio climático.

ABSTRACT

The present study focuses on the analysis of the impact of fires on the environmental services of grasslands in the high Andean areas of Ayacucho. Therefore, its methodology is framed in a quantitative approach of non-experimental transect design evaluated in a single peak rainfall period. Two grassland areas were evaluated, one reference area in good condition and another area of grassland disturbed by a fire that occurred one year before the evaluation. The results indicate a reduction in the floristic composition at the family level of 25%, and in species 41.18%, the loss of cover was 61%, the burned aerial biomass was 99,141 tn/ha⁻¹. Elemental carbon fixed in the aerial structure of biomass and litter was 28,070 tnC/ha⁻¹ and CO₂ released into the environment by combustion of 101,054 tnCO₂/ha⁻¹. In conclusion, the fires in the grasslands of Toccto affected ecosystem services, causing havoc to flora and fauna, loss of vegetation cover, reduction of floral composition, release of CO₂ into the environment, collateral effects such as death of birds and insects, migration of wildlife species, changes in hydrological function, invasion of undesirable species, soil erosion, ash drag and contamination of aquifers in low-lying areas.

Keywords: fires, grasslands, ecosystem services, climate change.

I. INTRODUCCIÓN

La alteración de los servicios ecosistémicos por los incendios en muchos ecosistemas del mundo es el principal problema que trae consecuencias irreparables en la interrelación de la flora y fauna, tiene varias causas, entre ellas, las más importantes son: el cambio de uso de la tierra con quemas agrícolas en estaciones de sequía, los cambios en la cobertura vegetal por reforestación, ampliación de la frontera agrícola, el sobrepastoreo, la expansión de plantas invasoras y la contribución al cambio climático. Los ecosistemas se encuentran en permanente amenaza y vulnerabilidad a estas causas. (Martelo-Jiménez 2022)

El cambio climático constituye una presión adicional a los ecosistemas y a los bienes y servicios que ellos proveen. En estas últimas décadas, se incrementan la superficie afectada y la severidad de los incendios forestales en muchas regiones del mundo (De Groot *et al.*, 2012) y se prevé que el cambio climático incremente la frecuencia y la intensidad de estos, debido a la alteración de la distribución espacial y temporal de la temperatura, las lluvias, la radiación solar y los vientos (De Groot *et al.*, 2012).

Un incendio forestal es aquel fuego que se extiende sin control por terreno con cobertura vegetal que no estaba destinado a arder, generada por obra humana, el cambio climático le da condiciones favora-

bles para el inicio y desarrollo de incendios, lo que conllevará a más áreas afectadas por la aridez y la sequía (Zamora et al 2020).

Los efectos de los incendios forestales en los servicios ambientales de los ecosistemas son múltiples, siendo el 98% provocados por las prácticas antrópicas irresponsables (Rodríguez, 2021). desencadenan la interrelación del factor biótico y abiótico; en las últimas décadas los incendios forestales se han convertido en un serio problema ambiental y económico en las zonas altoandinas de la región Ayacucho y del país, su efecto es la pérdida de biomasa forrajera, daños de animales y humanos, reducción de áreas boscosas, daños económicos y ecológicos que conducen a la degradación de los suelos, la desertificación del paisaje y al empobrecimiento de la calidad del recurso hídrico, la recurrencia es cada vez mayor en los pajonales altoandinos del país (Samané, 2023).

Los pajonales altoandinos representan el 84.2% de los pastizales altoandinos, como servicios ecosistémicos permiten la recarga continua de los humedales andinos (bofedales). En este sentido la interacción entre pajonales y humedales es fundamental para la producción y regulación del agua que llega a los ríos y por ende para la conservación de los ecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos hídricos, protege el suelo, devuelve menos agua por transpiración al medio ambiente en 51% menos con respecto a árboles exóticos (Mosquera *et al.*, 2022).

Por lo tanto, es necesario el estudio de los efectos que puedan generar los incendios en los ecosistemas altoandinos, aún se desconocen sus impactos sobre los servicios ecosistémicos en la evapotranspiración, la infiltración, la humedad del suelo, la producción y regulación de los caudales.

Objetivo general

Evaluar los efectos de los incendios en los servicios ambientales de los pajonales incendiados en el distrito de Chiara, Ayacucho.

Objetivos específicos

Determinar los efectos por incendios de pajonales en la florísticas, producción de biomasa, carbono secuestrado por la biomasa aérea, carbono liberado en CO₂, propiedades del suelo en pH y materia orgánica.

II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

Se trata de una investigación no experimental de naturaleza transversal por lo que se realizó el muestreo en tiempo único después de un año de haber ocurrido la quema y pajonales referentes en su estado natural sin efectos incendio de condición bueno.

Ubicación

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Chiara provincia de Huamanga, Ayacucho, en los pajonales de Toccto el 2023 carretera Andahuaylas, geográficamente situada en las coordenadas Latitud: -13.2731, Longitud: -74.2058 13° 16' 23" Sur, 74° 12' 21" Oeste, la localidad de Toccto se encuentra a una altitud que va desde: 4000 a 4200 msnm. La vía de acceso es por carretera afirmada, a una distancia aproximada de 30 kilómetros partiendo la ciudad de Huamanga hasta la zona de estudio.

Técnicas de recolección de datos.

Censo de vegetación se realizó mediante el método (Parker, 1951) en pajonales naturales referentes sin incendios y pajonales incendiados con anterioridad de un año a fin de evaluar el efecto en la composición florística.

La determinación de biomasa y mantillo: Se utilizó el "método del cuadrante" 1 x 1 m. luego se realizó el corte de la biomasa dentro del cuadrante para luego separar el mantillo del forraje verde, se registró el peso en FV. y Matillo kg, para la obtención de materia seca se sometió a una estufa de 105°C x 24 horas". (AOAC, 1980), se utilizó el factor de 0.5 para la determinación de carbono fijado en la biomasa aérea. Para la determinación del carbono liberado en forma de CO₂ por los incendios en trópico andino se utilizó un factor de 3.65 multiplicado por la cantidad de materia seca tanto de biomasa verde y mantillo.

La determinación de MOS y pH consiste en la recolección de muestras de suelo en forma aleatoria (mediante calicatas de 30 x 30 x 30 cm.) las muestras se sometieron al análisis en el laboratorio de Suelos, Aguas y Plantas de la Facultad de Ciencias Agrarias.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

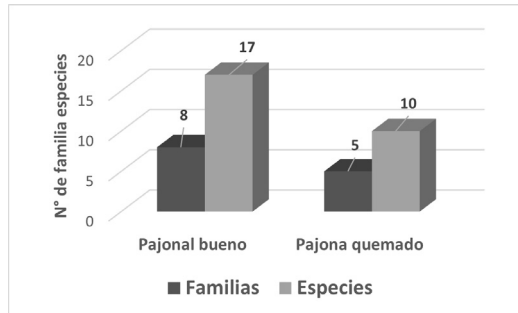
Florística

Los resultados de la composición florística obtenido por el método de Parker, (1951) en promedio para los pajonales de condición buena sin disturbio de quema se registran 8 familias con 17 especies, para los pajonales disturbado por quema de hace un año

2022 en proceso de recuperación, se registraron 5 familias con 10 especies, destacando la familia de las poaceas.

Figura 3.1

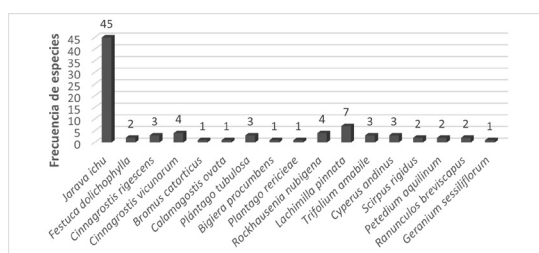
Florística de pajonales referentes y disturbados por quema



Los pajonales referentes sin quema de condición bueno presentan mayor número de familias y especies en su composición florística como se puede observar en la figura 3.1, las áreas de pajonales con disturbios por quema presentan 25% menos en familias y 41.18% se reduce las especies por los efectos de la quema, se observa pérdida de la biodiversidad para este periodo de recuperación a un año del disturbio ocurrido. Las especies ausentes como el *Bromus catarticus*, *calamagrostis ovata* desaparecen probablemente por ser susceptibles al fuego, aparecen otras especies como el *Achiachne pulvinata*, *Mulhenbergia fastigiata* y otras especies, al reducirse la *Jarava ichu* en su estrato, da la oportunidad que aparezcan otras especies de estrato bajo. Puma, (2014) al realizar una evaluación florística en la Raya Cuzco registró 7 familias indicando que las poaceas están presentes mayor porcentaje dentro de la florística de la zona en estudio. En otro estudio similar realizado por Niel, (1995) al evaluar el efecto del pastoreo en áreas excluidas, la composición florística fue de 49 especies de plantas que incluye en el registro un helecho, asevera el incremento de la biodiversidad por efecto del pastoreo, incrementándose las especies anuales.

Figura 3.2

Florística de los pajonales sin quema áreas referentes de condición bueno Toccto

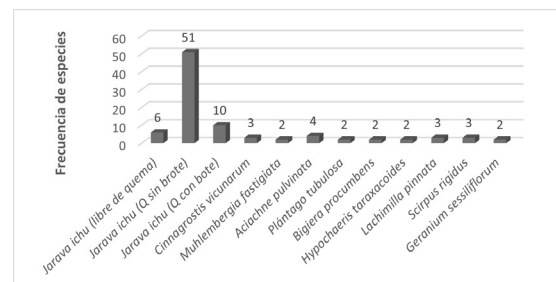


En la figura 3.2, se observa la composición florística del pajonal no disturbado, el 45% representa la especie de *Jarava ichu*, el resto de la composición florística están compuesto de especies con menor frecuencia y de estrato bajo, estas especies muestran cierta tolerancia a la sombra de la *Jarava ichu*, probablemente por adaptarse a las condiciones de dominancia de esta especie.

Se observa que la quema favorece a la renovación de *Jarava ichu* con brote fresco más deseables para el ganado. Mejora la calidad del forraje al liberar nutrientes que facilitan el rebrote de pajonal, renovando las hojas viejas y gruesas que son poco apetecibles y altas en contenido de lignina. Sin embargo, los efectos son mayores al perturbar los servicios ecosistémicos de los pajonales, su recuperación requiere de muchos años (Farfán, 2012; Mamani et al., 2013, Al et al., 2017). La información es escasa sobre el tiempo de recuperación de los pajonales incendiados, identificación de especies tolerantes al fuego y especies invasoras.

Figura 3.3

Florística de pajonales con quema en proceso de recuperación natural Toccto



En la figura 3.3, se observa la composición florística del pajonal quemado en proceso de recuperación natural, se registraron el 6% de *Jarava ichu* de estrato bajo que no fueron combustionados por encontrarse en espacio no muy densos, el 51% de *Jarava ichu* quemado no muestran brotes o procesos de recuperación para este tiempo de un año ocurrido el incendio, el 10% de los pajonales se encuentran en rebrote iniciando su recuperación, los brotes inicia desde las áreas periféricas de mata del pajonal combustionado, se registraron nuevas especies que ingresaron en los espacios vacíos.

El efecto de la quema cambia la composición florística de los pajonales mostrando variación en familias y especies, desaparecen las especies más sensibles al incendio, sin embargo, los cambios más significativos ocurren a nivel de especies, mostrando una reducción de 41% por efecto del incendio.

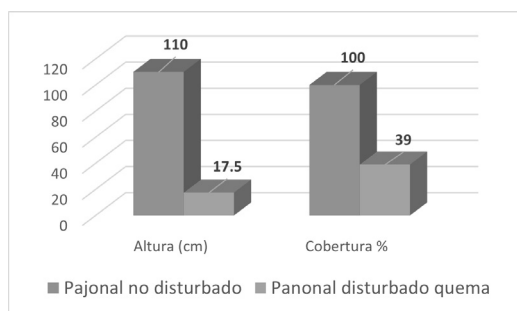
Estrato herbáceo y cobertura del pajonal

El estrato está definido como la altura alcanzada por la planta, la cobertura es la densidad de las plantas que cubre el suelo. El estrato de las áreas evaluadas muestra variación significativa ($P < 0.5$) a efectos de la combustión de la vegetación, en los pajonales no disturbados referentes alcanzan una altura de 110 cm, mientras el pajonal disturbado por quema en proceso de recuperación de un año registra una altura de planta en 17.5 cm valor mucho menor con respecto al pajonal referente. Se desconoce el tiempo de recuperación después de la quema.

La cobertura del suelo es un componente muy importante en los ecosistemas, la densidad y la canopia cubre todo el suelo evitando la erosión e ingreso de otras especies invasoras, facilita la función hidrológica.

Figura 3.4

Estrato de especie clave *Jarava ichu* sin quema y con quema l



El estrato de las áreas evaluadas muestra variaciones según el grado de perturbación, la especie *Jarava ichu*, localizados en sitios referentes como indicador de su estado clímax del pajonal alcanzó el nivel más alto de su desarrollo sin que haya sufrido perturbación en el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas, la quema reduce total o parcialmente el estrato del pajonal según la densidad de plantas, y la cantidad de mantillo. En la condición bueno, en el estatus climax alcanzó 110 cm de altura de planta, el pajonal quemado muestra un estrato bajo de 17.50 cm de altura en promedio de plantas en brote. Estos valores llevando al índice de vigor para el pajonal referente fue de 91.67%, para las áreas quemadas fue de 14.58 % observándose diferencias muy marcadas debido al efecto del incendio.

En cuanto a la cobertura del suelo, las áreas de pajonales quemados han perdido el mayor porcentaje de cobertura principalmente el género *Jarava ichu* cuyo efecto, pierde 61% de la cobertura quedando áreas desprovistas de vegetación, generando perdi-

das del suelo por erosión hídrica afectando seriamente los servicios ecosistémicos de los pajonales en captura de carbono e infiltración del agua y otros servicios.

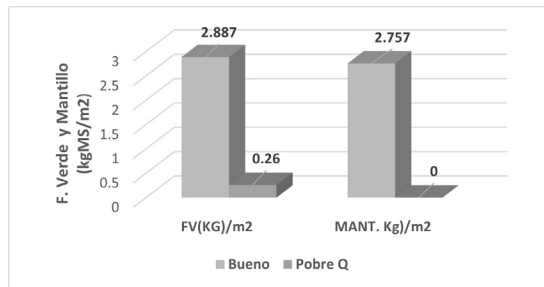
Zapana (2016) quien reporta una cobertura de 82.94, con 17.06% suelo desnudo pavimento y roca, para un sitio de pajonal en Puno. Sin embargo, Alegría (2013) en su trabajo de inventario y uso sostenible de los pastizales Rancas, Pasco reporta haber encontrado una cobertura vegetal de 45 a 67% para pastizales de condición regular resultandos muy inferiores a los datos encontrados en el presente trabajo para los pajonales sin quema, posiblemente estos pastizales tuvieron mayor perturbación para presentar mayores áreas de calvas. En otros trabajos realizados por Tácuna (2016) en un trabajo realizado en recuperación de pastizales incremento la cobertura de 26 a 28% para llegar a una cobertura vegetal de 91%, Puma (2014) reporta haber encontrado cobertura relativa para dos tipos de evaluación transección al paso con 4 transectas T1, T2, T3, T4 con valores 74, 83, 90, 75% y para el método del cuadrante T1, T2, T3, T4, valores 86, 88, 90 76.335, estos valores son inferiores y difieren mucho a los reportes del presente trabajo con respecto al pajonal referente de condición bueno.

Producción de biomasa y mantillo

La cantidad de biomasa disponible en materia seca y mantillo para el pajonal referente sin quema fue de 2 887.50 y 2 757.45 kgMS/m² respectivamente, para el pajonal disturbado por quema fue de 0.26 kgMS/m² de biomasa, en cuanto al mantillo no se registró valores por estar combustionada, con respecto a la biomasa Yalli, (2016) reporta desde el punto de vista de la productividad en pajonales sin quema, encontrando valores de 1398 kgMS/m² para la condición regular 1540 kgMS/m² y para la condición pobre 1226 kgMS/m². En otro estudio realizado en Puno por Farfán (2012), reporta producción de biomasa para tres condiciones de pastizales, excelente, regular y pobre con 1825, 1000 y 500 kgMS/m². Respectivamente, Sin embargo, a estos resultados superan los valores del presente trabajo específicamente para pajonales sin quema, mientras los pajonales incendiados en proceso de recuperación son muy inferiores.

Figura 3.5

Producción de biomasa y mantillo en pajonales sin quema y disturbado por quema



Los resultados revelaron que la cantidad de biomasa está directamente relacionada con el estado de conservación del pajonal. En la figura 3.5, se observa valores en promedio de biomasa y mantillo en kgMS./m², la producción de biomasa y mantillo son mayores en el pajonal sin quema, con respecto a las quemadas, las diferencias responden al efecto

del incendio. Las especies anuales de habito rastro se incrementan significativamente al introducirse en las áreas descubierta, sin embargo, estas disminuyen la producción de su biomasa de la pradera disturbada. La mayor cantidad de biomasa está relacionada con el estado de conservación y la especies dominante en densidad y estrato, referido a la *Jarava ichu* que presenta alta producción de biomasa fresca y mantillo en pajonales de condición bueno.

3.4 Estimación de carbono secuestrado y equivalencia en (tnCO2/ha)

El secuestro de carbono por los pajonales es producto de su actividad fotosintética mediante la captura del CO2 atmosférico para formar carbohidratos estructurales y no estructurales en la planta, los valores registrados entre sus componentes de biomasa área y mantillo, difieren solo numéricamente en la cantidad de carbono fijado para estos dos componentes.

Tabla 3.1

Estimación de carbono secuestrado y equivalencia en CO2 en pajonales referentes

PAJONALES	Materia fresca (kg/Ha)	Materia Seca (kg/ha)	Carbono elemental fijado(tC/ha)	tCO2 (t/ha) liberado
Biomasa aérea	36 566.67	28 875.50	14 283.34	51420.01
Biomasa mantillo	62 574.50	27 574.50	13 787.25	49 364.10
TOTAL (tn./ha.)	99141.17		28 070.59	101 054.11

La producción de biomasa vegetal en materia seca en pajonales de condición buena en áreas referentes tuvo los siguientes valores de 28 875.50estos y 27 574.50 kg de MS/ha⁻¹ para biomasa viva aérea y mantillo respectivamente, estos valores resultan ser similar ($p>0.05$) a la comparación de medias DLS, El secuestro de carbono en la biomasa superior (biomasa fresco y mantillo) sin considerar las raíces fue de 28 070.59 tC/ha⁻¹. La estructura vegetal en materia seca está constituida por 50% de carbono elemental fijados del medio ambiente por las plantas y secuestrados en las estructuras de biomasa aérea, mantillo del pajonal, (una unidad de carbono elemental equivale a 3.66 unidades de CO2). llevando por el factor que equivale a 3.66 para convertir en CO2 liberado al medio ambiente fue de 101 054.11 tnCO2/ha⁻¹ cantidad que contribuyen al calentamiento global.

3.5 Densidad Aparente del suelo en pajonales con quema y sin quema

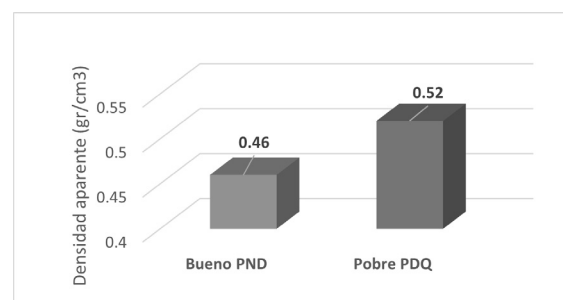
Los resultados (Fig.4.6) indican que la densidad aparente del suelo resulta ser similares ($p>0.05$) estadísticamente muestran solo diferencia numérica,

esta diferencia se podría atribuir al efecto de las precipitaciones en áreas que han perdido la cobertura vegetal.

Los valores encontrados en densidad aparente del suelo en pajonales no disturbados por quema fueron de 0.48 g/cc, y de 0.52 g/cc. para los suelos de áreas quemadas, estos valores encontrados están dentro de la clasificación de suelos sueltos menores a 1.3 g/cc). Esto nos indican que son suelos con alta cantidad de materia orgánica común en zonas altoandinas.

Figura 4.6

Densidad aparente del suelo en tres condiciones del pajonal

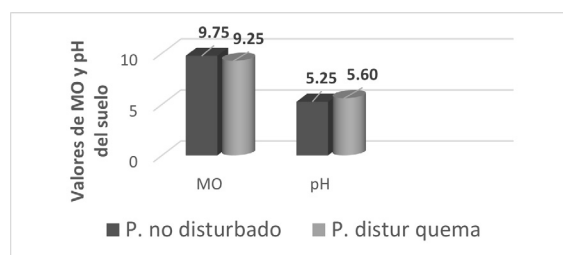


Los resultados de la densidad aparente del suelo indican el grado de presión ejercida sobre el suelo, la condición buena muestra menor grado de compactación. (Denoia et al., 2000); Mwendera y Saleem, (1997); Zerpa et al., 1997), Indican haber observado estas diferencias tanto en los sitios del pastizal de condición regular como en los sitios del pastizal de condición pobre. (Yalli, 2017) reporta valores de 0.88 g/cc densidad hallada en las áreas pastoreadas por llamas (0.86 g/cc) para condición buena y para condición regular fue de 0.84 g/cc e condición pobre de 0.90g/cc. La baja densidad del suelo encontrado en los sitios del pastizal pastoreados con llamas estaría relacionada con la forma de sus pezuñas y la presión transmitida en el perfil del suelo, estos valores son superiores a los resultados encontrados en el presente estudio.

La MOS incluye residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición (Alegre et al 2014) y comprende 4 categorías: primero, residuos de plantas caídas (no reconocidas como material vegetal); segundo, microorganismo y microflora en descomposición; tercero, subproductos del crecimiento microbiano y en descomposición; y finalmente, una fracción conocida como humus o fracción orgánica estabilizada. En suelos altoandinos son suelos en proceso de evolución, que debido al clima suele ser muy lento.

Figura 3.7

Materia orgánica y pH del suelo en pajonal no disturbado y disturbado por quema



Los valores de materia orgánica fueron de 9.75% para pajonales sin quema y 9.21 para el pajonal con quema, Como se observa en la figura 3.7, la pérdida de la materia orgánica en el pajonal quemado tiene relativamente un menor valor en contenido de MOS que se puede atribuir a la influencia de la quema. Sin embargo, los suelos de las dos áreas evaluadas se consideran alto en contenido de MOS. Probablemente se debe a los factores que influyen como la densidad del suelo, la vegetación, temperatura, mineralización lenta en zonas de puna, cantidad producida de mantillo en pajonales, todo estos constituyen como reserva de la caja negra de carbono que

permanece por mucho tiempo en zonas altoandinas. Alegría F. (2013) en Cerro de Pasco (7.7% - 13.3%) de MOS. Quinto, E. (2004), en el CIDCS-Lachocc Huancavelica, reporta que los contenidos de MOS tanto para las canchas de Tucumachay y Ranramocco, se encuentran en la clasificación de medio (2 – 4%); los trabajos realizados por Enríquez, F. (2011) en Acraquia (5.87%). Arias Carbajal, J. (1987) de la S.A.I.S. Pachacutec en Junín. Todos estos valores resultan ser más bajos a los valores encontrados en los suelos de Toccto distrito de Chiara.

El contenido de MOS varía de acuerdo a la profundidad, en la superficie se encuentra mayor cantidad de materia orgánica en relación a un estrato más profundo (Áviles- Hernández et al., 2009).

Los valores de pH de los suelos de pajonales en estudio resultaron ser similares ($P>0.05$) para las áreas en estudio, estos valores fueron (5.25, 5.60) (figura 4.6) encontrándose dentro del rango de suelos medianamente ácido, la relativa diferencia numérica para el pajonal incendiado se debe a la inclusión de las cenizas. Los resultados obtenidos en pH concuerdan con los valores reportados por Quinto (2004) en el CIDCS-Lachocc. Huancavelica con valores < 5.5 , siendo ligeramente inferior a los reportes del presente estudio. Además, el reporte por Arias (1987) en S.A.I.S. “Pachacútec”- Junín son suelos moderadamente ácidos (5.6 - 6.0), Enríquez (2011) en Pampas-Huancavelica, reporta valores (5,94 a 6,66) estos reportes muestran ser relativamente superior a los suelos de pajonales de Toccto, Chiara.

En conclusión, los incendios de los pajonales en la localidad de Toccto afectaron los servicios ambientales de los pajonales, causando estragos en la interrelación biótico y abiótico, liberación del carbono secuestrado por las plantas en CO_2 , pérdida de cobertura vegetal que afecta la función hidrológica, cambios en la composición florística, y otros efectos como muerte de insectos, migración de especies de fauna silvestre, invasión de especies indeseables, arrastre de cenizas y contaminación de acuíferos en zonas bajas, todo estos estragos contribuyen al cambio climático.

IV. AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

A la Unidad de Investigación e Innovación por apoyar con parte del financiamiento

Al Programa de Investigación en Pastos y Ganadería por facilitarme materiales y equipos.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez R.S.A. 2022. Tesis percepción frente a la ocurrencia de incendios forestales en los pobladores de la comunidad chanka, Huanquite – Paruroy del centro poblado Arín-Huarán, Calca.
- Armenteras D, González TM, Vargas Ríos O, Meza Elizalde MC, 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. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>
- Becerra P; Figueroa C; Mesa A. 2022. Dinámica post-incendio de la vegetación en la localidad de Rastrojos, Chile Central. *Gayana Bot.* (2022) vol. 79, No. 1, 10-2
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Guía práctica para comunicadores. Incendios forestales (en línea). México. Consultado el 19 septiembre. 2018. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>.
- CONAFOR (2019). Programa de Manejo del Fuego 2019. Recuperado de/Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/464834/PROGRAMA_DE_MANEJO_DEL_FUEGO_2019.pdf
- CONAFOR (2020). *Apoyos CONAFOR*. Recuperado de/Retrieved from <https://www.gob.mx/conafor/acciones-y-programas/apoyos-conafor>.
- Chamorro C, Soto LH. 1987. Cambios en la Comunidad Macrofaunística en Suelos del Vichada (Quartzipsammentic Haplustox) Afectados por las Quemadas. *Acta Biol. Colomb.* 1(3):11–23.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Los Bosques y el climático en el Perú (en línea). Consultado el 19 septiembre. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5184s.pdf>.
- FAO (2020). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Principales resultados. Roma, Italia: FAO. DOI: 10.4060/ca8753es.
- Fernández C. A. 2018. Caracterización de la vegetación herbácea y arbustiva, en la Jalca del de la Libertad de Pallán. Tesis Ing. Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 89 p.
- Flores, E.R. y Ñaupari, J.A. 2011. Identificación y evaluación de ecosistemas de la cuenca del Río Santa con el uso de Sistemas de Información Espacial. Convenio.
- Flórez, A. 2005. Manual de pastos y forrajes altoandinos. Intermediate Technology Development Group ITDG y Oikos Cooperaçao e Desenvolvimento. 53 p.
- De Groot, W.J. de, Flannigan, M.D. y Stocks, B.J., 2012. El cambio climático y los incendios forestales. Memorias [en línea]. México: s.n., Disponible en: https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr245/es/psw_gtr245_001.pdf.
- INRENA 2005. Evaluación de los incendios forestales en la provincia de Satipo, departamento de Junín, Perú.
- INDECI. (2013). Anuario de Estadísticas Ambientales 2013. Fenómenos naturales y emergencias, Instituto Nacional de Defensa Civil.
- Martínez, S., Chuvieco, E., Aguado, I., & Salas, J. (2017). Severidad y regeneración en grandes incendios forestales: análisis a partir de series temporales de imágenes Landsat. *Revista de Teledetección* (49), 17 - 32. doi:10.4995/raet.2017.7182.
- Myers, R. (2006). Conceptos básicos en el manejo integral del fuego. In Taller Internacional: Nuevas Estrategias para el Manejo Integral del Fuego en Ecosistemas Tropicales Prioritarios para la Conservación. Puerto Maldonado: The Nature Conservancy y Pro-Naturaleza.
- Martelo-Jiménez N, Orlando Vargas Ríos 2022. Evaluación del riesgo a incendios de la cobertura vegetal del Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá, Colombia) *Caldasia* 44(2):380-393 | Mayo-agosto 2022.
- Ostria, C. 1987. Phytoécologie et Paleoécologie de la vallée altoandine de Hichu Khota (Cordillère orientale, Bolivie). Tesis de doctorado, Universidad de París, París. 180 p.

- Parker, K. 1951. Method of measuring trend in range conditions on national forest ranges. USDA Forest Service, 26 pp, mixeo.
- Parington M. 2021. Ody is first of 3rd joint training on atmospheric composition with lectures the basics of atmospheric chemical specie, aerosol y greenhouse gases + how we monitor y forecast them recording will be available at atmosphere, copernicus.eu/3rd-eumetsates# atmostraining # atmoschem.
- Perez, C; Nicklin, C; Dangles, O; Vanek, S; Sherwood, S; Halloy, S; Garret, K; Forbes, G. 2010. Climate change in the high andes: implications and adaptation strategies for small-scale farmers. Int. J. Environ. Cult. Econ. Soc. Sustain. 6: 71-88.
- Rodríguez, R. (2021). Incendios forestales: impactos en la biodiversidad. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2021/10/incendios-forestales-impactos-enbiodiversidad/#:~:text=La%20biodiversidad%20en%20el%20escenario,que%20contribuye%20a%20la%20desertificaci%C3%B3n>.
- Resco De Dios V. 2021. Reporte del Servicio de Vigilancia Atmosférica de Cpoernicus (CAMS).
- Samané S. J. (2023). Los incendios forestales y su repercusión en el ecosistema peruano. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.610>
- Salom Callejas, Alejandra J. 2018. Incendios forestales e instrumentos de prevención en la Comunidad de Madrid Tesis doctoral.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2018. Estudio de condiciones.
- SERFOR, 2021. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Nota de Prensa reporta 145 alertas de incendios forestales en todo el país a junio del 2021.
- Wilson Picado 2014. El Bosque Seco en llamas. Estructura agraria y Ecología Política del fuego en Costa Rica.
- Zamora F.M.A; Azanza R.J; Bezanilla M.A 2022. Impacto del cambio climático en la generación de incendios forestales en Las Tunas *Revista CFOREs*, mayo-agosto 2022; 10(2):150-168.