

Dinámica de regeneración natural post-incendio de ecosistemas altoandinos en el distrito de Chiara. Ayacucho-Perú

Dynamics of post-fire natural regeneration of high Andean ecosystems in the district of Chiara. Ayacucho-Peru

De La Cruz-Arango, Jesús; Cóndor Alarcón, Reynán

 De La Cruz-Arango, Jesús *

jesus.delacruz@unsch.edu.pe
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
Departamento Académico de Ciencias Biológicas.
Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de
Botánica. Av. Independencia s/n Ciudad Universitaria
“Los Módulos”. Ayacucho, Perú

 Cóndor Alarcón, Reynán

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
Departamento Académico de Ciencias Biológicas.
Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de
Biotecnología. Av. Independencia s/n Ciudad
Universitaria “Los Módulos” Ayacucho, Perú

Journal of the Selva Andina Biosphere

Selva Andina Research Society, Bolivia
ISSN: 2308-3867
Periodicidad: BIANUAL
vol. 11, núm. 1, 2023
directoreditorbiosphere@gmail.com

Recepción: 01 Noviembre 2022
Corregido: 01 Enero 2023
Aprobación: 01 Marzo 2023
Publicación: 01 Mayo 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/714420005/>

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110100006>

Selva Andina Research Society



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen: Se estudió la dinámica de regeneración natural de ecosistemas altoandinos perturbados por incendios en el distrito de Chiara, Ayacucho - Perú. Se establecieron 3 zonas de estudio a lo largo de la carretera Ayacucho - Cusco, distrito de Chiara: Toccto, Incapaperqan y Qewillaqocha, caracterizadas por áreas con y sin impacto por incendios, aplicando el método de muestreo en transecto de banda. Se registró la flora dicotiledónea con 116 especies y monocotiledónea 40, en Qewillaqocha las especies más frecuentes fueron *Festuca dolichophylla*, *Plantago australis*, *Luzula racemosa*, *Calamagrostis vicunarum*, *F. dolichophylla* tuvo mayor cobertura, seguido de *C. vicunarum*. En densidad resaltaron especies rastreras y cespitosas como *Lachemilla pinnata*, *L. racemosa*; en vegetación sin impacto, *F. dolichophylla* es la más representativa seguido de *C. vicunarum*. En Incapaperqan, las especies vegetales están en rebrote, resaltando *Bromus catharticus*, *F. dolichophylla*, *Poa* sp., y *Muhlenbergia peruviana*, en la zona sin impacto predomina *F. dolichophylla*, seguido de *L. pinnata* y *C. vicunarum*. En Toccto, hay rebrotes de *F. dolichophylla*. En zona sin incendio, *F. dolichophylla* es la más frecuente, seguido de *C. vicunarum*. Las zonas incendiadas presentaron mayor riqueza de especies en relación a áreas sin impacto, los índices de diversidad son muy bajas en ambos casos. Las áreas afectadas se recuperarán con las primeras lluvias y estarán en pleno esplendor entre 4-5 años. *F. dolichophylla* no muere completamente en el incendio. En tanto la regeneración por semillas es muy lenta.

Palabras clave: Incendios, regeneración natural, ecosistemas altoandinos, pajonal.

Abstract: The dynamics of natural regeneration of high Andean ecosystems disturbed by fires in the district of Chiara, Ayacucho - Peru was studied. Three study zones were established along the Ayacucho - Cusco road, district of Chiara: Toccto, Incapaperqan and Qewillaqocha, characterized by areas with and without fire impact, applying the band transect sampling method. In Qewillaqocha the most frequent species were *Festuca dolichophylla*, *Plantago australis*, *Luzula racemosa*, *Calamagrostis vicunarum*, *F. dolichophylla* had the greatest coverage, followed by *C. vicunarum*. In density, creeping and cespitose species such as *Lachemilla pinnata*, *L. racemosa* stood

out; in non-impact vegetation, *F. dolichophylla* was the most representative, followed by *C. vicunarum*. In Incapaperqan, plant species are in regrowth, highlighting *Bromus catharticus*, *F. dolichophylla*, *Poa* sp., and *Muhlenbergia peruviana*; in the non-impacted zone, *F. dolichophylla* predominates, followed by *L. pinnata* and *C. vicunarum*. In Toccto, there are resprouts of *F. dolichophylla*. In the non-fire zone, *F. dolichophylla* is the most frequent, followed by *C. vicunarum*. The burned areas presented higher species richness in relation to areas without impact, the diversity indices are very low in both cases. The affected areas will recover with the first rains and will be in full splendor within 4-5 years. *F. dolichophylla* does not die completely in the fire. Regeneration by seeds is very slow.

Keywords: Fire, natural regeneration, high Andean ecosystems, pajonal.

INTRODUCCIÓN

Durante la historia, el fuego ha desempeñado un papel importante en la evolución de los ecosistemas y la vida humana. Un regulador natural, de procesos ecológicos que ayudan a mantener la estabilidad y promover la sucesión ecológica. Sin embargo, la intervención humana alteró, incluso en áreas donde el fuego era un proceso natural, reflejándose en cambios importantes en la estructura y composición de las especies¹.

No obstante, los efectos de los incendios en los ecosistemas naturales son diversos y varían en su alcance². Sin embargo, juegan un papel importante en su dinámica y funcionamiento en todo el mundo. Se reconoce que el fuego actúa como una perturbación natural en muchos ecosistemas³, pero también se utiliza como herramienta en la gestión de la tierra en muchos países, especialmente para despejar y preparar el suelo con fines agropecuarios⁴.

En la parte alta del distrito de Chiara, se encuentran ecosistemas frágiles, formados por pastizales como césped y pajonales de puna, con una biodiversidad particular, estando en riesgo por diversos factores como la acción del hombre. En estas áreas, se han presentado más de 21 casos de incendios forestales (IF), en varios ecosistemas y pisos ecológicos el año 2020, afectando flora y fauna silvestre.

Acontecimientos provocados por habitantes de comunidades cercanas, la mayoría, quemadas intencionadamente con fines económicos y culturales. Actividades, como quema de rastrojos, mejora de pastos, agricultura intensiva, entre otros. Para los pobladores, es una necesidad, salvo en casos que no pueda controlarse su intensidad, se convierten en problemas. Es importante señalar, para estas comunidades el fuego se utiliza como herramienta de gestión, a diferencia de la percepción de otras personas e instituciones públicas². Al respecto, el factor humano tiene alta incidencia en su origen, alrededor del 96 % se deben a acciones negligentes o intencionadas⁵.

Sin embargo, desde el punto de vista científico - ambiental, son acontecimientos que causan impactos negativos en los ecosistemas altoandinos, con repercusión en la biodiversidad y el paisaje, provocando migración, muerte de fauna silvestre, generando degradación de suelos, modificando sus propiedades físicas

NOTAS DE AUTOR

* Dirección de contacto: Jesús De La Cruz-Arango. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Departamento Académico de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas. Laboratorio de Botánica. Av. Independencia s/n Ciudad Universitaria "Los Módulos". Tel: +51 066401622 - 966002308 Ayacucho-Perú

y químicas, produciendo erosión, por pérdida de cobertura vegetal. También, contribuyen al calentamiento global con emisión de dióxido carbono, y alterando el ciclo hidrológico⁶.

Las regiones andinas del Perú, representan modelos climáticos actuales, tanto por sus características climáticas como geográficas, clima afectado por acción del hombre o actividades en otros lugares remotos que generan cambios medioambientales. Dentro de las características geográficas más importantes de la región, está la Cordillera de los Andes, en el Perú se extiende paralela a la costa del Océano Pacífico, formando una barrera natural que encauza la corriente de aire, proporcionando ambientes secos en la vertiente del Pacífico y condiciones húmedas en el este. Además, influye en la interacción entre trópicos y extra-trópicos⁷.

En las Sierras de Córdoba, Argentina, el fuego no tuvo efectos significativos en la cantidad de especies de árboles y fue considerablemente menor en las especies arbustivas. Sin embargo, las especies herbáceas aumentaron un año después del incendio, se equilibraron con un bosque no afectado. La estructura vertical del paisaje se vio severamente alterada por la desaparición, o reducción drástica del estrato arbóreo. En los sitios incendiados, se observó menor abundancia y diversidad de regeneración de especies arbóreas y arbustivas en comparación con los sitios no afectados por el fuego⁸.

De igual manera, en Boyacá, Colombia, sobre los grupos funcionales de microorganismos en suelos del páramo perturbado por IF. Observaron correlaciones lineales significativas entre los diferentes grupos de microorganismos, lo que indica interacciones positivas, sugieren que las poblaciones están trabajando sinérgicamente posibilitando procesos de cometabolismo, que podría facilitar la recuperación del suelo degradado⁹.

En la microcuenca de Tintales en Boyacá, Colombia, evaluaron 2 tipos de vegetación afectadas por incendios, observaron que el afloramiento rocoso presentó mayor variedad y diversidad de especies, la familia Asteraceae fue la más representativa. Las especies dominantes *Hypoxis decumbens*, *Pteridium aquilinum* y *Andropogon bicornis*. Mientras los IF recurrentes, provocaron cambios en la estructura y composición de la vegetación. Sin embargo, la vegetación no difiere mucho de otros estudios realizados en esta zona y región¹⁰.

Mientras en la Región del Maule, Chile, observaron degradación de la estructura del dosel del bosque y el matorral. Aumento en la radiación potencial, reducción en el área foliar y en la cobertura del dosel. Un incremento en algunas variables químicas como materia orgánica (MO), pH y potasio disponible (Kd) en suelo del matorral, pero no en el bosque. El proceso de regeneración después del incendio fue escaso en ambos, se observó una considerable pérdida de diversidad tanto en la vegetación arbórea como arbustiva, lo que afectó la composición de la vegetación tanto en el bosque como en el matorral¹¹.

A nivel nacional estudios sobre incendios en los humedales de la costa central del Perú, señalaron que los incendios ocurren con alta frecuencia, en los últimos 10 años al menos un incendio por año. Todos, causados por actividad humana y sus consecuencias para la diversidad biológica y servicios eco sistémicos son desconocidos¹².

En un estudio realizado en el anexo de Totorani, Arequipa - Perú, sobre el impacto del fuego en las comunidades vegetales, 43 % de matorrales y 54 % de pastizales presentaron rebrotes después del incendio. Al analizar las muestras de suelo, observaron, el pH y contenido de K disminuyeron en comparación con el área no afectada. Sin embargo, hubo aumento en la conductividad, contenido de nitrógeno total, fósforo y MO, con un aumento de nitrógeno significativo. Además, observaron un cambio en la estructura física del suelo en el área afectada por el incendio en comparación con el área no afectada¹³.

Así mismo, en el estudio, impacto de quema de pastizales y las características de los suelos en la provincia de Chupaca, Junín - Perú, obtuvieron resultados que señalan disminución significativa en la densidad aparente, contenido de arcilla y calcio cambiabile de los suelos. Por otro lado, se observó un aumento en el contenido de limo, pH, MO, fósforo (P) y Kd, así como en el magnesio (Mg) y sodio (Na) cambiabile. Sin embargo, no observaron diferencias en la porosidad total, capacidad de campo, contenido de arena, carbonato de calcio (CaCO₃) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). También mencionan que la quema de vegetación fue

una práctica tradicional de las comunidades de la zona, así como en otras áreas del país, con el propósito de aumentar la productividad de sus tierras. Existe la creencia que la quema de vegetación aporta nutrientes al suelo y favorece el desarrollo de los cultivos¹⁴. El objetivo del presente trabajo fue, evaluar la dinámica de regeneración natural de ecosistemas altoandinos perturbados por incendios en el distrito de Chiara, a lo largo de la carretera Ayacucho-Cuzco entre Toccto, Incapaperqan y Qewillaqocha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Ubicado en el distrito de Chiara, a lo largo de la carretera Ayacucho - Cusco entre las coordenadas 584407.10 m E- 8527636.28 m S, altitud 4147 msnm y 601060.89 m E - 8519727.86 m S, altitud 4183 msnm (Figura 1). Pertenecer a la zona de vida bh-MS con mayor presencia de cuerpos de agua, suelos de mejor drenaje y presencia de MO, precipitación anual entre 600 a 800 mm y temperatura comprendida entre los 8 y 12° C. Generalmente, la temperatura diurna es relativamente alta, disminuye con la altitud, llegando en la noche hasta 0° C. La nubosidad y las precipitaciones son escasas en comparación con otras regiones, por lo que hay sol durante todo el año. Siendo su relieve topográfico empinado por partes con afloramiento rocoso^{15,16}.

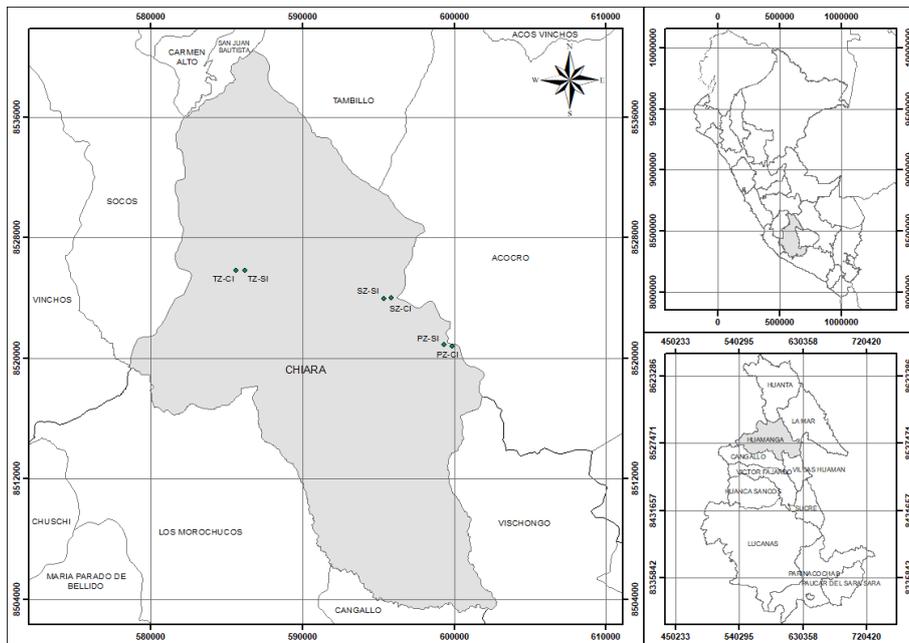


FIGURA 1
Localización geográfica de la zona de estudio. Distrito Chiara, Ayacucho-Perú

Metodología de trabajo. Fue básico-descriptivo, considerando variables florísticas cualitativos como la composición florística y enfoque cuantitativo características estructurales.



FIGURA 2

Características fisiográficas de Qewillaqocha. Distrito Chiara, Ayacucho-Perú



FIGURA 3

Características fisiogeográfica de Incapaperqan. Distrito Chiara, Ayacucho-Perú

Se empleó el método transecto en banda¹⁷, se establecieron 3 zonas de trabajo seleccionadas por conveniencia Toccto, Incapaperqan y Qewillaqocha, áreas con impacto (CI) y sin impacto (SI) por incendios.

Para determinar la cantidad de unidades muestrales (UM), se tomó en cuenta la Guía Nacional de Inventario de flora y vegetación publicada y validada por el Ministerio del Ambiente. Quienes recomiendan que para una superficie menor a 1000 ha, el número de UM debe ser como mínimo 6^{18,19}.

Los muestreos se realizaron sobre un transecto lineal en banda de la flora herbácea, utilizando una wincha de 50 m, a ambos lados de la línea y a intervalos de 10 m se establecieron 4 subUM de 1 m² para determinar parámetros del recuento de especies. Finalmente, se obtuvieron promedios de cada zona de estudio para las estimaciones.



FIGURA 4
Método de evaluación en transecto. Distrito Chiara, Ayacucho-Perú

Composición florística. Las muestras fueron colectadas en 2 salidas al campo entre enero a diciembre del 2021 y marzo del 2022. El método empleado, fue búsqueda intensiva en las UM y áreas adyacentes, en distintas direcciones de Toccto, Incapaperqan y Qewillaqocha. Las muestras se colectaron por triplicado, fueron prensadas, secadas y montadas²⁰.



FIGURA 5
Área mínima de m² aplicado en la evaluación de la vegetación. Distrito Chiara, Ayacucho-Perú

La identificación de muestras vegetales se realizó en el campo y la confirmación de especies dudosas en el Laboratorio de Botánica de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, utilizando bibliografía especializada y claves botánicas Gramíneas (Poaceae) del Perú²¹. Además, consulta a especialistas y revisión de las exsicatas de herbarios virtuales como Field Museum Herbarium (F)^{22,23}. La clasificación de angiospermas (División Magnoliophyta) según Cronquist²⁴ y la actualización de nombres con página especializada²⁵.

Evaluación de características de las comunidades vegetales. Se consideró parámetros importantes que permitieron interpretar la dinámica de regeneración natural de estos ecosistemas como, frecuencia, densidad y cobertura. Información que permitió estimar el índice de valor de importancia (IVI). Se realizó la toma de información en cada uno de los transectos y UM, tanto en áreas CI o SI para comparar los 3 ecosistemas.



FIGURA 6

Composición florística producto de regeneración natural. Distrito Chiará, Ayacucho-Perú

Para medir la diversidad de especies en la comunidad estudiada, se ha utilizado el índice de Shannon - Wiener, Simpson & Margalef^{19,26}. El número de especies constituye la riqueza y el número de individuos de cada especie la abundancia. Para su interpretación se utilizó la siguiente tabla²⁷.

Valores	Significancia
< a1.5	Diversidad baja
1.6 - 3.5	Diversidad media
> 3.5	Diversidad alta

Así mismo, se codificó las 3 zonas de estudio (Qewillaqocha, Incapaperqan y Toccto) de la siguiente manera: Qewillaqocha (PZ-CI *primera zona* de muestreo con impacto, PZ-SI sin impacto). SZ-CI (Incapaperqan *segunda zona* de muestreo con impacto, SZ-SI sin impacto), TZ-CI (Toccto *tercera zona* de muestreo con impacto, TZ-SI sin impacto). Así mismo: A con impacto. B sin impacto por incendio.

RESULTADOS

TABLA 1
Composición florística Qewillaqocha Incapaperqan y Toccto Chiara Ayacucho 2021

Familia	Géneros	Especies
	Bidens	<i>Bidens andicola</i>
	Cotula	<i>Cotula mexicana</i>
	Gamochaeta	<i>Gamochaeta purpurea</i>
Asteraceae	Hypochoeris	<i>Hypochoeris taraxacoides</i>
	Paranephelium	<i>Paranephelium ovatus</i> <i>Paranephelium uniflorus</i>
	Baccharis	<i>Baccharis tricuneata</i>
	Werneria	<i>Werneria nubigena</i>
Apiaceae	Oreomyrrhis	<i>Oreomyrrhis andicola</i>
Cyperaceae	Scirpus	<i>Scirpus rigidus</i>
Gentianaceae	Gentiana	<i>Gentiana</i> sp.
Hypericaceae	Hypericum	<i>Hypericum silenoides</i>
Juncaceae	Luzula	<i>Luzula racemosa</i>
Papilionaceae	Astragalus	<i>Astragalus uniflorus</i>
	Lupinus	<i>Lupinus microphyllus</i>
	Agrostis	<i>Agrostis breviculmis</i>
	Bromus	<i>Bromus catharticus</i>
	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
Poaceae	Festuca	<i>Festuca dolichophylla</i>
	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i>
	Nassella	<i>Nassella</i> sp.
	Poa	<i>Poa</i> sp.
Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago australis</i> <i>Plantago tubulosa</i>
Portulacaceae	Calandrinia	<i>Calandrinia acaulis</i>
Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>

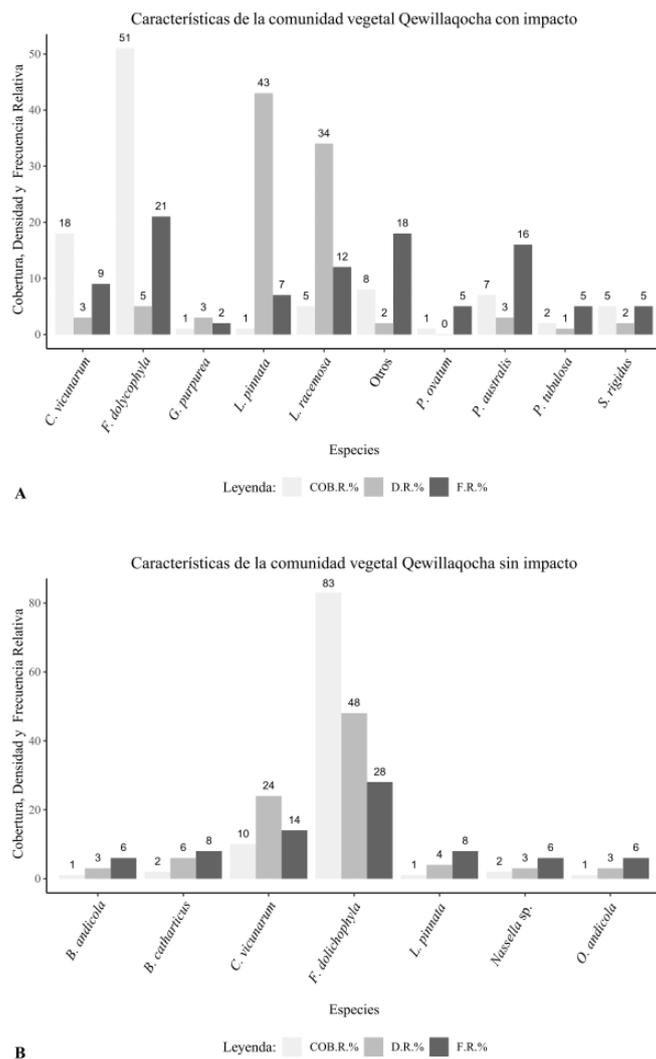


FIGURA 7
Frecuencia, densidad y cobertura relativa de especies en la localidad de Qewillaqocha, con y sin impacto por incendio. Chiara. Ayacucho-2021

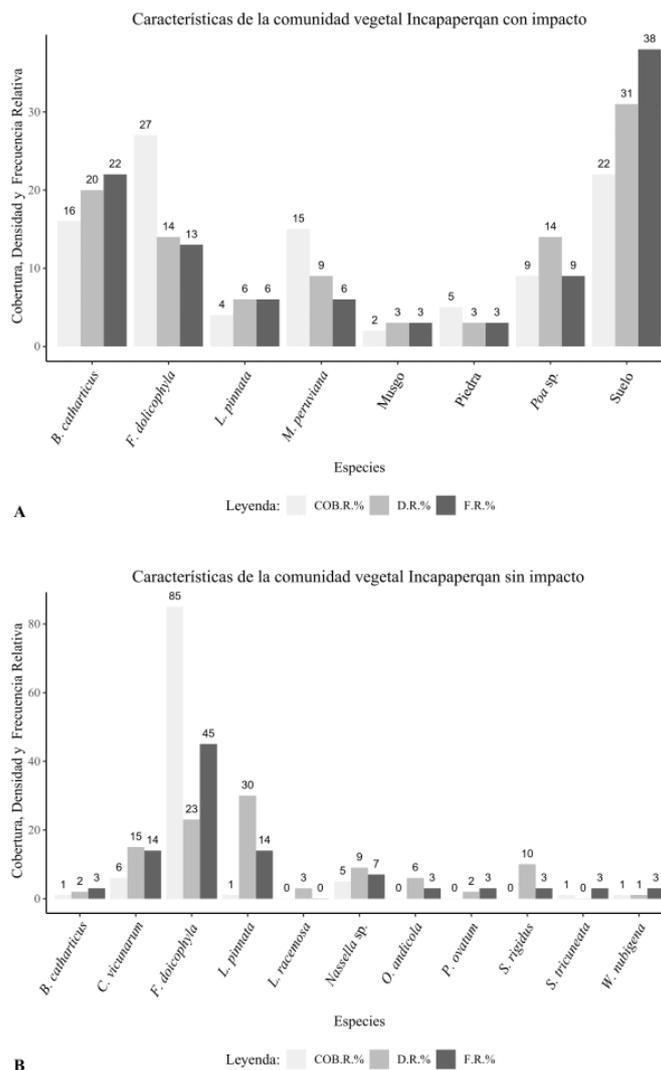


FIGURA 8
Frecuencia, densidad y cobertura relativa de especies en la localidad de Incapaperqan, con y sin impacto por incendio. Chiara. Ayacucho-2021

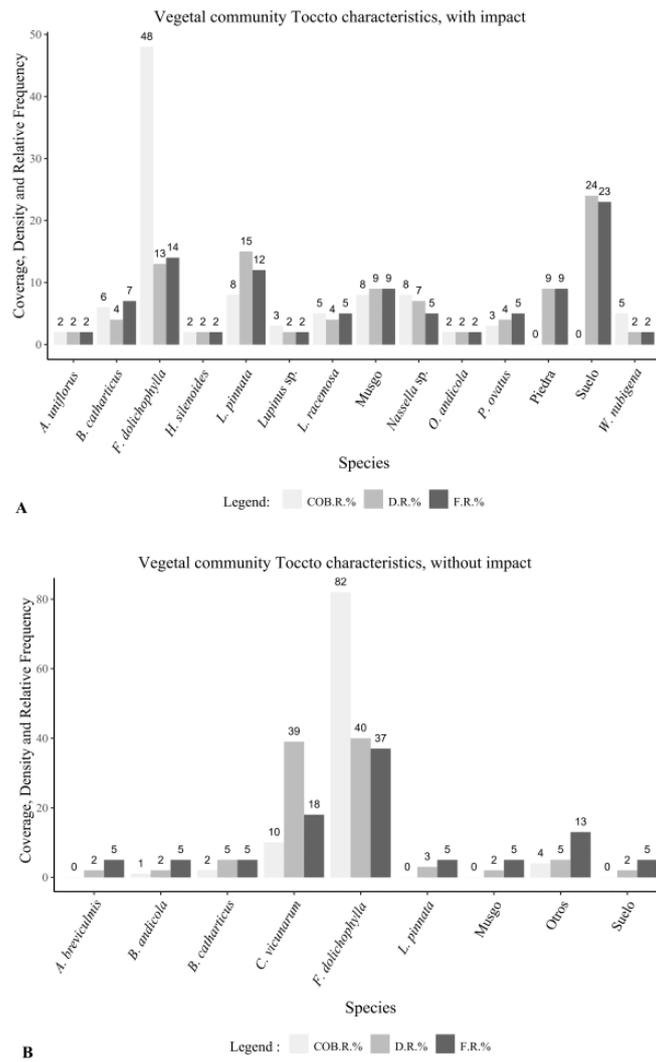


FIGURA 9
Frecuencia, densidad y cobertura relativa de especies en la localidad de Toccto, con y sin impacto por incendio. Chiara. Ayacucho-2021

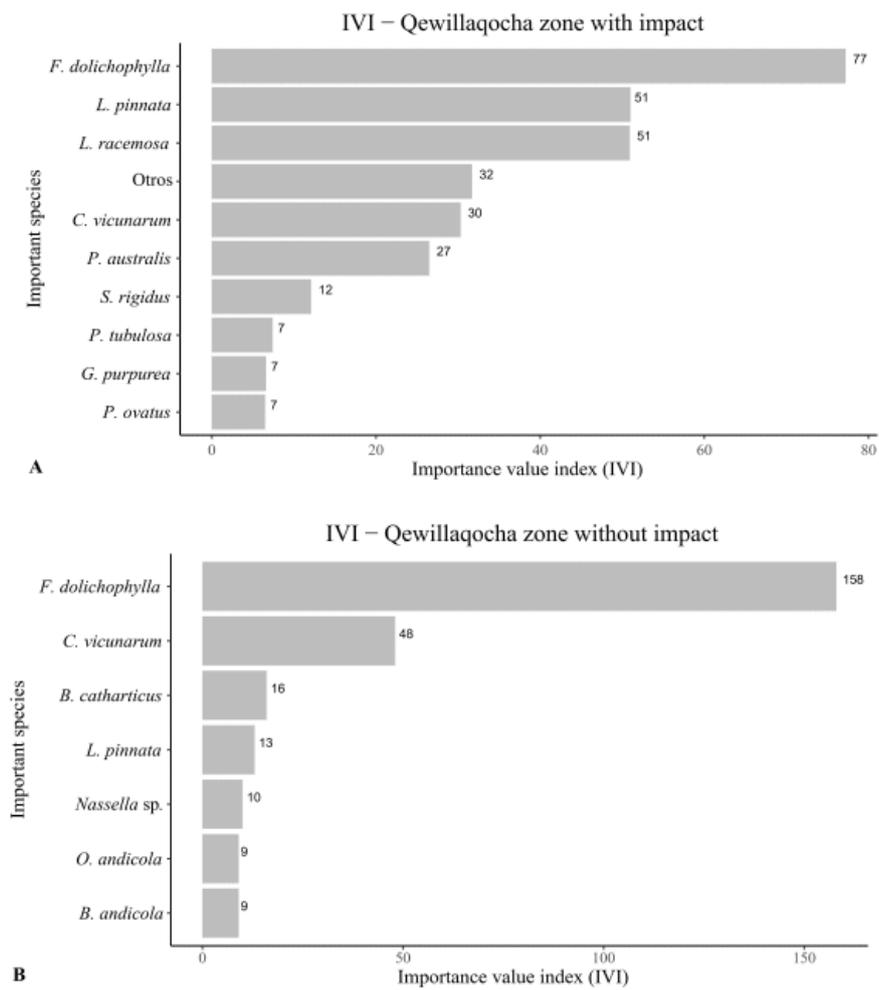


FIGURA 10
Índice de valor de importancia de la vegetación en la localidad de Qewillaqocha, con y sin impacto Chiara. Ayacucho-2021

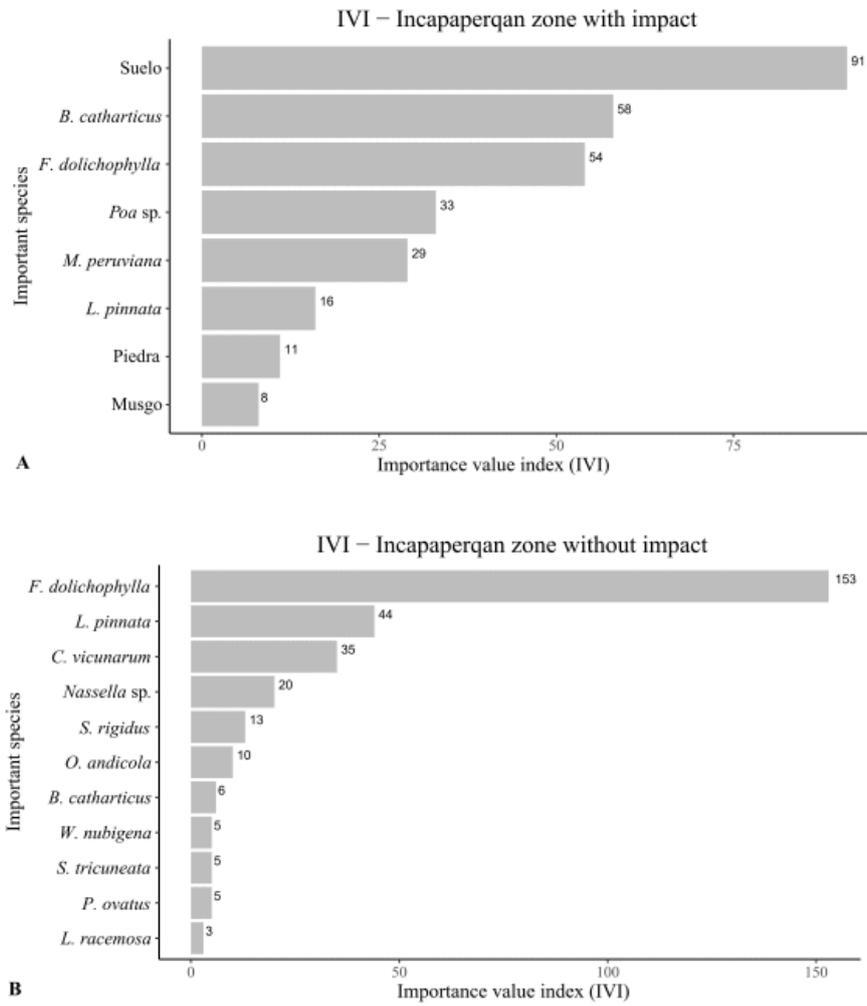


FIGURA 11
 Índice de valor de importancia de la vegetación en la localidad de Incaperqan, con y sin impacto Chiara. Ayacucho-2021

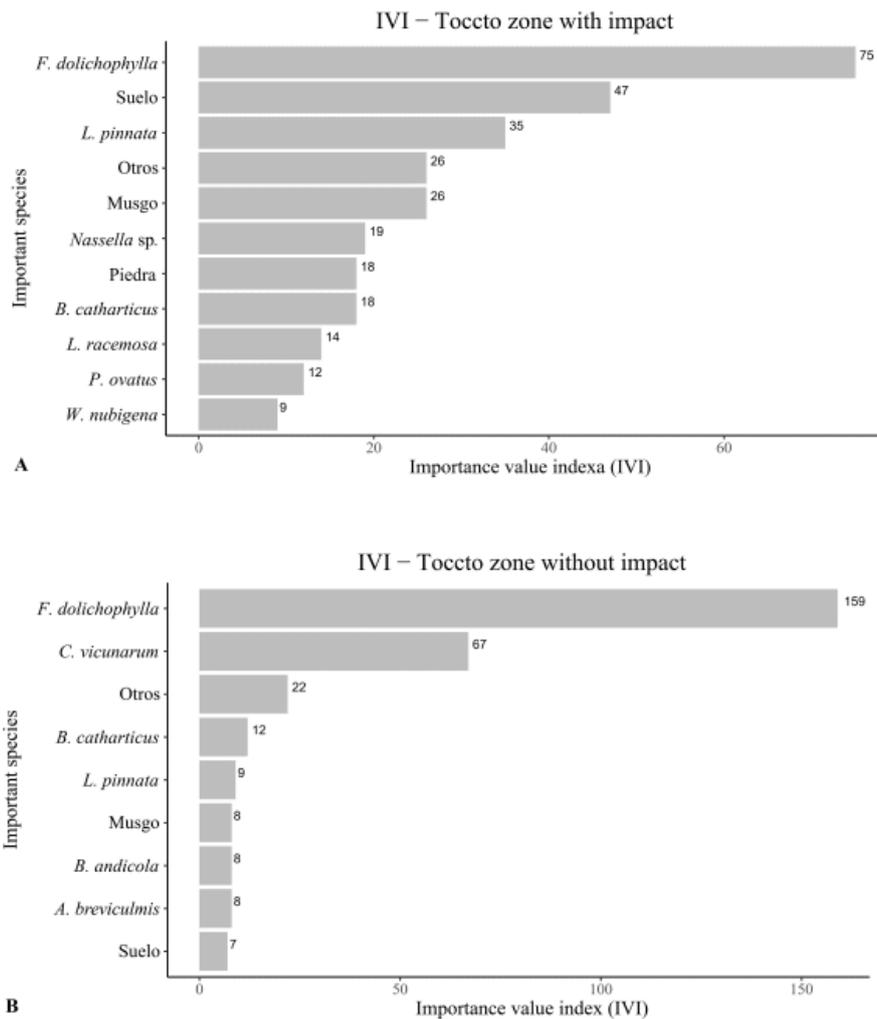
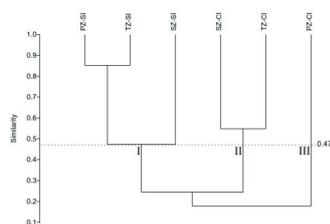


FIGURA 12
Índice de valor de importancia de la vegetación en la localidad de Toccto con y sin impacto Chiara. Ayacucho-2021



DISCUSIÓN

Se ha generado una base de datos de la flora de las zonas de estudio CI y SI (Tabla 1), representadas por 11 familias, 24 géneros y 26 especies. Las asteraceas las más frecuentes en cada uno de los puntos de muestreo, 7 géneros y 8 especies, seguido de poaceas 7 géneros y 7 especies, las demás con menor número. Sin embargo, con la finalidad de investigar más la flora en estos ecosistemas frágiles, se levantó un inventario en las zonas

adyacentes a los puntos de muestreo reportando un total de 156 especies. Magnoliopsida 116 especies y Liliopsida 40 especies.

Información que permitió evaluar las características de Qewillaqocha Figura 7^a CI, las especies más frecuentes fueron *F. dolichophylla*, *P. australis*, *L. racemosa*, *C. vicunarum* 21, 16, 12 y 9 %, cada una, las demás especies con menor frecuencia. De igual manera, referente a cobertura *F. dolichophylla*, seguido de *C. vicunarum* con 51 y 18 %, el resto de especies con menor cobertura. Esto explicaría su hábito y forma de crecimiento de estas 2 especies. Es necesario resaltar que *F. dolichophylla*, es el componente principal de los pajonales altoandinos, se caracterizan por formar macollas, un tipo de crecimiento vegetativo agregado que les permitió sobrevivir, capacidad de rebrotar y resistir las quemadas periódicas que se presentan de tiempo en tiempo. Retoñan con facilidad con las primeras lluvias de la temporada y disponibles como forraje para el ganado vacuno, ovino de la zona. Esta forma de crecimiento es una característica particular de varias especies altoandinas cespitosas que crecen al ras del suelo, otras presentan tallos subterráneos que les permite sobrevivir. Respecto a su densidad, mayor número de individuos se observó en especies rastreras, cespitosas como *L. pinnata* 43 %, *L. racemosa* 34 % y las demás con menor número. Esto refleja que no existe una correlación entre densidad y cobertura, ambas son especies de tamaño pequeño, crecen mayormente de forma acumulada, mientras las otras son de mayor crecimiento, follaje y biomasa.

TABLA 2
Índice de diversidad de las zonas de muestreo Qewillaqocha Incapaperqan y Toccto Chiara Ayacucho 2021

Variable	PZ-CI	PZ-SI	SZ-CI	SZ-SI	TZ-CI	TZ-SI
Especies	17	13	7	11	12	13
Individuos	204	80	34	92	39	96
Dominance_D	.303	.2916	.2024	.1815	.1571	.3112
Simpson_1-D	.697	.7084	.7976	.8185	.8429	0.6888
Shannon_H	1.622	1.709	1.739	1.934	2.113	1.557
Margalef	3.009	2.738	1.701	2.212	3.003	2.629
Equitability_J	.5727	.6663	.8936	.8064	.8505	.607

TABLA 3
Índice de diversidad según Shannon - Wiener (H) de las zonas de muestreo: Qewillaqocha, Incapaperqan y Toccto. Chiara. Ayacucho-2021

Zonas	H	Varianza	t	df	Valor p
PZ-CI	1.622	.008	-5.227	149.9600	.6020
PZ-SI	1.709	.019			
SZ-CI	1.739	.013	-1.3702	76.7740	.1746
SZ-SI	1.934	.008			
TZ-CI	2.113	.021	2.9263	97.4620	.0043
TZ-SI	1.557	.016			

TABLA 4
Índice de diversidad según el índice de Dominancia (D) de las zonas de muestreo: Qewillaqocha, Incapaperqan y Toccto. Chiara. Ayacucho-2021

Zonas	D	Varianza	t	df	Valor p
PZ-CI	.303	.0005	.2360	125.0300	.8138
PZ-SI	.292	.0018			
SZ-CI	.2024	.0013	.5045	57.3540	.6158
SZ-SI	.1814	.0004			
TZ-CI	.1571	.0010	-3.4178	107.6300	.0009
TZ-SI	.3112	.0010			

En Qewillaqocha (Figura 7b) SI, ecosistema que no ha sufrido IF, pero ubicado muy próximo a la zona anterior. Se evaluaron para ver si había o no diferencia en su composición florística y sus características estructurales, relacionado la frecuencia, cobertura y densidad relativa. Se observó que *F. dolichophylla* fue la más representativa en esta formación vegetal, se puede apreciar una frecuencia 28 %, cobertura 83 % y densidad 48 %, seguida de *C. vicunarum* 14, 10 y 24 % respectivamente, las demás con representación mínima. Esto puede deberse, a que estas especies forman los pajonales, crecen densamente y ocupan casi totalmente el área y no permiten crecer otras especies.

En Incapaperqan, que sufrió IF en el año 2021 (Figura 8^a) CI se observaron características estructurales diferentes a Qewillaqocha, afectada 1 año antes. Se nota la existencia de suelo desnudo, aún no hay mucha cobertura vegetal. Las especies vegetales recién están apareciendo, los rebrotes de plantas perennes y efímeras fueron muy lentas. Sin embargo, fue necesario resaltar la presencia de especies muy frecuentes como *B. catharticus*, *F. dolichophylla*, *Poa* sp., y *M. peruviana*. Mientras en la misma zona (Figura 8b), pero SI se observó a *F. dolichophylla*, la más representativa tanto en frecuencia, cobertura y densidad. Al igual que en Qewillaqocha, esta especie fue la más dominante según los parámetros evaluados, seguido de *L. pinnata* y *C. vicunarum*. Es necesario mencionar que la fisiografía de esta zona es diferente a Toccto. En Toccto (Figura 9^a), ecosistema impactado por IF en el año 2021, se parece mucho a Incapaperqan, la regeneración del ecosistema está en proceso, aún son retoños recientes, en cada transecto establecido se notó claramente escasa cobertura vegetal y mayor área de suelo desnudo, presencia de pocas especies de forma aislada, otras conglomeradas según las características de crecimiento de cada especie. Los rebrotes de *F. dolichophylla* están en su esplendor con cobertura 48 % en relación a otras especies de crecimiento cespitoso, como las asteráceas, leguminosas, incluso gramíneas. En la misma zona (Figura 9b), pero en vegetación SI por IF, al igual que en las anteriores zonas SI. Según los parámetros estudiados se observó *F. dolichophylla*, la más frecuente 37 %, seguido de *C. vicunarum* 18 %, las demás con menor porcentaje, igual ocurre con su densidad y cobertura 82 y 10 % respectivamente.

En lo que respecta a los IVI Qewillaqocha (Figura 10^a) CI observamos que *F. dolichophylla* fue la más importante seguido de *L. pinnata* y *L. racemosa*. Mientras en la zona SI (Figura 10b), la misma especie *F. dolichophylla* con mayor importancia, lo que refuerza los resultados de las características estructurales de cada zona de muestreo respecto a frecuencia, cobertura y densidad relativa, seguida de *C. vicunarum*, *B. catharticus* y las demás con menor porcentaje. Estas especies fueron dominantes, con crecimiento muy denso en ecosistemas sin perturbación, no permitiendo el crecimiento de otras especies.

En Incapaperqan (Figura 11^a) CI, el IVI resaltan suelos desnudos como dominantes, por poca cobertura vegetal, están en proceso de recuperación, considerando el incendio ocurrido recientemente en el año 2021. Por tanto, los rebrotes son recientes, *B. catharticus*, *F. dolichophylla* y otras están regenerándose lentamente y formando cobertura de estos ecosistemas. Si comparamos su IVI SI (Figura 11b), observamos que *F. dolichophylla* fue de mayor importancia, seguida de *L. pinnata* y *C. vicunarum*.

En Toccto CI (Figura 12^a) se observó que el IVI está representado por *F. dolichophylla* una de las especies que se recupera paulatinamente, seguido por la frecuencia de suelos desnudos, sin vegetación y recuperación lenta. También, se observaron especies pioneras que rebrotan rápidamente como *L. pinnata*, musgos y *Nassella* sp. Mientras en la vegetación SI (Figura 12b), el IVI indica a *F. dolichophylla* como la más importante, especie que forma los pajonales altoandinos densos, pocas especies crecen junto a ellas como *C. vicunarum*, *B. catharticus*, *L. pinnata* entre otras.

Al comparar los distintos puntos y las 3 zonas, Qewillaqocha (PZ-CI y PZ-SI), Incapaperqan (SZ-CI y SZ-SI) y Toccto (TZ-CI y TZ-SI) (Figura 13) el Dendrograma refiere una similaridad de 0.47, se forman 3 Grupos. El Grupo I conformado por las zonas PZ-SI, TZ-SI y SZ-SI, se evidencia en estas 3 zonas más especies en común, al compararlas con la de impacto. El Grupo II zonas con impacto SZ-CI y TZ-CI, presentaron mayor número de especies en común. El Grupo III conformado por la zona PZ-CI, es menos similar a las

otras. Esto nos indicaría que hay mucha diferencia en su composición florística, como sus características estructurales de vegetación entre las zonas CI y SI.

En relación a la riqueza de especies (Tabla 2) se observó que según los cálculos de Shannon y Wiener una diversidad y riqueza baja, que concuerda con Simpson & Margalef. Salvo la de Toccto que es medianamente diversa. Nos indicaría, que estos ecosistemas están en proceso de regeneración y que actualmente la flora post-incendio está formado por especies que han desarrollado una serie de adaptaciones morfo anatómicas y formas de crecimiento para sobrevivir a la acción de los incendios, desarrollar tallos subterráneos, o la forma de crecer acumulados. De igual manera, al realizar la comparación entre zonas de estudio en relación a los índices de diversidad (Shannon-Wiener y Dominancia) se observó que no hay diferencias significativas de diversidad entre los puntos de estudio de Qewillaqocha (PZ-CI y PZ-SI) e Incapaperqan (SZ-CI y SZ-SI), sin embargo, en Toccto los puntos TZ-CI y TZ-SI presentan diferencias significativas en los índices de diversidad, siendo más diverso el punto TZ-CI, y en el punto TZ-SI se observó mayor dominancia (Tabla 3 y 4).

Estos resultados de las especies de pajonal altoandino afectadas por incendios se están recuperando paulatinamente, por la modalidad de rebrote. Se observó “in situ” que las especies de “ichu” no se queman totalmente, quedan macollas en el suelo, las que se reactivan y rebrotan. Hay pocos ejemplares que se quemaron totalmente, ya no regeneraran, pero son en menor porcentaje. Al respecto, por el efecto de los incendios hay una aparente pérdida de diversidad temporal de la vegetación, luego se recuperarán, acontecimientos ocurridos en otros ecosistemas similares¹². El fuego genera diferentes respuestas en la vegetación, la mayoría de los ecosistemas provee estabilidad en ellos. Si no hubiera el fuego, las comunidades vegetales soportarían una acumulación excesiva de material combustible, estancamiento del crecimiento e inadecuada reproducción²⁸.

Las especies frecuentes y de mayor cobertura presentan bulbos subterráneos, otras formas de propagación, no se queman por completo, son especies que se recuperan rápidamente, mientras otras que se propagan por semillas esperan que las condiciones ambientales se tornen favorables como es la época de lluvia. El fuego tiene un efecto negativo en los ecosistemas, afectando la biodiversidad, distribución, abundancia de especies, afectando el hábitat y el nicho ecológico de las especies⁴.

Después de sucedido el incendio, en cada uno de los ecosistemas estudiados, el paisaje se veía calamitoso, un paisaje totalmente negro lleno de cenizas. Sin embargo, hoy en día estos ecosistemas se están recuperado, lucen un inmenso verdor en toda el área impactada. Es sorprendente, como la diversidad de especies vegetales logran sobrevivir y recuperarse, no serán todas, pero en su mayor parte. Posiblemente la fauna sea la más afectada. Es necesario resaltar, la dominancia de una especie, *F. dolichophylla* en el proceso de recuperación.

Al respecto es necesario resaltar que las especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas son dinámicos, sujetos a cambios, adaptándose a cambios ambientales causados por interacciones entre organismos. En tal sentido, su comprensión puede ayudarnos a sostener estos sistemas vivos, en vez de continuar degradándolos y destruyéndolos²⁹.

La regeneración post-incendio de las especies está en relación con las características vitales y su capacidad de rebrotar. La mayor parte de individuos que sobreviven, se debe a que presentan una parte subterránea que facilita rebrotar y la fuerza del rebrote determina el éxito de la regeneración post-incendio³⁰, el IF no solo afecta la vegetación, también a las comunidades edáficas, afectando su composición, densidad y diversidad². Así mismo, afectan las propiedades del suelo, incrementando los valores de pH y bases intercambiables, generan disminución en la concentración de nutrientes en los suelos y pérdida de MO⁹.

Por tanto, cuando ocurre un incendio, el suelo sufre una serie cambios en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, dependiendo de la intensidad y duración del fuego. Cuando se presenta incendios repetidos, la estructura del suelo se degrada, aumenta su erosión y disminuye su fertilidad, lo que lleva a un empobrecimiento nutricional significativo³¹.

Los valores de MO se incrementan, así como N, P y K, lo contrario sucede con el pH del suelo quemado que decrece, es decir se hace más ácido, dependiendo de la profundidad del suelo, intensidad, frecuencia y el tiempo de exposición al calor³².

Cuando el IF es de baja intensidad contribuye el ciclo de algunos nutrientes, facilitando el control de patógenos en las plantas y evitando la erosión del suelo. Mientras, un incendio de alta intensidad, elimina la MO, evapora cantidades mayores de nitrógeno y nutrientes esenciales, cambia la estructura del suelo y baja su potencial productivo. El bosque arrojó mayor número de actinomicetos y hongos micorrízicos arbusculares asociados a una mayor asimilación de nutrientes como el potasio³², disminuyen la absorción, retención de agua, porosidad, aireación y la capacidad de infiltración, produciendo en su mayoría una reducción de la disponibilidad de agua en el suelo y un aumento de la escorrentía superficial, generando así la erosión³³.

El fuego afecta la actividad biológica del suelo, lo que resulta en un ciclo de nutrientes inestables, disminuye los microorganismos que participan en los procesos de descomposición de MO y disponibilidad de nutrientes, los IF afectan al recurso suelo y sufrirían sobrecalentamiento³⁴.

La investigación permitió registrar en los puntos de muestreo, 11 familias, 24 géneros y 26 especies. Mientras considerando las áreas adyacentes 156 especies comprendidas en 27 familias 96 géneros de la flora fanerogámica, cuya composición varía en las 3 zonas de muestreo. Las zonas incendiadas presentan mayor riqueza de especies en relación a áreas sin impacto. Así mismo, las especies de mayor frecuencia y cobertura tanto en zonas CI y SI son *F. dolichophylla*, *C. vicunarum*, *L. pinnata*, *L. racemosa* y *M. peruviana*. En Qewillaqocha, Incapaperqan y Toccto, los índices de diversidad son muy bajos, incluso en áreas CI y SI. Las áreas afectadas por incendio se recuperarán con las primeras lluvias y estarían en pleno esplendor entre 4-5 años. *F. dolichophylla* no muere completamente en el incendio al igual que especies cespitosas, tienen facilidad para el rebrote. La regeneración de especies que se propagan por semillas, son muy lentas. Referente a la percepción social, los pobladores de Chiara son conscientes de efectos de los incendios forestales.

Por tanto, el presente trabajo será una contribución importante para entender la regeneración natural de la vegetación, características del suelo y la percepción de la población local frente a estos acontecimientos en ecosistemas andinos. Contribución que ayudará a la mejora en las medidas sobre el manejo de los ecosistemas, facilitará realizar trabajos de investigación, estudios de impacto, tanto a las personas e instituciones interesadas. Permitirá el desarrollo de programas de conservación en su amplia acepción y poner a disposición la información generada. Considerando que el territorio peruano comprende ecosistemas únicos a nivel mundial, en forma exclusiva o compartida con los países vecinos. Ecosistemas únicos, que albergan comunidades de extrema importancia por la presencia de especies endémicas y de uso económico³⁵.

LITERATURA CITADA

1. Castillo M, Pedernera P, Peña E. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Ambient Desarrollar* 2003;19(3-4):44-53.
2. Armenteras D, González TM, Vargas Rios O, Meza Elizalde MC, Oliveras I. Fire in the ecosystems of northern South America: advances in the ecology of tropical fires in Colombia, Ecuador and Peru. *Caldasia* 2020;42(1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353>
3. Chen Y, Morton DC, Jin Y, Gollatz GJ, Kasibhatla PS, van der Werf GR, et al. Long-term trends and interannual variability of forest, savanna and agricultural fires in South America. *Carbon Manag* 2013;4(6):617-38. DOI: <https://doi.org/10.4155/cmt.13.61>
4. Müller D, Suess S, Hoffmann AA, Buchholz G. The value of satellite-based active fire data for monitoring, reporting and verification of REDD+ in the Lao PDR. *Hum Ecol* 2013;41(1):7-20. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9565-0>
5. De Castro R, Simarro ME, Priego C, Lafuente R, Sancho A. Investigación social sobre los incendios forestales en Andalucía [Internet]. Sevilla: Wild-fire; 2007 [citado 22 de octubre de 2019]. Recuperado a partir

- de: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/589228/investigacion_social_sobre_los_incendios_forestales.pdf/6c311d39-9998-7634-8426-2c64abfecf2d?t=1434960586000
6. Capulín Grand J, Mohedano Caballero L, Razo Zarate R. Changes in soil and vegetation in a pinus forest affected by fire. *Terra Latinoam* 2010;28(1):79-87.
 7. Chamizo A, Hernández J. Metodología para la estimación de vulnerabilidad en Ecuador, Perú y Bolivia [Internet]. Guayaquil: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño; 2014 [citado 22 de septiembre de 2019]. 48 p. Recuperado a partir de: <http://geonode.ciifen.org/documents/1134#more>
 8. Verzino G, Joseau J, Dorado M, Gellert E, Rodríguez Reartes S, Nóbile R. Impact of fires on plant diversity, sierras of Córdoba, Argentina. *Ecol Apl* 2005;4(1-2):25-34. DOI: <https://doi.org/10.21704/rea.v4i1-2.294>
 9. Beltrán Pineda ME, Lizarazo-Forero LM. Grupos funcionales de microorganismos en suelos de páramo perturbados por incendios forestales. *Rev Ciencias* 2013;17(2):121-36. DOI: <https://doi.org/10.25100/rc.v17i2.490>
 10. Fernández-Méndez F, Velasco-Salcedo VM, Guerrero-Contecha J, Galvis M, Viana Neri A. Ecological recovery of affected areas by a forest fire in the Tintales watershed (Boyacá, Colombia). *Colomb Forestal* 2016;19(2):146-60. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.2.a02>
 11. Rosales-Rodríguez JA, Esquivel-Segura EA, Acevedo-Tapia MA, González-Ortega M, Cartes-Rodríguez E. Pre and post-fire situation, of an eco-system of the Roble-Hualo forest type, Maule region, Chile. *Kurú* 2019;16(38):55-68. DOI: <https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i38.3997>
 12. Aponte H, Ramírez W, Lértora G, Vargas R, Gil F, Carazas N, et al. Fire on wetlands of the central coast of Peru: ¿a common threat?. *Cientifica* 2015; 12(1):70-81. DOI: <https://doi.org/10.21142/cient.v12i1.166>
 13. Pacheco Isasi AE. Efecto del fuego sobre las comunidades vegetales de pastizales y matorrales en el Anexo de Totorani, Distrito de Polobaya, Arequipa, Octubre- Diciembre, 2018 [tesis licenciatura]. [Arequipa]: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa; 2019 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.secheresse.info/spip.php?article103047>
 14. Hermitaño Montalvo HR, Crisóstomo Hilario XB. Efecto de la quema de pastizales en las propiedades de los suelos en Huamancaca Chico, Huancayo. 2020 [tesis licenciatura]. [Huancayo]: Universidad Continental; 2021 [citado 16 de septiembre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/10349>
 15. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. Desarrollo de capacidades en zonificación ecológica económica y ordenamiento territorial en la región Ayacucho [Internet]. Ayacucho: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente; 2012 [citado 2 de octubre de 2019]. 75 p. Recuperado a partir de: <https://es.scribd.com/document/401702626/CLIMATOLOGIA-DE-LA-REGION-AYACUCHO-pdf>
 16. Martínez Cabrera R. Estrategia regional de cambio climático Ayacucho: componente de diagnóstico y planeamiento [Internet]. Ayacucho: 2015. Gobierno Regional de Ayacucho [citado 12 de septiembre de 2019]. 288 p. Recuperado a partir de: <https://docplayer.es/89971916-Estrategia-regional-de-cambio-climatico-ayacucho-componente-de-diagnostico-y-planeamiento.html>
 17. Terán-Valdez A, Duarte N, Cuesta F, Pinto E. Practicando la restauración ecológica: el monitoreo y mantenimiento de áreas. En: Proaño R, Duarte N, Cuesta F, Maldonado G, editores. Guía para la restauración de bosques montanos tropicales [Internet]. Quito: CONDESAN; 2018. p. 5-79. Recuperado a partir de: <https://restoration.elti.yale.edu/resource/modulo-4-practicando-la-restauracion-ecologica-el-monitoreo-y-mantenimiento-de-areas>
 18. Loyola Gonzales R, Portuguez Yactayo H, Matos Delgado D, Araujo Flores S, Millán Salazar B, Arana Bustamante C, et al. Guía de inventario de la flora y vegetación [Internet]. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural; 2015 [citado 22 de octubre de 2019]. 49 p. Recuperado a partir de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/2683-guia-de-inventario-de-la-flora-y-vegetacion>

19. Mostacedo B, Fredericksen T. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal [Internet]. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia; 2000. 92 p. Recuperado a partir de: <http://www.bionica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
20. Lot A, Chiang F. Manual de herbario: Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos [Internet]. Vol. 36, Taxon. México: Consejo Nacional de la flora de México; 1986. 300 p. Recuperado a partir de: <https://itvolivre.wordpress.com/2013/09/28/manual-de-herbario-lot-antonio-chiang-fernando-1986/>
21. Tovar Serpa Ó. Las Gramíneas (Poaceae) del Perú [Internet]. Madrid: Real Jardín Botánico; 1993 [citado 22 de julio de 2019]. 480 p. Recuperado a partir de: <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/1525858-las-gramineas-poaceae-del-peru?offset=1>
22. Herbario Rapid Reference [Internet]. Chicago: The Field Museum, 2020 [cited 10 October 2021]. Retrieved from: <https://plantidtools.fieldmuseum.org/es/rrc/5581>
23. Tropicos.org: Missouri Botanical Garden [Internet]. Missouri: Base de Datos de Tropicos; 2022 [cited August 15, 2022]. Retrieved from: <https://www.tropicos.org/home>
24. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sistema de Clasificación de Cronquist [Internet]. Mexico: Columbia University Press; 1981 [citado 22 de octubre de 2019]. 53 p. Recuperado a partir de: <https://reinaldolozano.files.wordpress.com/2012/10/cronquist1980.pdf>
25. Theplantlist.org: the plant list. a working list of all plant species [Internet]. Misoure: the plant list; 2013 [citado 15 de octubre de 2020]. Recuperado a partir de: <http://www.theplantlist.org>
26. Matteucci S, Colma A. Metodología para el estudio de la vegetación [Internet]. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico; 1982 [citado 22 de octubre de 2019]. 165 p. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/44553298_Metodologia_para_el_estudio_de_la_vegetacion_por_Silvia_D_Matteucci_y_Aida_Colma
27. Medrano Meraz M de J, Javier Hernández F, Corral Rivas S, Nájera Luna JA. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. Rev Mex Ciencias For. 2017;(40) :57-68. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.36>
28. Farfán Loaiza RD, Farfán Tenicela ER. Producción De Pasturas Cultivadas Y Manejo De Pastos Naturales Altoandinos [Internet]. Naturales Altoandinos, editor. Moquegua, Perú: INIA-Gobierno Regional de Moquegua; 2012. 249 p. Recuperado a partir de: <http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/handle/inia/417>
29. Villalobos Rueda L. Ecología y Medio Ambiente [Internet]. Managua: Universidad Nacional Agraria; 2006 [citado 22 de octubre de 2019]. 72 p. Recuperado a partir de: <https://repositorio.una.edu.ni/2441/>
30. López-Soria L, Castell C. Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. Oecologia 1992;91(4):493-9. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00650321>
31. Iglesias López MT, González Palma J (dir), Fernández Bermejo C (dir). Efectos de los incendios forestales sobre las propiedades del suelo en un pinar de repoblación (Pinos pinaster), en Arenas de San Pedro [tesis doctoral]. [Madrid]: Universidad Complutense de Madrid; 1993 [citado 26 de octubre de 2019]. Recuperado a partir de: <https://docta.ucm.es/entities/publication/3daa45b1-2f4b-45f8-88b5-82ba7759f9da>
32. Calderón-Medina CL, Bautista-Mantilla GP, Rojas-González S. Chemical, physical and biological soil properties, indicators of the status of different ecosystem in a high terrace of the Meta department. Orinoquia 2018;22(2):141-57. DOI: <https://doi.org/10.22579/20112629.524>
33. Mataix-Solera J, Guerrero C. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo [Internet]. Alicante: CEMACAM Font Roja; 2007 [citado 22-de octubre de 2019]. 40 p. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Mataix-Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000/Efectos-de-los-incendios-forestales-en-las-propiedades-edaficas.pdf
34. Rosero Cuesta J, Osorio Giraldo I. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. Cuaderno Activa 2014;5(1):59-67.

35. Brack Egg A, Aranda Arce C, Bernales Alvarado ME, Bustamante Morote R, Campos Baca L, Capurro Villarán F, et al. Diagnóstico ambiental del Perú [Internet]. Lima: Ministerio del Ambiente; 2008 [citado 22 de octubre de 2019]. 69 p. Recuperado a partir de: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39199>

NOTAS

Fuente de financiamiento:El Proyecto de investigación ha sido autofinanciado, contó con apoyo logístico mínimo por parte de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga a través de ex FEDU.

Conflictos de intereses:El trabajo se realizó en el transecto de la carretera Ayacucho - Cusco, ubicado en el distrito de Chiara, provincia de Huamanga. Ayacucho-Perú. Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Agradecimientos:Agradecemos a los pobladores de la comunidad de Chiara por el apoyo en la realización de la presente investigación a Marleny Prada, Bill y Ronal por su apoyo en trabajo de campo.

Consideraciones éticas:os autores cumplen con las normas éticas de publicación. Con el conocimiento de la Oficina General de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Limitaciones en la investigación:Los autores declaran que no hubo limitaciones en la investigación en trabajo de campo.

Contribución de los autores:*De La Cruz-Arango Jesús*, planeación del experimento, sistematización e interpretación de la información, revisión del documento final. *Cóndor Alarcón Reynán*, análisis de la estadística, sistematización e interpretación de la información, revisión del documento.

ID del artículo:126/JSAB/2022

Nota del Editor: *Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.

ENLACE ALTERNATIVO

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592023000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es (html)