

EL ANTONIANO. 2020; 135: 68- 113

Recepción: 20-12-2019

Aprobación: 07-06-2020

INCENDIOS FORESTALES: causas e impactos

Gil Mora; Juan Eduardo

mundoandino2005@yahoo.es

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3191-9197>

RESUMEN

El incendio forestal, es producido por descuidos humanos, en algunos casos intencionados, así como en forma ocasional por causas naturales y culturales. El fuego puede recorrer extensas superficies produciendo graves daños a la vegetación, fauna y al suelo; causando importantes pérdidas ecológicas, económicas y sociales. Un incendio forestal es descrito como el fuego no deseado de cualquier origen, que se propaga sin control en los recursos forestales causando daños ecológicos, económicos y sociales. La información sobre variables meteorológicas, referidos a temperatura, humedad relativa y precipitación, se ha obtenido de las estaciones meteorológicas administradas por el SENAMHI en la Región Cusco. Para el análisis en la incidencia, se utilizó la información sobre incendios del INDECI; se utilizó el método de las evidencias físicas para reconstruir la evolución de un incendio forestal y clasificar la causa que lo provocó. Para el muestreo de suelos y el análisis se utilizaron los procedimientos estipulados por MINAM. Finalmente, se utilizó el modelo predictivo de incendios sobre la cobertura vegetal considerando la interacción entre los factores físicos y climáticos. Se reporta que más del 80% de las causas que provocan los incendios, son debidas a actividades agrícolas y pecuarias; se identifica causas que generan los incendios forestales como las estructurales, inmediatas, factores condicionantes territoriales, climáticas y, como impactos en la salud, el clima, la biodiversidad, el suelo y, se enuncian recomendaciones como la detección temprana de áreas de riesgo, construcción de franjas rompe fuego, reservorios y políticas públicas.

Palabras clave. Biodiversidad, fuego, irradiación, material particulado, pirófito.

ABSTRACT

Forest fire is produced by human carelessness, in some cases intentional, as well as occasionally by natural and cultural causes. Fire can travel over large areas causing serious damage to vegetation, fauna and the soil; causing significant ecological, economic and social losses. A forest fire is described as an unwanted fire of any origin, which spreads uncontrollably in forest resources causing ecological, economic and social damage. The information on meteorological variables, referring to temperature, relative humidity and precipitation, has been obtained from the meteorological stations administered by SENAMHI in the Cusco Region. For the analysis of the incidence, the information on fires from INDECI was used; The method of physical evidence was used to reconstruct the evolution of a forest fire and classify the cause that caused it. For soil sampling and analysis, the procedures stipulated by MINAM were used. Finally, the predictive model of fires on the vegetation cover was used considering the interaction between physical and climatic factors. It is reported that more than 80% of the causes that generate fires are due to agricultural and livestock activities; causes that generate forest fires are identified such as structural, immediate, territorial and climatic conditioning factors and, as impacts on health, climate, biodiversity, soil, and recommendations are made such as early detection of risk areas, construction of fringes breaks fire, reservoirs and public policies.

Key words. Biodiversity, fire, irradiation, particulate matter, pyrophyte.

INTRODUCCIÓN

El fuego está asociado a la evolución de la especie humana, ha sido empleado desde tiempos prehistóricos en las actividades agrícolas y la formación de paisajes culturales (Mouillot y Field, 2005; Goldammer et ál., 2013; Bowman et ál., 2014). Se emplea también en actividades de agricultura y ganadería extensiva; se ha introducido para la

conversión y el manejo de áreas productivas en áreas de sabanas, o en los bosques tropicales densos, como la Amazonia (Fearnside, 1990; Barlow y Pérez, 2008; Nolasco y Sanhueza, 2011; Pivello, 2011; Cochrane, 2013; Aragão et ál., 2018). Actualmente, el uso del fuego permanece también integrado en las prácticas ancestrales de culturas y

forma parte de las prácticas tradicionales de subsistencia, como agricultura y caza.

De conformidad al MINAM, SERNANP, 2005, además de la interacción entre una fuente de ignición y la vegetación que conforma el paisaje, otros aspectos, como las variables meteorológicas y la naturaleza del combustible tienen influencia en el inicio y en la afección causada por los fuegos. Las variables meteorológicas con mayor implicación en el desarrollo de un incendio son la temperatura, la velocidad y la dirección del viento, la humedad relativa y la estabilidad atmosférica. El aumento de las temperaturas en la estación cálida implica una menor humedad relativa del aire, actuando estos dos factores sobre el estado de hidratación de los combustibles secos, favoreciendo por tanto su inflamabilidad. Por su parte, la velocidad del viento interviene decisivamente en la velocidad de propagación del frente de llamas, siendo las situaciones de mayor peligro aquellas que vienen acompañadas de vientos fuertes y secos. La estabilidad de los niveles bajos de la atmósfera es determinante para que el viento local favorezca a que el incendio sea más o menos intenso. Las situaciones de inestabilidad atmosférica favorecen el

movimiento vertical del aire caliente, facilitando el movimiento lateral del aire hacia el frente de llamas. Por el contrario, en condiciones de estabilidad los incendios son relativamente menos peligrosos.

En relación al combustible, cabe considerar la composición química de los vegetales presentes, que determina su contenido energético e inflamabilidad, el contenido en humedad de los combustibles vivos y el contenido en agua de los combustibles secos (MINAM-SERNANP, 2005).

Bowman et al. 2009 y Aravena et al, 2006, sostienen que la cobertura vegetal, rica en carbono, climas secos estacionales, el oxígeno atmosférico y las igniciones de relámpagos y de origen volcánico, hacen que un ecosistema sea intrínsecamente inflamable. En décadas recientes la amenaza más notoria ha sido la extracción intensiva de madera y leña en los bosques nativos y su sustitución por especies introducidas pirofíticas y de rápido crecimiento, como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, en la Patagonia chilena (Díaz et ál., 2018; Gómez-González et ál., 2019) y por coníferas de América del Norte, como *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii*, en la Patagonia

argentina (MAGyP, 2014). El resultado es que los bosques nativos aislados y fragmentados están rodeados de grandes parches de plantaciones de especies exóticas, lo que aumenta la cantidad y continuidad de material combustible, en consecuencia, crece la susceptibilidad del bosque a fuegos de rápida propagación y severidad, convirtiéndose en fuegos de superficie y de corona o copa de los árboles, (Veblen et ál., 2008; Díaz et ál., 2018).

INDECI (2006) define a los incendios forestales como la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación, en los bosques, selvas y zonas áridas o semiáridas. ICONA (1982) define al incendio forestal como el fuego que se extiende sin control sobre un terreno forestal afectando a vegetación que no está destinada a arder.

El incendio forestal, generalmente, es producido por descuidos humanos, en algunos casos intencionados, así como en forma ocasional, producida por un relámpago. Si encuentra condiciones apropiadas para su expansión, puede recorrer extensas superficies produciendo graves daños a la vegetación, fauna y al suelo; causando importantes pérdidas ecológicas,

económicas y sociales, dado los múltiples beneficios, tanto directos como indirectos, que los montes prestan a la sociedad (INDECI, 2006).

Un incendio forestal es descrito como el fuego no deseado de cualquier origen, que no es estructural, que se propaga sin control en los recursos forestales causando daños ecológicos, económicos y sociales. Este fuego es la reacción rápida producto de la unión del oxígeno del aire, la cobertura vegetal como combustible y una fuente de calor, a estos elementos se le denomina triángulo del fuego; que se manifiesta en forma de llamas y humo (SERFOR, 2018; SERNANP, 2016).

En Perú también existe una cultura generalizada de uso del fuego por las comunidades en actividades asociadas a la preparación de los terrenos agrícolas o a la ampliación de áreas con fines productivos (IDEAM, 2018; Gil, 2000). Se estima que el 95% de los incendios en Colombia son de origen antrópico durante el desarrollo de actividades turísticas, prácticas agrícolas e incluso “provocados” (Jiménez et ál., 2016). Las quemadas agrícolas que escapan al control afectan especialmente a los bosques nativos y plantados, así como a los páramos y sabanas. En muy pocos casos

se deben a agentes causales de orden natural, como las tormentas eléctricas secas, lo cual ha sido documentado solo en las sabanas de la Orinoquia y el piedemonte amazónico de Colombia, regiones en las que se reporta la presencia de especies vegetales con claras adaptaciones al fuego.

De conformidad a INDECI (2016), en el Perú se estima que la ocurrencia de la mayoría de incendios forestales es de origen antrópico, ya que una de las causas principales está relacionada con actividades de habilitación de chacras de cultivo y quema de pastos. Estos incendios forestales en el periodo de análisis han afectado 93 365,80 hectáreas y destruido 94 239,90 hectáreas con cobertura vegetal; en total han sido afectadas 187 805,40 hectáreas de cultivo, tal como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 1. Ocurrencias de incendios forestales. 2012-2016.

De acuerdo con la estadística, en el periodo 2012-2016 se produjeron 587 incendios forestales, siendo el departamento de Cusco el que reportó el mayor número de incendios forestales, con 130 eventos; seguido por los departamentos de Puno y Apurímac, tal

como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 1. Incendios forestales reportados por departamento. 2012-2016.

Manta 2018, alcanza información estadística referido a la ocurrencia de incendios en los andes, incluye la siguiente tabla.

Tabla 2. Distribución espacial de incendios forestales en los andes peruanos. Periodo 1973-2014.

Manta, señala que, los incendios forestales se distribuyen espacialmente en todos los departamentos estudiados en el período 1973-2014. Los incendios forestales ocurrieron en todas las provincias de los departamentos de Cusco y Apurímac; en 10 departamentos, se han producido incendios forestales en más del 50% de sus provincias. A nivel de distrito, en los departamentos de Cusco, Apurímac y Puno en 63% (68), 63.3% (50) y 26% (28) de sus distritos respectivamente, se han producido incendios forestales; mientras que, en 13 departamentos, del 20% al 2,3% de sus distritos han tenido incendios forestales. La amplia distribución espacial de los incendios forestales podría deberse al hecho de que la principal causa de los incendios forestales es la actividad

ganadera (60%), seguida de la agricultura (30%) y la minería.

Figura 2. Mapa de riesgo de fuego en los andes peruanos.

Según el mapa de peligro de incendio, el 56,2% (9) de los departamentos estudiados tienen indicadores que implican valores muy alto, alto y medio. Estos departamentos deberían ser de interés para la implementación de estrategias a fin de reducir los riesgos de incendio.

De conformidad a los reportes de SERFOR (Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales Periodo 2019-2022), manifiesta que en el periodo 2012-2016 se produjeron 587 incendios forestales, siendo el departamento de Cusco el que reportó el mayor número de incendios forestales, con 130 eventos; seguido por los departamentos de Puno y Apurímac, tal como se puede observar en la figura 1.

Diversas actividades del hombre están vinculadas al uso del fuego, como la agricultura de tala y quema, la obtención de nuevos pastos, la quema de residuos poscosecha; en realidad, desde que el

hombre se halla sobre la tierra, ha utilizado el fuego para alterar su entorno, empleándolo en la agricultura, ganadería o en actividades forestales, acciones que, si no se controlan, se produce el incendio y cuando éste pasa al matorral, bosque o pastos, se produce el Incendio Forestal.

El fuego no se produce si no hay material combustible para quemar y, la facilidad que se genere, depende de las características que tenga el combustible como, el contenido de humedad, el volumen y la superficie ocupada; en el Perú y sólo durante el 2020, más de 3 000 familias campesinas y nativas fueron afectadas por incendios y anualmente, son más de 50 000 ha las arrasadas por el fuego.

Los incendios forestales destruyen enormes extensiones de vegetación y pasturas, siendo una de las principales causas de los procesos de fragmentación de hábitats y ecosistemas, lo que favorece la deforestación, erosión y desertificación. La quema de la vegetación es una importante fuente de contaminación del aire con diferentes consecuencias en el clima y en el aire a escala local, regional y global. Las quemas en nuestra Región están relacionadas principalmente a las actividades agrícolas.

Figura 3. El fuego se produce debido al material altamente combustible en un escenario con temperaturas altas.

En base a trabajos de campo durante varios años y diálogo con gente afectada, concluimos que hay impactos ambientales y socioeconómicos negativos que justifican la presupresión (actividades que se realizan antes de la temporada de incendios, para asegurar una efectiva supresión de los siniestros forestales, ITTO, 2006), prevención, detección y combate de incendios descontrolados y el manejo de fuego.

Figuras 4 y 5. Los bosques montanos por ser residuales y el matorral espinoso por ser altamente combustible, deben merecer especial atención en la prevención.

De conformidad a los trabajos de CENEPRED (2020), Cusco presenta escenarios de riesgo por incendios forestales tipificados como de muy alto riesgo.

Figura 6. Escenarios de riesgo por incendios forestales para Cusco.

Figura 7. Incendios registrados por años en la región Cusco.

Así mismo, se identificó para la Región, que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de julio a octubre. Este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta, 2017; Manta & León, 2004)

Figura 8. Ocurrencia de incendios forestales por provincia en la región Cusco.

Métodos

La información sobre las variables meteorológicas, básicamente referido a temperatura, humedad relativa y precipitación, se han obtenido de las estaciones meteorológicas administradas por el SENAMHI en la Región Cusco.

Para el análisis en la incidencia de los incendios, su duración acumulada, número de incendios simultáneos, el tamaño de las distintas áreas quemadas, se utilizó la información sobre incendios de la Estadística General de Incendios Forestales, proporcionada por INDECI; asimismo, se ha evaluado la asociación de la contaminación atmosférica por partículas (PM_{10} y $PM_{2,5}$) y su relación con los indicadores de incendio.

De otro lado, se ha utilizado el método de las evidencias físicas (FAO, 2007; ITTO, 2015; Benson, et al, 2009; Lau,

2017.); esta técnica de investigación permite reconstruir la evolución de un incendio forestal, a través del estudio del comportamiento del fuego, hasta determinar su punto de origen y una vez en él, clasificar la causa que lo provocó. De esta manera se podrá desterrar definitivamente la mitología popular, que tradicionalmente ha relacionado el origen de los incendios forestales con diversas motivaciones, lo que, además de desorientar a la opinión pública, ha privado de base a muchas de las acciones preventivas emprendidas, haciéndolas ineficaces.

Para el muestreo de suelos y el análisis correspondiente se utilizaron los procedimientos estipulados por el MINAM (2013, 2014).

Finalmente, se utilizó el modelo predictivo de incendios sobre la cobertura vegetal que, implica desarrollar una metodología que considere la interacción entre los factores físicos y climáticos (Dryry y Veblen, 2008), con una perspectiva geoespacial, considerando las variables meteorológicas y de combustible que ayudan a explicar el comportamiento de los incendios (Leathwick y Briggs, 2001), sumado los factores de carácter socioeconómico (uso del suelo); en ese

sentido, se han identificado y analizado variables que vienen a ser el insumo para el modelo predictivo, basado en la identificación de variables que definen las características locales que son inherentes a un incendio. El modelo predictivo debe responder a cualquier realidad del territorio nacional o regional; motivo por el cual debe priorizarse variables que tengan información para todo un escenario analizado, siendo así, se ha considerado trabajar con información meteorológica vinculada a precipitación, temperatura, viento, humedad relativa, con variables físicas como la pendiente, tipo de combustible, la cobertura vegetal y la biomasa.

Por lo expuesto, las variables que intervienen en el sistema predictivo de incendios forestales son las siguientes:

- a) Temperatura, es una variable básica del clima, esta puede variar temporalmente en un mismo lugar, esto implica escalas de tiempo, siendo en períodos estacionales, diarios y horas, así mismo puede variar espacialmente. Existe un factor principal que produce cambios de la temperatura del aire como la variación en el ángulo de

incidencia de los rayos solares, y esta está en función de la latitud. Se tiene también al calentamiento diferencial de tierras y aguas, la altura sobre el nivel del mar, la posición geográfica y la cobertura nubosa.

- b) Cobertura Vegetal, es la vegetación natural que cubre una determinada superficie, en ella está comprendida una amplia gama de biomasa con características fisionómicas, fisiográficas, climáticas y geográficas diferentes.
- c) Viento, es la corriente de aire que se desplaza en sentido horizontal como vertical, sus causas se deben a la diferencia de temperatura existente, debido al desigual calentamiento en las diversas zonas de la tierra y de la atmósfera, las masas de aire caliente tienden a ascender mientras que el espacio que queda vacío es ocupado por un aire frío, más denso. Su dirección depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos, desplazándose de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (depresiones). Su fuerza

será mayor cuanto mayor sea su gradiente de presiones. Generalmente el viento se ve alterado por el relieve. El viento está definido por dos parámetros; la dirección en el plano horizontal y la velocidad. De acuerdo al sistema internacional la unidad de medida del viento es m/s.

- d) Precipitación, es toda agua en forma líquida (lluvia, llovizna) o sólida (nieve, granizo) que se precipita y cae en la superficie de la tierra, generalmente son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión; esto quiere decir que se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico para la formación de la precipitación, siendo la saturación una condición esencial para desbloquear la condensación. Existen tres tipos de precipitación, siendo la precipitación convectiva, orográfica y frontal. La convectiva *“Resulta de una subida rápida de las masas del aire en la atmósfera. Se asocian a los cúmulos y cumulonimbos, desarrollo vertical significativo, y son generados así por el*

proceso de Bergeron. La precipitación que resulta de este proceso es generalmente tempestuosa, de corta duración (menos de una hora), de intensidad fuerte y de poca extensión espacial” (IDEAM, 2018). La precipitación Orográfica “se relaciona con la presencia de una barrera topográfica. La característica de la precipitación orográfica depende de la altitud, de la pendiente y de su orientación, pero también de la distancia que separa el origen de la masa del aire caliente del lugar del levantamiento. En general, presentan una intensidad y una frecuencia regular” (Sarmiento y Frolich, 2002) y la precipitación frontal “Se asocia a las superficies de contacto entre la temperatura de la masa de aire, el gradiente térmico vertical, la humedad y de los diversos índices del recorrido, que uno nombra frentes. Los frentes fríos crean precipitaciones cortas e intensas. Los frentes calientes generan precipitaciones de larga duración, pero no muy intensos” (Jolly et al, 2015).

- e) Pendiente, es el grado de inclinación del terreno y se define como el ángulo formado por dos lados, siendo la forma normal de expresar la medición de un ángulo utilizando el sistema sexagesimal (grados, minutos y segundos). Por lo general los terrenos agrícolas no superan los 45° por razones agronómicas, de conservación y manejo de suelos, pero se da el caso que para la región natural sierra este límite se ve superado con relativa frecuencia, hasta niveles de los 50° o más. Es necesario precisar que la pendiente, es un parámetro que influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor, no permitiendo la infiltración del agua a través del perfil. La pendiente del lugar de desarrollo del incendio también afecta a la velocidad y dirección de propagación. El fuego se propaga más rápidamente a favor de la pendiente.
- f) Humedad relativa, se refiere a la cantidad de vapor de agua

presente en el aire. Para una temperatura específica, la cantidad de humedad que puede contener una porción de aire tiene un límite definido que es conocido bajo el nombre de punto de saturación. Para una determinada temperatura, la proporción de vapor de agua relacionada con la máxima cantidad que pueda contener una porción de aire, es lo que llamamos humedad relativa, y se expresa en tanto por ciento (Stralher et al., 1989). Para el aire saturado, la humedad relativa es del 100%. Un cambio en la humedad relativa de la atmósfera se puede atribuir a dos posibles causas. Si está expuesta a una superficie acuática, la humedad puede incrementarse por evaporación. Este proceso es lento, pues requiere que el vapor de agua se difunda hacia las capas altas de la atmósfera. La segunda forma es a través de un cambio de temperatura. Cuando no existe adición de vapor de agua, un descenso de temperatura puede incrementar la humedad relativa. Este cambio es automático pues la capacidad del

aire para contener agua en estado gaseoso disminuye con el enfriamiento (Stralher et al., 1989).

- g) Carga, está referida a la cantidad y tipo de combustible inflamable que rodea un incendio y es medido cuantitativa y cualitativamente a fin de determinar el comportamiento de su propagación; es decir, este factor hará que el fuego no se propague y se extinga rápidamente o, por el contrario, hará que el fuego crezca y el incendio se propague rápidamente. Este factor, se caracteriza con el uso de las siguientes variables: Biomasa, expresa la cantidad de combustible disponible por unidad de área. Se entiende que cuanto más carga, el fuego se propagará más rápido y con mayor intensidad. Cobertura vegetal, expresa el tipo y tamaño de combustible y su relación de cómo influye en la forma de propagación, obtenida a partir del mapa de cobertura vegetal. Se entiende que, si se tiene un combustible pequeño, éste es más fácil de precalentar y de

quemar que un material grande el cual tarda más tiempo en ambos procesos. Esto se debe a la relación entre la superficie total del material y su volumen. Cuanta mayor superficie con respecto al volumen, el material es más fácil de precalentar y quemar. Al contrario, cuanto mayor es el volumen con respecto a su superficie, más tardará en quemarse.

Según el tipo de ocurrencia de los hechos y registros de investigación (Rodríguez, 2012), la investigación fue retrospectiva por su característica de indagar sobre hechos o fenómenos ocurridos en el pasado, reconstruyendo los acontecimientos y explicando su desarrollo, fundamentando su significado en el contexto del que ha surgido.

La metodología se estructuró en base a lo propuesto por el Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI, 2016) y análisis multicriterio de las variables comprendidas en los sub-modelos de peligro natural, peligro antrópico, vulnerabilidad a incendios forestales y sus efectos en la salud y en los ecosistemas.

RESULTADOS

En base a la metodología descrita y a la información secundaria, se ha elaborado las tablas y figuras que se detallan y que debido a dicha información se puede colegir las causas e impactos de los incendios forestales.

Tabla 3. Temperatura máxima estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco.

Tabla 4. Temperatura mínima estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco

Figura 9. Régimen de temperaturas medias mensuales (°C)

Figura 10. Humedad relativa media mensual (%) en estaciones meteorológicas de Cusco.

Tabla 5. Precipitación estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco.

Figura 11. Precipitación total mensual en estaciones meteorológicas del Cusco (mm)

De conformidad a la información de las tablas y figuras precedentes se puede colegir que el Perú y Cusco, presentan condiciones meteorológicas que favorecen la ocurrencia de incendios forestales, en la época seca del año. “*En este periodo de tiempo se ha hecho más frecuente observar incendios en formaciones vegetales incluso húmedos*” (Baltazar, 2011).

Tabla 6. Ocurrencia de las principales causas de los incendios

Como se aprecia en el cuadro precedente, más del 80% de las causas que provocan los incendios, son debidas a actividades agrícolas y pecuarias; por lo tanto, es imprescindible la educación en el manejo del fuego.

Tabla 9: propiedades de un suelo antes y después de un incendio

Causas identificadas

Las causas de los incendios forestales, se dividen en dos tipos:

Causas estructurales. Son factores intrínsecos del propio medio natural, es decir, condiciones permanentes, ecológicas y sociales externas, de difícil modificación, se pueden mencionar las siguientes:

- Características climáticas: Sequías, altas temperaturas estivales, fuertes vientos.
- Alta inflamabilidad de las especies vegetales asociadas a los tipos de ecosistemas, tanto las de procedencia natural como las plantaciones.
- Gran acumulación de cargas de combustible, a consecuencia de haber disminuido los volúmenes de extracción, por el cambio en los hábitos de la población rural.

- Uso extendido del fuego como herramienta tradicional en los trabajos agrícolas y ganaderos que, empleado incorrectamente, ocasiona la aparición de incendios (quema de pastos, rastrojos, residuos agrícolas).
- El desconocimiento de la población de origen urbano sobre la especial fragilidad de los ecosistemas forestales ante un uso indebido del fuego, así como del conjunto de beneficios, tanto indirectos como directos, que la presencia del medio natural revierte sobre el desarrollo vital de las personas.
- Deficiente espíritu conservacionista de la población, consecuencia de la dificultad de entendimiento entre los intereses forestales, agrícolas y ganaderos, así como desconocimiento generalizado del beneficio que proporciona la cubierta vegetal.
- Las características topográficas, que, con fuertes pendientes y relieves abruptos, facilitan la propagación de los fuegos.
- Dispersión territorial de las zonas de peligro, lo cual encarece las inversiones de los sistemas de defensa y merma su eficacia.

Causas Inmediatas: Las que se derivan de comportamientos antrópicos.

De otro lado, entre los factores más importantes que generan incendios son los siguientes:

Factores condicionantes territoriales

a. Combustible (cobertura vegetal).

El tipo de vegetación condiciona la intensidad del fuego para cada zona, estas características intrínsecas de la vegetación le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego, esto se conoce como combustibilidad. (IDEAM, 2011; MINAM, 2015). La abundancia de vegetación, es uno de las variables en la vulnerabilidad natural. Dentro de las variables de peligro encontramos al combustible predominante, vinculado a la biomasa vegetal pre existente. La clasificación de esta variable está en función de la cobertura vegetal y el nivel de peligro aumenta mientras el combustible sea más propenso a la rápida ignición de un incendio como lo que sucede con hierbas, cultivos, matorrales y pastos.

b. Pendiente. Cuando se genera un incendio, este reaccionará favorablemente a las pendientes más pronunciadas, donde las llamas se acercan más al combustible y propagan el fuego por radiación, convección y contacto con la vegetación precalentada y seca, a su vez las formas del terreno interactúan con las condiciones ambientales como los vientos y el calentamiento solar para promover o retardar el comportamiento del fuego (Johnson & Miyanishi, 2001; Omi, 2005). El nivel de vulnerabilidad natural es directamente proporcional a la pendiente del terreno.

Factores condicionantes climáticos

Los incendios pueden ser precedidos por temporadas de déficit hídrico. Las regiones especialmente susceptibles a los incendios forestales son aquellas que tienen una estación seca, marcada con altas temperaturas. Asimismo, pueden agravarse con los fuertes vientos que ayudan a extender el fuego sobre grandes áreas (Smith, 2001). Para el presente trabajo se ha identificado las características climáticas del ámbito

nacional y regional que favorecen la propagación de los incendios forestales, tomando la información disponible de los factores priorizados para el análisis.

- a. **Clima.** La información usada corresponde al mapa de clasificación climática del Perú, generada por el SENAMHI. La información base de esta clasificación está apoyada en datos meteorológicos de veinte años (1965-1984), a partir de la cual se procedió a formular los "Índices Climáticos" y al trazado de los mismos de acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Werren Thornthwaite (SENAMHI, 2018). Finalmente, las unidades analizadas para el modelo contenían información referida a precipitación efectiva, temperatura eficiente, distribución de la precipitación pluvial a través del año y la humedad relativa media, estas variables fueron categorizadas de acuerdo a lo requerido para el modelo de precipitación y temperatura (CENEPRED, 2019).
- b. **Vientos.** La propagación rápida del fuego está asociada con el viento, más aún en las pendientes

más inclinadas, donde generalmente se originan vientos convectivos locales ascendentes (aire calentado por el terreno) y por lo tanto el fuego tiende a subir rápidamente aumentando en la velocidad de propagación hacia el combustible que está sin arder, provocando su rápida ignición (Moscovich et al., 2014; Omi, 2005). Para este escenario se ha usado el mapa de velocidades medias de vientos para Perú obtenido del Atlas Global de Vientos.

- c. **Irradiación solar.** La intensidad de la radiación solar es mayor cuando la superficie terrestre es perpendicular a los rayos solares. La perpendicular sobre la superficie variará con la época del año, la hora del día y la latitud (Zárate, 2004). En general las solanas están sometidas a una mayor insolación por lo que tienen menor humedad y menos vegetación que las umbrías sin embargo esta vegetación como combustible estará más seca, por lo que el fuego avanzará más rápidamente (EDUCARM, s/f). A nivel anual, las zonas de mayor incidencia e irradiación de

energía solar del territorio del Cusco, se encuentra principalmente en el sector sur, donde se dispone de 6,0 a 6,5 kW h/m² de energía solar irradiada, mientras que las zonas de bajos valores de irradiación solar las encontramos en el norte y están principalmente en los sectores amazónicos del departamento (valores de 4,5 a 5,0 kW h/m²). Global Solar Atlas (World Bank Group, 2019). Dentro de las variables de peligro encontramos a la orientación solar y la solaridad que ejerce influencia en el análisis de peligro natural.

- d.** Evapotranspiración potencial. Es una de las variables dentro del análisis de peligro natural cuyo valor de influencia también es alta. El nivel de peligro es directamente proporcional a los valores de la evapotranspiración potencial.
- e.** Precipitación acumulada mensual. Este es uno de las variables dentro del análisis de peligro natural cuyo valor de influencia es alto.
- f.** Temperatura máxima. Este es uno de las variables dentro del análisis de peligro natural cuyo

valor de influencia es alto. Las áreas con mayor temperatura serán directamente proporcionales al peligro producido por la temperatura.

Las razones de las quemas difieren, en algún sentido, según las zonas donde se efectúan, sean estas en las zonas tropicales o subtropicales, tales como: Lares, La Convención, Qosñipata, Quincemil, Tambopata; en los valles interandinos como Cusco, Urubamba, Calca, Limatambo, Acomayo, Canchis, Quispicanchis, Apurímac, etc. o en las zonas Alto Andinas. Podemos generalizar estas causas en la siguiente forma:

- Se piensa que la quema es necesaria para eliminar hierba seca y ayudar a la fresca y nueva a que crezca. Los ganaderos buscan este objetivo y sostienen que entre las cenizas brotarán nuevos y mejores pastos, verdes y más suculentos.
- Los agricultores prenden fuego para eliminar la hierba seca y vieja y producir cenizas que constituyen “fertilizantes”; para limpiar un área y habilitarla al cultivo, para eliminar matorrales y malezas; igualmente se somete a la quema terrenos eriazos con la finalidad de habilitarlos para la agricultura. En las zonas tropicales y

subtropicales de nuestra Región, los campesinos desbrozan áreas de bosques y matorrales, dejan que los troncos caídos se sequen y luego prenden fuego, para posteriormente cultivar principalmente plátanos, papayas, piñas, yuca, maíz, calabaza, zapallos, frijoles, etc. entre los tocones de los árboles; pocos años más tarde, cuando los elementos nutritivos del suelo, están agotados, el campesino abandona estos campos y procede a desbrozar otra área y repetir la práctica.

- La quema se efectúa con la finalidad de eliminar semillas de malezas, en muchos casos para eliminar depredadores y plagas, como ratas e insectos dañinos; esta práctica se observa en La Convención, Quincemil, Q'osñipata y Limatambo, después de la cosecha de maíz, yuca, tomate o porotos.
- Los cazadores también queman hierba y pastos, porque los brotes tiernos y nuevos atraen venados y vicuñas que acuden a pastar y que a su vez atraen fieras. En otras ocasiones inician los incendios para hacer salir a los animales que desean cazar.
- Igualmente se sabe que el relámpago ha ocasionado en más de una oportunidad incendios forestales; y

aún algunos viajeros prenden hogueras con el objeto de buscar abrigo y pasar la noche en el camino.

- Un aspecto interesante y causa de fuego son las botellas de plástico y de vidrio reciclable abandonados por turistas, que luego de ser llenado con agua de lluvia y activado por el sol en época seca se convierte en una “lupa” e inicia incendios.
- Finalmente, podemos acotar que los incendios forestales también son iniciados con el objeto de atemperar el clima frío en los meses de junio, julio y agosto o para obtener mayor humedad atmosférica y conseguir lluvias en los meses de agosto y septiembre.

Figuras 12 y 13. El fuego es empleado para renovar pastos y como medio para ampliar suelos para la agricultura. Su inadecuado manejo, deviene en incendio.

Efectos identificados

Ecológica y biológicamente la quema es un desperdicio de recursos, el fuego es uno de los factores que ha modelado el paisaje y contribuye en la degradación de los ecosistemas, causando importantes consecuencias ecológicas, el fuego daña a las plantas sometiendo sus tejidos a temperaturas letales, los efectos indirectos muchas veces no son tan evidentes, pero se sintetiza en lo

siguiente:

- Las quemadas se efectúan en el punto culminante del período seco (junio-agosto) cuando las temperaturas en la amazonía nuestra son altas y existe sequedad o escasa humedad relativa en la atmósfera; esto implica una mayor proporción en la capacidad calórica de la biomasa vegetal; como consecuencia, la hojarasca y la vegetación seca combustionan totalmente e incluso el humus llega a arder, esto se agrava debido a que las quemadas se hacen en una época inapropiada de la temporada de sequía y a una hora inoportuna.
- A las poblaciones de vertebrados e invertebrados las afecta en forma adversa. En los incendios perecen venados, osos, jaguares, gatos monteses, serpientes, cuyes silvestres, ratones, reptiles, anfibios, aves e insectos. Se queman huevos de aves, reptiles, semillas, huevos y pupas de insectos, se destruyen hábitats y diversidad de comunidades vegetales y animales y alimentos con los que se nutren todas las especies, aunque sólo sea temporalmente.
- Al llegar a quemarse el humus, se pierde la materia orgánica y se produce una reducción del contenido del nitrógeno por combustión de compuestos orgánicos y de sustancias nitrogenadas; paralelamente a este hecho se elimina la micro fauna del suelo (organismos reductores) generadora del suelo agrícola, de aquellos organismos que transforman la materia orgánica en elementos inorgánicos útiles para el aprovechamiento por los productores.
- Existe alteración de los factores ambientales que podemos resumirlos:
 - Se observa desaparición de materia orgánica existente, generándose cambio de hábitats para muchos invertebrados, requiriéndose años para su recuperación.
 - Como resultado de la eliminación de la cubierta vegetal o del sotobosque existe incremento de iluminación a nivel del suelo, esto conduce a una mayor evaporación de la humedad del suelo, pérdida de la capacidad de retención hídrica y predominio de especies heliofítas. La falta de sombra conduce a que el suelo se caliente y enfríe más rápido. Las variaciones de temperatura entre el día y la noche son notables.
 - La recepción de la precipitación por el suelo es violenta, ya no es atenuada por el follaje o por la materia orgánica existente en la superficie del suelo. A esto se suma la ausencia de macro

invertebrados excavadores, lo que hace que la porosidad del suelo disminuya; por lo tanto, se incrementa la escorrentía favoreciendo la erosión.

➤ Al ser quemado el humus, tanto el nitrógeno como el azufre se volatilizan y escapan del hábitat, los demás elementos minerales se hacen solubles y arrastrados con el agua de escorrentía, perdiéndose la fertilidad del suelo.

- El enriquecimiento de elementos nutritivos en forma mineral no es más que aparente, pues las cenizas son arrastradas por los vientos frecuentes en esta temporada y lavadas con facilidad por las primeras lluvias, muy violentas en la región. Los efectos en este sentido son la pérdida de materia orgánica, masiva solubilización de los elementos nutritivos, elevación del pH como consecuencia de la formación de compuestos minerales básicos a partir de los minerales alcalinos y alcalino-térreos, y, por último, disminución de la capacidad de retención de agua en los suelos.
- Las especies vegetales que no mueren bajo el fuego incrementan su abundancia a expensas de las débiles y sensibles. Se observará una

densidad mayor de las especies cuya latencia o germinación sean breves; por lo que después de un incendio habrá predominio y abundancia de especies pirófitas, como algunos helechos.

- Cuando ha sido quitada la cubierta vegetal, la precipitación pluvial remueve el estrato orgánico del suelo; la sílice y otros minerales del suelo se filtran hacia abajo y el material orgánico se oxida. Si el suelo es erosionado por la lluvia, queda expuesta una capa de óxido de aluminio y de hierro, que, al contacto con el oxígeno del aire, forma una costra dura e impermeable llamada laterita. Una vez formada esta costra, parece ser relativamente permanente y la vegetación que allí pueda crecer (incluida las plantas cultivadas) es muy exigua; lo que trae consigo la pérdida de suelos fértiles y el desequilibrio en los ecosistemas.
- Las plantas leñosas que sobreviven a los incendios suelen tener lesiones que constituyen puertas de entrada para hongos, insectos y parásitos. Cuanto más grande sean las lesiones, más tiempo se requerirá para que sanen, por consiguiente, será mayor la posibilidad de infecciones.
- Los humos de un incendio están

compuestos por una mezcla de gases (SO₂; CO₂; CO; CH₄), alquitrán, carbón, vapor de agua y cenizas. Estos componentes contribuyen con la contaminación del aire en los primeros niveles de la atmósfera (baja tropósfera).

Efectos en la salud

Los incendios forestales afectan al bienestar físico de las personas, no solo de aquellas que entran en contacto próximo con el fuego, como es el caso de los profesionales que participan en las labores de extinción o de quienes habitan en zonas de la interfaz urbano-rural, sino también de los pobladores de zonas urbanas hasta las que pueden llegar las nubes de humo y partículas emitidas por los incendios que son transportadas por el viento. (Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018).

Desde el punto de vista sanitario, se considera que las partículas procedentes de los incendios forestales son de alto riesgo por la diversidad y cantidad de compuestos tóxicos y contaminantes, y por el contenido de partículas finas PM_{2,5} (con un diámetro de $\varnothing \leq 2,5$ micrómetros). Varios estudios revelan incrementos moderados de la morbilidad y mortalidad en las poblaciones más sensibles afectadas por el paso de la

pluma contaminante, y aumentos significativos de afecciones respiratorias (Barbera-Riera, 2017; Cancelo-González y Díaz-Fierros, 2018; Ford et ál., 2018; Moreira et ál., 2020). De acuerdo con Lelieveld et ál. (2015), en el 2010, 5 de cada 10 000 personas del mundo fallecieron como consecuencia de la exposición prolongada a elevadas concentraciones de partículas finas contaminantes (PM_{2,5}) suspendidas en el aire, que provocaron enfermedades cerebrovasculares, cardiopatías isquémicas, obstrucción pulmonar crónica, enfermedades respiratorias agudas o cáncer. Estos mismos autores estiman que para el año 2050 la mortalidad mundial per cápita atribuible a la contaminación atmosférica producto de los incendios podría incrementarse de 5 a 7 personas por cada 10 000 habitantes, llegando a afectar a 6,6 millones de personas en el mundo, siendo estos casos un 90% más frecuentes en entornos urbanos que en zonas rurales.

Los estudios epidemiológicos sobre la exposición de la población al humo proveniente de la quema de la biomasa vegetal, muestran una relación consistente entre exposición e incremento de síntomas respiratorios,

mayor riesgo de enfermedades respiratorias y disminución de la función pulmonar, hecho que podría agravar la situación actual debido a la pandemia por el COVID-19. La contaminación producida por el humo proveniente de incendios de vegetación es un aspecto de salud pública importante e implica riesgos significativos para la salud humana y el ambiente.

Figuras 14 y 15. Los incendios generan material particulado y gases tóxicos que afectan a la salud pública.

Los gases generados en un incendio forestal incluyen aldehídos, óxidos de azufre, monóxido de carbono, dioxina, óxidos de nitrógeno, ozono, hidrocarburos aromáticos policíclicos, compuestos orgánicos volátiles. El humo además contiene acroleína, formaldehído, benceno y alquitrán, pero en concentraciones menores que el material particulado y monóxido de carbono. El benceno, la dioxina, el formaldehído, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y algunos compuestos orgánicos volátiles son carcinógenos; por lo que, la exposición al humo de los incendios forestales puede reducir la función pulmonar y causar bronquitis, sibilancia, tos, dificultad respiratoria, opresión y dolor

en el pecho, irritación de la garganta y los senos nasales, flujo nasal, dolor de cabeza y ardor en los ojos, la nariz y la garganta. Los adultos de edad avanzada, los niños y las personas con enfermedades cardiovasculares o pulmonares tienen más probabilidades de verse afectados por el humo de un incendio forestal. La exposición a esa clase de humo puede empeorar los síntomas de asma, alergias respiratorias y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Durante la época seca (mayo a noviembre) se inicia el empleo del fuego en la Amazonía y, en la región andina, se inicia entre junio y septiembre.

Efectos del material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5})

- Genera episodios agudos en el sistema respiratorio en adultos y niños.
- Afecta a la conjuntiva produciendo conjuntivitis.
- Cambios agudos y crónicos en la función pulmonar
- Síntomas respiratorios, ataques de asma,
- Incremento en el uso de remedios bronco-dilatorios
- Enfermedades pulmonares obstruidas crónicas (EPOC)

Efectos del formaldehído y acroleína en la salud

- Irritación; garganta seca, sensación de hormigueo en el nariz, ojos llorosos y dolor, edema e inflamación, cambios en la piel y las membranas mucosas.
- Efectos en el sistema nervioso central. Daño tóxico/hipóxico/anóxico de las neuronas.

Efectos del CO en el sistema cardiovascular

- Menor oxigenación
- Mayor incidencia y predominancia de enfermedades cardiovasculares (ECV)
- Infarto del miocardio

Efectos en el Clima

- La emisión de gases contaminantes (CO, CO₂, SO₂, CH₄, NO_x) y sustancias (alquitrán, PM₁₀, PM_{2,5}, formaldehído, acroleína, Hidrocarburos aromáticos policíclicos, etc.) contribuyen a la contaminación y al calentamiento global.
- Altera el ciclo hidrológico,
- El cambio o ausencia de vegetación altera el microclima local.

- Incrementa la contaminación urbana.

La ciudad del Cusco se halla rodeada de colinas al oeste y norte y abierta al sur, y existe la presencia de una inversión térmica de subsidencia, por lo tanto el humo proveniente de los incendios de vegetación forma una sobrecubierta que agrava la contaminación del aire urbano, y los niveles de exposición y la concentración de ciertas sustancias como el material particulado se hallan en concentraciones elevadas para los meses secos y principalmente durante los días en el que el humo satura la baja troposfera del Cusco.

El cambio climático y los incendios forestales

La preocupación por los efectos del cambio climático ha aumentado durante las últimas décadas, lo que se ha materializado en la Convención Marco de las Naciones Unidas, el Protocolo de Kyoto y las más recientes Cumbres de París y de Marrakech. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es considerado como el órgano de apoyo a las Naciones Unidas en la materia.

De conformidad al Informe del IPCC, 2014, entre los principales contaminantes atmosféricos se encuentran las partículas (PM), el ozono (O₃), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO), arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), níquel (Ni), benceno (C₆H₆) y benzo(a)pireno (BaP), todos ellos con reconocidos efectos sobre la salud humana. El O₃ troposférico, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y las partículas en suspensión son considerados como los contaminantes de mayor preocupación para la salud humana en nuestro continente (Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) 2016). Las estimaciones de los impactos en la salud atribuibles a la exposición a contaminación atmosférica, indican que las concentraciones de PM_{2,5} en 2013, fueron responsables de alrededor de 436 000 defunciones en la Unión Europea. Por su parte, a la exposición a NO₂ y O₃, se les atribuye 68 000 y 16 000 muertes prematuras respectivamente para el mismo año de estudio (EEA 2016).

En las últimas décadas, los efectos del cambio climático en cuanto a temperatura y precipitación a nivel global han afectado el balance hídrico de

algunas regiones, generando condiciones más cálidas y secas. Esto ha traído como consecuencia la ampliación de las temporadas de incendios y la pérdida de humedad del material combustible (sequedad de los materiales inflamables), incrementando la probabilidad de ocurrencia de incendios de mayor intensidad, número y extensión (Flannigan et ál., 2009; Pechony y Shindell, 2010; Jolly et ál., 2015). Estas condiciones generan en muchas ocasiones mega incendios de difícil control, aun con los más sofisticados equipos de extinción de incendios y el despliegue y acción de cuerpos de bomberos profesionales.

Efectos en la biodiversidad

- Incrementa las especies pirófitas (resistentes al fuego).
- Destruye los hábitats de especies locales y migrantes.
- Incrementa la vulnerabilidad de especies.
- Disminuye la fotosíntesis, por lo tanto, la producción y productividad.
- Produce la muerte directa de las especies.
- Genera la desaparición de hábitats.
- Provoca una migración forzada de las especies.

- Altera las cadenas alimenticias.

Efecto en el suelo.

- Altera los ciclos biogeoquímicos de elementos vitales como el C, N, P, K, Ca.
- Produce la volatilización de los nutrimentos.
- Favorece la erosión hídrica y eólica.
- Altera las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los efectos ambientales de la quema causan problemas en las múltiples variables ecológicas y, esta quema disminuye lentamente la fertilidad general de la Región.

Amenaza a la seguridad hídrica

Los incendios severos pueden afectar una serie de funciones y procesos ecológicos en cuencas como la interceptación, infiltración, evapotranspiración, almacenamiento; estos procesos inciden en el aumento de la escorrentía, erosión, flujo de sedimentos hacia ríos y el riesgo de deslizamientos; deterioro de la calidad del agua.

Discusión

Referente a los componentes del riesgo de un incendio según el tipo de vegetación, diversos autores analizan su

importancia y señalan que mientras que muchos ecosistemas y sistemas de uso del suelo son dependientes y necesitan del fuego para mantenerse, como las sabanas, matorrales mediterráneos y ciertos bosques de pinos y encinos, existen otros que son altamente sensibles a la acción del fuego, como los bosques húmedos tropicales, subtropicales, altoandinos y andino-patagónicos (Hardesty et ál., 2005; Myers, 2006; Shlisky et ál., 2007). Asimismo, los cambios en los usos del suelo y la modificación de las condiciones del régimen de fuego por intervención humana aumentan la susceptibilidad de la vegetación al fuego; tal es el caso del paisaje de bosques de *Nothofagus* y *Araucaria* en Valdivia, Chile y la Patagonia Argentina, sometido históricamente a fuertes presiones de explotación agrícola, ganadera y forestal. En la región andina, materia del presente estudio, son los matorrales espinosos los ecosistemas de alta combustión y que más fácilmente pueden arder, especialmente en época de secas; igualmente las plantaciones de especies exóticas como el pino y el eucalipto.

INDECI, 2006, sostiene que un incendio forestal, generalmente, es producido por

descuidos humanos, en algunos casos intencionados; las observaciones en campo y, particularmente en la región Cusco, se observa que la generación de los incendios se produce en más del 95% como consecuencia de un mal manejo del fuego y debido a la topografía con altas pendientes, clima seco, temperaturas altas, vientos fuertes y material de ignición secos.

Coincidimos con Sarmiento y Frolich, 2002, cuando sostienen que en las sabanas de alta montaña de los Andes tropicales, el uso del fuego es una práctica común para establecer nuevas plantaciones y renovar los pastos, así como actividades relacionadas con creencias y prácticas culturales; en efecto, un porcentaje importante del inicio del fuego es la quema de la biomasa vegetal para obtener suelos agrícolas; sin embargo es también consecuencia de las prácticas ancestrales de tipo cultural que al finalizar no extinguen a cabalidad el fuego utilizado.

De acuerdo a USAID, USDA, 2015, (Reporte de Evaluación del Manejo de Incendios Forestales en el Perú); en la zona andina, donde los pastos son una de las pocas fuentes de alimento para la ganadería, es frecuente la quema para renovarlos periódicamente, ya que son

más apetecibles para el ganado; sin embargo, estas prácticas no controladas pueden convertirse en incendios, ocasionando la pérdida de asociaciones vegetales entre ellos los pastos naturales. Se considera que la disposición de tierras para el desarrollo de la ganadería en este ámbito y el cambio de camélidos por vacunos u otros rumiantes menores afectan las dinámicas ecológicas de la vegetación. Nuestro estudio añade que, en la región andina, debido al sobrepastoreo y por la alta frecuencia de incendios que afectan la composición específica de los pastos nativos, y la quema provocada en áreas boscosas para ampliar terrenos agrícolas contribuye a dicha afectación.

Manta (2018), sostiene que los incendios forestales podrían deberse al hecho de que la principal causa de los incendios forestales es la actividad ganadera (60%), seguida de la agricultura (30%) y la minería. En Cusco, la causa principal de los incendios forestales es la agricultura con un 50%, seguido de la quema de pasos con un 33%.

Conclusiones

En nuestra región, debido a que no se conoce con precisión la ecología del fuego y éste es utilizado sin control alguno, tampoco sus consecuencias son

medidas durante o después de su empleo, por lo que concluimos:

1. El fenómeno de la quema o los incendios forestales tienen que ser considerados como una situación anormal, aunque sea un método practicado durante siglos.
2. Los incendios forestales para nuestra Región no tienen base legal ni científica.
3. El fuego constituye uno de los principales factores que provoca la erosión del suelo; por consiguiente, la pérdida de fertilidad de vastas regiones agrícolas y ganaderas.
4. Debido a los incendios se están extinguiendo especies como la Queuña (*Polypis* spp), wayruro cusqueño (*Cytharexylon herrerae*), chachacomo (*Escallonia resinosa*), t'asta (*Escallonia myrtilloides*), kiswar (*Buddleja* spp.), *Puya raymondii*, etc. y alterando hábitats y ecosistemas de la región.
5. Los incendios forestales no son en ningún sentido benéficos, sino dañinos.
6. El fuego en los incendios, alcanza temperaturas superiores a 600 °C, consecuentemente, calcina el humus y con ello se pierde la biomasa de microorganismos que otorgan fertilidad al suelo.
7. Más del 80% de los incendios ocurridos en la región Cusco, se deben a actividades agrícolas y pecuarias.
8. Los gases generados por un incendio son tóxicos y formados por monóxido de carbono, óxidos de azufre, compuestos orgánicos volátiles y material particulado, que afectan a la salud pública.
9. Los incendios forestales afectan a la población y a los servicios ecosistémicos, alcanzando en muchos casos niveles de desastre, afectando tanto a la población humana, como a la variedad de beneficios que provee el bosque. Especies exóticas, como eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*), son utilizadas en plantaciones ubicadas hasta los 3 800 m.s.n.m. Estas especies son pirófilas por contener en sus hojas aceites volátiles en el caso del eucalipto y resinas en el caso del pino, estas especies acumulan hojarasca de difícil descomposición, facilitando la expansión de los incendios forestales. Esta condición se exagera durante periodos de sequía que se dan eventualmente en el sur del país.

- 10.** Cabe resaltar que, en los humedales altoandinos, existe una alta incidencia de incendios provocados por la quema de la totora (flora acuática emergente) de los humedales (en el lago Titicaca y Huacarpay), ocasionando la pérdida de la flora y hábitat de fauna silvestre.
- 11.** En la Región Interandina que es la zona de transición entre la región Andina y la Amazonía (ceja de selva), las zonas de bosque de niebla y otros tipos de asociaciones se ven amenazadas por el uso del fuego para el manejo de las “chacras”, por lo que esta actividad es una de las más importantes en estas condiciones de terreno. Esta zona presenta una topografía extrema, y es precisamente el lugar donde existe un importante asentamiento poblacional. El departamento de Cusco está enclavado en esta zona y se considera como una zona de alto riesgo por incendios forestales.
- 12.** De acuerdo con el número de incendios forestales registrado por años, del periodo entre (2003-2020), se muestra un aumento exponencial de ocurrencias en los tres últimos años (2018-2020).
- 13.** De acuerdo con la base de datos de ocurrencias de incendios forestales del periodo 2003-2020, las provincias del departamento de Cusco con mayor cantidad de ocurrencia de eventos de incendios forestales son: La Convención, Canchis, Espinar, Quispicanchi y Calca.
- 14.** El incremento en el número de Incendios Forestales durante los últimos años, ha provocado en la sociedad actual una opinión generalizada: el único camino para controlar este fenómeno y reducir los daños y la alarma social que provoca, es la prevención. La primera tarea para reducir los incendios será por tanto determinar con certeza cuales son las causas reales que la provocan. Se han analizado aspectos socio económicos, factores biofísicos del clima y aspectos estructurales, como posibles causas. Pero para los responsables de conservar la naturaleza y gestionar sus recursos, estas generalizaciones son poco útiles. Es preciso conseguir argumentos basados en información objetiva, tan detallada como sea posible, sobre las causas que verdaderamente están provocando los incendios, de forma que este

conocimiento de la realidad haga posible la aplicación de soluciones específicas.

15. Los incendios forestales, constituyen una fuente sustancial de contaminación del aire en zonas urbanas y rurales. Afectan la salud de la población e incrementan el deterioro ambiental. Asimismo, agravan la contaminación del aire, y elevan el riesgo de infecciones respiratorias agudas en los niños y ancianos. Los incendios destructivos por lo general, se producen debido a negligencias.
16. La quema de biomasa, contribuye a la emisión de contaminantes gaseosos y partículas tóxicas, gases reactivos y de efecto invernadero, a diferencia de algunas fuentes antropógenas, es difícil de cuantificar. La naturaleza de esta quema impide que la combustión sea completa y, como resultado, se producen contaminantes. Luego de su emisión y durante su transporte, los contaminantes en el aire experimentan transformaciones fisicoquímicas y se convierten en contaminantes secundarios.

RECOMENDACIONES

Considerando que existe riesgo latente de que se genere un incendio, se debe implementar un programa preventivo que posibilite contar con recursos humanos (personal capacitado), materiales (equipos especializados) y organizacionales (planeación) necesarios para afrontar una eventualidad de este tipo; se sugiere:

- a. **Detección de áreas de riesgo.** Es importante contar con información de zonas que son más vulnerables, y éstas deben ser prioritarias para implementar las medidas de prevención pertinentes.

Con la finalidad de categorizar los tipos de riesgos que suelen presentarse, puede utilizarse el esquema conocido como Semáforo de Karl Lewinsking, que a continuación se transcribe, el cual incluye distintas acciones preventivas.

Para determinar las áreas de riesgo se consideran factores como la cantidad de incendios ocurridos y su reincidencia, afluencia de personas, acceso poco controlado, actividades realizadas por indigentes y los sitios en donde se acumula rastrojo y material seco.

Figura 16. Semáforo de Karl Lewinsking.

b. Construcción de franjas rompe fuego. Son senderos que todo proyecto de forestación debe implementar; posibilita que el fuego no consuma toda la vegetación y constituye una barrera para que el fuego no avance; además, permite el acceso de vehículos y maquinarias para el control del fuego (Dascal, 2001).

Figuras 17 y 18. La construcción de franjas rompe fuego, son importantes en todo proyecto de forestación y reforestación

c. Construcción de reservorios contra incendios. El equipamiento en campo debe incluir la construcción de reservorios para almacenar agua para abastecer a los vehículos que controlen el fuego durante los eventos de incendio que se generen.

Figuras 19 y 20. El equipamiento para el control de incendios forestales, debe incluir la construcción de reservorios para abastecer de agua a vehículos que controlen incendios.

d. Políticas Públicas a ser Implementadas. Muchos países,

han implementado políticas, legislación y disposiciones de emergencia para controlar y combatir tanto los incendios de vegetación como la contaminación del aire, así como para minimizar sus consecuencias (Díaz Cartagena, 1989).

Los objetivos de las políticas son:

- Prevenir y controlar los incendios;
- Proteger la salud y la seguridad pública durante estos eventos;
- Prohibir el fuego abierto;
- Introducir e implementar guías y normas sobre calidad del aire,
- Fortalecer el control de emisiones producidas en fuentes móviles y fijas.
- Fortalecer las capacidades de los organismos competentes, y
- Fortalecer la cooperación y el apoyo entre organismos involucrados.

El plan nacional de prevención y control de incendios y plagas forestales incluye, entre otros aspectos:

- Diagnóstico de las causas e impactos ambientales de los incendios y plagas forestales.

- Estrategias y mecanismos de coordinación, supervisión y control.
- Implementación de un sistema de prevención y control de incendios y plagas forestales en áreas críticas.
- Campañas de educación para la prevención y control de incendios y plagas forestales.
- Plan de trabajo anual.
- Seguimiento, evaluación y monitoreo.

El Artículo 24° La Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, MINAGRI, 2011, señala que el Plan Nacional Forestal de Fauna Silvestre comprende los aspectos de prevención y Control de Incendios Forestales y en el Artículo N° 73 promueve la reducción de la vulnerabilidad de los bosques Andinos ante el cambio de clima. El Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales, aprobado por Resolución Ejecutiva N° 284-2018-MINAGRI-SERFOR-DE, otorga competencias importantes al SERFOR como ente rector en la gestión forestal y vida silvestre.

El D.S. N° 018°-2015-MINAGRI, aprueba el Reglamento para la Gestión

Forestal y en su Artículo 20° señala que los Comités de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (CGFFS), desarrollan diversas acciones como la promoción y ejecución de actividades orientadas a la prevención de incendios forestales; el D.L. N°1237-2015, en el Artículo 310 señala que comete delito ambiental, entre otros, el que quema todo o en parte bosques u otras formaciones boscosas, sean naturales o plantaciones. Esta Norma modifica varios Artículos del Código Penal (aprobado por el Decreto Legislativo N° 635 de 1991).

Existe suficiente marco legal y también una entidad competente como el SERFOR, ente rector del sector forestal que posee competencias específicas, el MINAM, la PCM, que tiene a su cargo el tema de desastres, otros sectores como Interior y Educación, y los Gobiernos Regionales y las municipalidades que, en estrecha vinculación deben de implementar los mandatos referidos a la prevención y control de los incendios forestales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragão, L.; Anderson, L.; Fonseca, M.; Rosan, T.; Vedovato, L.; Wagner, F.; Silva, C.V.J.; Silva, C.H.L.; Arai, E.; Aguiar, A.; Barlow, J.; Berenguer, E.; Deeter, M.; Domingues, L.; Gatti, L.; Gloor, M.; Malhi, Y.; Marengo, J.A.; Miller, J.

- Phillips, O.; y Saatchi, S. 2018: 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, 9, 536.
- Aravena, J.; Deramond, P.; Ortega, M.; Ponce, X. y Tamarín, R. 2006. Manual con medidas para la prevención de incendios forestales. Corporación Nacional Forestal CONAF, Chile.
- Baltazar, H. 2011. informe nacional sobre los incendios forestales en Perú. Brasilia: Agencia Brasileña de Cooperación.
- Barbera-Riera, M. 2017: Exposición al humo de incendios forestales y mortalidad en Valencia. Tesis doctoral. Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud. Universitat Jaume, Valencia, España. 221 pp. Consultado en: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/440526/2017_Tesis_Barbera%20Riera_Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barlow, J. y Perez, C.A. 2008: Fire-mediated dieback and compositional cascade in an Amazonian forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1498), 1787-1794.
- Benson, R., Roads, J., Weise, D. 2009. Climatic and weather factors affecting fire occurrence and behavior. *Developments in Environmental Science* 8, 37-60.
- Bowman DM; Balch JK; Artaxo P; Bond WJ; Carlson JM; Cochrane MA et al. Fire in the Earth system. *Science*. 2009 Apr; 324:481-4.
- Bowman, D.M.J.S.; Murphy, B.P.; Williamson, G.I. y Cochrane, M.A. 2014: Pyrogeographic models, feedbacks and the future of global fire regimes. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 821-824.
- Cancelo-González, J. y Díaz-Fierros Viqueira, F. 2018: Incendios forestales y salud pública. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 84(3), 289-300.
- CENEPRED. 2019. Escenarios de riesgo por incendios forestales de la región Ancash. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/8155_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-en-el-departamento-ancash.pdf
- CENEPRED. 2020. Escenario de riesgo por incendios forestales de la región Cusco. Lima. pp.49.
- Cochrane, M., 2013: Fire science for rainforests. *Nature*, 453, 913-919.
- Congreso de la República. 2011. Ley Forestal y de Fauna Silvestre; Ley N° 2976. Lima
- Dascal, G. R. y A. Böhme. 2001. Cortafuegos, guía para la prevención participativa de incendios forestales. Casa de la Paz, SEP, Chile.
- Díaz Cartagena, A. 1989. Manual de prevención y control de incendios forestales. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- Díaz, M.E, R. Figueroa, M.D.R. Vidal-Abarca, M.L. Suárez y M.J. Climent, 2018: CO2 emission and biomass loss, associated to the occurrence of forest fires in the Biobío Region, Chile: An approach from Ecosystem Services (ES). *Gayana Botanica*, 75(1), 482-493.
- Dryry, S.; Veblen, T. 2008. Spatial and temporal variability in fire occurrence within the Las Bayas forestry reserve, Durango, México. *Plant Ecology*, v. 197, p. 299-316, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-007-9379-5>

- EDUCARM. (s/f). Bloque: Incendios Forestales. In Diapositivas en power point. <http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/tema1incendios.pdf>
- European Environment Agency. Air quality in Europe-EEA. 2016 report. [internet]. Luxemburgo: European Environment Agency; 2016 [acceso 23 de abril de 2017]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>.
- FAO. 2007. Manejo del Fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego. Documento de Trabajo sobre el Manejo del Fuego No.17. Roma, Italia.
- FAO. 2007. Fire Management Global Assessment 2006. FAO, Forestry Paper N° 151. A Thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resource Assessment 2005. Rome, Italy. 121 p. ISSN.0258-6150.
- FAO. 2007. Manejo del Fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de manejo voluntario para el manejo de fuego. Documento de trabajo sobre Manejo de Fuego N° 17S. Roma. Disponible en <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/009/j9255s/j9255s00.pdf> (Consultado el 13 de diciembre de 2017).
- Fearnside, P., 1990: The Rate and Extent of Deforestation in Brazilian Amazonia. *Environmental Conservation*, 17(3), 213-226.
- Flannigan, M.D., M.A. Krawchuk, W.J. De Groot, B.M. Wotton y L.M. Gowman, 2009: Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18(5):483-507.
- Ford, B., M. Val Martin, S.E. Zelasky, E.V. Fischer, S.C. Anenberg, C.L. Heald y J.R. Pierce, 2018: Future Fire Impacts on Smoke Concentrations, Visibility, and Health in the Contiguous United States.
- Gil Mora, J. E. 2000. Efectos Ambientales de los Incendios Forestales. *Revista Oropesa* 18. Cusco.
- Goldammer, J.G. (ed.), 2013: Vegetation Fires and Global Change: Challenges for Concerted International Action. A white paper directed to the United Nations and international organizations. Global Fire Monitoring Center, Germany, 398 pp. Consultado en: <https://gfmcc.org/online/wp-content/uploads/Vegetation-Fires-Global-Change-UNWhite-Paper-GFMC-2013.pdf>.
- Gómez-González, S., M.E. González, S. Paula, I. Díaz-Hormazábal, A. Lara y M. Delgado-Baquerizo, 2019: Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management*, 433, 535-543.
- Gobierno Regional de Cusco. 2016. Memoria descriptiva del mapa de cobertura vegetal de Cusco. In Proyecto de fortalecimiento del desarrollo de capacidades en ordenamiento territorial en la región Cusco (pp. 1-144).
- Gobierno Regional de Cusco. 2005. Zonificación ecológica económica del departamento del Cusco. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/zonificacion-ecologica-economica-zee-departamento-cusco>.

- IDEAM. 2011. Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal -Escala 1:100.000[Protocolo].
- IDEAM, 2018: Informe diario de incendios. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Consultado en: <http://www.ideam.gov.co/web/pronosticos-y-alertas/>
- Jiménez, A.M.; Urrego, L.E. y Toro, L.J. 2016: Evaluación del comportamiento de incendios de la vegetación en el norte de Antioquia (Colombia): Análisis del paisaje. *Colombia Forestal*, 19(2), 161-180.
- Johnson, E., & Miyanishi, K. 2001. *Forest fires -Behavior and ecological effects* (Academic Press (ed.)).
- Hardesty, J.; Myers, R.L. y Fulks, W. 2005: Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. *George Wright Forum*, 22(4), 78-87.
- Instituto para la Conservación de la naturaleza-ICONA. 1982. Informe técnico de incendios en España. Madrid.
- INDECI, I. N. 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Lima-Perú: Dirección nacional de prevención - DINAPRE; y la Unidad de estudios y evaluación de riesgos - UEER. Lima.
- INDECI. 2016. Informe N° 00024-2016-INDECI/11. Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales. Lima.
- International Tropical Timber Organization-ITTO; Ministerio de Ambiente-Panamá; Proyecto Manejo Integrado del fuego. 2015. Metodología de investigación de causas que provocan los incendios forestales. Gobierno de la república de Panamá. Panamá. PP.114.
- IPCC. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [internet]. Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; 2015 [acceso 23 de abril de 2017]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.
- Jolly, W.M.; Cochrane, M.A.; Freeborn, P.H.; Holden, Z.A.; Brown, T.J.; Williamson, G.J. y Bowman, D.M.J.S. 2015: Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications*, 6, 7537.
- Lau, J. 2017. Utilización del índice meteorológico de incendios forestales (Fire Weather Index) en el departamento de Cusco. Tesis Ing. Meteorólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina 136 p.
- Leathwick, J.; Briggs, C. M. 2001. Spatial prediction of wildfire hazard across. New Zealand: New Zealand Fire Service Commission.
- Lelieveld, J.; Evans, J.S.; Fnais, M.; Giannadaki D. y Pozzer, A. 2015: The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. *Nature*, 525, 367-371.
- Manta Nolasco, M. I. y León, H. 2004. Los incendios forestales en el Perú: grave problema por resolver. *Floresta* 34(2):179-186.
- Manta, M. 2017. Contribución al conocimiento de la prevención de

- los incendios forestales en la sierra peruana (UNALM (ed.)).
- Manta, María Isabel. 2018. Evaluation of wildfire danger in the Peruvian Andes: First step for its reduction and adaptation. Universidad Nacional Agraria La Molina. Department of Forestry Management. Lima. *Advances in Forest Fire Research* 2018. P. 44-56
- MAGyP, 2014: Plantaciones forestales y gestión sostenible. Unidad de Cambio Rural, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires, Argentina, 14 pp. Consultado en: http://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/gestion-forestalsostenible/publi_ambiental.pdf
- Myers, R. 2006: Living with fire: Sustaining ecosystems & livelihoods through integrated fire management. Global Fire Initiative, The Nature Conservancy, 36 pp.
- MINAGRI. Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal. Lima.
- MINAGRI. Decreto Supremo N°018-2015-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal. Lima.
- MINAGRI-SERFOR-DE. 2018. Resolución de Dirección Ejecutiva N° 284-2018-MINAGRI-SERFOR-DE. Plan de Prevención y Reducción de Riesgos de Incendios Forestales Periodo 2019-2022. Lima.
- MINAM-SERNANP, 2005. Estrategia de Gestión del Riesgo de Incendio Forestal en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE). Lima.
- Ministerio del Ambiente. 2013. D.S. N°002-2013-MINAM. Los Estándares de Calidad Ambiental para suelo y disposiciones complementarias. Lima.
- Ministerio del Ambiente. 2014. D.S. N°002-2014-MINAM. Guía para Muestreo de Suelos y Guía para la elaboración de los Planes de Descontaminación de Suelos, R.M. N°085-2014-MINAM. Lima.
- MINAM. (2019). Mapa Nacional de Ecosistemas -Memoria Descriptiva (p. 119). www.minam.gob.pe
- Moscovich, F., Ivandic, F., & Besold, L. 2014. Manual de combate de incendios forestales y manejo de fuego. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_manual_de_combate_de_incendios_forestales_y_ma.pdf
- Moreira, F., D. Ascoli, H. Safford, M.A. Adams, J.M. Moreno, J.M. Pereira, F.X. Catry, J. Armesto, W. Bond, M.E. Gonzalez, T. Curt, N. Koutsias, L. McCaw, O. Price, J.G. Pausas, E. Rigolot, S. Stephens, C. Tavsanoglu, V.R. Vallejo, B.W. van Wilgen, G. Xanthopoulos y P.M. Fernandes. 2020: Wilfire management in Mediterranean-type regions: Paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, 15, 011001.
- Mouillot, F. y Field, C. 2005: Fire history and the global carbon budget: a 1° x 1° fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology*, 11, 398-420.
- Nolasco, M.I.M. y Sanhueza, P.I. 2011: Wildfires in South America. *Crisis response*, 6(1), 56-57.

- Omi, P. 2005. Forest fires: a reference handbook. In ABC-CLIO Inc (Ed.), Contemporary World Issues.
- Pechony, O. y Shindell, D.T. 2010: Driving forces of global wildfires over the past millennium and the forthcoming century. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 107, 19167-19170.
- Pivello, V.R., 2011: The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. *Fire Ecology*, 7(1), 24-39.
- Rodríguez, F. 2012. Scribd. Recuperado el 12 de junio de 2014, de Tipos y Niveles de Investigación Científica: <http://es.scribd.com/doc/97318021/Tipos-y-Niveles-de-Investigacion-Cientifica>
- Sarmiento, F. y Frolich, L. 2002: Andean Cloud Forest Tree Lines: Naturalness, Agriculture and the Human Dimension. *Mountain Research and Development*, 22(3): 278-287.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú-SENAMHI. 2016. Informe Técnico N° 006. Períodos secos y húmedos en la vertiente occidental de los Andes peruanos. Lima
- SENAMHI. 2005. Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales en el Perú. Lima.
- SENAMHI. 2018. Mapa de clasificación climática del Perú.
- SENAMHI-PACCPERU. 2012. Caracterización climática de las regiones Apurímac y Cusco. Serie de investigación regional # 1. Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC - Perú. Lima. pp.113.
- SERFOR. 2016. Informe N° 010-2016-SERFOR-ATFFS Selva Central-HFTZ. Lima.
- SERFOR. 2018. Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales (p. 55) [Plan]. <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>
- SERFOR. 2020. Protocolo de actuación interinstitucional para gestionar y proteger los ecosistemas incluidos en la lista sectorial de ecosistemas frágiles.
- SERNANP. 2016. Manual para el control de incendios forestales - Parque Nacional del Manu.
- Shlisky, A., J. Waugh, P. Gonzalez, M. Gonzalez, M. Manta, H. Santoso, E. Alvarado, A. Ainuddin Nuruddin, D.A. Rodríguez-Trejo, R. Swaty, D. Schmidt, M. Kaufmann, R. Myers, A. Alencar, F. Kearns, D. Johnson, J. Smith, D. Zollner y W. Fulks, 2007: Fire, Ecosystems and People: Threats and Strategies for Global Biodiversity Conservation. GFI Technical Report 2007-2. The Nature Conservancy. Arlington, VA. pp 28.
- Smith, J. 2001. The Facts on File dictionary of weather and climate (Facts On File (ed.); Revised).
- Strahler, A. 1989. Geografía Física. Barcelona, Omega, España. 336 p.
- USAID. USDA. 2015. Reporte de Evaluación del Manejo de Incendios Forestales en el Perú.
- Veblen, T.T., T. Kitzberger y Raffaele, E. 2008: The historical range of variability of fires in the Andean-Patagonian Nothofagus forest region. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 724-741.
- World Bank, Global Solar Atlas 2. 2019. Technical Report. Washington, DC. USA.

Zárate, L. 2004. Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales. Universidad Politécnica de Cataluña.

Tablas.

Tabla 1. Ocurrencias de incendios forestales. 2012-2016.

Año	Cobertura vegetal afectada (ha)	Cobertura vegetal perdida (ha)	Total hectáreas afectadas
2012	4 788,60	12 020,70	16 809,30
2013	33 826,50	16 713,50	50 540,00
2014	3 414,60	2 162,00	5 576,60
2015	3 807,10	1, 479,80	5 286,90
2016	47 529,00	61 863,60	109 392,60
Total	93 365,80	94 239,60	187 605,40

Fuente. COEN-INDECI, 2016.

Tabla 2. Distribución espacial de incendios forestales en los andes peruanos. Periodo 1973-2014

Nº	Department	Provinces (Nº)	Provinces with wildfires (Nº)	Districts (%)	Districts (Nº)	Districts with wildfires (%)
1	Cusco	13	13	100,0	108	62,0
2	Puno	13	10	76,9	108	25,9
3	Arequipa	8	6	75,0	108	20,4
4	Apurimac	7	7	100,0	79	63,3
5	Cajamarca	13	8	61,5	127	15,0
6	Piura	8	3	37,5	62	8,1
7	Ancash	20	10	50,0	166	7,2
8	Ayacucho	11	7	63,6	111	13,5
9	Junin	9	6	66,7	123	6,5
10	Amazonas	7	4	57,1	83	8,4
11	Pasco	3	2	66,7	28	10,7
12	Huancavelica	7	4	57,1	93	4,3
13	La Libertad	12	2	16,7	82	2,4
14	Huánuco	11	3	27,3	75	4,0
15	Lima	10	4	40,0	171	2,3
16	Moquegua	3	2	66,7	20	20,0

Fuente. María Isabel, Manta. 2018

Tabla 3. Temperatura máxima estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco.

Zona	Promedio anual (°C)	Promedio verano (°C)	Promedio otoño (°C)	Promedio invierno (°C)	Promedio primavera (°C)	Estaciones principales
Interandina	8 - 24	8 - 24	8 - 24	8 - 24	8 - 28	Machupicchu, Anta, Calca, Písaq, K'ayra
Altoandina	8 - 20	8 - 24	8 - 24	8 - 24	12 - 24	Acomayo, Combapata, Sicuani.
Selva norte	20 - 32	16 - 32	16 - >32	16 - >32	16 - >32	Ocobamba, Cirialo, Quillabamba.
Selva central	20 - 32	20 - 32	20 - 32	20 - 32	20 - 32	Rocotal, Quincemil, Salvación, Pilcopata.
Microcuenca Huacrahuacho	12 - 20	12 - 20	12 - 20	12 - 20	12 - 20	El Descanso.

Fuente. Elaborado en base a información del SENAMHI. 2005.

Tabla 4. Temperatura mínima estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco

Zona	Promedio anual (°C)	Promedio verano (°C)	Promedio otoño (°C)	Promedio invierno (°C)	Promedio primavera (°C)	Estaciones principales
Interandina	-8 - 12	-4 - 12	-8 - 12	-12 - 8	-4 - 12	Anta, Písaq, K'ayra, Mollepata
Altoandina	-8 - 8	-4 - 12	-8 - 12	-12 - 0	-8 - 12	Combapata, Sicuani.
Selva norte	8 - 24	8 - 24	8 - 24	8 - 24	8 - 24	Ocobamba, Quillabamba.
Selva central	12 - 24	12 - 24	8 - 24	12 - 20	8 - 24	Rocotal, Pilcopata.
Microcuenca Huacrahuacho	-4 - 4	0 - 4	-4 - 0	-8 - -4	-4 - 4	El Descanso.

Fuente. Elaborado en base a información del SENAMHI. 2005.

Tabla 5. Precipitación estacional y anual 1971-2000 en la región Cusco.

Zona	Rango anual (mm)	Rango verano (mm)	Rango otoño (mm)	Rango invierno (mm)	Rango primavera (mm)	Estaciones principales
Interandina	200-1500	200-1000	50-700	0-200	100-500	Urubamba, Yucay, Calca, Paucartambo, Chitapampa, Zurite, Anta, Písaq, K'ayra, Caycay, Urcos, Paruro Acomayo
Altoandina	500-1500	200-1000	100-500	0-50	50-200	Combapata, Sicuani, Santo Tomás, Yauri, Livitaca.
Selva norte	1000-3000	700-1500	500-1500	100-500	500-1000	Ocobamba, Santa Teresa. Quillabamba, Echarati.
Selva central	1500->5000	700-3000	700-1500	500-1500	500-1500	Rocotal, Quicemil, Salvación, Pilcopata.
Microcuenca Huacrahuacho	500-1000	200-700	100-500	0-50	50-200	El Descanso.

Fuente. Elaborado en base a información del SENAMHI. 2005.

Tabla 6. Ocurrencia de las principales causas de los incendios

Quema agrícola.....	50%
Quema de pasturas.....	33%
Excursiones.....	06%
Turismo.....	05%
Rayos.....	02%
Otras causas.....	04%

Fuente. Elaboración propia en base a observaciones y análisis de información.

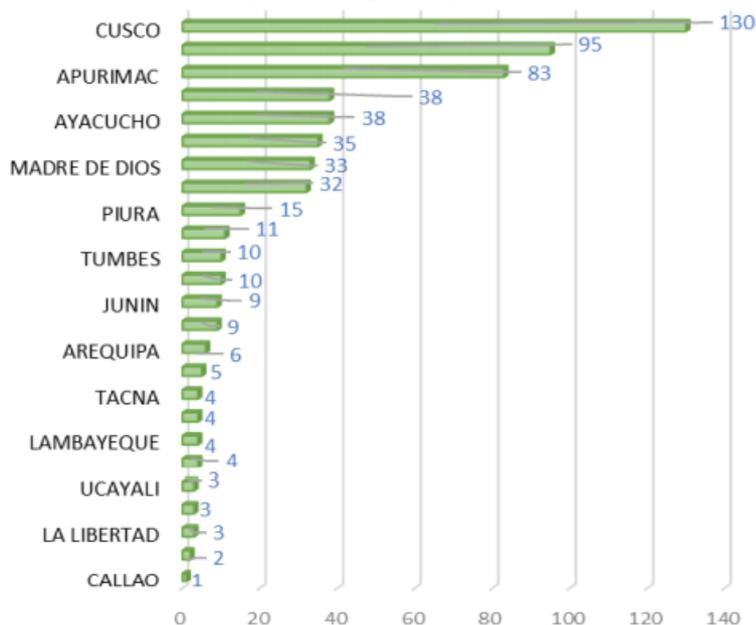
Tabla 7: Propiedades de un suelo antes y después de un incendio

PROPIEDAD DEL SUELO	Profundidad del suelo	Antes del incendio	Después del incendio
Materia Orgánica (% del peso del suelo seco)	Primeros 10 cm	5,7	3,5
	10 – 20 cm	3,7	3,1
N Total (% del peso del suelo seco)	Primeros 10 cm	0,1	0,1
	10 – 20 cm	0,1	0,1
Relación C/N	Primeros 10 cm	27	18
	10 – 20 cm	24	18
Capacidad de campo (% del peso del suelo seco)	Primeros 10 cm	75	50
	10 – 20 cm	43	50
pH	Primeros 10 cm	5,0	6,2
	10 – 20 cm	4,8	5,5
Sales solubles en agua (mg/l)	Primeros 10 cm.	370	585
	10 – 20 cm	365	164

Fuente. Elaborado en base a trabajos de campo. E. Gil et al. 2000

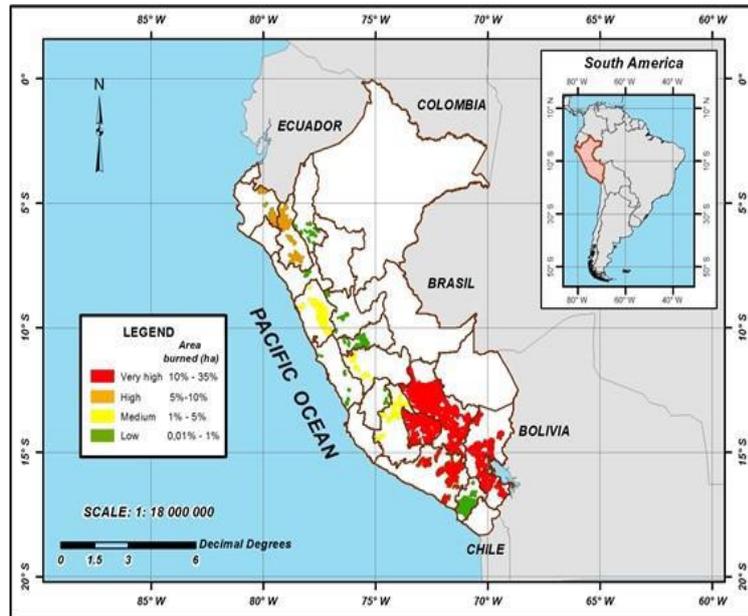
Figuras.

Figura 1. Incendios forestales reportados por departamento. 2012-2016.



Fuente. COEN-INDECI. 2016.

Figura 2. Mapa de riesgo de fuego en los andes peruanos.



Fuente. Manta. 2018.

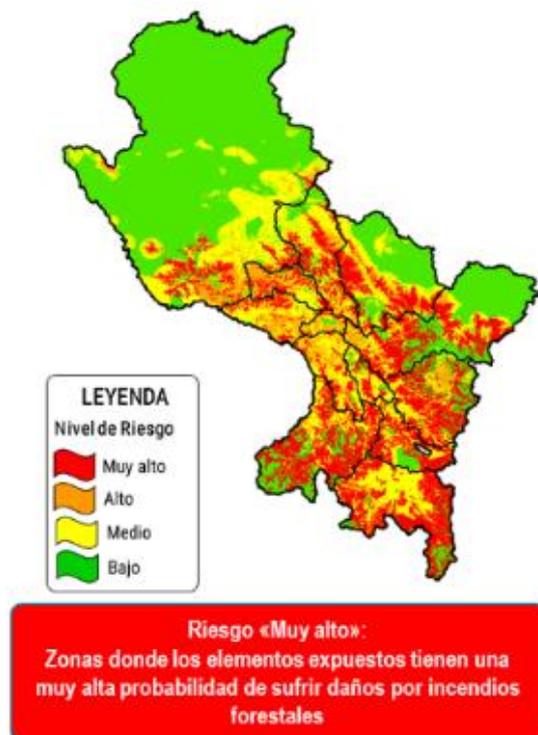
Figura 3. El fuego se produce debido al material altamente combustible en un escenario con temperaturas altas.



Figuras 4 y 5. Los bosques montanos por ser residuales y el matorral espinoso por ser altamente combustible, deben merecer especial atención en la prevención.

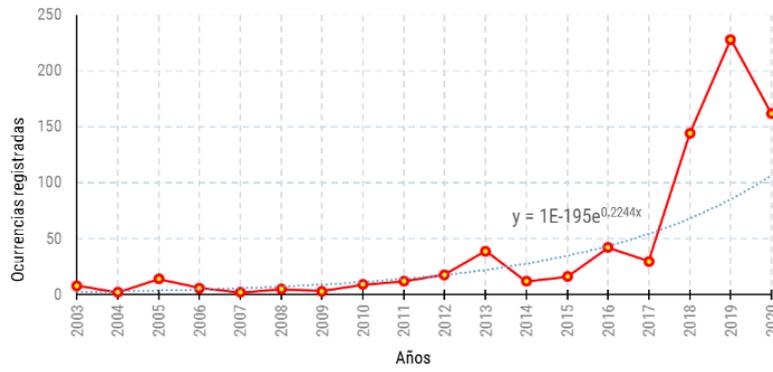


Figura 6. Escenarios de riesgo por incendios forestales para Cusco.



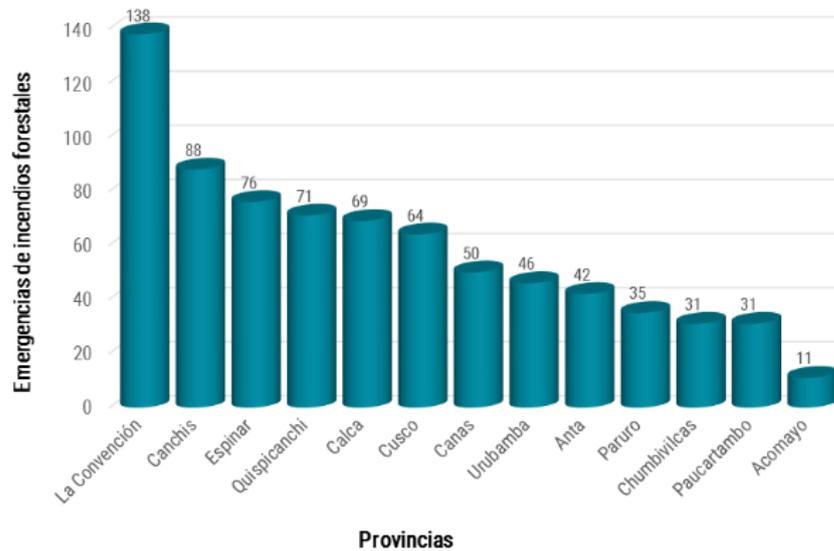
Fuente: Elaborado por CENEPRED. 2020

Figura 7. Incendios registrados por años en la región Cusco.



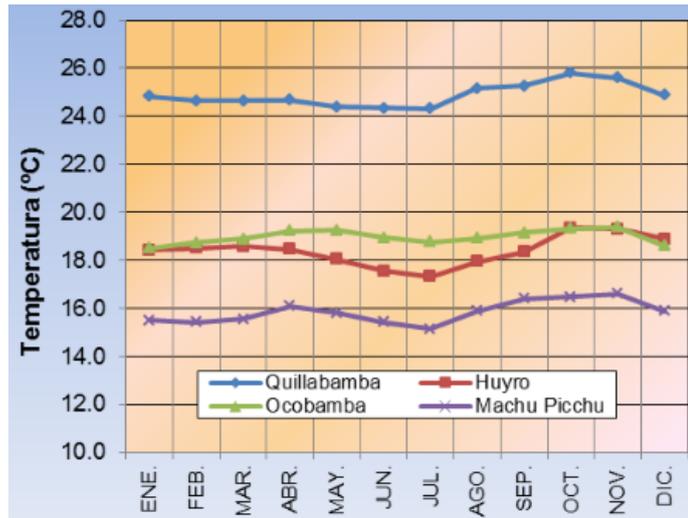
Fuente. Elaborado por CENEPRED, GoRe Cusco e INDECI. 2020.

Figura 8. Ocurrencia de incendios forestales por provincia en la región Cusco.



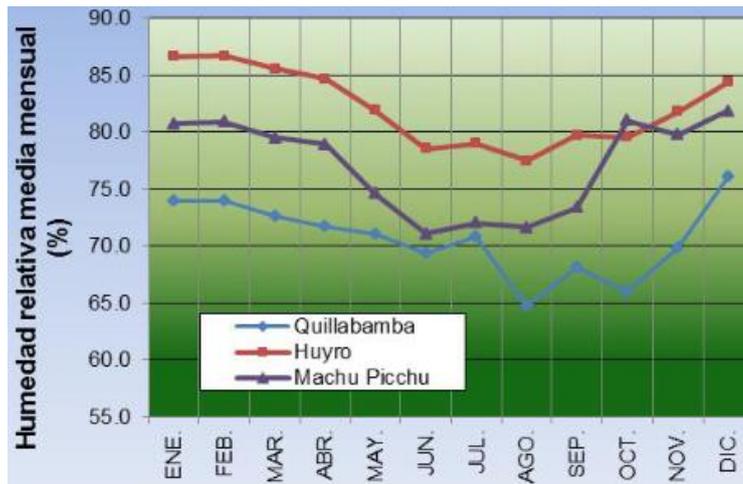
Fuente. Elaborado por CENEPRED, GoRe Cusco e INDECI. 2020.

Figura 9. Régimen de temperaturas medias mensuales (°C)



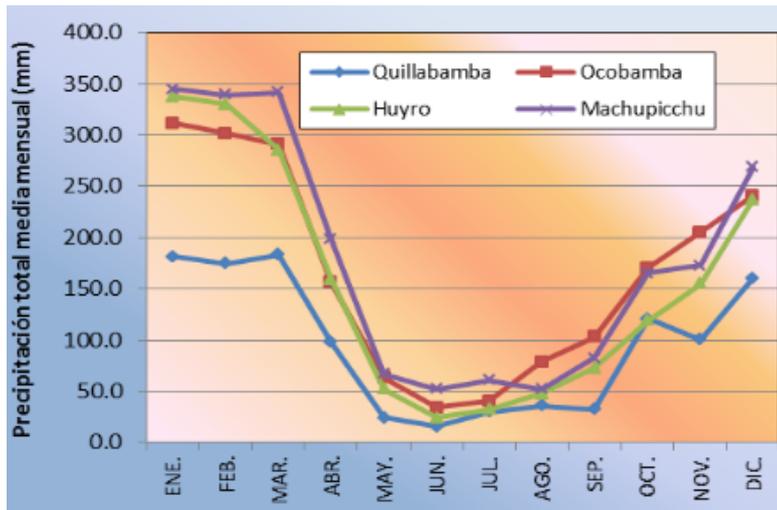
Fuente. Elaborado en base a información del SENAMHI.

Figura 10. Humedad relativa media mensual (%) en estaciones meteorológicas de Cusco.



Fuente. Elaborado en base a información del SENAMHI.

Figura 11. Precipitación total mensual en estaciones meteorológicas del Cusco (mm)



Fuente. Elaborado en base a información del SEBAMHI. 2010

Figuras 12 y 13. El fuego es empleado para renovar pastos y como medio para ampliar suelos para la agricultura. Su inadecuado manejo, deviene en incendio.



Figuras 14 y 15. Los incendios generan material particulado y gases tóxicos que afectan a la salud pública.

Figura 16. Semáforo de Karl Lewinsking.

Descripción	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muy alto
Temperatura	Hasta 25 °C	Hasta 30 °C	De 30 °C a 36 °C	Arriba de 36 °C
Humedad relativa	Hasta 50%	Hasta 40%	Menos del 20%	Abajo del 10%
Velocidad del viento	0 a 10 km/h	10 a 20 km/h	Arriba de 20 km/h	Más de 30 km/h
Vegetación	Semi-húmeda	Seca	Seca o muy seca	Muy seca

(combustible)				
Cielo	Nublado	Nublado a medio nublado	Soleado a medio nublado	Soleado
Estatus	Favorable	Pre-alerta	Alerta	Alarma
Semáforo	Verde	Ámbar	Rojo	Situación crítica roja
Acciones	Monitoreos normales	Monitoreos y medidas de detección constantes	Monitoreo intenso y detección constante en todas las áreas críticas	Monitoreo y comunicación constante con servicios de emergencia
	Vigilancia de rutina	Vigilancia permanente	Vigilancia permanente	Vigilancia extrema
	Prevención de RUTINA	Prevención CONSTANTE	Prevención URGENTE	Prevención MEDIDAS EXTREMAS

Figuras 17 y 18. La construcción de franjas rompe fuego, son importantes en todo proyecto de forestación y reforestación



Figuras 19 y 20. El equipamiento para el control de incendios forestales, debe incluir la construcción de reservorios para abastecer de agua a vehículos que controlen incendios.

