



Universidad César Vallejo

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**Análisis de la deforestación producida por incendios forestales
durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de
Cusco**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniera ambiental

AUTORA:

Ticona Vilca, Steefii Andrea (orcid.org/0000-0002-5907-4237)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (orcid.org/0000-0002-8578-4259)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a mis padres, Barbarita y Andrés, por ser quienes me dieron su apoyo constante para cumplir mis metas. A mi hermana Jackeline que desde el cielo me cuida y guía mis pasos. A mis hermanos, Carolina, Pamela y Michael, con quienes hemos llorado y reído. Finalmente, a mis sobrinos, Lando y Rubí, quienes alegran mi vida a través de sus pequeñas locuras.

Agradecimientos

A mis padres por ser mi soporte, a mis hermanos por nunca perder la fe en mí. A mis amigos Tabatha Gallegos y Wilfredo Mora por aconsejarme, apoyarme y ayudarme. Al Mg. Marco Antonio Herrera Díaz por darme su apoyo y ánimos a lo largo del proceso de realización de este trabajo, también por asesorarme con gran profesionalismo y dedicación.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos	15
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN.....	33
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS	37
ANEXOS	41

Índice de tablas

Tabla 1: Bandas espectrales de Landsat 8.....	6
Tabla 2: Descripción de las imágenes satelitales empleadas en el estudio	12
Tabla 3: Validación de instrumentos.....	13
Tabla 4: Matorral arbustivo quemado por causa de incendios forestales	19
Tabla 5: Pajonal andino quemado por causa de incendios forestales	23
Tabla 6: Zona agrícola quemada por causa de incendios forestales.....	25
Tabla 7: Cobertura vegetal total quemada por causa de incendios forestales	31

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio	14
Figura 2: Matorral arbustivo deforestado por los incendios forestales	18
Figura 3: Evolución de matorral arbustivo perdido por causa de incendios forestales	20
Figura 4: Pajonal andino deforestado por los incendios forestales	21
Figura 5: Evolución de pajonal andino perdido por causa de incendios forestales	23
Figura 6: Zona agrícola deforestada por los incendios forestales	24
Figura 7: Evolución de la zona agrícola perdida por causa de incendios forestales	26
Figura 8: Índice de NDVI de mapa de susceptibilidad	27
Figura 9: Zonas quemadas de la cobertura vegetal de la subcuenca Huatanay.	29
Figura 10: Índice de NBR multitemporal entre los años 2016 - 2021	30
Figura 11: Evolución de la zona agrícola perdida por causa de incendios forestales	32

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca del río Huatanay de la región Cusco. La importancia de la investigación es generar información sobre el grado de afectación de las zonas por los incendios forestales que contribuye al aceleramiento del cambio climático. El estudio fue de tipo básica y tuvo un enfoque cuantitativo, se aplicó un diseño no experimental de tipo transeccional, correlacional-causal y de nivel descriptivo. Se utilizó los shape file de cobertura vegetal del portal web del MINAM, se realizó un preprocesamiento haciendo uso del Qgis para la corrección atmosférica obteniendo la conversión de números digitales a reflectancia, se aplicó el índice normalizado de área quemada (NBRI) para determinar las áreas afectadas por los incendios como pajonales, matorral arbustivo y zona agrícola. Como resultado se determinó que la zona de pajonales tuvo una pérdida significativa de 52.98% a diferencia de las demás zonas. En conclusión, se determinó que hubo un 26.85% de pérdida de cobertura vegetal total en la subcuenca del Huatanay.

Palabras clave: Cobertura Vegetal, Deforestación, NBRI, Incendios Forestales, Teledetección.

Abstract

The objective of this research is to determine the area of vegetation cover deforested by the action of forest fires during the period 2015 - 2021 in the sub-basin of the Huatanay River in the Cusco region. The importance of the research is to generate information on the degree of affectation of the areas by forest fires that contributes to the acceleration of climate change. The study was of basic type and had a quantitative approach, a non-experimental design of transectional, correlational-causal and descriptive level was applied. The shape files of vegetation cover from the MINAM web portal were used, a preprocessing was carried out using Qgis for atmospheric correction, obtaining the conversion of digital numbers to reflectance, the normalized burned area index (NBRI) was applied to determine the areas affected by fires such as grasslands, shrubby scrub and agricultural area. As a result, it was determined that the grasslands area had a significant loss of 52.98%, unlike the other areas. In conclusion, it was determined that there was a 26.85% loss of total vegetation cover in the Huatanay sub-basin.

Keywords: Vegetation Cover, Deforestation, NBRI, Forest Fires, Remote Sensing

I. INTRODUCCIÓN

En el año 2020, Boston Consulting Group (BCG) y World Wide Fund for Nature (WWF) revelaron un análisis alarmante, en el que indican el incremento del 13% de alertas de incendios a nivel mundial en comparación del año 2019, el cual de por sí, había roto un récord en alertas frente a fechas pasadas en Sudamérica y el mundo (WWF 2020). Se pronostica que habrá un incremento de incendios forestales extremos a nivel global de hasta un 14% para 2030, un 30% para finales de 2050 y un 50% para finales de siglo debido al cambio de uso de suelo y al cambio climático, según uno de los últimos reportes del PNUMA y GRID-Arendal (PNUMA 2022).

Los impactos que producen los incendios forestales principalmente son en la diversidad biológica, que poseen un rol muy importante en la reducción de los gases de efecto invernadero, cuando estos ecosistemas se destruyen o se degradan, la cantidad de carbono que se libera a la atmósfera se almacena (SEMARNAT 2018). Según el (MINAM 2020) existe desde un 25% a 28% del territorio nacional peruano que presenta las condiciones medias a muy alta para la ocurrencia de incendios y cerca del 99% de incendios forestales se generan por los agricultores.

En el Perú, los meses de julio a octubre marcan la temporada de incendios forestales, debido a los diversos factores como fuertes vientos, la falta de lluvias, la variación de temperatura, por la actividad de agricultores debido a la quema de pastos y residuos agrícolas (actividad ancestral relacionada a la agricultura), siendo estos últimos, una práctica cotidiana en la comunidad andina para tener como meta la regeneración del terreno haciéndolo más fértil, pero afectando la regeneración de las distintas especies arbóreas (SALAZAR 2021).

Los incendios se presentan en mayor proporción en los ecosistemas ubicado en zonas andinas y costeras, más que los ubicados en las zonas amazónicas. En los últimos años la mayor frecuencia de incendios se ha presentado en los años 2000, 2005, 2010 y 2016 que podría explicarse por la disminución y/o ausencia de las precipitaciones, correspondiendo estas fechas a períodos secos. Los

departamentos más propensos a los siniestros fueron, Cajamarca, Puno, Apurímac, Amazonas, Ayacucho, Piura, Madre de Dios y Cusco.

La región del Cusco presenta la mayor cantidad de emergencias históricas registradas por ocurrencias de incendios forestales provocados por la acción humana, relacionados principalmente a las actividades de quema, con fines de cambio de uso de suelos que traen como consecuencias la destrucción de la cobertura forestal, la pérdida de fauna silvestre, deterioro del patrimonio cultural, y contaminación de las aguas y del aire (CENEPRED 2021). Es una de las regiones que, en el 2021, ha reportado más de 191 siniestros, afectando a más de 10 mil hectáreas de cobertura natural en Cusco (CHILO 2021).

Por lo expuesto en la investigación , se planteó como **problema general** ¿Cuánto es la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?, como **problemas específicos**: ¿Cuánto es la superficie de matorral arbustivo deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?, ¿Cuánto es la superficie de pajonal andino deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?, ¿Cuánto es la superficie de la zona agrícola deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?.

La justificación de la investigación se basó en el aspecto teórico, se tuvo como propósito generar reflexión y el debate académico sobre los conocimientos existente. De esta manera, el presente proyecto de investigación se enfoco en estudiar la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, generando información importante sobre la acción de los incendios y el incremento de la deforestación siendo de referencia para el desarrollo de futuras investigaciones.

El **objetivo general** de la investigación fue: determinar la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco y como **objetivos específicos** se

planteó: determinar la superficie de matorral arbustivo deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, determinar la superficie de pajonal andino deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, determinar la superficie de zona agrícola deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco.

La investigación planteo como **hipótesis general**: la acción de incendios forestales incrementa la deforestación de la cobertura vegetal durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, afectando directamente los matorrales arbustivos, pajonals y la zona agrícola del lugar debido a que la cobertura vegetal andina es muy susceptible a los incendios forestales.

Para finalizar; el motivo de la investigación es aportar con información estructurada y organizada sobre los incendios forestales en la subcuenca del río Huatanay, para que estos sirvan como una herramienta útil para los tomadores de decisiones de los distintos niveles de gobierno.

II. MARCO TEÓRICO

Los **incendios forestales** son fenómenos que se producen por la combustión y se desarrolla una propagación no controlada de fuego sobre la vegetación de un determinado territorio, generado a partir de un fuego causado de manera natural o por el hombre. (Forestales, 2016)

(Silva-Junior et al. 2022) analizaron un conjunto de datos de incendios activos, áreas quemadas, uso y cobertura de la tierra, lluvia y temperatura de la superficie para comprender la fragmentación de los bosques y la dinámica de los incendios forestales desde un enfoque de detección remota. Los incendios forestales impactaron, en promedio, alrededor de 1031 695 km² año⁻¹ de bordes de bosque entre 2003 y 2017, el equivalente al 60% del total de bosque quemado en este período. Nuestros resultados demostraron que la fragmentación de los bosques es un factor importante que controla la variabilidad temporal y espacial de los incendios forestales en la Amazonía oriental.

(Adrianto et al. 2020) realizaron un estudio donde elaboraron mapas sobre las clasificaciones de cobertura terrestre para 1990, 1996, 2000, 2003, 2006 y 2009, luego anualmente entre 2011 y 2017. Antes de 2000, se basó predominantemente en el análisis de las imágenes de Landsat. Durante 2000–2009, las imágenes digitales de Landsat fueron combinado con imágenes SPOT Vegetation de 1000 m y MODIS de 250 m, pero la clasificación aún dependía en la interpretación visual de imágenes. Finalmente, desde 2009 solo se utilizan imágenes Landsat como datos principales. Landsat 8 OLI se ha utilizado desde 2013 en Indonesia experimentando un extenso cambio en la cobertura del suelo y frecuentes cambios de vegetación y suelo.

La **deforestación** es el proceso de destrucción de una superficie vegetal generando la fragmentación y la degradación de un ecosistema y son los responsables de los cambios en su estructura y la función de estos hábitats (Cayuela 2006)

(Pontes-Lopes et al. 2022) mencionan que el fuego es un componente importante de la degradación forestal en los bosques amazónicos. En su estudio. Contrastaron

cambios temporales anuales en la biomasa aérea forestal (AGB), medida en parcelas permanentes, y en índices espectrales tradicionales derivados de imágenes Landsat-8. Probaron si los índices espectrales pueden mejorar los modelos Random Forest (RF) de pérdidas AGB posteriores al incendio en función de AGB previo al incendio, Como resultado indica el potencial de los datos espaciales estructurales y espectrales para integrar complejos procesos ecológicos post-incendio y mejora de las estimaciones de emisiones de carbono por incendios forestales en la Amazonía.

Los **pajonales** son pastizales naturales que se forman en altitudes entre los 3000 y los 5000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). Son los principales proveedores de servicios ecosistémicos hídricos que requieren conservación y restauración para garantizar la seguridad hídrica de los países andinos. (Mosquera et al. 2022)

Los **Matorrales** andinos son ecosistema que presentan una vegetación leñosa arbustiva el cual desarrollan una composición y estructura variable (incluyendo formaciones de cactáceas o cardonales), su altura sobre el suelo no supera los 4 metros, incluye árboles de manera dispersa, rango altitudinal entre cerca de 1 500 hasta 3 900 m s. n. m (SENAMHI 2012).

(Ruíz-García et al. 2022) analizaron los efectos de los incendios forestales y los cambios de uso de suelo sobre el balance hidrológico en las microcuencas del centro de México. Se estimaron los cambios de uso de suelo ocurridos entre 1995 y 2021 y se realizaron proyecciones con base en el escenario actual. Se propusieron dos escenarios tendenciales para el 2047. Los resultados muestran que, con la permanencia o aumento de la superficie forestal, la escorrentía superficial disminuiría en un 48,2%, aumentando el caudal base en un 37% y la humedad del suelo en un 2,3%. Si se pierde el bosque, la escorrentía superficial aumentaría hasta un 454 % y la humedad del suelo disminuiría un 27 %.

(TEODORO y AMARAL 2019) en su estudio sobre el incendio ocurrido en el norte Portugal en el municipio de Arouca utilizaron imágenes Landsat 8 y Sentinel 2A MSI; ambas para los años 2016 y 2017, se les aplicó correcciones de radiancia, reflectancia TOA y reflectancia superficial. Se realizó un análisis post incendio para analizar el área de cobertura vegetal perdido utilizando la función NDVI para evaluar

el área quemada y NBR para estimar la severidad de la quema, como resultado un total de 161.522 ha de área total de quema, de las cuales el 48% fueron áreas forestales y el 52% matorrales.

La **Teledetección** es una técnica en la cual podemos obtener datos con respecto a las superficies de la tierra, adquirimos datos mediante un sensor o dispositivo instalado a cierta distancia sobre la tierra y apoyándose en cantidades cuantificables de energía electromagnética reflejadas o emitidas (INAIGEM 2017). Las misiones Landsat son parte del Programa Nacional de Imágenes Terrestres de la USGS; estas son una serie conjunta de satélites de observación de la Tierra, las cuales han adquirido continuamente imágenes de la superficie terrestre de la Tierra, proporcionando así datos ininterrumpidos desde 1972 de forma libre (USGS 2018).

(Fernández Menis 2018) utilizo el sensor MODIS para el procesamiento de datos de focos de calor (hots pots), dichos datos son validados por la aplicación del Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) en imágenes Landsat y Sentinel para la cuantificación del área deforestada. Determinaron que el área total afectada en el año 2011 fue de 2 535,91 has, en el año 2013 de 1 720,80 has y en 2016 de 7 081,74 has en bosque primario, secundario y pastizales, en cuanto al área deforestada, el autor concluye que los incendios forestales y los focos de calor tienen una correlación positiva considerable muy fuerte.

El **satélite Landsat 8** proporciona imágenes que se obtienen del sensor OLI y TIRS, el primer sensor consta de nueve bandas espectrales. El TIRS mide la temperatura de la superficie terrestre en dos bandas térmicas con una nueva tecnología que aplica la física cuántica para detectar el calor (ARIZA 2013). En la tabla 1 se observa las bandas espectrales de Landsat 8

Tabla 1: Bandas espectrales de Landsat 8

SENSOR	NÚMERO DE BANDA	DENOMINACIÓN DE BANDA	LONGITUD DE ONDA (MICRÓMETROS)	RESOLUCIÓN (METROS)
OLI	1	Aerosol costero	0.43 – 0.45	30
	2	Azul	0.450 – 0.51	30
	3	Verde	0.53 – 0.59	30

	4	Rojo	0.64 – 0.67	30
	5	Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 – 0.88	30
	6	SWIR 1	1.57 – 1.65	30
	7	SWIR 2	2.11 – 2.29	30
	8	Pancromática (PAN)	0.50 – 0.68	15
	9	Cirrus	1.36 – 1.38	30
TIRS	10	Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.6 – 11.19	100
	11	Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.5 – 12.51	100

(VARGAS-CUENTAS y ROMAN-GONZALEZ 2021) realizó un cálculo de relación de quemado (dNBR) para las áreas afectadas por incendios forestales ubicados en el bosque seco Chiquitano y la amazonia boliviana extendida en el departamento de Beni y Santa cruz, para este cálculo se hizo uso de imágenes satelitales Landsat 8 aplicando funciones NDVI, NBR, NBRT1, y SAVI para evidenciar las áreas quemadas. Los resultados demostraron un área quemada para Chiquitano de 3'825,359 Ha, para el departamento de Beni 1'183,134 Ha, para el interior del país y áreas protegidas se quemaron 299,846 Ha y se registró áreas quemadas en territorios de indígenas que comprenden 630694 Ha. En total se registraron un total de 5008493 Ha afectadas por incendios forestales.

Las **imágenes satelitales** están influenciadas por distorsiones en el sensor debido a efectos solares, atmosféricos y topográficos. Por lo tanto, se necesita realizar un preprocesamiento para minimizar dichos efectos, dependiendo, por supuesto, de cada aplicación de teledetección o de las especificaciones del proyecto o estudio a realizar (KAMUSOKO 2019). En este estudio se realizó el preprocesamiento de imágenes de detección remota antes de la transformación y clasificación de las imágenes utilizadas.

El estudio realizado por (FRANCO, MUNDO y VEBLEN 2020) se evaluó la severidad de quemas, este estudio está enfocado en grandes incendios forestales ocurridos entre diciembre del 2013 y enero del 2014. Se utilizaron imágenes del Satélite Landsat 8 donde se obtuvieron imágenes post incendio y cercanas al aniversario del incendio, el procesamiento de estas imágenes se vio sujeto a la

aplicación de NDVI, NBR y CSI asimismo se utilizó la versión normalizada de los índices (nNDVI, dNBR, dMIRBI, dCSI). Para el incendio de Rucachoroy, el área presento una severidad alta (50%), baja (30%) y moderada (20%). En total de acuerdo a la severidad el área quemada fue de 3302 ha.

(Llorens et al. 2021) desarrollaron una metodología para estimar la extensión de áreas afectadas por incendios forestales, así como los niveles de severidad de las quemadas utilizando imágenes Sentinel 2 (10 y 20 m) y se aplican a los incendios ocurridos en octubre de 2017 en España y Portugal. La comparación con el Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS), que utiliza las imágenes MODIS (250 m), muestran que la metodología mejora la estimación del área en un 10 % en el área de comisión.

La **corrección radiométrica** se centra en mejorar la precisión de las mediciones de reflectancia superficial, emitancia y retrodispersión, es decir, los datos de detección remota se corrigen por errores internos del sensor y ruido atmosférico (KAMUSOKO 2019). La corrección atmosférica tiene como objetivo determinar los verdaderos valores de reflexión de la superficie eliminando los efectos atmosféricos resultantes de la dispersión y absorción de la radiación electromagnética por los gases y los aerosoles al atravesar la atmósfera hasta el sensor del satélite. Estudios anteriores han informado de que la corrección atmosférica es una de las correcciones más importantes, especialmente cuando se trabaja con múltiples escenas a diferentes escalas temporales (PHIRI et al. 2018).

(CASTILLO et al. 2020) realizaron un monitoreo de incendios forestales en el Noreste de la Amazonia peruana haciendo uso de imágenes Landsat 8 y Sentinel 2 para los años 2017, 2018 y 2019; pero a diferencia de otros estudios realizados al análisis de pérdida de cobertura vegetal, este utiliza la plataforma Google Earth Engine, pero aplicando mismas correcciones y funciones como son el NDVI, NBR, NBR2 y el MIRBI, dando como resultado para las imágenes Landsat 8 en el año 2017 un total de 16.39 km², para el 2018 6.24 km² y para el 2019 32.93 km² de área quemada que comparando con los resultados del satélite Sentinel 2 se obtuvo para el 2017 16.55 km², para el 2018 78.50 km² y para el 2019 67.19 km² denotando una precisión en las imágenes Sentinel 2.

Los **índices espectrales** se calculan usando funciones aritméticas de valores de píxeles de dos o más bandas espectrales detectadas remotamente. La ventaja de este enfoque es el posible rango conocido de valores de índice espectral en el intervalo $(-1, 1)$, lo que hace posible lograr la repetibilidad de los valores de propiedades específicas de la cubierta terrestre y, por lo tanto, monitorear sus cambios en el tiempo (RADOČAJ et al. 2020).

(TSOGTGEREL y CHO 2021) tuvieron como propósito evaluar la posibilidad de daños y recuperación de los incendios forestales ocurridos en Mongolia, para calcular el Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el espacio temporal de 2014 al 2018. Se realizó una comparación de imágenes NBR e imágenes NDVI con una muestra por año en el periodo 2014 – 2018, mediante una comparación multitemporal de NBR y NDVI, con todos estos datos, no se obtuvieron resultados favorables para el respectivo análisis, por lo que procedieron a introducir diagramas de dispersión de NBR y NDVI, el resultado sugirió que una pequeña diferencia de NDVI observada justo después del incendio podría resultar en una gran diferencia en la recuperación de la vegetación. Este resultado sugiere que monitorear el NDVI justo después del incendio forestal podría ayudar a estimar la recuperación del incendio forestal.

(Fernández Menis 2018) utilizó el sensor MODIS para el procesamiento de datos de focos de calor (hots pots), dichos datos son validados por la aplicación del Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) en imágenes Landsat y Sentinel para la cuantificación del área deforestada. Determinaron que el área total afectada en el año 2011 fue de 2 535,91 has, en el año 2013 de 1 720,80 has y en 2016 de 7 081,74 has en bosque primario, secundario y pastizales, en cuanto al área deforestada, el autor concluye que los incendios forestales y los focos de calor tienen una correlación positiva considerable muy fuerte.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación fue de tipo básica y tuvo un enfoque cuantitativo. Según (ESTEBAN NIETO 2018) la investigación de tipo básica consiste en el aporte de nuevos conocimientos a la comunidad científica en un determinado campo, los cuales servirán de fundamento y apoyo en futuras investigaciones. Para Hernández sampieri, Fernández Colado y Baptista Lucio (2014, p. 4) el enfoque cuantitativo es un proceso que seguirá una secuencia de etapas de manera progresiva porque se basa en la utilización de procedimientos estandarizados y aceptados por la comunidad científica

En esta investigación se aplicó un diseño no experimental de tipo transeccional, correlacional-causal y de nivel descriptivo. El estudio no tiene control directo debido a que no se puede manipular la variable, ocurre al igual que los efectos que genera la investigación no experimental (Hernández sampieri, Fernández Colado y Baptista Lucio, 2014). Los diseños transeccionales correlacionales-causales describen la relación entre categorías, variables o concepciones en determinado momento (2014, pp. 157–159) así como la correlación de las variables para conocer el grado de dependencia que estas poseen.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: El incendio forestal es el fuego no codiciado independientemente de su origen, el cual se propaga, sin ningún poder de controlarlo, a través de los recursos naturales. Genera pérdidas ecológicas, económicas y sociales (SERFOR 2019). Se inician en un punto o foco, el cual se esparce y extiende a causa de la convección, radiación y conducción del calor que las llamas producen (MINAM 2017).

Variable Dependiente: La cobertura vegetal es todo aquello que se localiza en la superficie terrestre de forma natural, los cuales se encuentran limitadas por factores biofísicos (López, Mendoza y Bocco 2010)

Operacionalización: Ver anexo I

3.3. Población, muestra y muestreo

La población son todos los elementos estudiados que presentan características semejantes sobre las que se va a desarrollar la investigación (BERNAL TORRES 2010). En el presente estudio se tuvo como población la subcuenca Huatanay, el cual cuenta con una superficie de 502 Km² de área total, dicha superficie viene siendo afectada en temporadas de sequía por los incendios forestales.

La muestra es parte de la población de la cual se obtendrá la información para el estudio, sobre esta se desarrollarán la observación y medición de las variables que implica la investigación (BERNAL TORRES 2010). Para el presente estudio se consideró que la muestra fue igual que la población, teniendo así la misma extensión de la subcuenca del río Huatanay.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se empleó la observación como técnica de investigación, la razón de ello se debe principalmente a que se recolectó datos, además, no hubo intervención o ni alteración del ambiente en la zona de estudio donde se encuentran comprendidas las variables. Se realizó el procesamiento de imágenes satelitales con cobertura nubosa menor al 20%, así como, su posterior análisis y relación entre el número de registro de incendios proporcionado por la municipalidad provincial del Cusco.

Tabla 2: Descripción de las imágenes satelitales empleadas en el estudio

SATÉLITE	SENSOR	PAT	ROW	FECHA DE ADQUISICIÓN
Landsat 8	OLI	004	069	04/08/2015
Landsat 8	OLI	004	069	03/06/2016
Landsat 8	OLI	004	069	24/07/2017
Landsat 8	OLI	004	069	27/07/2018
Landsat 8	OLI	004	069	15/08/2019
Landsat 8	OLI	004	069	05/11/2020
Landsat 8	OLI	004	069	23/10/2021

Los instrumentos de recolección de datos utilizados constaron de las siguientes fichas de registro:

- ✓ Una ficha de registro de imágenes Landsat, donde se procedió a ingresar datos como código de imagen, fecha de adquisición, satélite, tipo de sensor, categoría de colección, nivel de procesado y porcentaje de cobertura nubosa de las imágenes satelitales utilizadas.
- ✓ Cinco fichas de registro de incendios forestales, donde se procedió a ingresar datos como distrito, centro poblado, periodo de ocurrencia, tipo de cobertura natural, área y observaciones.

Además, se utilizaron sistemas que permiten recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información tanto estadístico como geográfico, que son:

- Imágenes Satelitales Landsat 8
- QGIS 3.22.4-Białowieża
- ArcMap 10.8.1
- Microsoft Excel 2021

Los formatos empleados como instrumentos de recolección en la presente investigación, fueron analizados y validados por 3 especialistas profesionales en el tema de investigación y de la carrera profesional, lo que se conoce como juicio de expertos. En la siguiente tabla se presenta detalladamente la validación de instrumentos por los expertos.

Tabla 3: Validación de instrumentos

APELLIDOS Y NOMBRES	DNI	N° CIP	% DE VALIDEZ	PROMEDIO DE VALIDEZ
Aylas Humareda, María del Carmen	07733045	55149	80	80%
Castro Tena, Lucero Khaterine	70837735	162994	80	
Mera Terrones, Santos Miguel	10528939	109531	80	

3.5. Procedimientos

Durante todo el proceso de este estudio, se realizó una búsqueda intensiva de información que estuviera relacionada a la investigación. Se delimitó la zona de estudio, con una extensión total de 502 km², el cual se ubica en los distritos de Cusco, Santiago, Wanchaq, San Sebastián, San Jerónimo, Saylla, Oropesa, Lucre y Andahuaylillas, dichos distritos se encuentran entre las provincias de Quispicanchi y Cusco, en la región Cusco.

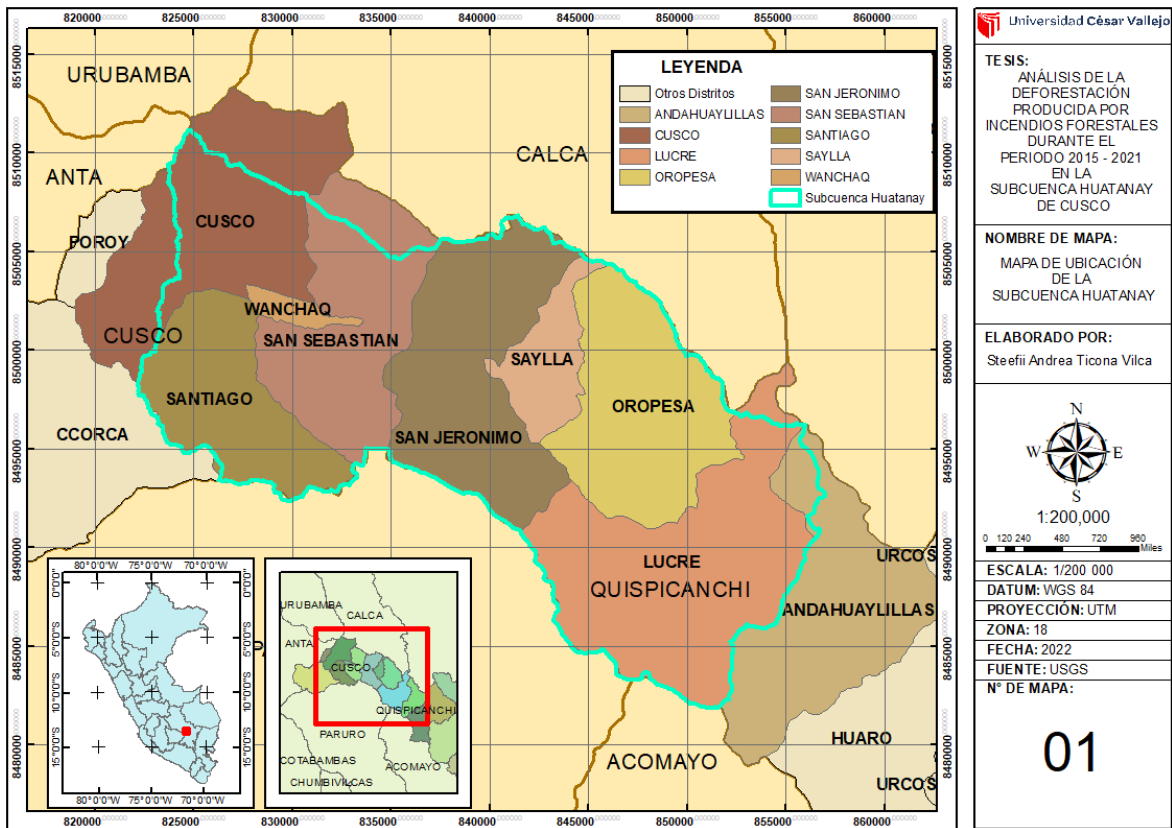


Figura 1: Mapa de ubicación de la zona de estudio

Respecto a la obtención de datos, se buscó obtener dos: uno que fue denominado “datos de gabinete” y el otro, “datos digitales”. Para ello, primero, se obtuvo un archivo de monitoreo de incendios del año 2015 al 2021 de manera extra oficial del municipio provincial del Cusco, esta información fue contrarrestada y complementada con la información del geoportal de la INDECI, el cual brinda reportes complementarios de incendios registrados a nivel nacional.

Se procedió a generar una base de datos, la cual sirvió de referencia para la descarga de las imágenes satelitales con mayor precisión, ya que estas brindaron una mayor referencia en cuanto a la ocurrencia y zonas de incendios. Estos datos fueron denominados “datos de gabinete”, los cuales también sirvieron para realizar una verificación con los resultados que se obtendrán. En cuanto a los datos digitales, se procedió con la descarga de las imágenes satelitales de la plataforma Earth Explorer de la USGS del satélite Landsat 8.

Se comenzó a hacer el preprocesamiento de las imágenes con ayuda del Software QGIS 3.22.4-Białowieża, este tratamiento consiste en el uso del Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) para la corrección atmosférica mediante el método DOS1, una vez obtenido estos archivos, se realizó la corrección geométrica en el software ArcMap 10.8.1 con la herramienta Project Raster de la caja de herramientas del ArcToolbox.

Una vez realizado el preprocesamiento, se dio inicio al procesamiento de las imágenes satelitales, teniendo como objeto de estudio la cobertura vegetal quemada, se llevó a cabo el cálculo del NBR y NDVI.

Se calculará el NBR para determinar la extensión superficial deforestada. El NDVI para realizar el mapa de susceptibilidad de acuerdo a la cobertura vegetal.

Una vez obtenido los resultados, se realizó su respectiva validación y verificación contrastándolo con los “datos de gabinete”.

3.6. Método de análisis de datos

En este trabajo de investigación se empleó una estadística inferencial, con la base datos obtenidos de la página de la USGS para obtener imágenes satelitales, las cuales fueron procesadas en el software ArcGIS para poder determinar los objetivos que se plantearon en el trabajo. Asimismo, se empleó la estadística descriptiva, luego que se obtuvieron los datos de las áreas deforestadas por los incendios forestales se representaron mediante tablas y cuadros para dar un mejor resultado.

3.7. Aspectos éticos

El trabajo de investigación fue desarrollado con autenticidad y comprometido con la integridad científica mediante la plataforma Turnitin, el cual fue aprobado por la Resolución del Vicerrectorado de Investigación N° 116-2021-VI-UCV, respetando los lineamientos del

código de ética de la Universidad Cesar Vallejo (UCV), siguiendo los principios de respeto por los autores cuidando la integridad, reconociendo y valorando los trabajos realizados. La información desarrollada por la investigación respeta a los autores respaldado por citar de manera correcta, el cual se pasó por un filtro de autenticidad siendo aprobado, puesto que se cuenta con la aprobación de la Resolución de Consejo Universitario N° 0262-2020-UCV, en donde se aprueba la actualización del Código de Ética de la Investigación.

IV. RESULTADOS

En la Figura 2 se observó la superficie de matorral arbustivo afectado por los incendios forestales en la subcuenca Huatanay, la cual fue objeto de estudio en los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Cabe resaltar que, según los resultados de NBR para el año 2015, no se obtuvo áreas deforestadas.

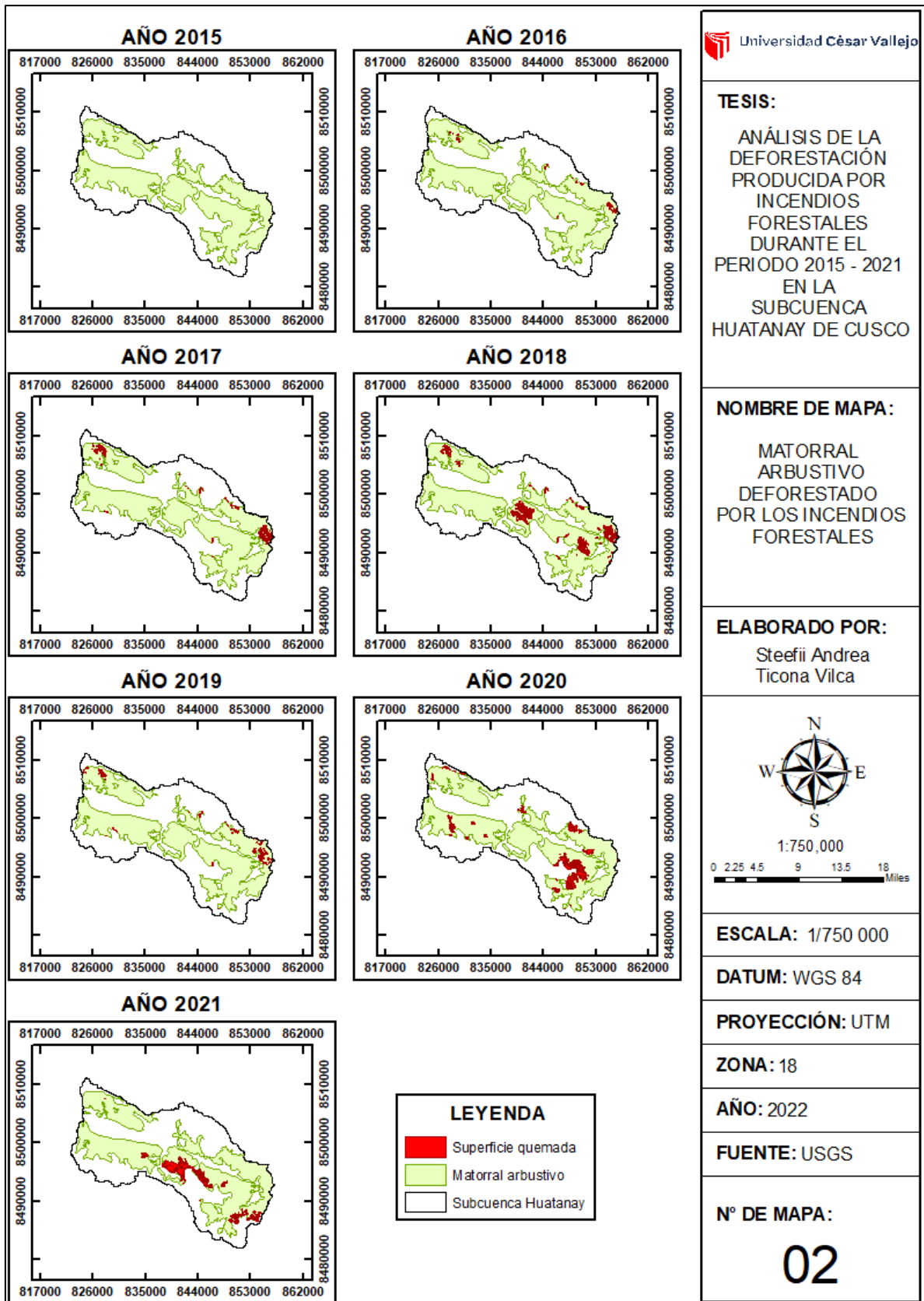


Figura 2: Matorral arbustivo deforestado por los incendios forestales

En la tabla 4 se registró los resultados obtenidos en el intervalo de los años 2015 - 2021, los cuales reflejaron que la pérdida total de cobertura estimado es de 3531.65 hectáreas, equivalente a una pérdida del 15.54% de la superficie perteneciente a matorral arbustivo a lo largo de los años analizados. Por otra parte, excluyendo al año 2015, el año 2016 fue donde hubo menos superficie afectada, teniendo así una pérdida de 62.04 hectáreas equivalente al 0.27% de la superficie total de matorral arbustivo. También se percibió que el año 2020 sufrió la mayor pérdida de superficie, habiendo sido afectado 1239.47 hectáreas equivalente al 5.21% de la superficie total de matorral arbustivo.

Tabla 4: Matorral arbustivo quemado por causa de incendios forestales

AÑO	SUPERFICIE DE MATORRAL ARBUSTIVO (ha)	SUPERFICIE DE MATORRAL ARBUSTIVO QUEMADO (ha)	ÁREA AFECTADA (%)
2015	22716.49	0	0
2016	22716.49	62.04	0.27
2017	22716.49	223.06	0.98
2018	22716.49	663.52	2.92
2019	22716.49	159.54	0.7
2020	22716.49	1239.47	5.46
2021	22716.49	1184.02	5.21
TOTAL		3531.65	15.54

En la figura 3 se contempló la evolución de las áreas afectadas, donde se reparó en que los años 2020 y 2021 hubo una pérdida significativa de matorral arbustivo a comparación de los años 2016 y 2019. El año 2015 no se consideró debido a que no presenta superficie deforestada según los resultados de NBR.



Figura 3: *Evolución de matorral arbustivo perdido por causa de incendios forestales*

En la Figura 4 se observó la superficie de pajonal andino afectado por los incendios forestales en la subcuenca Huatanay, la cual fue objeto de estudio en los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Cabe resaltar que, según los resultados de NBR para el año 2015, no se obtuvo áreas deforestadas.

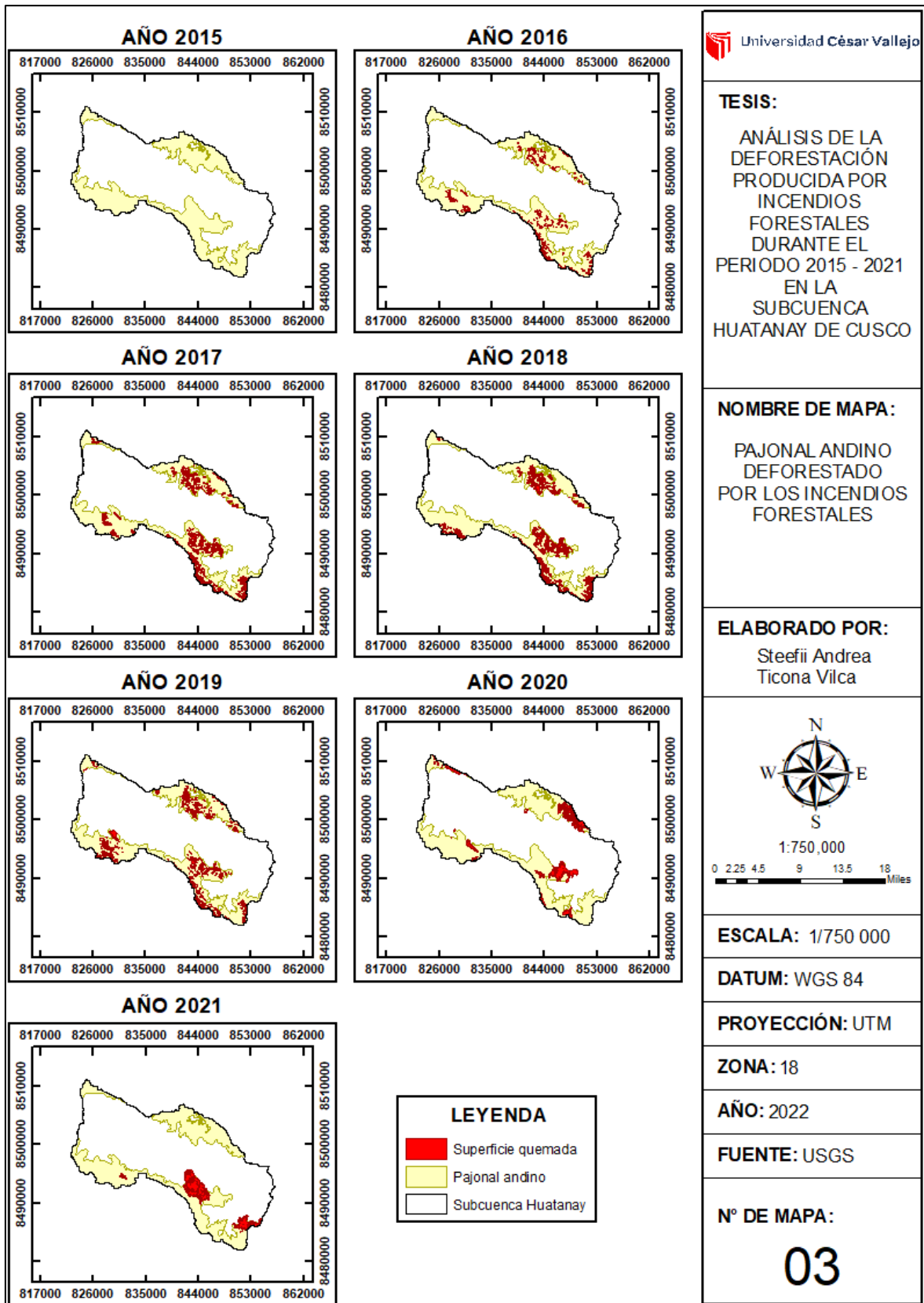


Figura 4: Pajonal andino deforestado por los incendios forestales

En la tabla 5 se registró los resultados obtenidos en el intervalo de los años 2015 - 2021, los cuales reflejaron que la pérdida total de cobertura estimado es de 8435.80 hectáreas, equivalente a una pérdida del 52.98% de la superficie perteneciente a pajonal andino a lo largo de los años analizados. Por otra parte, excluyendo al año 2015, el año 2016 fue donde hubo menos superficie afectada, teniendo así una pérdida de 517.60 hectáreas equivalente al 3.25% de la superficie total de pajonal. También se percibió que el año 2018 sufrió la mayor pérdida de superficie, habiendo sido afectado 1855.32 hectáreas equivalente al 11.65% de la superficie total de pajonal.

Tabla 5: Pajonal andino quemado por causa de incendios forestales

AÑO	SUPERFICIE DE PAJONAL ANDINO (ha)	SUPERFICIE DE PAJONAL ANDINO QUEMADO (ha)	ÁREA AFECTADA (%)
2015	15924.11	0.00	0.00
2016	15924.11	517.60	3.25
2017	15924.11	1575.77	9.90
2018	15924.11	1855.32	11.65
2019	15924.11	1211.41	7.61
2020	15924.11	1684.33	10.58
2021	15924.11	1591.38	9.99
TOTAL		8435.80	52.98

En la figura 5 se contempló la evolución de las áreas afectadas, donde se reparó en que los años 2018 y 2020 hubo una pérdida significativa de pajonal andino a comparación de los años 2016 y 2019. El año 2015 no se consideró debido a que no presenta superficie deforestada según los resultados de NBR.

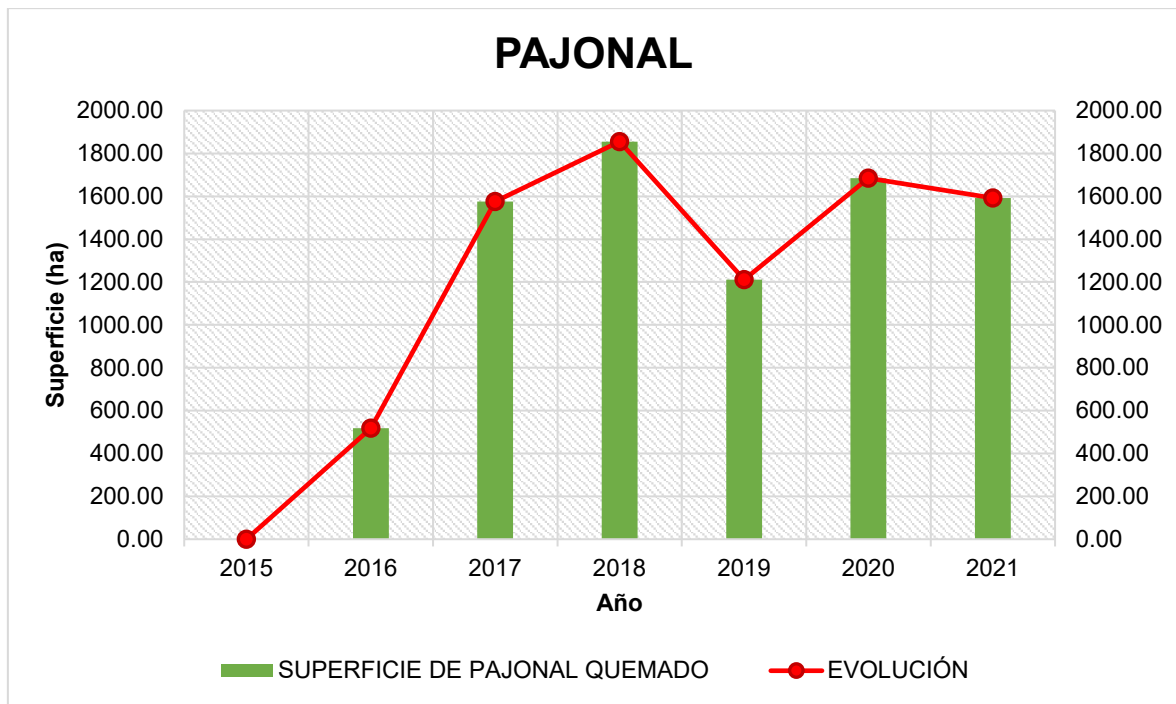


Figura 5: Evolución de pajonal andino perdido por causa de incendios forestales

En la Figura 6 se observó la superficie de zona agrícola afectada por los incendios forestales en la subcuenca Huatanay, la cual fue objeto de estudio en los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Cabe resaltar que, según los resultados de NBR para el año 2015, no se obtuvo áreas deforestadas.

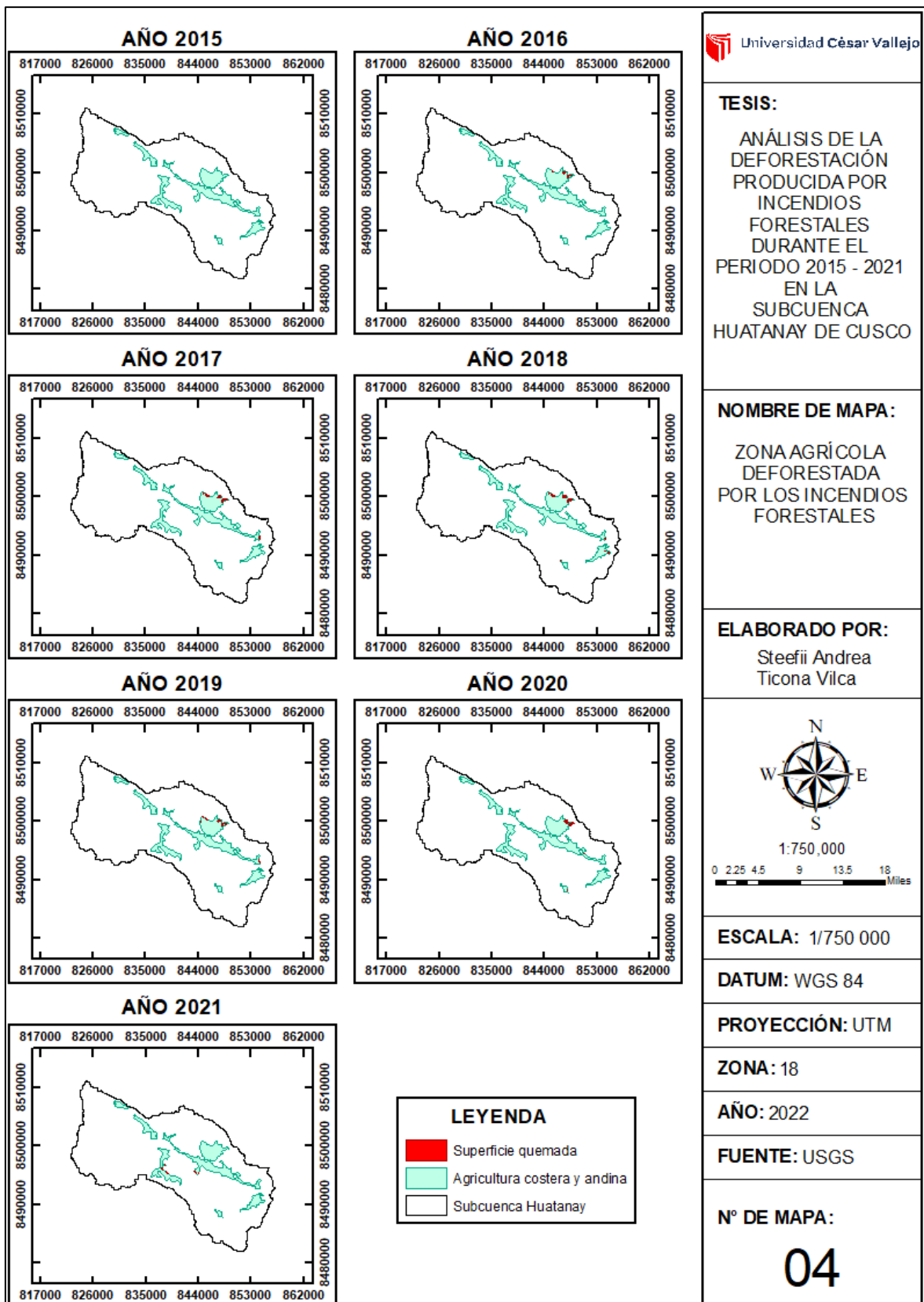


Figura 6: Zona agrícola deforestada por los incendios forestales

En la tabla 6 se registró los resultados obtenidos en el intervalo de los años 2015 - 2021, los cuales reflejaron que la pérdida total de cobertura estimado es de 117.62 hectáreas, equivalente a una pérdida del 2.79% de la superficie perteneciente a zona agrícola a lo largo de los años analizados. Por otra parte, excluyendo al año 2015, el año 2021 fue donde hubo menos superficie afectada, teniendo así una pérdida de 7.01 hectáreas equivalente al 0.17% de la superficie total de zona agrícola. También se percibió que el año 2020 sufrió la mayor pérdida de superficie, habiendo sido afectado 28.77 hectáreas equivalente al 0.68% de la superficie total de zona agrícola.

Tabla 6: Zona agrícola quemada por causa de incendios forestales

AÑO	SUPERFICIE DE ZONA AGRÍCOLA (ha)	SUPERFICIE DE ZONA AGRÍCOLA QUEMADA (ha)	ÁREA AFECTADA (%)
2015	4217.07	0.00	0.00
2016	4217.07	12.06	0.29
2017	4217.07	23.39	0.55
2018	4217.07	27.97	0.66
2019	4217.07	18.41	0.44
2020	4217.07	28.77	0.68
2021	4217.07	7.01	0.17
TOTAL		117.62	2.79

En la figura 7 se contempló la evolución de las áreas afectadas, donde se reparó en que los años 2018 y 2020 hubo una pérdida significativa de zona agrícola a comparación de los años 2016 y 2021. El año 2015 no se consideró debido a que no presenta superficie deforestada según los resultados de NBR.

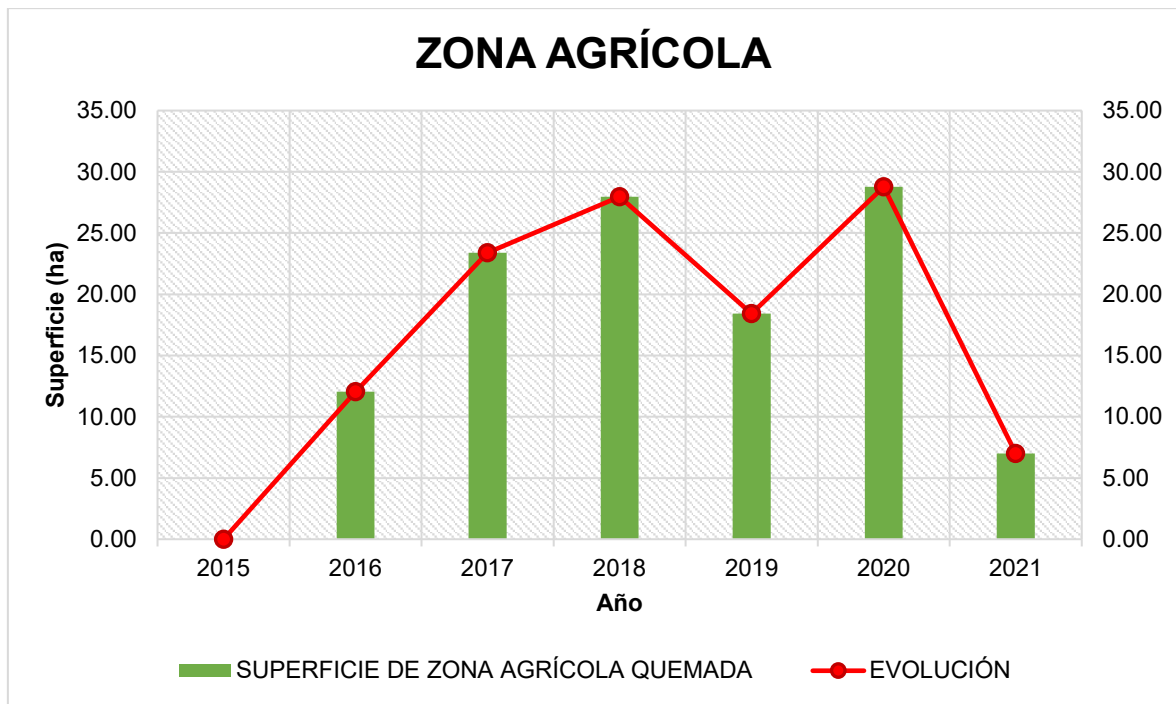


Figura 7: Evolución de la zona agrícola perdida por causa de incendios forestales

La figura 8 manifiesta que las superficies de vegetación escasa, arbustos y pastizales predominan en la subcuenca Huatanay, lo que quiere decir que nuestra área de estudio tiene grandes zonas susceptibles y/o más predispuestas a la ocurrencia de incendios, por otro lado, también se puede observar que la subcuenca cuenta con áreas extensas de vegetación sana.

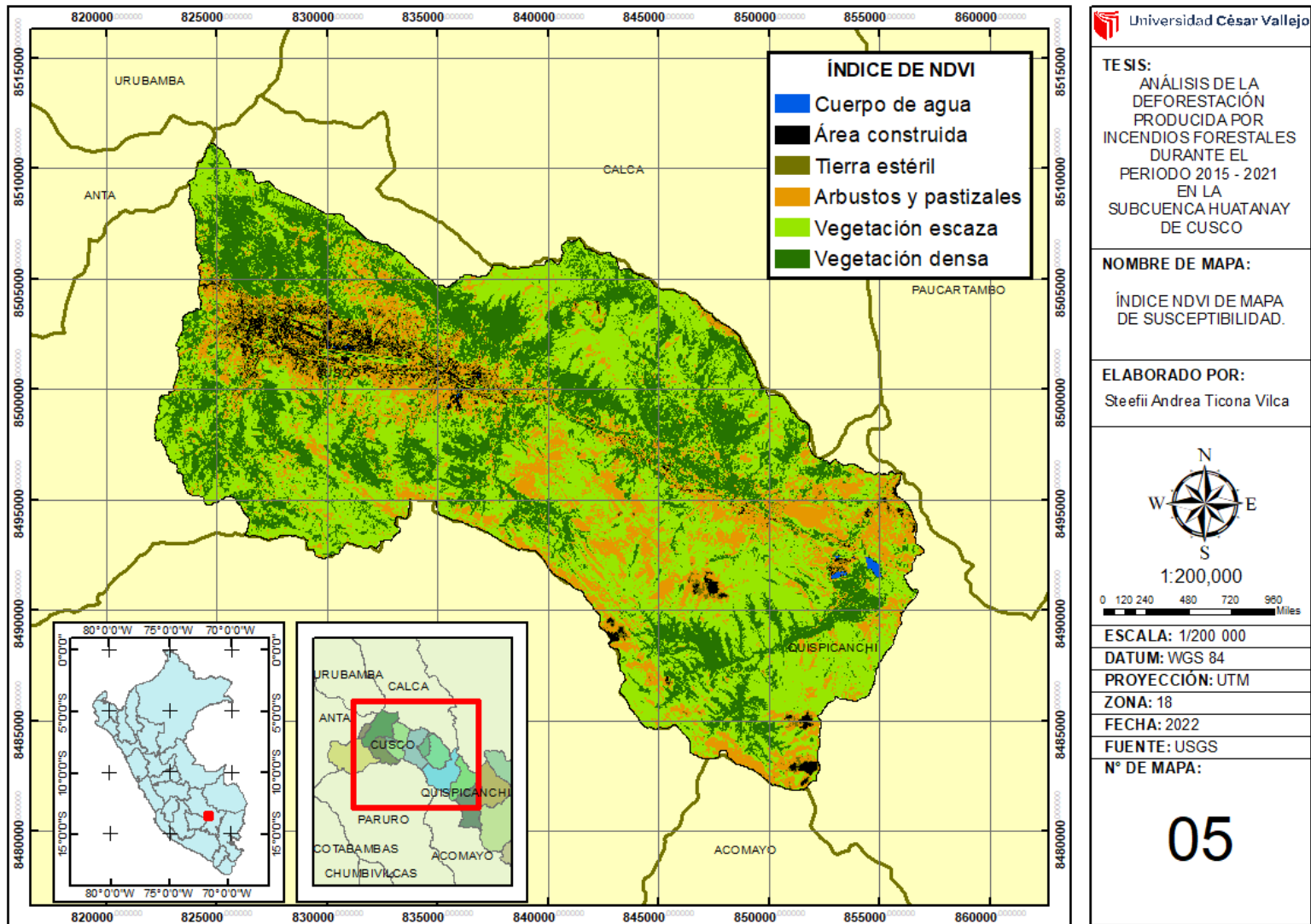


Figura 8: Índice de NDVI de mapa de susceptibilidad

En la Figura 9 se observó la superficie de cobertura vegetal afectada por incendios forestales en la subcuenca Huatanay, la cual fue objeto de estudio en los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021. Cabe resaltar que, según los resultados de NBR para el año 2015, no se obtuvo áreas deforestadas.

También se observa en la figura 10 la variación de NBR en los años 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, reflejando que los años 2020 y 2021 fueron los que presentaron mayor superficie afectada.

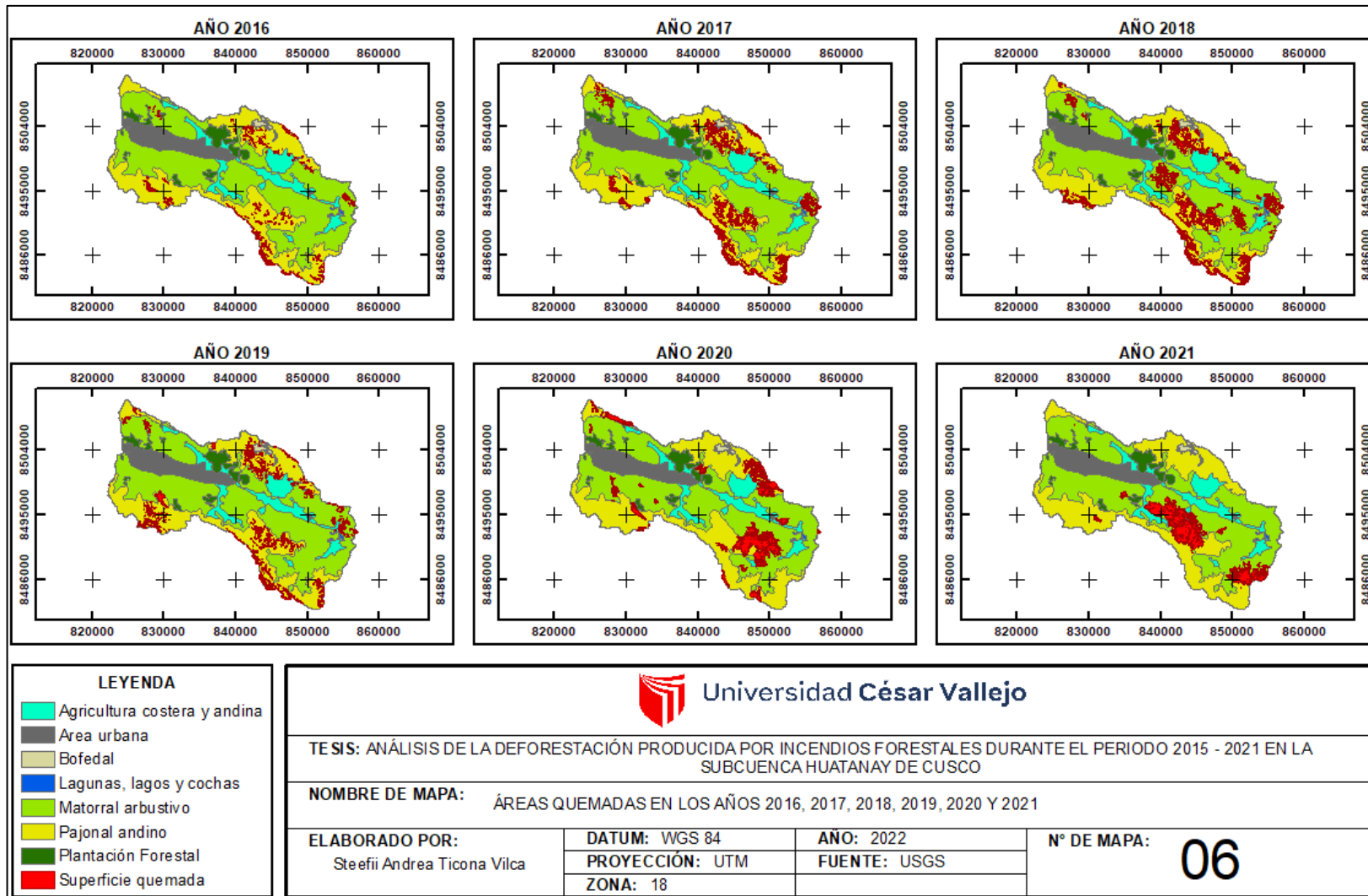


Figura 9: Zonas quemadas de la cobertura vegetal de la subcuenca Huatanay

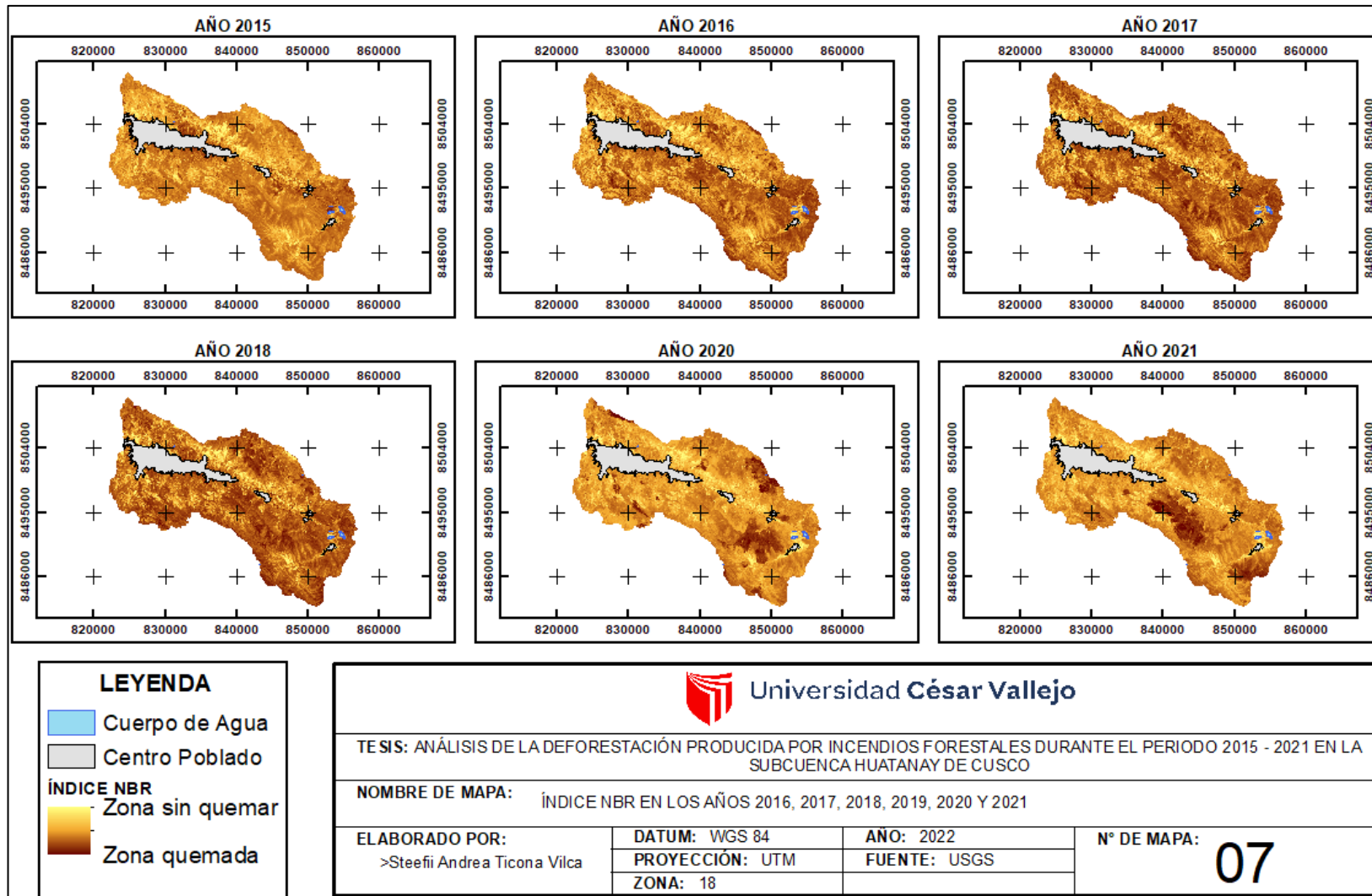


Figura 10: Índice de NBR multitemporal entre los años 2016 - 2021

En la tabla 7 se registró los resultados obtenidos en el intervalo de los años 2015 - 2021, los cuales reflejaron que la pérdida total de cobertura estimado es de 12096.59 hectáreas, equivalente a una pérdida del 26.85% de la superficie perteneciente a la cobertura vegetal total a lo largo de los años analizados. Por otra parte, excluyendo al año 2015, el año 2016 fue donde hubo menos superficie afectada, teniendo así una pérdida de 591.75 hectáreas equivalente al 1.31% de la superficie total de la cobertura vegetal. También se percibió que el año 2020 sufrió la mayor pérdida de superficie, habiendo sido afectado 2959.84 hectáreas equivalente al 6.57% de la superficie total de cobertura vegetal.

Tabla 7: Cobertura vegetal total quemada por causa de incendios forestales

AÑO	SUPERFICIE DE COBERTURA VEGETAL (ha)	SUPERFICIE DE COBERTURA VEGETAL QUEMADA (ha)	ÁREA AFECTADA (%)
2015	45054.98	0.00	0.00
2016	45054.98	591.75	1.31
2017	45054.98	1824.29	4.05
2018	45054.98	2547.56	5.65
2019	45054.98	1390.76	3.09
2020	45054.98	2959.84	6.57
2021	45054.98	2782.41	6.18
TOTAL		12096.59	26.85

En la figura 11 se contempló la evolución de las áreas afectadas, donde se reparó en que los años 2020 y 2021 hubo una pérdida significativa de cobertura vegetal a comparación de los años 2016 y 2019. El año 2015 no se consideró debido a que no presenta superficie deforestada según los resultados de NBR.

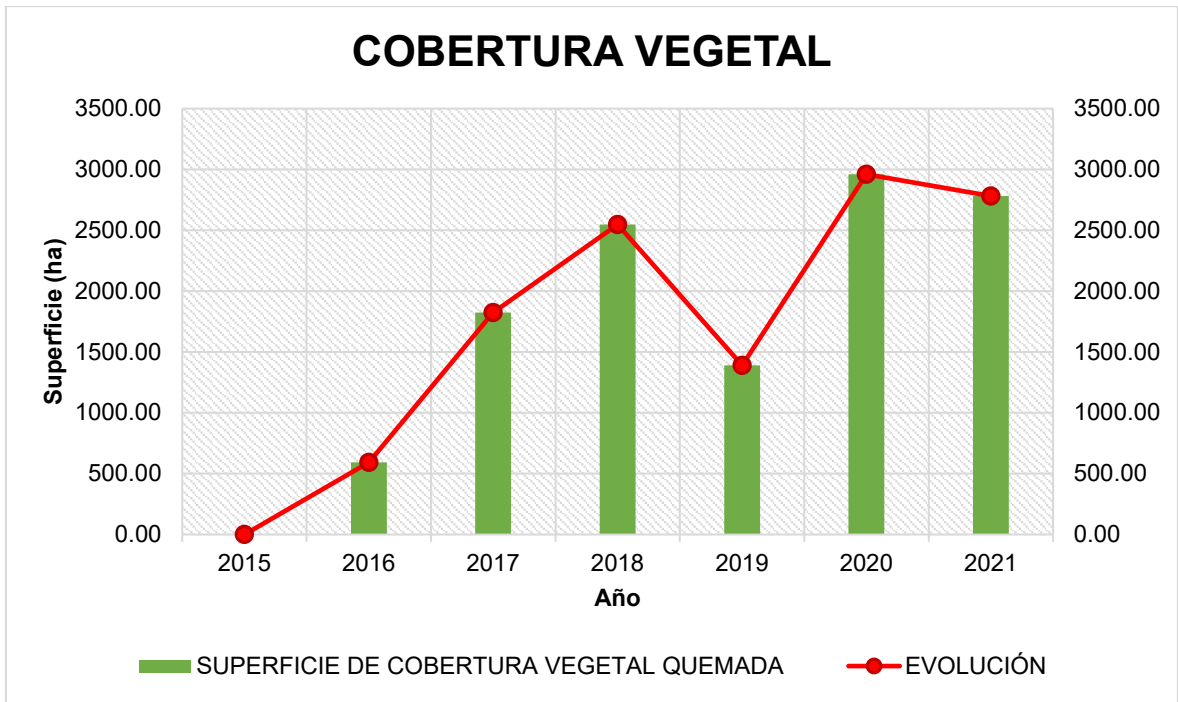


Figura 11: Evolución de la zona agrícola perdida por causa de incendios forestales

V. DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron del procesamiento para la determinación de la superficie deforestada por incendios forestales poseen un procedimiento similar al estudio realizado por Tsogtgerel & Cho (2021) quienes usaron imágenes satelitales de Landsat 8, para calcular el Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el espacio temporal de 2014 al 2018. Realizaron una comparación de imágenes NBR e imágenes NDVI con una muestra por año en el periodo 2014 – 2018.

En cuanto a la susceptibilidad, se concluyó que tiene una fuerte relación con la cobertura vegetal predominante en la subcuenca como en el estudio de Vargas Cuentas (2019), quien aplicó funciones NDVI, NBR, NBRT1, y SAVI para evidenciar las áreas quemadas. Los resultados demostraron un área quemada para Chiquitano de 3'825,359 Ha, para el departamento de Beni 1'183,134 Ha, para el interior del país y áreas protegidas se quemaron 299,846 Ha y se registró áreas quemadas en territorios de indígenas que comprenden 630694 Ha. En total se registraron un total de 5008493 Ha afectadas por incendios forestales.

VI. CONCLUSIONES

En base a la investigación realizada, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se pudo determinar la superficie de matorral arbustivo deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, luego del procesamiento respectivo, se llegó a la conclusión de que fue un total de 3531.65 ha perdidas en el intervalo de tiempo establecido para este estudio, representando un 15.54% de la superficie de matorral arbustivo total.
2. Se pudo determinar la superficie de pajonal andino deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, luego del procesamiento respectivo, se llegó a la conclusión de que fue un total de 8435.80 ha perdidas en el intervalo de tiempo establecido para este estudio, representando un 52.98% de la superficie de pajonal andino total. Este resultado lo consideramos alarmante, puesto que, refleja que hubo una pérdida significativa de pajonales andinos a lo largo de los años.
3. Se pudo determinar la superficie de zona agrícola deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, luego del procesamiento respectivo, se llegó a la conclusión de que fue un total de 117.62 ha perdidas en el intervalo de tiempo establecido para este estudio, representando un 2.79% de la superficie de matorral arbustivo total. Este resultado refleja que las zonas de uso agrícola fueron los menos afectados a lo largo de los años.
4. Respecto a la susceptibilidad de ocurrencia de incendios, se procedió con realizar una categorización según el tipo de cobertura vegetal con el uso del NDVI, se pudo observar que los tipos de coberturas predominantes son muy susceptibles a incendios forestales, por ello se concluye que la subcuenca Huatanay es muy propensa los incendios forestales.

5. Finalmente, se pudo determinar la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco, la cual refleja que en total hubo 12096.59 ha de cobertura vegetal quemada, con lo cual se puede concluir que el 26.85% de la cobertura vegetal total fue afectado debido a los incendios forestales ocurridos en la subcuenca Huatanay durante el intervalo de tiempo establecido para este estudio.

VII. RECOMENDACIONES

1. A pesar de la disponibilidad de imágenes satelitales brindadas por la USGS, esta no es suficiente para realizar un estudio adecuado debido a su resolución espacial, por lo que se recomienda para futuros estudios usar imágenes del satélite Sentinel.
2. Para un estudio eventual mucho más fructífero se recomienda a las autoridades peruanas dar libre acceso al satélite Perusat-1, para la obtención resultados más fidedignos y óptimos.
3. Se recomienda a las autoridades peruanas realizar talleres de concientización ambiental, puesto que, la práctica de quema con fines agrícolas aún sigue realizándose sin ningún tipo de control, derivando en incendios forestales.

REFERENCIAS

1. ADRIANTO, Hari A., SPRACKLEN, Dominick V., ARNOLD, Stephen R., SITANGGANG, Imas S. y SYAUFINA, Lailan, Forest and land fires are mainly associated with deforestation in Riau Province, Indonesia. *Remote Sensing*, 2020. vol. 12, no. 1, pp. 1-13. ISSN 20724292. DOI 10.3390/RS12010003.
2. ARIZA, Alexander, Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). *Centro de Investigación y Desarrollo en información Geográfica del IGAC - CIAF* [en línea], 2013. pp. 46. Disponible en: <https://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>.
3. BERNAL TORRES, César Augusto, *Metodología de la investigación* [en línea]. 3ra. Colombia: Pearson. 2010. ISBN 9789586991285. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
4. CASTILLO, Elgar Barboza, TURPO CAYO, Efrain Y., DE ALMEIDA, Cláudia Maria, LÓPEZ, Rolando Salas, ROJAS BRICEÑO, Nilton B., SILVA LÓPEZ, Jhonsy Omar, GURBILLÓN, Miguel Ángel Barrena, OLIVA, Manuel y ESPINOZA-VILLAR, Raul, Monitoring wildfires in the northeastern peruvian amazon using landsat-8 and sentinel-2 imagery in the GEE platform. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2020. vol. 9, no. 10, pp. 1-22. ISSN 22209964. DOI 10.3390/ijgi9100564.
5. CAYUELA, L., *Deforestaciones Y Fragmentación De Bosques Tropicales*. , 2006.
6. CENEPRED, 2021. Escenario de Riesgo por Incendios Forestales de la Región Cusco. *Biblioteca SIGRID* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10472>.
7. CHILO, Wilson, 2021. Cusco registra 191 incendios forestales que han afectado más de 10 mil hectáreas | Noticias SER. *noticiasser.pe* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.noticiasser.pe/cusco-registra-191-incendios-forestales-que-han-afectado-mas-de-10-mil>.
8. ESTEBAN NIETO, Nicomenes Teodoro, Tipos de investigación: Metodología de la Investigación. *Repositorio Institucional USDG* [en línea], 2018. pp. 1-4.

Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.

9. FERNÁNDEZ MENIS, Ronny, Evaluación de la superficie deforestada por efecto de los incendios forestales durante el periodo 2011- 2016 en el Distrito Las Piedras, Tambopata Madre de Dios. , 2018. pp. 91.
10. FORESTALES, Forestals A.L., *LA HISTÒRIA D ' UNA RELACIÓ ENTRE comunicadores y periodistas*. S.l.: s.n. [sin fecha]. ISBN 9788461766482.
11. FRANCO, María Guadalupe, MUNDO, Ignacio A. y VEBLEN, Thomas T., Field-Validated Burn-Severity Mapping in North Patagonian Forests. *Remote Sensing* [en línea], 2020. vol. 12, no. 2, pp. 214. ISSN 2072-4292. DOI 10.3390/rs12020214. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/2/214>.
12. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar, Definiciones de los enfoques cuantitativo y cualitativo, sus similitudes y diferencias. *Metodología de la Investigación*, 2014. pp. 2-23.
13. INAIGEM, *Manual Metodológico de Inventario Nacional de Glaciares* [en línea]. Primera ed. Huaraz: s.n. 2017. Disponible en: <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/88036211-5ecc-461f-8938-71895a8439e1/download>.
14. KAMUSOKO, Courage, 2019. Pre-processing. *Springer Geography*. Singapore: Springer, pp. 25-66. ISBN 978-981-13-8012-9.
15. LLORENS, Rafael, SOBRINO, José Antonio, FERNÁNDEZ, Cristina, FERNÁNDEZ-ALONSO, José M. y VEGA, José Antonio, A methodology to estimate forest fires burned areas and burn severity degrees using Sentinel-2 data. Application to the October 2017 fires in the Iberian Peninsula. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021. vol. 95, no. September 2020. ISSN 1872826X. DOI 10.1016/j.jag.2020.102243.
16. LÓPEZ, Erna, MENDOZA, Manuel E. y BOCCO, Gerardo, Cobertura Vegetal y Uso del Terreno. *Atlas de la Cuenca del lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental*. Univ. Nacional Autónoma de México & Univ. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad de México & Morelia, Michoacán, México, 2010. no. September 2015.

17. MINAM, Diseño metodológico para el desarrollo de un modelo predictivo de incendios. *Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio* [en línea], 2017. pp. 36. Disponible en: file:///C:/Users/HP/Downloads/informe_preliminar_predictivo_de_incendios_reportes.pdf.
18. MINAM, 2020. Ministerio del Ambiente refuerza acciones preventivas ante eventuales incendios forestales. *gob.pe* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/301362-ministerio-del-ambiente-refuerza-acciones-preventivas-ante-eventuales-incendios-forestales>.
19. MOSQUERA, Giovanny M., MARÍN, Franklin, STERN, Margaret, BONNESOEUR, Vivien, OCHOA-TOCACHI, Boris F. y ROMÁN-DAÑOBEYTIA, Francisco, Servicios ecosistémicos hídricos de los pajonales altoandinos: ¿Qué sabemos? *Forest Trends*, 2022.
20. PHIRI, Darius, MORGENROTH, Justin, XU, Cong y HERMOSILLA, Txomin, Effects of pre-processing methods on Landsat OLI-8 land cover classification using OBIA and random forests classifier. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2018. vol. 73, pp. 170-178. ISSN 1569-8432. DOI 10.1016/J.JAG.2018.06.014.
21. PNUMA, 2022. El número de incendios forestales aumentará un 50% en 2100 y los gobiernos no están preparados, advierten los expertos. *unep.org* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/el-numero-de-incendios-forestales-aumentara-un-50-en>.
22. PONTES-LOPES, Aline, DALAGNOL, Ricardo, DUTRA, Andeise Cerqueira, DE JESUS SILVA, Camila Valéria, DE ALENCASTRO GRAÇA, Paulo Maurício Lima y DE OLIVEIRA E CRUZ DE, Luiz Eduardo, Quantifying Post-Fire Changes in the Aboveground Biomass of an Amazonian Forest Based on Field and Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 2022. vol. 14, no. 7. ISSN 20724292. DOI 10.3390/rs14071545.
23. RADOČAJ, Dorijan, OBHOĐAŠ, Jasmina, JURIŠIĆ, Mladen y GAŠPAROVIĆ, Mateo, Global Open Data Remote Sensing Satellite Missions for Land Monitoring and Conservation: A Review. *Land* [en línea],

2020. vol. 9, no. 11, pp. 402. ISSN 2073-445X. DOI 10.3390/land9110402. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/11/402>.
24. RUÍZ-GARCÍA, Víctor H., BORJA DE LA ROSA, Ma Amparo, GÓMEZ-DÍAZ, Jesús D., ASENSIO-GRIMA, Carlos, MATÍAS-RAMOS, Moisés y MONTERROSO-RIVAS, Alejandro I., Forest Fires, Land Use Changes and Their Impact on Hydrological Balance in Temperate Forests of Central Mexico. *Water (Switzerland)*, 2022. vol. 14, no. 3. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w14030383.
25. SALAZAR, Betsy, 2021. Incendios forestales: impactos en la biodiversidad. *udep.edu.pe* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.udep.edu.pe/hoy/2021/10/incendios-forestales-impactos-en-biodiversidad/>.
26. SEMARNAT, 2018. Incendios forestales y cambio climático. *gob.mx* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/incendios-forestales-y-cambio-climatico>.
27. SENAMHI, Ministerio del ambiente. *Normativa*, 2012. pp. 17.
28. SERFOR, Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales. *gob.pe* [en línea], 2019. pp. 60. Disponible en: <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>.
29. SILVA-JUNIOR, Celso H.L., BUNA, Arisson T.M., BEZERRA, Denilson S., COSTA, Ozeas S., SANTOS, Adriano L., BASSON, Lidielze O.D., SANTOS, André L.S., ALVARADO, Swanni T., ALMEIDA, Catherine T., FREIRE, Ana T.G., ROUSSEAU, Guillaume X., CELENTANO, Danielle, SILVA, Fabricio B., PINHEIRO, Maria S.S., AMARAL, Silvana, KAMPEL, Milton, VEDOVATO, Laura B., ANDERSON, Liana O. y ARAGÃO, Luiz E.O.C., Forest Fragmentation and Fires in the Eastern Brazilian Amazon–Maranhão State, Brazil. *Fire*, 2022. vol. 5, no. 3, pp. 77. DOI 10.3390/fire5030077.
30. TEODORO, Ana y AMARAL, Ana, A statistical and spatial analysis of portuguese forest fires in summer 2016 considering landsat 8 and sentinel 2A data. *Environments - MDPI*, 2019. vol. 6, no. 3. ISSN 20763298. DOI 10.3390/environments6030036.

31. TSOGTGEREL, Oyuntsetseg y CHO, Kohei, 2021. *A study on evaluating recovery from forest fire in Mongolia using NDVI and NBR derived from Landsat Oli Data*. 2021. S.l.: s.n. ISBN 9781713843818.
32. USGS, 2018. Landsat Missions. *U.S. Geological Survey* [en línea]. [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/landsat-missions>.
33. VARGAS-CUENTAS, Natalia Indira y ROMAN-GONZALEZ, Avid, Satellite-Based Analysis of Forest Fires in the Bolivian Chiquitania and Amazon Region: Case 2019. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine* [en línea], 2021. vol. 36, no. 2, pp. 38-54. ISSN 0885-8985. DOI 10.1109/MAES.2020.3033392. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349068/>.
34. WWF, 2020. En 2020, los incendios forestales podrían ser peores que en 2019 para Sudamérica y el mundo. *worldwildlife.org* [en línea]. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/en-2020-los-incendios-forestales-podrian-ser-peores-que-en-2019-para-sudamerica-y-el-mundo>.

ANEXO: Matriz de consistencia

"Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco"				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuánto es la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?	Determinar la superficie de cobertura vegetal deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco	La acción de incendios forestales incrementan la deforestación de la cobertura vegetal durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco	Variable independiente: Incendio forestal Dimensiones: -Cicatrices de quema -Tipo de cobertura vegetal -Ocurrencia de incendios	Diseño de la investigación No experimental - transeccional Alcance de la investigación Correlacional-causal Tipo Basica
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
¿Cuánto es la superficie de matorral arbustivo deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?	Determinar la superficie de matorral arbustivo deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco	La acción de incendios forestales incrementan la superficie de matorral arbustivo deforestado durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco	Variable dependiente: Cobertura Vegetal Dimensiones: -Superficie de matorral arbustivo deforestado	Enfoque Cuantitativo

<p>¿Cuánto es la superficie de pajonal andino deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?</p>	<p>Determinar la superficie de pajonal deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>	<p>La acción de incendios forestales incrementan la superficie de pajonal deforestado por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>	<p>- Superficie de pajonal andino deforestado - Superficie de zona agrícola deforestada</p>	
<p>¿Cuánto es la superficie de la zona agrícola deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?</p>	<p>Determinar la superficie de zona agrícola deforestada por acción de los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>	<p>La acción de incendios forestales incrementan la superficie de la zona agrícola deforestada durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>		
<p>¿Qué cantidad de cobertura vegetal será susceptible a la ocurrencia de incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco?</p>	<p>Determinar la susceptibilidad de ocurrencia de incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>	<p>La cobertura vegetal andina es muy susceptible a los incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco</p>		

ANEXO: Matriz de operacionalización de variables

"Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco"					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Incendio forestal	El incendio forestal es el fuego no codiciado independientemente de su origen, el cual se propaga, sin ningún poder de controlarlo, a través de los recursos naturales. Genera pérdidas ecológicas, económicas y sociales (SERFOR 2019). Se inician en un punto o foco, el cual se esparce y extiende a causa de la convección, radiación y conducción del calor que las llamas producen (MINAM 2017).	Se realizó una recolección de los registros de la plataforma INDECI sobre los incendios forestales producidos. Posteriormente se comenzó con la descarga de imágenes satelitales de la plataforma USGS del satélite Landsat 8 en las fechas o fechas cercanas a los incendios. Por último, se procedió con el procesamiento y posterior análisis de dichas imágenes mediante la identificación de focos de calor.	Superficie quemada	Cicatrices de quema	ha
			Zona susceptible a incendios	Tipo de cobertura vegetal	%
				Ocurrencia de incendios	

Variable Dependiente: Cobertura Vegetal	La cobertura vegetal es todo aquello que se localiza en la superficie terrestre de forma natural, los cuales se encuentran limitadas por factores biofísicos (López, Mendoza y Bocco 2010)	Los bofedales, matorrales arbustivos, pajonales, plantaciones forestales y zonas agrícolas fueron las bases de la medición de la superficie deforestada en el periodo de estudio 2015 - 2021 de nuestra investigación, debido a que nos brindó una cuantificación y tasa de pérdida de superficie por deforestación de la cobertura vegetal. Para ello se hizo uso de la teledetección.	Matorral arbustivo	Superficie de matorral arbustivo deforestado	ha
					%
			Pajonal	Superficie de pajonal andino deforestado	ha
					%
			Zona agrícola	Superficie de zona agrícola deforestada	ha
					%

ANEXO: Solicitud de validación

SOLICITO: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOJO DE INFORMACIÓN

DRA. AYLAS HUMAREDA, MARIA DEL CARMEN

Yo, Steefii Andrea Ticona Vilca identificado con DNI N° 75213768 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que, siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco", solicito a usted, se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumento
- Ficha de evaluación

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Cusco, 18 de julio de 2022



Ticona Vilca, Steefii Andrea
DNI: 75213768

ANEXO: Solicitud de validación

SOLICITO: VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO DE RECOJO DE
INFORMACIÓN

MAG. CASTRO TENA, LUCERO KHATERINE

Yo, Steefii Andrea Ticona Vilca identificado con DNI N° 75213768 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que, siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco", solicito a usted, se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumento
- Ficha de evaluación

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Cusco, 18 de julio de 2022



Ticona Vilca, Steefii Andrea
DNI: 75213768

ANEXO: Solicitud de validación

SOLICITO: VALIDACIÓN DE
INSTRUMENTO DE RECOJO DE
INFORMACIÓN

ING. MERA TERRONES, SANTOS MIGUEL

Yo, Steefii Andrea Ticona Vilca identificado con DNI N° 75213768 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que, siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco", solicito a usted, se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Matriz de operacionalización de variables
- Instrumento
- Ficha de evaluación

POR LO EXPUESTO:

Ruego a usted acceder a mi solicitud.

Cusco, 18 de julio de 2022



Ticona Vilca, Steefii Andrea
DNI: 75213768

RESPONSABLE:

FECHA DE DESCARGA:

N°	CÓDIGO DE IMAGEN	FECHA DE ADQUISICIÓN	SATÉLITE	TIPO DE SENSOR	CATEGORÍA DE COLECCIÓN	NIVEL DE PROCESADO	PORCENTAJE DE COBERTURA NUBOSA
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2015

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2016

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2017

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2018

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2019

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2020

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA



**Universidad
César Vallejo**

Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015-2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

Código:

F-02-2022

Páginas:

Página 7 de 7

Ficha de registro de incendios forestales

RESPONSABLE:

FECHA DE REGISTRO:

AÑO 2021

N°	DISTRITO(S)	CENTRO POBLADO AFECTADO	PERIODO DE OCURRENCIA	TIPO DE COBERTURA NATURAL	ÁREA (Ha)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

TOTAL DE COBERTURA NATURAL DEFORESTADA

ANEXO: Validación de instrumentos

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Aylas Humareda, María del Carmen

1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Geógrafo-Especialista en Sistemas de Información Geográfica.

1.4 Nombre del instrumento: Ficha de registro de imágenes satelitales

1.5 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.6 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steefii Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	

7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	
8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				x	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				x	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				x	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						X	

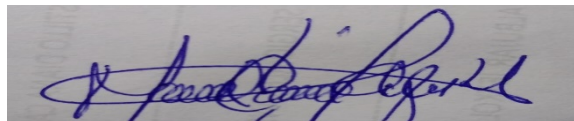
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022



Firma del experto informante

DNI: 07733045

Teléfono: 990127799

CIP: 55149



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Aylas Humareda, María del Carmen

1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar vallejo

1.3 Especialidad del validador: Ing. Geógrafo Especialista Sistemas de Información Geográfica

1.4 Nombre del instrumento: Ficha de registro de incendios forestales

1.5 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.6 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steeffi Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41- 60%	Muy Bueno 61- 80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	



8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						80%	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

- **Primera variable:** Cobertura Vegetal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Bofedal	Superficie de bofedal andino perdido	X		
Matorral Arbustivo	Superficie de matorral arbustivo perdido	X		
Pajonal	Superficie de pajonal perdido	X		
Plantación Forestal	Superficie de plantación forestal perdido	X		
Zona Agrícola	Superficie de zona agrícola perdido	X		

- **Segunda variable:** Incendio Forestal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Superficie quemada	Cicatrices de quema	X		
Susceptibilidad de incendio	Especie de la cobertura natural	X		

	Recurrencia de incendio	x		
--	-------------------------	----------	--	--

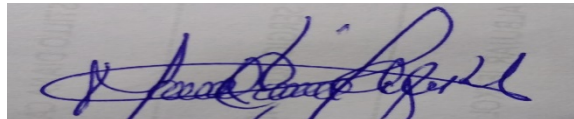
IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

V. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022



Firma del experto informante

DNI: 07733045

Teléfono: 990127799

CIP: 55149

ANEXO: Validación de instrumentos

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Castro Tena, Lucero Khaterine

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo

1.3 Especialidad del validador: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

1.4 Nombre del instrumento: Ficha de registro de imágenes satelitales

1.5 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.6 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steefii Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	

6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	
8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				x	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				x	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				x	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022



Firma del experto informante

DNI: 70837735

Teléfono: 979 705 110

CIP: 162994



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Castro Tena, Lucero Khaterine

1.1 Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo

1.2 Especialidad del validador: Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

1.3 Nombre del instrumento: Ficha de registro de incendios forestales

1.4 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.5 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steefii Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41- 60%	Muy Bueno 61- 80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	



8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						80%	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

- **Primera variable:** Cobertura Vegetal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Bofedal	Superficie de bofedal andino perdido	X		
Matorral Arbustivo	Superficie de matorral arbustivo perdido	X		
Pajonal	Superficie de pajonal perdido	X		
Plantación Forestal	Superficie de plantación forestal perdido	X		
Zona Agrícola	Superficie de zona agrícola perdido	X		

- **Segunda variable:** Incendio Forestal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Superficie quemada	Cicatrices de quema	X		
Susceptibilidad de incendio	Especie de la cobertura natural	X		

	Recurrencia de incendio	x		
--	-------------------------	----------	--	--

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

V. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022



Firma del experto informante

DNI: 70837735

Teléfono: 979 705 110

CIP: 162994

ANEXO: Validación de instrumentos

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Mera Terrones, Santos Miguel

1.2 Cargo e institución donde labora: Coordinador de carrera de Geodesia y Topografía EST SENCICO CUSCO

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Geógrafo

1.4 Nombre del instrumento: Ficha de registro de imágenes satelitales

1.5 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.6 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steefii Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	

7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	
8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						80%	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
- () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

IV. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022



SANTOS MERA TERRONES
ING GEOGRAFO CIP N° 109531

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: 10528939

Teléfono: 997 914 547

CIP: 109531

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO
INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Mera Terrones, Santos Miguel

1.2 Cargo e institución donde labora: Coordinador de carrera de Geodesia y Topografía EST SENCICO CUSCO

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Geógrafo

1.4 Nombre del instrumento: Ficha de registro de incendios forestales

1.5 Título de la investigación: Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco

1.6 Autor del instrumento: Ticona Vilca, Steefii Andrea

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS		INDICADORES	Deficiente 0-20 %	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy Bueno 61-80%	Excelente 81-100%
1	Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.				X	
2	Objetividad	Está expresado en conductas observables.				X	
3	Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
4	Organización	Existe una organización lógica.				X	
5	Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				X	
6	Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias				X	
7	Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos.				X	



8	Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones				X	
9	Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
10	Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				X	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN						80%	

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS

- **Primera variable:** Cobertura Vegetal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Matorral Arbustivo	Superficie de matorral arbustivo perdido	X		
Pajonal	Superficie de pajonal perdido	X		
Zona Agrícola	Superficie de zona agrícola perdido	X		

- **Segunda variable:** Incendio Forestal

DIMENSIÓN	INDICADORES	Suficiente	Medianamente suficiente	Insuficiente
Superficie quemada	Cicatrices de quema	X		
Susceptibilidad de incendio	Especie de la cobertura natural	X		
	Recurrencia de incendio	X		

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- (X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

V. PROMEDIO DE VALORACION:

80%

Cusco, 18 de julio de 2022


SANTOS MERA TERRONES
ING GEOGRAFO CIP N° 109531

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI: 10528939

Teléfono: 997 914 547

CIP: 109531



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de la deforestación producida por incendios forestales durante el periodo 2015 - 2021 en la subcuenca Huatanay de Cusco", cuyo autor es TICONA VILCA STEEFII ANDREA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 25 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO DNI: 44553815 ORCID: 0000-0002-8578-4259	Firmado electrónicamente por: MAHERRERAD el 03-08-2022 22:30:33

Código documento Trilce: TRI - 0368224