ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.852

Environmental impact of wildfires in the Cordillera Blanca, Ancash, Peru

Vangie Ariela Gomero Fernández[1]; Kelly Milena Polo Herrera[2]; Iselli Josylin Nohely Murga Gonzalez[3]; Sara Rita Naupari Montenegro[4]
[1,2,3,4]Universidad Privada del Norte, Peru, *N00352862@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe, iselli.murga@upn.edu.pe, sara.naupari@upn.edu.pe*

Abstract*– The consequences of wildfires are directly related to the increase in greenhouse gas emissions (GHG), primarily CO_2. The Cordillera Blanca, located in the Ancash region of Peru, has raised growing concerns in recent years due to the increasing magnitude and frequency of wildfires, mainly associated with human activities and climatic factors. The primary objective of this study is to determine the environmental impacts of wildfires in the Cordillera Blanca and the significance of its ecosystem services. The methodology employed was a systematic review of studies related to cryoturbated soils and the environmental impacts of wildfires, wildfire modeling, and strategies for wildfire prevention, mitigation, and control. Likewise, the PRISMA Flow Diagram website was used to visually and systematically represent the study selection process, as well as the evaluation and analysis of the scientific sources included in the literature review. The study highlighted the importance of the ecosystem services provided by the Cordillera Blanca and the negative environmental impacts caused by wildfires. Added to this, climate modeling is identified as a necessary tool for assessing wildfire impacts in the Cordillera Blanca. However, there is currently a lack of a comprehensive database to enable reliable modeling. The research also underscores the need to incorporate wildfire prevention, mitigation, and control measures. These findings demonstrate that climate change is accelerating the degradation of the Cordillera Blanca. Strengthening wildfire prevention, mitigation, and control strategies is crucial to reducing their environmental impact.

***Keywords*—Wildfires, Cordillera Blanca, Climatic Factors, Environmental Impact, Ecosystem Services.**

Impacto ambiental de los incendios forestales en la Cordillera Blanca, Áncash, Perú

Vangie Ariela Gomero Fernández[1]; Kelly Milena Polo Herrera[2]; Iselli Josylin Nohely Murga Gonzalez[3]; Sara Rita Naupari Montenegro[4]
[1,2,3,4]Universidad Privada del Norte, Perú, *N00352862@upn.pe, kelly.polo@upn.edu.pe, iselli.murga@upn.edu.pe, sara.naupari@upn.edu.pe*

Resumen*– Las consecuencias de los incendios forestales están relacionadas directamente con el incremento de las emisiones de GEI principalmente de CO_2. La Cordillera Blanca, ubicada en la región Ancash-Perú, ha generado creciente preocupación en los últimos años debido al incremento en la magnitud y regularidad de los incendios forestales en la región, principalmente asociados a actividades humanas y factores climáticos. El objetivo principal de este artículo es determinar los impactos ambientales que generan los incendios forestales en la Cordillera Blanca y la importancia de sus servicios ecosistémicos. El método empleado fue la revisión sistemática de estudios relacionados con los suelos crioturbados y el impacto ambiental que generan los incendios forestales, el modelamiento de incendios forestales y las estrategias de prevención, mitigación y control de incendios forestales. Asimismo, se utilizó la web PRISMA Flow Diagram, para representar de manera visual y sistemática el proceso de selección de estudios, evaluación y análisis de las fuentes científicas incluidas en la revisión bibliográfica. El estudio reveló la importancia de los servicios ecosistémicos que brinda la Cordillera Blanca y el impacto ambiental negativo causado en ella por los incendios forestales; sumado a esto, el modelamiento climático es un complemento necesario para analizar el impacto de los incendios forestales en la Cordillera Blanca, sin embargo, actualmente se carece de una base de datos completa que permita realizar un modelado confiable. También se identificó la necesidad de incluir medidas de prevención, mitigación y control para hacer frente a los incendios forestales. Estos hallazgos prueban que el cambio climático impacta de forma acelerada en la pérdida de la Cordillera Blanca, es importante fortalecer las estrategias de prevención, mitigación y control de los incendios forestales, para reducir su impacto ambiental.

Palabras clave*-- Incendios forestales, Cordillera Blanca, factores climáticos, impacto ambiental, servicios ecosistémicos.

I. Introducción

Los incendios forestales son una variable de alteración que perjudica a los ecosistemas dependiendo de su frecuencia y severidad (grado de alteración del suelo, pérdida de vegetación y materia orgánica) [1]. Los incendios forestales pueden originarse de manera antrópica o natural, debido al uso excesivo del suelo originados por plantaciones industriales, expansión urbana, abono de tierras, sequías y efectos del cambio climático. A su vez, se propagan principalmente en áreas boscosas como los pastizales, humedales, matorrales, tierras agrícolas y entre otros, generando impactos significativos a la cobertura vegetal [2].

La referencia [3] afirma que la extensión y propagación están sujetas en buena medida a la cantidad de combustible y humedad que contiene. A modo de ejemplo; en el trópico, los bosques secos tropicales y hábitats asociados son sumamente susceptibles a los incendios forestales, a raíz de una prolongada época seca con una duración de hasta 8 meses y con una menor precipitación a 100 mm; en el caso de los ecosistemas húmedos, como los bosques lluviosos o páramos, son susceptibles al fuego, principalmente en condiciones de severa sequía.

Existen diversos tipos de incendios de los cuales 3 son los principales, siendo estos, los incendios de suelo, que se dan en una combustión lenta, quemando la capa baja de las hojas caídas y los suelos orgánicos profundos; también están los incendios superficiales, estos se propagan con llamas consumiendo la vegetación superficial (pastizales, hojarasca, arbustos); y finalmente el incendio de copa, el cual asciende del suelo a las copas de los árboles y se expande por ellas, con una mayor intensidad e impacto ecológico que los otros tipos de incendios [4]. Cuando ocurre este tipo de sucesos, los impactos se relacionan fundamentalmente con la pérdida temporal de cubierta forestal, volviendo así a los suelos más vulnerables a la erosión. Asimismo, a corto y largo plazo, es conocido que los incendios forestales alteran adversamente a diferentes servicios ecosistémicos, por ejemplo, la captura de carbono, regulación de la calidad del aire, regulación de inundaciones, regulación de la erosión, polinización, alimentos, purificación del agua, patrimonio cultural y recreación [5].

Utilizar el fuego de manera irresponsable o de forma negligente (quema de pastizales), puede provocar consecuencias devastadoras no solo para el medio ambiente sino en la salud y seguridad de las personas. Es fundamental tener en cuenta que los incendios forestales desempeñan un papel negativo en los sistemas ecológicos y climatológicos, al producir una variedad de emisiones atmosféricas, entre las cuales se destacan principalmente los Gases de Efecto

Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Estos elementos son significativamente los responsables y repercuten en el calentamiento de la atmósfera y la alteración del sistema climático global [6].

Los incendios forestales tienen un impacto considerable en la biodiversidad. A nivel global, son considerados una catástrofe natural de primera magnitud, de modo que ocasionan grandes problemas en el aspecto económico, ambiental y social. La quema de biomasa es producto de los incendios forestales y agrícolas y es fuente de aumento de emisiones de GEI a la atmósfera; en la combustión de la vegetación se liberan gases como el dióxido de carbono o metano, óxidos de nitrógeno y aerosoles, siendo estos serios contaminantes atmosféricos [7]. De la misma forma, en áreas regionales y locales, modifican la biomasa; también afectan el ciclo hidrológico, repercutiendo en los ecosistemas marinos (como los arrecifes de coral) e incidiendo en el comportamiento de las especies [8].

En el Perú se evidenció una gran reducción de bosques durante el año 2001 al 2021, reportándose un total de 251 kha de daños a las zonas vegetales que representó el 7% de la totalidad perdida, siendo el 2017 el año con mayor destrucción correspondiente a 39.7 kha, lo cual incrementó las emisiones de CO_2 y los niveles de temperatura. Asimismo [9], revisó información del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) señalando que la región Áncash registró 209 incendios forestales que representan al 7% de números de emergencias en este ámbito. En la Tabla I se observa la pérdida de superficie a lo largo de los años en diferentes cordilleras, resaltando la Cordillera Blanca con una disminución aproximada del 50% de hielo.

TABLA I
CORDILLERAS PERUANAS AFECTADAS POR EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Cordillera	Superficie inicial	Pérdida Estimada (desde el año 1995 al 2006)
Cordillera Blanca	723 km²	En la actualidad se estima que la superficie del glaciar es menor a 362 km², con una pérdida aproximada del 50% de su hielo. Como ejemplo, el nevado Pastoruri, viene disminuyendo a gran velocidad y existe la alta probabilidad que desaparezca en los próximos años [8].
Cordillera Huayhuash	85 km²	En este caso, se calcula que la superficie del glaciar se redujo a 68 km², de modo que descendió aproximadamente en un 20% [8].
Cordillera Raura	55 km²	Se valora que ha perdido cerca del 50% de su superficie, quedando alrededor de 28 km² [8].
A nivel de 18 cordilleras del Perú	2,041 km²	El efecto de la reducción en la superficie resultó de 1000 km² aproximadamente en 18 cordilleras del Perú, representando una disminución del 50% y reflejando el impacto a causa de los diversos factores relacionados con el calentamiento global [8].

Es relevante indicar el gran valor de la región Áncash, donde se encuentra la Cordillera Blanca, considerada una de las cadenas de montañas más importante de los Andes, conocida por sus impresionantes nevados, lagos y flanqueada por dos valles, el Callejón de Huaylas y Los Conchucos, donde un aproximado de 728.000 habitantes depende de los servicios ecosistémicos que brindan los glaciares, bosques, pastizales, turberas y entre otros ecosistemas altoandinos. Además, se encuentra el Área Natural Protegida (ANP) Parque Nacional Huascarán, declarada por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) como Patrimonio de la Humanidad en el año 1985 [10].

El objetivo de la investigación es determinar los impactos ambientales que generan los incendios forestales en la Cordillera Blanca y la importancia de sus servicios ecosistémicos. Los objetivos específicos son; estudiar el impacto de los incendios forestales sobre los suelos crioturbados y la vegetación en la Cordillera Blanca, analizar un estudio de modelamiento de incendios forestales a escala regional y finalmente mencionar las estrategias de prevención, mitigación y control de los incendios forestales. Teniendo como pregunta de investigación: ¿Cuáles son los principales impactos ambientales de los incendios forestales en la Cordillera Blanca de la región Áncash?

II. METODOLOGÍA

El tipo de método de revisión sistemática utilizado es el PRISMA, el cual analiza las investigaciones seleccionadas en forma descriptiva en contextos de complejidad y cambios rápidos de manera más accesible. Dicho de otro modo, se utilizó modelos de análisis basados más en la comprensión dialéctica de los datos presentados [11].

Para analizar las incidencias de los impactos ambientales de los incendios forestales en la Cordillera Blanca (siendo esta la zona de estudio), se llevó a cabo una revisión sistemática de artículos de investigación, estudios científicos, revistas científicas, recursos e información gubernamental; además se utilizó bases de datos de difusión científica reconocidas, tales como Scopus, Research y Scielo; también se optó por la búsqueda de fuentes, en repositorios universitarios y recursos donde se encontró informes rigurosamente documentados. Las palabras clave utilizadas incluyeron "incendios forestales", "impactos ambientales", "medidas de mitigación", "Cordillera Blanca Áncash", "calentamiento global" y "forestal".

Asimismo, se tuvo en cuenta, el uso del método de selección a través de los criterios de inclusión y exclusión en la búsqueda rigurosa de los artículos e informes. Donde los criterios de los estudios investigados fueron desde el año 2021 hasta el 2024, informes técnicos y estudios de casos específicos que detallan los impactos ambientales que generan los incendios forestales.

Se realizó un flujograma con un programa de internet denominado "Diagrama de flujo PRISMA", donde se ubicó la

identificación, filtrado y la inclusión de la obtención de información, tal y como se aprecia en la Fig. 1.

Se realizaron indagaciones iniciales utilizando articulaciones de palabras clave para reconocer una serie fundamental de artículos valiosos. Por ejemplo, se utilizó la combinación "forest AND fires" para refinar la búsqueda. Se desarrolló la revisión de los títulos y resúmenes de los artículos reunidos, los cuales fueron evaluados para corroborar su importancia en función a los criterios establecidos.

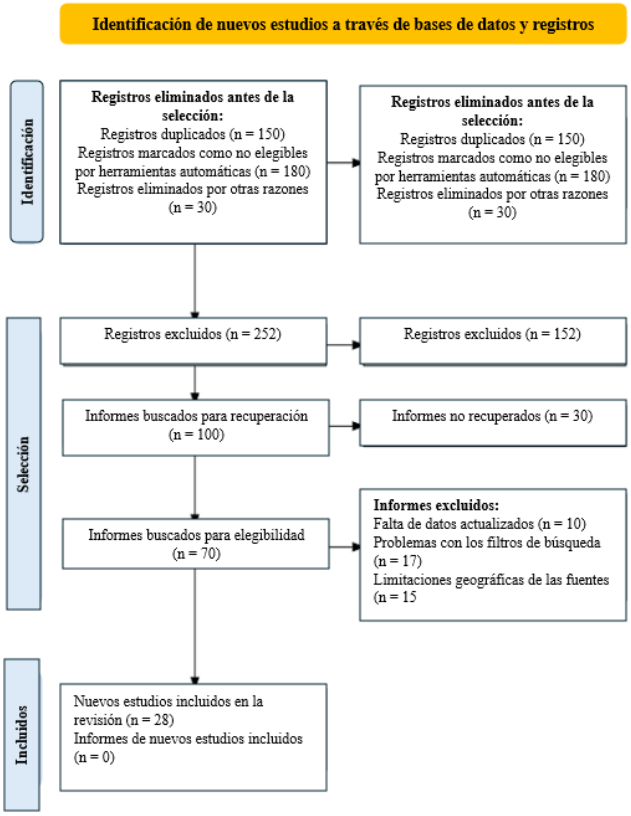

Fig. 1 Diagrama de Flujo PRISMA del estudio

Seguidamente, los artículos seleccionados fueron expuestos a una revisión minuciosa del contenido completo para asegurar su validez y calidad. La información pertinente de cada estudio fue recopilada y resumida, proporcionando un enfoque particular en las metodologías empleadas, los resultados generados y las recomendaciones formuladas. Por último, se desarrolló un análisis comparativo de los incendios forestales identificados, evaluando las estrategias de prevención y mitigación adoptadas y destacando las prácticas más efectivas. Este enfoque garantizó que la revisión brindara una perspectiva más detallada y justificada sobre los distintos impactos ambientales de los incendios forestales en la Cordillera Blanca.

III. Resultados

A. Impactos ambientales que generan los incendios forestales en la Cordillera Blanca e importancia de sus servicios ecosistémicos

1) Impactos ambientales que generan los incendios forestales en la Cordillera Blanca: [12] señalan que los años 2005, 2010, 2016 y 2020 fueron extremadamente secos, generando gran cantidad de incendios forestales en las dos últimas décadas. Desafortunadamente, el 2024 también marcó otro año de sequía extrema, donde la mayor parte de incendios forestales en el Perú ocurría en los Andes, siendo la Cordillera Blanca una de sus principales cadenas montañosas afectada por estos incendios.

Según el estudio de [13] nos señala que "Los incendios más grandes con mayor extensión e intensidad se han asociado a un mayor impacto y daño, llevándose a cabo una significativa disminución de la vegetación y aumento de combustión del carbono orgánico de la superficie, lo que indica que da lugar a mayores emisiones de CO_2 por unidad de área quemada y, por lo tanto, tienen un mayor efecto biogeoquímico en el calentamiento climático". Es importante añadir que, los cambios biogeofísicos en la superficie terrestre (como el albedo y la temperatura), también influyen en el clima local. El efecto biogeoquímico de las emisiones de CO_2 representa solo alrededor de la mitad del impacto climático cercano a la superficie de los incendios forestales globales, y la mitad restante proviene de efectos biogeofísicos debido a cambios en las características de la superficie terrestre.

Asimismo, el estudio realizado por [14] detalla los impactos en los cambios subyacentes en el proceso de energía superficial, estos abarcan diferentes dinámicas que son influenciadas por la magnitud del incendio, tales como:

- Reducción del albedo*:*

En el momento que se presenta un incendio, el dosel forestal (capa superior de un bosque) es destruido, estado que oscurece la superficie del suelo, llegando así a la reducción del albedo (facultad de la superficie para reflejar la radiación solar). Es así como, los incendios y el sobrepastoreo, son las causas principales de reducción de la cobertura vegetal y la precipitación; aumentando el albedo, la temperatura e intensificando la desertificación [14].

- Reducción de la evapotranspiración (ET):

Después del incendio, la capacidad del suelo y la vegetación para liberar vapor de agua mediante la ET disminuye, lo cual implica que se use menos energía absorbida por la superficie para evaporar agua, reduciendo el volumen de calor latente que se expulsa a la atmósfera [14]. La ET, es un proceso crucial que explica las interacciones entre la superficie y la atmósfera, un componente clave del ciclo del agua terrestre que vincula el ciclo del carbono y el equilibrio energético [15].

- Efecto de calentamiento no radiativo:

Al reducirse la ET y aumentar la absorción de radiación, más energía solar se convierte en calor sensible en lugar de

calor latente. Esto provoca un calentamiento directo de la superficie, que es un efecto no radiativo que contribuye al aumento de la temperatura [14].

Por otro lado, en su análisis [16] indica que la quema de pastizales es una de las prácticas más desarrolladas en la sierra, por la cual se genera los incendios forestales, siendo su impacto un punto de preocupación latente en los ecosistemas de la Cordillera ya que posee extensas áreas de pastos naturales, con alrededor del 70% de su superficie total en los sectores de Arhuaycancha Cotucancha, Shillacancha, donde se desarrollan actividades ganaderas.

Cabe recordar que los pastizales son "cualquier área en la que se produce plantas para el forraje: gramíneas, graminoides, leguminosas, arbustos ramoneables, hierbas o mezclas de estas". La práctica de quema está enfocada en actividades como la renovación de pastos, ya que las comunidades consideran y creen que esta acción permite que crezca pasto más tierno y nutritivo para el ganado, mejorando así a su vez, la producción tanto de carne como de leche. Otra razón por la que practican la quema de pastizales es por el control de plagas o creencias relacionadas con el aumento de más lluvias en el lugar. Este tipo de actividades solo genera mayor impacto como la destrucción de suelos, pérdida de biodiversidad (afectando a diferentes especies de flora y fauna), aumento de emisiones contaminantes como CO_2 y erosión del suelo [16].

2) Servicios ecosistémicos de la Cordillera Blanca: La Cordillera Blanca (Fig. 2), se encuentra situada en Áncash, posee la mayor cadena de montañas del mundo, albergando más de 700 glaciares y constituyendo una de las principales reservas de hielo tropical en nuestro planeta. Asimismo, cuenta con más de 800 lagunas, muchas originadas por el retroceso glaciar, las cuales pertenecen a las cuencas hidrográficas de los ríos que desembocan en el río Marañón en la vertiente amazónica, y los ríos Pativilca y Santa, en la vertiente del Pacífico [17].

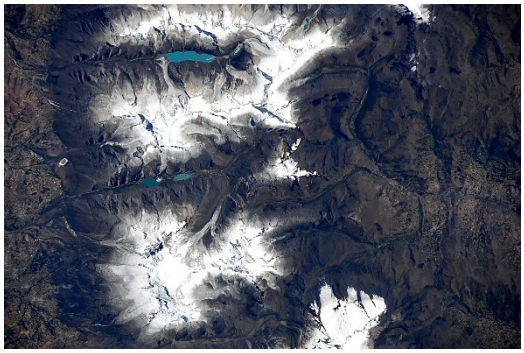

Fig. 2 Cordillera Blanca

El Parque Nacional Huascarán (Fig. 3), considerado uno de los más valiosos de la Cordillera fue creado en 1975 por el Estado peruano y hoy en día está clasificado en la categoría II de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), como Patrimonio Natural de la Humanidad reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) desde 1985, siendo también Reserva de Biósfera desde 1977 [17].

Fig. 3 Parque Nacional Huascarán

Por otro lado, según [17] los servicios ecosistémicos, así como los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos que el ser humano consigue del adecuado rendimiento de los ecosistemas, están relacionados con la regulación hídrica en cuencas, la captura de carbono, generación de suelos, suministro de recursos genéticos, preservación de la biodiversidad, entre otros.

De tal manera, se resalta y detalla los principales tipos de servicios ecosistémicos de la Cordillera Blanca y su importancia según [18] en su investigación.

- Servicios de Provisión o Abastecimiento
  a. Recurso hídrico

El principal servicio ecosistémico que se provee en la Cordillera Blanca es el agua mediante diferentes factores como los suelos y la vegetación; encargándose estos de que los ecosistemas tengan particulares condiciones para la obtención, abastecimiento y almacenamiento del recurso hídrico. Los musgos son una de las principales especies de flora que actúan como reservorios naturales; y a la par de los bofedales, lagunas y glaciares, se transforman en fuentes tangibles de provisión hídrica para la irrigación. Asimismo, el funcionamiento natural de los bofedales permite el suministro básico de agua para las actividades económicas y sociales del sistema andino, como la agricultura (producción de papa en las partes altas y cultivos tropicales en el fondo del Callejón de Huaylas) y también la ganadería (cría de ganado vacuno, cuyes, llamas, alpacas, etc.) [18].

b. Minería artesanal

Asimismo [18] señala como servicio tradicional de los ríos, que nacen en la Cordillera Blanca, al suministro de material de construcción como arcilla, grava y arena a la minería artesanal. De la misma manera, los glaciares generan acumulación de material morrénico abundante en minerales para la agricultura y para la construcción.

c. Actividad pesquera

En esta zona se practica la pesca y psicultura para la cría de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), estas se producen como complemento en la alimentación de la población y como actividad espontánea por parte de los turistas [18].

d. Provisión de productos bioquímicos

En este factor se encuentran las medicinas naturales y productos farmacéuticos; los habitantes usan ciertas plantas nativas de la zona con fines medicinales, tales como el cullash (*Schinus molle*) para uso laxante y alteraciones respiratorias, la valeriana estrellada (*Phyllactis rígida*) que se utiliza como antiespasmódico, el ancosh (*Senecio canescens*) empleado para aliviar enfermedades bronquiales y la cantuta (*Cantua bexifolia*) empleada como antidiarreico y antiinflamatorio, entre otros [18].

- Servicio de Regulación

a. Regulación del clima

De acuerdo con [19], los servicios ecosistémicos de provisión de agua dulce y regulación del clima dependen de la variabilidad climática, por lo que es fundamental analizar la interacción entre los sistemas naturales y sociales.

Según la investigación de [18] la regulación se obtiene por medio de la captura de CO_2 de la flora de la puna, el que se amontona como parte de la materia orgánica del suelo y como tal, el almacenamiento tiende a regular el calentamiento a escala global. Es por ello, que la Cordillera al igual que las montañas, son áreas sensibles al cambio climático, ya que, se interrelacionan con su biodiversidad, riesgos naturales y fragilidad biofísica, así como con la vulnerabilidad social y los medios de subsistencia humanos, convirtiéndolos en claros indicadores del calentamiento global.

b. Reguladores hídricos

La puna de la Cordillera Blanca actúa como purificador de agua al ser un filtro natural que aporta minerales aumentando su calidad. Además, se relaciona con los suelos de turba y bofedales de la puna, que, al regular el agua, reteniéndola y liberándola lentamente controlan las inundaciones y la erosión, además de recargar acuíferos [18].

c. Regulación de las amenazas naturales

Otro enfoque que resalta [18] en su investigación, es el fenómeno conocido como paralización, el cual hace referencia a su funcionamiento como freno a los impactos de los eventos extremos que ocurren de forma natural; sin embargo, la regularidad con la que se están presentando está incrementando efectos de la alteración del clima. El fenómeno genera una barrera hídrica que frena la escorrentía en la cabecera, evitando fuertes crecidas e inundaciones y regulando por tanto la erosión, produciéndose una regulación de las amenazas naturales, reducción de desastres y catástrofes.

- Servicios Culturales

a. Turismo

El autor [18] destaca que el turismo es considerado un servicio ecosistémico, debido a su prodigiosa belleza paisajística que alberga la cadena de sus glaciares y montañas. Tan solo el sobresaliente Parque Nacional Huascarán obtiene cerca de 200,000 visitantes al año, generando así altos ingresos económicos para el área protegida y para los pobladores locales.

b. Pertenencia e identidad territorial

Los habitantes de la zona experimentan un estado de bienestar, al sentirse identificados y cómodos en su lugar de residencia. Esto hace que el modo de servicio ecosistémico brinde una connotación de pertenencia e identidad territorial como tal, ya que denota el gozo por el paisaje que ven cotidianamente, asimismo el acudir a diferentes lugares de la puna y lagunas glaciares en familia permite recrearse dentro de su tiempo de ocio y disfrute [18].

- Servicio de Soporte

El ciclo de nutrientes describe el movimiento de elementos a través del entorno biótico y abiótico, desempeñando un papel central en la estructuración de los ecosistemas y las redes alimentarias [20]. Asimismo, son importantes en etapas continuas a consecuencia de las temperaturas bajas, vientos fuertes y pequeña presión atmosférica, que identifican a estos ecosistemas. Por otro lado, los microorganismos del suelo actúan como descomponedores, sin embargo, no forman la más alta proporción del conjunto de compuestos nutritivos en el ecosistema, resaltando ser valorado como principal agente transformador y origen fundamental de alimento para las plantas a lo largo de sus ciclos de renovación [18].

B. Impacto de los incendios forestales sobre los suelos crioturbados y la vegetación en la Cordillera Blanca y su influencia del Cambio Climático

Según lo expuesto por [21], la Cordillera Blanca forma parte de la Cordillera de los Andes, la cual posee una amplia diversidad biológica y una gran multitud de hábitats. La mayoría de los ecosistemas andinos, son de gran interés significativo como la puna y la jalca situado por encima de los 3300 m de altitud y el páramo, que varía entre los 3800 y 4000 m. Desafortunadamente, son de los más afectados debido la presión del hielo y factores climáticos; de modo que generan impactos ambientales, principalmente en los suelos crioturbados. Dicho de otra forma, los suelos crioturbados, experimentan alteración de hielo y deshielo, que ocurre habitualmente en la parte alta de los Andes tropicales, provocando así desplazamiento de partículas y modificación de su distribución de las capas del suelo. Ello acompañado de bajas temperaturas, la intensa radiación solar, entre otro tipo de factores climáticos y edáficos generan que la vegetación que se encuentra en estos suelos sea contrapuesta a la encontrada en hábitats aledaños, primordialmente en relación con su estructura, fisiología, ecología y diversidad.

En el estudio de [22] se distinguió el análisis cuantitativo de 3 tipos de comunidades asociadas a suelos crioturbados:

- ✓ Comunidad de suelos crioturbados con

predominancia de *Poa lepidula y Senecio danai*, en esta comunidad se encuentra tipo de especies como *Xenophyllum dactylo-phyllum y Leucheria daucifolia.*

- ✓ Comunidad de suelos crioturbados con predominancia de Xenophyllum *dactylophyllum*, en este grupo se identifica especies como *Stangea rhizanta, Senecio gamolepis, Chaerophyllum andicola, entre otras.*
- ✓ Comunidad de suelos crioturbados con predominancia de Xenophyllum *ciliolatum*.

También en la investigación realizada por [21] respecto a la flora y vegetación que se desarrolla en los suelos crioturbados de los Andes, se hicieron recolectas y toma de datos con el fin de analizar el impacto en la flora y fauna de la Cordillera Blanca, centrándose en las siguientes áreas de estudio:

a) La Punta Olímpica (Fig. 4), nos indica que esta se encuentra a 4900 m considerándose el abra situada a mayor altitud en la Cordillera Blanca, por el trayecto que une el Callejón de Conchucos (Asunción) y Callejón de Huaylas (Carhuaz). Siendo más específicos, el estudio se realizó en la ladera que pertenece al distrito de Chacas, ubicado en la provincia de Asunción, que presenta una altitud entre los 4800 y 4940 m. Presentan características por un gran macizo rocoso, con grandes rocas sueltas, piedras y pequeñas áreas de suelo crioturbado. También resalta la flora muy rala y frecuentemente asociada a vegetación de roquedales, la que asciende hasta los 5000 m, con partes muy húmedas, debido al deshielo, con vegetación semejante a la de oconales [21].

Fig. 4. Localidad de estudio: a) Punta Olímpica

b) El Abra de Cahuish (Fig. 5), esta zona de estudio se ubica entre los 4500 y 4700 m, en la provincia de Recuay, con mayor referencia por un túnel que comunica el Callejón de Huaylas con el de los Conchucos que queda en Huari. En este lugar se halló pequeñas extensiones de suelos crioturbados, insertados con pajonal ralo y algunos arbustos de Loricaria, oconales y vegetación de roquedal, que asciende por lo menos hasta los 4800 m [21].

Fig. 5. Localidad de estudio: b) Abra de Cahuish (Recuay)

c) Antamina (Fig. 6), este lugar de muestreo está situado en la provincia de Huari, en el distrito de San Marcos, en la parte superior de las cumbres cercanas al campamento de la Compañía Minera Antamina S. A. De tal forma que las recolectas botánicas y los transectos de evaluación se ubicaron en lo alto de los 4500 m en laderas rocoso-pedregosas; distribuidos con suelos crioturbados de regular extensión. Donde los suelos están perimetrados por un pajonal disperso. Además, hay vastísimos afloramientos rocosos en la cumbre, donde destaca la presencia de *Ranunculus macropetalus* DC [21].

Fig. 6. Localidad de estudio: c) Antamina (San Marcos – Huari)

d) El Abra Yanashallash (Fig. 7), se encuentra situado entre los distritos de Chiquian y Huallanca, en la provincia de Bolognesi. Las muestras se obtuvieron en las altitudes que oscilan entre los 4600 y los 4900 m, sobre pendientes moderadas y cumbres, que abarcan las mayores superficies de suelos crioturbados, interpuestos con afloramientos rocosos. De manera simultánea, se localizó un pajonal en la parte inferior y se pudo observar plantas aisladas hasta los 4950 m, en los intersticios de las rocas [21].

Fig. 7. Localidades de estudio: d) Abra de Yanashallash (Bolognesi).

C. Modelamiento de incendios forestales a escala regional

El objetivo de [23] es predecir variables relacionadas con quemas forestales, como el número de incendios y las áreas afectadas, utilizando diversas técnicas matemáticas a través de las metodologías y modelos siguientes:

1) Métodos estocásticos: Los métodos estocásticos incluyen una serie de técnicas disponibles para la predicción de variables relacionadas con incendios forestales. Esto incluye al menos todas las ecuaciones de regresión que pueden tener o no un significado físico [23].

En otros términos, este método combina técnicas de optimización y probabilidad para abordar la incertidumbre en el surgimiento de incendios. Se apoya de datos históricos para crear diferentes escenarios posibles, considerando que todos tienen la misma probabilidad de ocurrir. Tiene como fin, mejorar la gestión de recursos, dando prioridad, por ejemplo, a las estaciones de bomberos y luego a las zonas con mayor riesgo, garantizando una respuesta más eficiente frente a los incendios [24].

2) Teleconexiones: Asimismo, conforme a lo señalado por [23] la teleconexión emplea un patrón climático global que estudia anomalías de presión y circulación, que puede emplearse para analizar eventos locales, como los incendios forestales. Utilizan variables climáticas a escala sinóptica, representadas por anomalías de temperatura superficial del mar (SST), como el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) y sus diferentes índices como el Índice de Oscilación del Sur (SOI) o el Índice Oceánico de El Niño (ONI), que se han correlacionado previamente con incendios forestales en Durango, México.

3) Modelos ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average): El modelo ARIMA es un modelo econométrico utilizado para analizar y predecir series de tiempo. Se basa en la descomposición de una serie temporal en tres componentes: tendencia, estacionalidad y error. La tendencia representa la evolución a largo plazo de la serie, la estacionalidad describe patrones que se repiten a lo largo del tiempo y el error es la variación aleatoria no explicada por la tendencia y la estacionalidad [25].

En su estudio [23] señala que, los modelos ARIMA capturan la dependencia entre observaciones en tiempos previos, eliminando un valor medio persistente. Estos incluyen tres componentes; el autorregresivo, el integrado y el promedio móvil. Cuando un componente autorregresivo es suficiente, el modelo se denomina ARIMA (1,0,0), y así sucesivamente. El componente autorregresivo, es la ecuación de regresión de la variable de incendios forestales en t=ti versus la variable en t=t-1. Con frecuencia, un modelo ARIMA de primer o segundo orden es suficiente para predecir la variable de interés. La complicación de este método es que requiere un conjunto de datos bastante amplio para extraer un modelo robusto.

4) Modelos probabilísticos: De acuerdo con lo indicado por [23], las funciones de densidad de probabilidad (pdf) proyectan valores aleatorios de la variable de interés, ajustando funciones de densidad probabilística. Las funciones Frechet, Pareto Truncado y Weibull son considerados los modelos pdf más comúnmente citados que se han ajustado a los datos de incendios forestales. La selección de la pdf que mejor se ajusta a los datos aleatorios utiliza comúnmente las pruebas clásicas de bondad de ajuste, como las pruebas x^2 y Kolmogorov-Smirnov".

D. Estrategias de prevención, mitigación y control de incendios forestales

Según [27] en su investigación aplicada en Esmeraldas, Ecuador, resaltó estrategias de prevención, mitigación, control involucramiento comunitario e investigación y desarrollo, el autor detalla lo siguiente:

1) Prevención

Educación y concienciación: Afirma [27] que la educación y concienciación es una estrategia óptima e integral. Desarrollar campañas de educación pública que den a conocer a las poblaciones las principales causas generadas por los incendios forestales y planes más efectivos para evitarlos, a su vez poner en práctica con talleres, actividades dinámicas, materiales educativos, etc.

Restricciones en áreas vulnerables: Asimismo [27] argumenta que, dentro de los espacios urbanos vulnerables, es ideal determinar áreas de alto riesgo e implementar restricciones en actividades que sean expuestas a provocar incendios, como las fogatas, fumar en áreas boscosas, quemas agrícolas sin supervisión o control, etc.

Vigilancia y denuncia: Implementar sistemas de vigilancia, como torres de observación y cámaras de detección temprana, para detectar incendios en etapas tempranas y fomentar la denuncia de comportamientos negligentes o actividades sospechosas que puedan provocar incendios [27].

La referencia [28], entre sus estrategias, diseñan campañas de intervención social orientadas a la prevención de incendios. Estas son pensadas en dos etapas, la primera consiste en crear conciencia en la población sobre un asunto específico y la segunda, en aprovechar esa conciencia para lograr un cambio de hábito o comportamiento en la población.

2) Mitigación

Gestión forestal sostenible: Adoptar prácticas de gestión forestal que reduzcan la acumulación de biomasa inflamable, como la limpieza regular de la vegetación muerta, la creación de cortafuegos y la implementación de técnicas de silvicultura adecuadas [27].

Zonificación adecuada: Definir límites entre las áreas urbanas y rurales para disminuir la conexión entre zonas habitadas y bosques, lo que permitiría que el riesgo de propagación del fuego sea menor hacia las zonas habitadas [27].

3) Control

Coordinación interinstitucional: Determinar un esquema de coordinación que abarque a agencias gubernamentales, cuerpos de bomberos, organizaciones no gubernamentales y otras partes interesadas para avalar una solución efectiva y colaborativa en caso de incendios [27].

Tecnología avanzada: Emplear herramientas tecnológicas como, drones equipados con cámara, sensores para monitorear la extensión del fuego, sistema de pronóstico de incendios, imágenes satelitales, entre otros [27].

4) Involucramiento comunitario

Planificación de emergencia: Fomentar la creación de planes de evacuación y respuesta en caso de incendios forestales a

nivel comunitario, involucrando a residentes, líderes locales y autoridades pertinentes [27].

Voluntariado y apoyo local: Generar programas de voluntariado centrados en la prevención y control de incendios con actividades variadas como el mantenimiento de cortafuegos, apoyo en situaciones de emergencia y patrullaje vecinal [27].

5) Investigación y desarrollo:

Investigación científica: Invertir en investigaciones que aborden las causas fundamentales de los incendios forestales, la ecología del fuego y las mejores estrategias de manejo en diferentes tipos de ecosistemas [27].

Desarrollo tecnológico: Fomentar la innovación en tecnología asociada con la prevención y control de incendios, como sistemas de alerta preventiva más avanzados, materiales ignífugos y equipos de combate mejorados [27].

IV. Discusión

De acuerdo con la referencia [1] los incendios forestales, afectan considerablemente los ecosistemas, dependiendo del tipo, frecuencia y severidad con que se presenten estos eventos, los cuales son originados principalmente por actividades humanas o fenómenos naturales. Concordando con [13] que señala en su estudio que la intensidad de los incendios forestales ha generado disminución de la vegetación y aumento de combustión del carbono orgánico de la superficie, dando lugar a mayores emisiones de CO_2 por unidad de área quemada y, por lo tanto, tienen un mayor efecto biogeoquímico en el calentamiento climático, generando un impacto ambiental negativo como producto de los incendios forestales en el Cordillera Blanca.

Los estudios de [21] y [22] evidencian cómo los suelos crioturbados y las condiciones de la Cordillera Blanca afectan la vegetación de los diferentes ecosistemas de montaña; [21] en su estudio en la localidad La Punta Olímpica, estudia cómo los factores climáticos, así como las condiciones extremas de temperatura alta limitan el crecimiento de las plantas. A lo que se le suma también el factor antrópico, ya que los incendios forestales empeoran la situación, acelerando la degradación de suelos y reduciendo la materia orgánica, lo que dificulta la recuperación natural; de este modo, es probable que se genere afectación de los ecosistemas de la Cordillera Blanca.

Se evidencia el uso de diferentes métodos, como los estocásticos para comprender y predecir los incendios forestales de manera eficiente, sin embargo, estos alteran demasiado la realidad. También, el método de las teleconexiones que facilitan la relación de los fenómenos globales como el "El Niño" con eventos locales; y finalmente el modelo ARIMA y el modelo probabilístico que brindan exactitud, pero requieren mayor cantidad de datos representativos [23].

A pesar de que se presenten diversas estrategias para manejar los incendios forestales, en base a la educación, tecnología o buena gestión, como indican los autores [27], también es crucial ver que tan efectivas pueden ser en diferentes contextos; por ejemplo, en la Cordillera Blanca, se debe tener en cuenta como se manejarán los procesos para involucrar a las comunidades y su participación, por ende, el enfoque resalta la importancia de realizar una mejor gestión de incendios adaptándose a las particularidades de la zona.

V. Conclusiones y Recomendaciones

Se concluye que el análisis del impacto ambiental de los incendios forestales en la Cordillera Blanca revela grandes consecuencias en los ecosistemas de alta montaña, principalmente la degradación del suelo, emisión de GEI, retroceso de los glaciares y pérdida de la biodiversidad. Por ello, es fundamental considerar estrategias de prevención, mitigación, control, involucramiento comunitario e investigación los cuales permitirán detectar los incendios de manera temprana y coordinar mejores respuestas ante estos eventos.

Asimismo, la alta incidencia de 209 incendios forestales en la región Ancash en los últimos años refleja la falta de conocimiento de una adecuada gestión de prácticas agrícolas y quemas controladas, poniendo en riesgo tanto a los ecosistemas como la seguridad de las comunidades [9]. Lamentablemente, la falta de estrategias de prevención, mitigación, control, involucramiento comunitario e investigación y desarrollo, generan mayor riesgo y vulnerabilidad en la población [27].

Los suelos crioturbados, se caracterizan por su alta sensibilidad a la variación del clima y perturbaciones, por esta razón son afectados por los incendios forestales, incrementando su pérdida de nutrientes, compactación del suelo y erosión, dificultando la regeneración natural y perjudicando los ecosistemas altoandinos [21]. Se observó que no hay estudios publicados relacionados con la capacidad de adaptación que tienen estos suelos en el área de la Cordillera Blanca, por ende, se debe promover más investigaciones específicas de un mejor manejo de estrategias que incluyan prácticas de conservación del suelo y restauración de flora nativa adaptada a esas condiciones.

Los modelos empleados para estudiar incendios forestales a escala regional como el ARIMA y el análisis de teleconexiones han permitido predecir áreas de mayor riesgo y comportamiento de los incendios, sin embargo, requieren una gran cantidad de datos confiables y precisos [23]. No existen datos registrados de la zona de estudio, por tal motivo, es necesario la creación de base de datos robustas y actualizadas, además se recomienda incorporar datos climáticos, históricos y locales para la optimización de los modelos predictivos.

Los servicios ecosistémicos que provee la Cordillera Blanca, tales como la regulación hídrica en cuencas, la captura de carbono, generación de suelos, suministro de recursos genéticos, preservación de la biodiversidad, etc. [17] son esenciales para garantizar el equilibrio del ecosistema y así

reducir la frecuencia de incendios forestales en la zona de estudio.

Finalmente, las estrategias de mitigación y adaptación para enfrentar incendios forestales deben ir de la mano con el involucramiento de las comunidades locales, participación y coordinaciones con instituciones no gubernamentales como ONGs, para poner en práctica la vigilancia activa, gestión forestal sostenible e impulsar la educación comunitaria [27]. Ello sumado al fortalecimiento de redes de cooperación gubernamental, brigadas capacitadas y voluntarios, teniendo un enfoque integrado que combine el conocimiento tradicional con herramientas y tecnologías modernas, con el fin de una respuesta más efectiva y sostenible para el entorno natural [28].

REFERENCES

[1] G. Alva-Álvarez, H. Hernández, Á. Palacio-Aponte, D. Núñez-López, & C. Muñoz-Robles, "Cambios en el paisaje ocasionados por incendios forestales en la región de madera, chihuahua", Madera Y Bosques, vol. 24, no. 3, 2018. https://doi.org/10.21829/myb.2018.2431697

[2] Cueva Toalombo, J. R. (2021). *Valoración económica, social y ambiental de incendios forestales* (Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Administrativas, Maestría en Administración de Empresas). https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.142

[3] D. Vargas-Sanabria and C. Campos-Vargas, "Modelo de vulnerabilidad ante incendios forestales para el área de conservación guanacaste, costa rica", UNED Research Journal, vol. 10, no. 2, p. 435-446, 2018. https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2173

[4] Cristensen Álvarez, F. F. (2022). *Análisis de CO2EQ liberado en los incendios forestales*. Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184678

[5] Francos, M., Bogunovic, I., & Pereira, P. (2023). Impacto de los incendios forestales en la regulación de las inundaciones y la depuración del agua. Pirineos, 178, 004. https://doi.org/10.3989/pirineos.2023.178006

[6] J. Velasco, I. Ramírez, B. Arce, J. Hernández, & B. Romero, "El uso de los sistemas de información geográficas para el análisis e interpretación de anomalías térmicas de la región costa-sierra occidental de jalisco, méxico", Anales De Geografía De La Universidad Complutense, vol. 40, no. 2, p. 283-298, 2020. https://doi.org/10.5209/aguc.72975

[7] E. Patiño, J. Cáceres, V. Espinoza, & H. Sevilla, "Aplicación de tecnologías de la información geográfica para estimación de áreas afectadas por incendios forestales", ConcienciaDigital, vol. 4, no. 2.2, p. 58-69, 2021. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i2.2.1739

[8] León Ortiz, P. (2021). *Influencia del calentamiento global en los ecosistemas terrestres del Perú*. http://hdl.handle.net/20.500.14074/4036

[9] J. A. Samamé Saavedra, "Los incendios forestales y su repercusión en el ecosistema peruano," *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. IV, no. 2, pp. 273, abril 2023. https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.610

[10] Sevillano-Rios, C. S., Huamán, D., Mendoza, J., Torres, G., Minaya, B., Lezama, Y., & Martinez, W. (2021). *Two decades of active fire data in Huascaran Biosphere Reserve (Peru): Patterns and future challenges to prevent wildfires. Research Square.* https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-526686/v1

[11] W. Barquero Morales, "Análisis PRISMA como metodología para revisión sistemática: una aproximación general," *Revista Saúde em Redes*, vol. 8, Supl. 1, pp. 339-360, 2022. DOI: 10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360

[12] V. Luna Celino y A. L. Araujo Raurau, "Hacia un nuevo paradigma en el manejo de la quema agrícola en el Perú," *La Revista Agraria*, vol. 208, 2024 https://www.researchgate.net/publication/387437601_Hacia_un_nuevo_paradigma_en_el_manejo_de_la_quema_agricola_en_el_Peru

[13] Zhao, J., Yue, C., Jiaming, R., Hantson, E., Li, R. X., É, B., Li, G., Wang, L., & Luyssaert, S. (2024). El tamaño de los incendios forestales amplifica el calentamiento de la superficie terrestre posterior al incendio. *Nature, 633*, 828–834. https://doi.org/10.1038/s41586-024-07918-8

[14] T. C. dos Santos, A. dos S. Teixeira, L. C. J. Moreira, and R. S. Toma, "Effect of indices on desertification risk: spatial and hierarchical approach using multinomial logistic regression," *Rev. Ciência Agronômica*, vol. 56, e202292588, 2025. ISSN 1806-6690. Available: https://www.scielo.br/j/rca/a/wsr8bjYwvrzMQjwHwpskTQh/?lang=en

[15] E. Walker and V. Venturini, "Mejorar la estimación de la evapotranspiración mediante el acoplamiento de la humedad del suelo y las variables atmosféricas en relación con la parametrización de la evapotranspiración," *Revista de Televisión*, vol. 63, pp. 65-77, 2024. Disponible: https://doi.org/10.4995/raet.2024.20158.

[16] B. L. Willems, J. Gómez López, B. Fuentealba Durand, S. Madrigal Martínez, V. Bustinza Urviola, C. Yarleque Galvez, S. A. Wegner, "Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña," *Rev. Glaciares Ecosist. Mont.*, no. 7, pp. 4-88, abril 2022. http://hdl.handle.net/20.500.12748/531

[17] Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña, vol. 2, no. 3, pp. 1-24, diciembre 2017. Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), Huaraz, Ancash. https://repositorio.inaigem.gob.pe/server/api/core/bitstreams/85debcbf-342c-47ed-ac13-ea77e3469296/content

[18] P. D. Boyano Sotillo, *Servicios ecosistémicos de la criósfera y los páramos de la Cordillera Blanca, Perú*, Estudios y Diagnósticos, SIAR Ancash, Huaraz, Perú, 09 de agosto de 2017. [En línea]. Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/documentos/servicios-ecosistemicos-criosfera-paramos-cordillera-blanca-peru.

[19] J. T. Vannatta y D. J. Minchella, "Parasites and Their Impact on Ecosystem Nutrient Cycling," Trends in Parasitology, vol. 34, no. 6, pp. 452–455, Jun. 2018. doi: 10.1016/j.pt.2018.02.007. https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.02.007

[20] J. J. Garcés-Gálvez, A. Geraldi, and M. Medina Tapia, "Explorando la variabilidad climática en la cuenca del río Mataquito de la región del Maule, Chile: un enfoque de análisis espectral," *Interciencia*, vol. 49, no. 5, pp. 300-304, May 2024. https://www.proquest.com/scholarly-journals/exploring-climate-variability-mataquito-river/docview/3083244992/se-2?accountid=36937

[21] A. Cano, W. Mendoza, S. Castillo, M. Morales, M. I. La Torre, H. Aponte, A. Delgado, N. Valencia, y N. Vega, "Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en la Cordillera Blanca, Ancash, Perú," Rev. peru. Biol, vol. 17, no. 1, pp. 95-103, abril 2010. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332010000100011&script=sci_abstract

[22] A. Cano, A. Delgado, W. Mendoza, H. Trinidad, P. Gonzáles, M. I. La Torre, M. Chanco, H. Aponte, J. Roque, N. Valencia, and E. Navarro, "Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho - Huancavelica (Perú)," *Rev. Peru. Biol.*, vol. 18, no. 2, pp. 169-178, Aug. 2011. Doi: 10.15381/rpb.v18i2.224

[23] J. de J. Graciano-Luna, F. de J. Rodríguez-Flores, S. Corral Rivas, and J. Návar, "Modeling forest wildfires at regional scales," *Geofísica Internacional*, vol. 62, no. 3, pp. 563–579, 2023. https://doaj.org/article/09c481c18d734663a1a80530430fccd0

[24] B. A. Rivera-Aguilar, R. Z. Ríos-Mercado y M. A. González-Tagle, "Un procedimiento de asignación de recursos para un problema estocástico de incendios forestales," *Actas del VII Congreso de Ingeniería Industrial y de Sistemas*, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, 31 de agosto-2 de septiembre, 2011. ISBN 000-000-000-000-0. http://yalma.fime.uanl.mx/~roger/work/Papers/proc/proc-fime-2011d.pdf

[25] S. Tomas, O. Saavedra, e I. Espinoza, "Predicción del ciclo solar 25 mediante modelos ARIMA y redes neuronales LSTM," *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 47, no. 183, pp. 400–411, Apr. –Jun. 2023, doi: https://doi.org/10.18257/raccefyn.1849.

[26] A. Carrasquilla-Batista, A. Chacón-Rodríguez, K. Núñez-Montero, O. Gómez-Espinoza, J. Valverde, and M. Guerrero-Barrantes, "Regresión

lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal," *Tecnología en Marcha*, vol. 29, suppl. 5, Cartago, Costa Rica, Dec. 2016. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983

[27] Paredes, "Propuesta para la prevención, mitigación y control de incendios forestales," *Revista Social Fronteriza*, vol. 10, no. 18, pp. 183-312, 2021.Disponible en: https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/183/312

[28] J. Lobba Araujo, "Responsabilidades frente al riesgo de incendios de interfase y su prevención en la Comarca Andina del Paralelo 42, Patagonia Argentina," *Boletín de estudios geográficos*, vol. 119, no. 119, versión en línea, ISSN 2525-1813, Mendoza, Argentina, ago. 2023. [En línea]. Disponible: https://dx.doi.org/10.48162/rev.40.028.