



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORA:

Guevara Velazco, Brenda Raisa (ORCID: 0000-0002-1126-5990)

ASESORA:

Mg. Haydeé Suárez Alvites (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria:

La presente investigación está dedicada a Dios, por guiar mis pasos, darme salud y sabiduría para alcanzar mis metas. A mis padres, Juana y Luis, por ser inspiración para mi vida y finalmente a mis hermanos Luis Enrique y Bradwin, quienes son mi soporte en todo momento de dificultad.

Agradecimientos:

A mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi formación académica. A la Mg. Haydeé Suarez, por haberme asesorado con gran profesionalismo y dedicación en el desarrollo de mi tesis.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos.....	ii
Índice de contenidos	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	viii
Resumen.....	ixx
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1 Tipo y diseño de investigación	32
3.2 Variables y operacionalización.....	33
3.3 Población, muestra y unidad de análisis	33
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.5 Procedimiento de la obtención de datos	36
3.6 Método de análisis de datos.....	40
3.7 Aspectos éticos	40
IV. RESULTADOS	41
4.1 Datos generales de incendios y deforestación.....	41
4.2 Deforestación generada por incendios forestales durante los años 2010-2020.	41

4.3	Determinación del área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales	45
4.4	Determinación del área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales	46
4.5	Relación entre los factores meteorológicos y el área deforestada por efecto de incendios forestales	47
4.6	Relación entre los factores de calor y el área deforestada por efecto de incendios forestales.	54
4.7	Relación entre los factores geográficos y el área deforestada por efecto de incendios forestales.	58
4.8	Definición de medidas preventivas para reducir los incendios	60
V.	DISCUSIÓN.....	64
VI.	CONCLUSIONES	67
VII.	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIAS.....	70
	ANEXOS	84

Índice de tablas

Tabla 1. Evolución del conjunto de sensores Landsat.	24
Tabla 2. Superficie y porcentajes de bosques naturales en Perú.....	28
Tabla 3. Tipos de bosques naturales de la región Cusco.....	30
Tabla 4. Tipos de bosques naturales de la región Cusco (continuación).	31
Tabla 5. Información de las imágenes satelitales empleadas en el estudio	34
Tabla 6. Validación de los instrumentos de recolección de datos	35
Tabla 7. Coordenadas UTM para el distrito de Ccatcca.....	36
Tabla 8. Incendios forestales.....	42
Tabla 9. Pruebas de normalidad para incendios.	43
Tabla 10. Área deforestada por efecto de incendios forestales.....	41
Tabla 11. Pruebas de normalidad para deforestación.....	43
Tabla 12. Coeficiente de Pearson entre deforestación e incendios forestales	44
Tabla 13. Área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales	45
Tabla 14. Área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales.....	46
Tabla 15. Factores meteorológicos y área deforestada por efecto de los incendios forestales.....	467
Tabla 16. Estadísticos descriptivos sobre los factores meteorológicos.....	48
Tabla 17. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y precipitación total.	49
Tabla 18. Correlación entre deforestación y precipitación.....	50
Tabla 19. Correlación entre la deforestación y la temperatura.....	51
Tabla 20. Correlación entre deforestación y velocidad del viento.	52

Tabla 21. Datos anuales de áreas deforestadas por factores de calor (Densidad de focos de calor y números de incendios)	54
Tabla 22. Estadísticos descriptivos de los factores de calor	55
Tabla 23. Correlación entre deforestación y densidad de los focos de calor	56
Tabla 24. Correlación entre el número de incendios y el área deforestada	57
Tabla 25. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y altitud.....	58
Tabla 26. Correlación entre deforestación y altitud	59
Tabla 27. Matriz de operacionalización de variables.....	84
Tabla 28. Matriz de consistencia	87

Índice de figuras

Figura 1. Triángulo del fuego.....	16
Figura 2. Tipos de incendios forestales, (A) superficiales, (B) subterráneos, (C) de copa.	18
Figura 3. Proceso y aplicaciones de la Teledetección.....	19
Figura 4. Espectros de reflectancia generalizados.....	20
Figura 5. Línea del tiempo de las misiones Landsat.	25
Figura 6. Representación teórica de un foco de calor y la cicatriz de quema asociada a él.	26
Figura 7. Ubicación del área de estudio	37
Figura 8. Incendios generados durante los años 2010-2020.	38
Figura 9: Evolución anual del área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales.....	42
Figura 10. Gráfico de dispersión entre incendios y deforestación.....	44
Figura 11. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y precipitación total.....	48
Figura 12. Deforestación y precipitación.	50
Figura 13. Área deforestada y temperatura.	51
Figura 14. Área deforestada por efectos de incendios forestales y velocidad media del viento.....	53
Figura 15. Datos anuales de áreas deforestadas por factores de calor.	54
Figura 16. Deforestación y densidad de los focos de calor.	56

Figura 17. Relación entre deforestación y número de incendios.....	57
Figura 18. Relación entre deforestación y altitud.	59
Figura 19. Evidencias del último incendio forestal.....	114
Figura 20. Eucaliptus globulus sp. quemado por efecto del último incendio forestal.	114
Figura 21. Vista de la zona donde se suscitó el último incendio forestal.....	115
Figura 22. Inspección de la zona donde se suscitó el último incendio forestal. .	115
Figura 23. Vista de un ejemplar de <i>Polylepis rosaceae</i> sp.....	116
Figura 24. Vista de un bosque de <i>Eucaliptus globulus</i> sp.	116
Figura 25. Vista de un bosque de <i>Pinus radiata</i> sp.	117
Figura 26. <i>Rhamnus lycioides</i>	118
Figura 27. <i>Stipa ichu</i>	118
Figura 28. Bosque natural.	119
Figura 29. Plantaciones de <i>Pinus radiata</i>	120
Figura 30. Pastos naturales que predominan en la zona de estudio.....	119

Resumen

La importancia de la conservación de los ecosistemas forestales, recae en los múltiples servicios ecosistémicos que brindan los bosques. Cada año, se presentan eventos de fuego que perturban la biodiversidad e integridad de los mismos. El presente trabajo de investigación muestra el análisis de la deforestación ocasionada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020, en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco. Las áreas con cicatrices de quema fueron identificadas a través del procesamiento, en el software ArcMap 10.5, de las imágenes obtenidas del satélite Landsat. Para la identificación de los incendios, se empleó el producto denominado focos de calor que proporciona el sensor MODIS. El reporte de los focos de calor, muestra una tendencia creciente, lo que permite suponer que este incremento se debe a las prácticas de quema.

La determinación de las áreas deforestadas por efecto de los incendios forestales, se realizó utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y se corroboró la información en campo. De igual forma, el reporte de los focos de calor, obtenido del sensor MODIS, fue contrastado con la información de ocurrencia de incendios proporcionada por portales web de noticias y entidades competentes como el Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres (SINPAD). El área afectada por los incendios en el bosque y en los pastizales en los años 2013, 2019 y 2020 fueron de 31.90 has., 29.12 has. y 116 has. respectivamente, siendo estos los años con mayor pérdida de cobertura vegetal. De igual forma, el análisis estadístico mostró una correlación fuerte y positiva entre el área deforestada y los incendios forestales, con un valor de coeficiente de Pearson de 0.982 y el P-valor de 0.00 menor a 0.05; por lo tanto, fue estadísticamente significativo con un nivel de significancia de 99%.

Palabras clave: Deforestación, cobertura vegetal natural andina, incendios forestales.

Abstract

The importance of conserving forest ecosystems lies in the multiple ecosystem services provided by forests. Every year, fire events occur that disturb their biodiversity and integrity. This research work shows the analysis of deforestation caused by the effect of forest fires in the 2010-2020 period, in the Ccatcca district, Quispicanchis province, Cusco region. The areas with burn scars were identified through the processing, in the ArcMap 10.5 software, of the images obtained from the Landsat satellite. For the identification of the fires, the product called heat sources provided by the MODIS sensor was used. The report of heat sources shows a growing trend, which allows us to suppose that this increase is due to burning practices.

The determination of deforested areas due to the effect of fires was carried out using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and contrasting the information in the field. Similarly, the report of the heat sources obtained from the MODIS sensor was contrasted with the information on the occurrence of fires provided by news web portals and competent entities such as the National Information System for the Prevention and Attention of Disasters (SINPAD). The area affected by the fires in the forest and in the grasslands in the years 2013, 2019 and 2020 were 31.90 has., 29.12 has. and 116 has. respectively, these being the years with the greatest loss of plant cover. Similarly, the statistical analysis showed a strong and positive correlation between the deforested area and forest fires, with a Pearson coefficient value of 0.982 and the P-value of 0.00 less than 0.05; therefore, it was statistically significant with a significance level of 99%.

Keywords: Deforestation, andean natural vegetation cover, forest fires.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques constituyen el hogar del mayor porcentaje de la biodiversidad del planeta. “Albergan el 80% del total de anfibios, el 75% de aves y el 68% de la población mundial de mamíferos” (FAO, 2020), además son fuente de vida de diversas culturas humanas. Así mismo, brindan diversos servicios ecosistémicos, como reserva y cosecha de agua, control del clima y evitan la erosión (FAO, 2016). De igual forma, juegan un rol indispensable en la fase de adecuación al cambio climático, debido a que el conjunto de biomasa forestal funciona como sumidero de carbono. A pesar de los servicios que los ecosistemas forestales prestan a la sociedad, su conservación se ve amenazada por los incendios forestales.

Los incendios forestales, son fuegos que se diseminan en los ecosistemas terrestres, sin control, siendo una de las causas primarias de transformación de bosques y zonas de cobertura de vegetal, así como de la perturbación ecológica que contribuye al cambio climático (Pausas, 2012).

En Perú, la propagación de incendios para remover los restos vegetales en los campos de cultivo es una práctica extendida, ya que las quemas forman parte de las costumbres de los pobladores de las comunidades andinas, y se realizan vulnerando las medidas de seguridad necesarias para evitar desastres. Durante el 2020, se han reportado 1 877 incendios forestales a nivel nacional, encontrándose Cusco dentro de las regiones más afectadas (Bautista Bonilla, 2020). El evento con mayor intensidad y efectos devastadores, fue el registrado en la zona limítrofe de los distritos Ccatca y Ocongate, en la provincia de Quispicanchis.

Por los efectos adversos que ocasionan los incendios sobre los ecosistemas, su estudio es de gran importancia, ya que éstos sufren variaciones en sus procesos ecológicos. Uno de los daños más considerables, es la alteración grave en la sucesión y organización de las comunidades vegetales (Palomeque, y otros, 2020), modificando las condiciones físicas del medio, ocasionando la pérdida de humedad que cambia su estructura y generando reacciones químicas perjudiciales, por el

aporte de nuevas sustancias químicas, derivadas de las cenizas, como el calcio, potasio y fósforo.

La eliminación de la cubierta vegetal, especialmente de los pastos naturales, tras los incendios forestales, también ocasiona disturbios en los procesos de infiltración y alteraciones en la escorrentía superficial, modificando el ciclo hidrológico por el efecto que estas provocan en determinadas propiedades fisicoquímicas del suelo (Bernal, 2018), además del deterioro de la calidad del paisaje, su fragmentación, y la pérdida de la fuente principal de alimento para el ganado (Martínez Murillo, 2015). Así mismo, los incendios forestales producen la afectación económica del sector público y privado, por los costos de recuperación, reforestación y mitigación de las llamas del fuego.

Las técnicas tradicionales para estimar la extensión de la pérdida de cobertura vegetal, ocasionada por los incendios forestales, resultan ser muy costosas y en la mayoría de casos difíciles de implementar, especialmente en las zonas de difícil acceso. Una técnica cada vez más difundida, que permite obtener esta información con un nivel de precisión aceptable es la Teledetección. El uso de imágenes satelitales para la detección temprana de zonas deforestadas, constituye una herramienta muy valiosa, por sus características de precisión y confiabilidad de los datos. En la actualidad, el Perú no cuenta con un sistema que correlacione los incendios forestales con la deforestación. La investigación busca cuantificar las superficies deforestadas por incendios forestales en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, Cusco, durante los años 2010 – 2020 por medio de cicatrices de quemaduras, utilizando imágenes proporcionadas por el satélite Landsat.

A partir de lo mencionado, se plantea el problema general: ¿Cuánta área de cobertura vegetal natural andina ha sido deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?; y los problemas específicos: ¿Cuánto contribuyen los incendios forestales en la disminución de bosques, en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?; ¿Cuánto contribuyen los incendios forestales en la disminución de pastos naturales, en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región

Cusco?; ¿Cuál es la relación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?; ¿Cuáles fueron las medidas preventivas o las acciones para mitigar los incendios registrados en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?.

La investigación se justificó a nivel teórico, debido a que aporta información nueva sobre el área de estudio y sobre la correlación de estos dos factores que son la deforestación y los incendios forestales. Se justificó a nivel práctico, porque cuantifica la superficie deforestada a través de la Teledetección. Con el estudio se analizó la prospección de las variables incendios forestales y deforestación a fin de prevenir futuros incidentes y cuantificar los daños ocasionados a este recurso tan importante.

Para dar solución al problema se planteó como objetivo general: evaluar el área de cobertura vegetal natural andina deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco, y como objetivos específicos: determinar el área de bosques deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco; determinar el área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco; establecer la relación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco; definir las medidas preventivas adecuadas para reducir los incendios forestales registrados en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.

Además, se pretende confirmar la hipótesis general: los incendios forestales ocasionan el incremento de la cobertura vegetal natural andina deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco. Finalmente, con esta investigación se quiere contribuir con información sistematizada y analizada de utilidad para los tomadores de decisiones.

II. MARCO TEÓRICO

En el ámbito internacional, (FAO, 2020) resalta la significancia de los bosques, ya que la biodiversidad depende de ellos. Es así que, se reconoce que los bosques ocupan el 31% de la extensión terrestre mundial, sin embargo, no presentan distribución homogénea. Alrededor del 50% de los bosques están ubicados en cinco países del mundo, estos son: Brasil, Canadá, China, Estados Unidos, y Rusia. Un problema latente en los últimos años ha sido la deforestación que ha estado avanzando considerablemente, generando gran preocupación. Se calcula que, en los últimos 30 años se han exterminado unos 420 millones de hectáreas de bosque, por efecto del cambio de uso de suelo. Asimismo, las amenazas más evidentes, que afectan a más de 100 millones de has., son los incendios forestales, que se registran con mayor frecuencia, así como también la aparición de enfermedades, temporadas de sequía y fenómenos meteorológicos adversos.

(Praeli, 2020) de acuerdo al estudio de Global Forest Watch refiere que, por cada segundo, en el mundo se extingue un área de cobertura forestal del tamaño de un estadio. Así, en el año 2019 se estimó que se perdió aproximadamente 11.9 millones de has. de cobertura vegetal a lo largo del mundo. Asimismo, se identifica a cinco países de América Latina con el mayor porcentaje de pérdida de bosques primarios, liderando el ranking Brasil, con más de 1 millón de has. retiradas durante el 2019. A este le sigue Bolivia con 290 000 has., seguidamente en Perú, se perdieron 162 mil hectáreas, superando al año 2018, ocurriendo el mismo problema en Colombia y México. Con la situación actual de la pandemia vivida en todo el mundo se le ha prestado mayor atención a esta problemática, aunque no lo suficiente. Es así que, los gobiernos y empresas asumieron el compromiso de aminorar la deforestación en sus territorios, sin embargo, propusieron metas ambiciosas para llevarlas a cabo durante el 2020, que no se lograron alcanzar, debido a que actualmente todos los países están buscando la manera de reactivar su economía, y en algunos casos involucra a empresas manufactureras que ocasionan una pérdida significativa de este recurso.

(FAO M. M., 2014) La investigación se enfocó en identificar las fuentes primarias que ocasionan la pérdida de los bosques ecuatoguineanos en el periodo 2004-2014. La finalidad del estudio fue informar a la REDD+, para apoyar en la planificación de los mecanismos de desarrollo social, económico, territorial y de manejo responsable de la biodiversidad. Asimismo, orientar las inversiones para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEIs) y pérdida de bosques. Los resultados del estudio mejoran y amplían la información existente en el país. A pesar de mantener relativamente alta la cobertura boscosa, la superficie forestal se ve reducida cada año. Los bosques se degradan de forma progresiva, lo cual genera la pérdida de la riqueza biológica y esto a la vez induciendo a la reducción de su capacidad de proporcionar servicios y beneficios medioambientales. Todo indica que el origen primordial de la deforestación es la expansión de infraestructuras, seguido por el sector de agricultura que incluye la agricultura intensiva como la de subsistencia.

(Úbeda & Francos, 2018) Los incendios forestales son un fenómeno global, estos pueden suscitarse en cualquier parte del mundo. Los incendios siempre han existido ya desde tiempos remotos, y también seguirán existiendo a lo largo de la vida. Aunque en muchas ocasiones los incendios estén asociados a la destrucción de la naturaleza, recursos forestales, agrícolas, ganaderos, pérdida de vidas humanas e infraestructura, no se puede decir que siempre resulte ser un problema, ya que el fuego juega un papel importante de modificar, moldear y embellecer un determinado espacio. En la investigación, se describen algunos aspectos importantes, como el régimen de incendios. También, se analizan las causas y los efectos que traen como consecuencia los incendios. Debido a que cada ecosistema es diferente, frente a un incendio también responde de manera distinta. Finalmente concluye que con el buen conocimiento del problema se puede encontrar soluciones.

(Adrianto, Spracklen, Arnold, & Syaufina, 2019), estudiaron la relación entre los incendios forestales y la deforestación en la provincia de Riau, Indonesia. Utilizaron un mapa de cobertura terrestre proveído por el Ministerio del Ambiente de Indonesia, que incluye la clasificación de cobertura para los años 1990, 1996, 2000,

2003, 2006 y 2009, y anualmente entre 2011 y 2017. También utilizaron datos sobre la ubicación de las áreas de concesión y extensiones de áreas protegidas proporcionadas por World Resources Institute. La información sobre la distribución de fuego, se obtuvo a partir de productos de anomalías térmicas y observación del área quemada. La ocurrencia de incendios fue obtenida del sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer). Así mismo, usaron la colección de productos de ubicación de incendios mensuales globales MCD14ML 6, cuyo tamaño mínimo de detección es de 50 m² y definieron la periodicidad de quemas como el número de puntos calientes detectados por unidad de área por año. Los resultados mostraron que durante 1990 al 2017, el bosque secundario de turberas se redujo en área, de 40 000 a 10 000 km² y las plantaciones aumentaron de 10 000 a 40 000 km² y que durante 2001 a 2017 la frecuencia de los incendios fue mayor en las regiones que cambiaron la cobertura del suelo. El análisis de los datos demostró que, en Riau, el fuego está estrechamente relacionado con el cambio de cobertura terrestre y que la mayoría de los incendios están asociados con la transición de bosque secundario a arbustos y plantación.

En Nepal, (Matin, Chitale, Murthy, Uddin, & Pradhan., 2017) analizaron los patrones de incendios forestales basados en los datos de incidencia histórica de los mismos, para explorar los patrones espaciales y temporales de incendios forestales. Así mismo calcularon un índice de riesgo de incendio distribuido especialmente para Nepal, basado en un modelo lineal, usando pesos y calificaciones. Los parámetros de entrada para el modelo de evaluación de riesgos se generaron utilizando los mapas de cobertura terrestre basada en la teledetección, la temperatura y los datos de incendios activos y datos topográficos. También establecieron una clasificación de riesgo relativo para el desarrollo de distritos y aldeas. En total encontraron 18 de los 75 distritos, con alto riesgo de incendios.

(Silva, Santillini, & Laneve, 2021) estudiaron la dinámica de la ocurrencia de incendios, la emisión de gases de efecto invernadero, la tala de bosques y la degradación en la Amazonía Brasileña, exactamente en la municipalidad de Novo Progresso (Pará State) durante el periodo 2006 – 2019. Con el objetivo de establecer una correlación entre la ocurrencia de incendios y las prácticas de tala y

quema. Para ello se basaron en un conjunto de datos de deforestación e incendios, emitidos por el Instituto Brasileño de Investigaciones Espaciales (INPE), que fueron generados en base a sensores ópticos y térmicos a bordo de diferentes satélites, mientras que los datos de deforestación fueron usados para evaluar las emisiones de GEI, procedentes de las prácticas de tala y quema. Encontraron que la deforestación reportada en el 2019, sobrepasó los 10 000 km², lo que significa que fue 48% más alta que en los diez años previos, con un promedio de 6 760 km². Así mismo, estimaron 295 millones de toneladas de CO₂ neto, equivalentes al 16.4% del total de emisiones de CO₂ y CH₄, liberadas a la atmósfera por Brasil durante el 2019.

(Salsabila, Sahitya, & Mahyatar, 2020) realizaron un estudio de la distribución en el espacio y tiempo de los incendios forestales ocurridos en Kalimantan Indonesia, con el objetivo de identificar el factor que afecta a los incendios forestales espacial o temporalmente basados en datos de incendios registrados en las imágenes de satélite. Usaron datos históricos de condiciones topográficas, cobertura de suelo, turbera, data hotspot del satélite MODIS, precipitaciones, humedad, temperatura, velocidad y dirección del viento, de los años 2005 – 2012, basados en el Fenómeno del Niño. El resultado mostró una conexión entre el fenómeno del niño y el aumento de la intensidad de incendios forestales en Kalimantan. Llegando a la conclusión de que cuando disminuyen las lluvias, la presencia de aire seco hace que la vegetación sea más vulnerable a los incendios.

(Othman, Ash'aari, Aris, & Ramli, 2018) examinaron la densidad y las condiciones de la cobertura terrestre de los bosques tropicales, utilizando el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), en Pahang, Malasia, a partir de la observación de imágenes de resolución moderada del satélite MODIS. Las imágenes fueron corregidas geométricamente, y se eligieron 1294 puntos distribuidos espacialmente de manera aleatoria, para determinar la precisión del NDVI. Los resultados mostraron que de presentar el 96% de cobertura forestal para el año 2002, pasó al 87% en 2015. Las cuatro imágenes de clasificación presentaron una precisión del 70% al 90%, con un coeficiente Kappa de 0,4 a 0,5

y mostró que las imágenes con mayor resolución (250m) tienen una mejor evaluación.

(Borini Alves & Pérez-Cabello, 2017) analizaron la distribución espacio – temporal de las áreas quemadas en una de las más grandes sabanas, ubicadas al sur de Brasil, del 2000 al 2016. El procedimiento consistió en generar una base de datos de cicatrices de incendios con una resolución espacial de 30 m utilizando imágenes Landsat y también utilizaron la reflectancia superficial diaria de MODIS para establecer con precisión las cicatrices de quema. Así mismo, para establecer dinámicamente los límites de tiempo de la estación seca anual y los períodos de quema analizaron los datos de pluviometría de TRMM. Cuantificaron la extensión, frecuencia y recurrencia del área quemada comparando los resultados anualmente. Adicionalmente, utilizaron capas de cobertura de árboles para analizar la incidencia de incendios en diferentes tipos de cobertura predominante. Los resultados mostraron que durante el periodo de estudio se quemaron 1.03 millones de has dentro del área de estudio, distribuidas en 1432 ocurrencias de incendios. Los incendios de la estación seca media representaron el 86.21% del total de áreas quemadas y el 32.05% de las ocurrencias de incendios, afectando una mayor cantidad de superficies de árboles de mayor densidad que otros períodos de quema.

(Ahmad & Goparaju, 2017) analizaron la incidencia de incendios forestales en Jharkhand, estado de la India, a través del análisis de los datos de Landsat-8 para obtener la cobertura forestal de 2015 para el distrito de Paschim Singhbhum. La cuadrícula de 2 km x 2 km se generó para evaluar cada una de ellas con referencia a la incidencia de incendios forestales. El análisis de los conjuntos de datos reveló que el distrito con mayor incidencia de incendios forestales del estado de Jharkhand fue Paschim Singhbhum, que retiene el 30% del total de incendios forestales, mientras que contiene aproximadamente el 17% de la cubierta forestal estatal.

(Çolak & Sunar, 2018) monitorearon las áreas afectadas por los incendios forestales ocurridos durante el año 2017 en la región de Izmir, Turquía. Para esta evaluación, determinaron los índices de quemado espectral, denominados: Índice

de área de quemado (BAI), índice de quemado normalizado (NBR), y relación de combustión normalizada térmica (NBRT) e infrarrojo medio y el índice de quemado (MIRBI), aplicados a las imágenes del satélite Landsat 8. Aplicaron métodos de clasificación supervisados y no supervisados para producir mapas temáticos que muestren las áreas forestales afectadas por el fuego. Evaluaron también, todos los posibles factores que afectaron el incendio, a través del análisis de imágenes con el software ArcGIS, como temperatura, viento y humedad, así como también los otros factores responsables de los incendios como el tipo de vegetación, pendiente y dosel. Por lo tanto, mapearon estos dos últimos factores en escala 1:30 000 y establecieron su relación con el fuego. Los resultados mostraron que se afectaron diferentes tipos de vegetación.

(Castro Santana, De Carvalho Júnior, Trancoso Gomes, & Fontes Guimarães, 2018) evaluaron índices espectrales de series de tiempo MODIS para el mapeo de áreas quemadas en el municipio de Novo Progresso (Estado de Pará) y determinaron su precisión en los diferentes tipos de cobertura de suelo durante el período 2000-2014. Compararon los siguientes datos: banda de infrarrojo cercano (NIR); índices espectrales de área quemada (BAIM), índice de monitoreo ambiental global (GEMI), índice de combustión en el infrarrojo medio (MIRBI), índice de combustión normalizado (NBR), variación del índice de combustión normalizado (NBR2) e índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI); y la diferencia estacional de índices espectrales. Además, compararon los métodos de normalización de series de tiempo por píxel y la diferencia estacional entre años consecutivos. La determinación del valor umbral para las ocurrencias de incendios se obtuvieron a partir de la comparación de la serie MODIS con la clasificación de imágenes visuales de Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Operational Land Imager (OLI) utilizando la precisión general. El mejor resultado consideró los siguientes factores: banda NIR y normalización de media cero, obteniendo una precisión global del 98,99%, errores de comisión del 32,41% y errores de omisión del 31,64%.

Los antecedentes relacionados con la investigación en el ámbito nacional: En el distrito Las Piedras, en la región de Madre de Dios, (Fernández Menis, 2018)

calculó la deforestación ocasionada por incendios, en el periodo comprendido entre 2011 y 2016. Para alcanzar el objetivo de la investigación, el cual era estimar el área deforestada, el autor analizó imágenes satelitales Landsat y Sentinel del área en estudio, así como también “hot spots” proporcionados por el sensor MODIS, encontrando que el área afectada en el bosque y pastizales 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.

(Rodriguez Calampa, 2018) evaluó el cambio en el tipo de cobertura vegetal y la deforestación a causa del desarrollo de las actividades humanas, en el distrito de Sauce, en la provincia de San Martín. Para el procesamiento de imágenes satelitales Landsat y Sentinel de los períodos: 1986-1995, 1995-2005 y 2005-2016, emplearon los procesos de clasificación supervisada e interpretación visual interdependiente. Los resultados evidenciaron que, durante el periodo inicial, se produjo una disminución del 20.71% del área de bosque y alcanzó una tasa de pérdida de cobertura forestal anual de 1.11%, mientras que en el segundo periodo la pérdida de superficie alcanzó al 26.93% y tasas anuales mayores de deforestación (1.22%). Por último, durante el periodo final del estudio, la pérdida de cubierta boscosa llegó al 29.36% y una tasa de deforestación de 0.98%.

(Sánchez Saldaña, 2019) analizó el nivel de deforestación de la cuenca del río Cumbaza, durante el periodo 2008 - 2017, a través de la interpretación y manejo de imágenes satelitales Landsat 5 y 8, en el software Arcgis 10.3. Para la determinación del área deforestada, se superpusieron las imágenes en referencia, convirtiendo los raster en polígonos. Como resultado se obtuvo un mapa que muestra la evolución de la deforestación, que alcanzó las 5924.57 has., perdiéndose aproximadamente 658.29 has. al año, producto de la actividad antrópica que se desarrolla en la zona.

En la provincia de Satipo, (Suarez Bravo, 2018) estudió la situación de la deforestación en los centros poblados de Pitocuna y Huantashiri, durante los años 1984 y 2012. Para ello, primero elaboró el mapa de áreas deforestadas para el año 2000, siguiendo los lineamientos del MINAM, empleando imágenes satelitales descargadas de la página web del Departamento Geológico de Estados Unidos

(USGS), que posteriormente fueron procesadas para realizar su corrección geométrica, radiométrica y atmosférica. Los resultados obtenidos luego del procesamiento de imágenes, muestran que hubo mayor pérdida en la comunidad nativa Huantashiri, con tan sólo el 31.88% ó 771.55 has. de bosques naturales, mientras que en Pitocuna se pudo observar un menor porcentaje de merma de cobertura forestal, quedando 37.49% de bosques que equivalen a 1121.38 has.

En el distrito de San Ramón, Chanchamayo, (Gamarra Agama, 2017) analizó la cubierta forestal, utilizando imágenes de resolución espacial media, empleando el proceso de clasificación semiautomática, para la elaboración del mapa de la superficie, empleando el algoritmo "Random Forest". Para ello, descargó imágenes satelitales Landsat 8, del servidor USGS. Como resultado se obtuvo un mapa del año 2016 con 13 clases de cobertura. La zona de bosques húmedos abarcó un total de 43 350.43 has (69.65%) y es la que presenta un porcentaje significativo, por encima de la puna que cuenta con 9 809.38 has, equivalentes a un 15.76%. La zona agropecuaria con 3 315.96 has (5.33%), céspedes, plantas de porte herbáceo y plantas geófitas con 2 778.30 has (4.46%), mientras que las demás coberturas arrojaron valores de un 4.8%.

(Rojas Briceño, Barboza Castillo, Maicelo Quintana, Oliva Cruz, & Salas Lopez, 2019) evaluaron transformaciones en la superficie terrestre, en la provincia de Rodríguez de Mendoza, con el objetivo de determinar las tasas e índices anuales de pérdida de cobertura vegetal entre los periodos 1987-2001 y 2001-2016. Utilizaron las técnicas de interpretación visual interdependiente y de clasificación supervisada de imágenes satelitales obtenidas del programa Landsat. El análisis determinó que la pérdida de cobertura boscosa fue de 918,59 km² y que, en el segundo periodo de análisis, la intensidad y la ratio de deforestación fueron superiores. Además, pusieron en evidencia que las zonas más impactadas se encuentran cercanas a la red hídrica y vial, concluyendo que esta pérdida se debe a la actividad ganadera y expansión agrícola.

(Andrea Puzzi, Kelsey, Africa Flores, & Griffi, 2019) en su investigación titulada "A spatial pattern analysis of forest loss in the Madre de Dios, region, Peru." Infiere

que, durante las últimas décadas, la Amazonía peruana ha experimentado un rápido cambio en la cobertura forestal debido a la expansión de la agricultura y las actividades extractivas. Este estudio utiliza análisis de mezcla espectral (SMA) en una plataforma de computación en la nube para mapear la pérdida de bosques dentro y fuera de territorios indígenas, áreas protegidas, concesiones mineras y concesiones de reforestación dentro de la región de Madre de Dios en Perú. El área de estudio se centra en áreas clave de pérdida de bosques en la parte occidental de la Reserva Nacional Tambopata y en los alrededores del río Malinowski. Los datos de reflectancia de superficie Landsat 8 Operational Land Imager y Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus que abarcan 2013-2018 se analizaron utilizando SMA basado en nubes para identificar patrones de pérdida de bosques para cada año. Se utilizaron imágenes de alta resolución de Planet Dove (3 m) y RapidEye (5 m) para validar el mapa de pérdida forestal e identificar los posibles impulsores de la pérdida.

Los resultados de la investigación mostraron grandes áreas de pérdida de bosques, especialmente dentro de las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas. La pérdida de bosques también aparece en la comunidad nativa de Kotsimba dentro de una zona de amortiguamiento de 1 km del río Malinowski. Además de la extracción de oro, la agricultura y los campos de pastoreo también parecen ser los principales impulsores de la pérdida de bosques para nuestro período de estudio. Este estudio también sugiere que la actividad minera de oro no está potencialmente restringida a las áreas legales de concesión minera, con el 49% de la pérdida de bosques ocurriendo fuera de las concesiones mineras. La precisión general obtenida para el análisis de pérdida de bosques fue del 96%. Estos resultados ilustran la aplicabilidad de una plataforma basada en la nube no solo para la detección de cambios en la cobertura del suelo en el uso de la tierra, sino también para acceder y procesar grandes conjuntos de datos; la importancia de monitorear no solo la progresión de la pérdida de bosques en Madre de Dios, sino también sus impulsores; y reitera el uso de SMA como un enfoque de clasificación de detección de cambios confiable.

(Manta, Kometter, & Navia, 2018) en su investigación titulada “Evaluation of wildfire danger in the Peruvian Andes: First step for its reduction and adaptation” infiere que, los eventos recientes de incendios forestales extremos están ocurriendo en diferentes partes del mundo. En Perú también se ha presentado clima de incendios que ha provocado pérdidas de materiales y de servicios ambientales. La población y los ecosistemas de los Andes peruanos se han visto afectados directamente por el incendio y una mayor reducción del suministro de agua podría afectar al 95% de la población peruana. Teniendo en cuenta que existen limitaciones para estimar el índice de peligro de incendios y conocer a la población sobre la ocurrencia de incendios forestales. En esta investigación se utilizaron estadísticas de incendios forestales para analizar sus tendencias espaciales y temporales de 1973 a 2014 y mapear el peligro de incendios para los Andes peruanos.

(Vásquez Jara, Tovar Narváez, Palma Pecho, & Mercado Curi, 2017) estudiaron la degradación de los bosques nativos de la Mancomunidad Saywite – Choquequirao – Ampay, en el departamento de Apurímac, con el objetivo de evaluar en qué medida los bosques nativos y los servicios que proveen a la comunidad han sido afectados por las actividades antrópicas y los cambios en los regímenes climáticos. La metodología consistió en el análisis multitemporal de imágenes satelitales, a través de la clasificación supervisada sobre los segmentos del área en estudio, haciendo uso del algoritmo Random Forest en el paquete estadístico del mismo nombre. Los resultados muestran que durante los últimos 15 años se han perdido 10 850 has. de bosque andino, en particular la intimpa (*Podocarpus glomeratus*) y la unca (*Myrcianthes oreophila*), que antes eran abundantes.

(Perea Ardila, 2018) estimó los contenidos de biomasa aérea y carbono, a partir del monitoreo de imágenes satelitales, en bosques alto-andinos del Santuario de Fauna y Flora Iguaque de Boyacá en Colombia. Para alcanzar el objetivo, el autor estableció en campo 23 parcelas temporales de muestreo, cada una con un tamaño de 250 m² y se midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm; la biomasa aérea se estimó a través de una ecuación alométrica desarrollada para bosques alto-andinos de similares características ambientales y se correlacionó estadísticamente con tres índices de vegetación NDVI, SAVI y EVI,

obtenidas a partir de dos imágenes mejoradas del Satélite LANDSAT 8 OLI, con una resolución de 30 m, en época seca y lluviosa del año 2016. Como resultado de la investigación se encontró que los bosques del santuario almacenan en promedio 36.6 tC/ha en biomasa aérea. Además, desarrolló un modelo matemático que definió dicha relación, el cual obtuvo un $R^2 = 0.82$ y un RMSE de 17t/ha.

Con respecto a los antecedentes locales, tenemos a los siguientes autores: (Lau Guerra, 2017), respecto a los incendios forestales en nuestro país, menciona que constituyen un problema anual, que abarca un nivel social, económico y ambiental, donde Cusco es el foco principal, debido a que registra el mayor número de incidentes, durante el invierno cusqueño, donde las condiciones meteorológicas contribuyen con el proceso de ignición. El objetivo principal del estudio fue el de obtener un registro de las estaciones físicas en la superficie, para lo cual se realizó un estudio espacial atmosférico, denominado ERA-Interim dentro de la región Cusco, para obtener una serie de datos a escala diaria, desde 1979 al 2015, componiendo así una “climatología del fuego”.

Con respecto a las áreas para restauración, (Blanco Navea, 2015) realizó un estudio en el distrito de Kosñipata, con el objetivo de ubicar y priorizar áreas para restauración ecológica, para ello, inicialmente determinó la identificación y codificación de áreas degradadas, luego procedió a realizar el contraste de los datos obtenidos, otorgando un valor en la escala de MUY BAJO, BAJO, MEDIO, ALTO y MUY ALTO, relacionando los componentes físicos, bióticos y sociales. Para la identificación de los componentes bióticos y físicos se empleó el método de Transectos con GPS, series forestales, contrastación de datos de campo contenidos en los mapas y modelos generados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El estudio arrojó que dentro del distrito existen áreas degradadas, como consecuencia de la tala masiva y realización de roce. Adicionalmente, se pudo identificar que el 16.85% de la superficie estudiada corresponde a zonas de cultivo, el 47% está ocupada por bosques secundarios, el 28.9% son suelos desnudos y el porcentaje restante corresponde a otro tipo de coberturas. El estudio concluye que, en cuanto a los factores físicos, se pudo identificar un área de 113102.55 has. que presenta un BAJO PFRE, debido a que, a pesar de que cuenta

con condiciones aptas de temperatura y precipitación; predominan las montañas empinadas, que dificultan la formación del suelo.

En cuanto al diagnóstico de la deforestación, (Escalante Valencia, 2018) en cuyo trabajo de investigación el objetivo principal fue la identificación de las causas de la pérdida de cobertura natural y sus impactos sobre la conservación del Parque Nacional del Manu. La metodología empleada consistió en establecer una línea base, apoyada en los diagnósticos realizados por la Sociedad Zoológica de Fráncfort – SZF, posteriormente el autor procedió a analizar a detalle las imágenes del satélite Landsat (30x30m) en el software ArcMap 10.3, a través de la georreferenciación, correcciones radiométrica y atmosférica, la clasificación supervisada y la obtención del mapa final. El estudio lleva a la conclusión de que la causa principal de deforestación durante los años 2005 y 2010 se debe a la actividad humana.

En la presente investigación se utilizó el enfoque metodológico descrito por (Gupta R. P., 2018), el cual consiste en la determinación del área quemada por un incendio forestal suscitado en abril de 2016. Para ello, realizaron una clasificación digital de imágenes satelitales, las cuales se enmascararon utilizando un mapa de tipo de bosque para extraer el área forestal. Además, clasificaron la imagen raster del bosque, mediante el método de clasificación híbrido (visual y no supervisado). Los parches de bosque quemado resultaron claramente en color violeta a negro en False Color Composite (FCC). Las bandas SWIR, NIR y Red fueron utilizadas como combinación para FCC. Evaluaron la precisión utilizando puntos aleatorios generados sobre el estado en función de la firma espectral y la precisión general obtenida fue del 84%. De igual forma, para la evaluación de la extensión del daño en los diferentes tipos de bosque, el mapa de tipo de bosque y el mapa de riqueza biológica fueron enmascarados por las áreas quemadas y los resultados fueron analizados utilizando el software ArcGIS 10.1 y Erdas Imagine 2014. También utilizaron mapas de división forestal, de límites, mapas de parques nacionales y distritales. Los resultados obtenidos mostraron que el área quemada en el estado de Uttarakhand fue de 3774.14 km² que representa el 15.28% del total de la cobertura forestal.

Teorías relacionadas a la variable independiente: Un incendio forestal es aquel fuego no deseado, de cualquier origen, que se expande de manera descontrolada sobre los ecosistemas terrestres, con consecuencias muy negativas sobre los recursos naturales (SERFOR, 2018). Es decir que, el término incendio forestal hace referencia a la combustión abierta y de libre propagación que consume la flora y fauna silvestre (Kaushik, 2014). Se sabe, que existe una relación estrecha entre los incendios y las condiciones climáticas del medio, ya que la mayor incidencia de incendios se da en temporadas de sequía. Así mismo, el clima contribuye con la presencia de combustiones (rayos), la dispersión de las llamas (vientos), y también determina la disponibilidad y el contenido de humedad de la biomasa (combustible) (Pausas, 2012). Otro factor que favorece la propagación del fuego, viene a ser la pendiente del terreno, ya que las llamas se verán favorecidas por las inclinaciones más pronunciadas, donde hay mayor cercanía a la vegetación precalentada y seca (CENEPRED, 2020).

De los tres componentes esenciales que constituyen el triángulo del fuego, dos de ellos, es decir el combustible y el oxígeno están naturalmente disponibles en el bosque. Es el tercer componente, el calor, el que realmente desencadena el incendio, y puede ser suministrado por fuentes naturales o antrópicas.



Fuente: CONAFOR (2010)

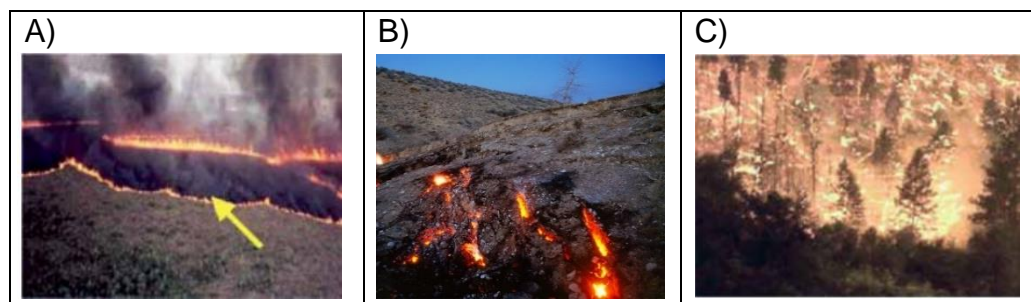
Figura 1: Triángulo del fuego

Los incendios forestales no siempre son los mismos, pueden diferir, dependiendo de su naturaleza, tamaño, velocidad de propagación, comportamiento, etc. Básicamente, los incendios pueden ser sub agrupados según su naturaleza y tamaño: incendios superficiales, incendios subterráneos e incendios de copa (figura 2) (Kaushik, 2014).

Los incendios superficiales son los incendios forestales más comunes, que queman la maleza y provocan la muerte del material a lo largo del suelo del bosque. Es el tipo de incendio que quema los restos vegetales, pequeños arbustos y hojarasca. En general es muy útil para el crecimiento del bosque y la regeneración; pero si crece en tamaño, no sólo quema la flora del suelo, sino que también envuelve la maleza y el piso medio del bosque. Un incendio en la superficie, si se propaga puede arder hasta la vegetación más alta y la copa de los árboles a medida que avanza.

Los incendios subterráneos generalmente, se extienden por completo por debajo de la tierra y arden durante algunos metros por debajo de la superficie. El fuego se propaga consumiendo el manto espeso de materia orgánica que se encuentra en la parte superior del suelo mineral. Este tipo de incendio, se propaga lentamente y es difícil de detectar y de controlar.

Pero los más destructivos son los incendios forestales de copa, ya que son impredecibles, queman la copa de los árboles y se propagan rápidamente con el viento. También inician a nivel superficial, pero escalan a través de la vegetación en forma ascendente, llegando a quemar toda la biomasa arbórea (CONAFOR, 2010).



Fuente: Kaushik (2014).	Fuente: National Geographic (2013).	Fuente: Kaushik (2014).
Figura 2: Tipos de incendios forestales, (A) superficiales, (B) subterráneos, (C) de copa.		

En las zonas andinas, los pastos constituyen la fuente primordial de alimento para el ganado, y es frecuente que se realicen quemas periódicas para renovarlos. Otra práctica difundida es la quema de zonas boscosas para ampliar terrenos de cultivo. Sin embargo, estos procedimientos no controlados pueden convertirse fácilmente en incendios, ya que la composición vegetal favorece la propagación del fuego.

Algunas especies exóticas, como el eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y pino (*Pinus radiata*), que por lo general se emplean en plantaciones forestales ubicadas hasta los 3 800 m.s.n.m., son especies altamente inflamables por contener aceites volátiles, en el caso del eucalipto, y resinas en el caso del pino. Además, acumulan hojarasca de difícil descomposición que sirve como combustible (SERFOR, 2018). Los incendios forestales representan la amenaza principal para la conservación de bosques y dan como resultado, la destrucción de la flora del suelo, que finalmente conduce a cambios en los nutrientes del suelo, estado y erosión acelerada. Así mismo, producen la alteración de los ciclos hidrogeológicos, como la recarga de mantos acuíferos y contribuyen con la erosión del suelo (Palomeque, y otros, 2020). También ocasionan la pérdida de biodiversidad, la liberación de GEIs a la atmósfera y pérdidas económicas, debido a que el gobierno se ve en la necesidad de destinar fondos para el control y mitigación de los incendios y la posterior recuperación del ecosistema.

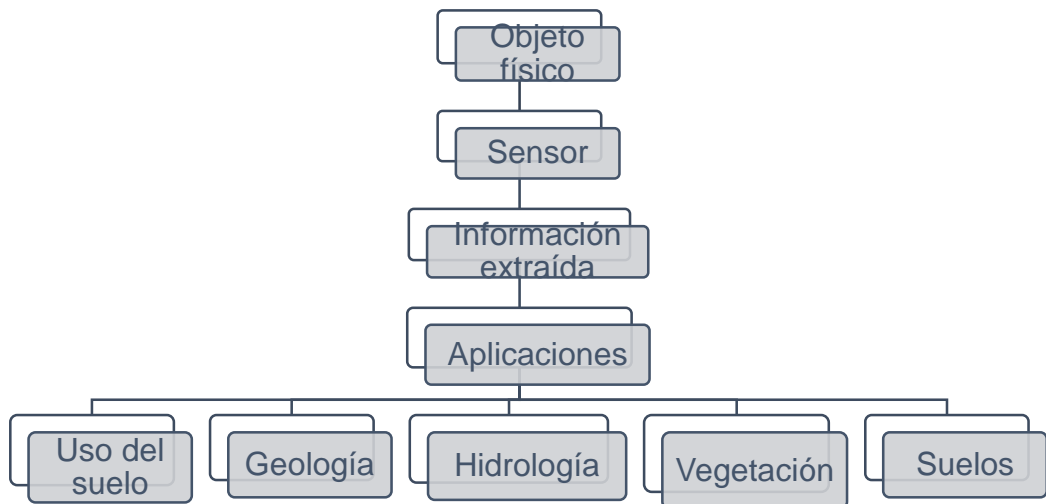
Se entiende por teledetección o percepción remota como el ejercicio de recabar datos de la superficie terrestre y de los cuerpos de agua haciendo uso de imágenes obtenidas desde un satélite, a través de la radiación electromagnética, reflejada o emitida por la superficie de la Tierra (Wynne, 2011).

La teledetección, incluye los siguientes aspectos:

- a) La obtención de información a distancia, sin entrar en contacto con el sistema observado.
- b) Se realiza a través de sensores, que captan la perturbación (energía electromagnética) que el sistema observado emite.
- c) Conversión de los datos obtenidos en información útil, por medio de técnicas de interpretación de imágenes y reconocimiento de las superficies.

La práctica de la teledetección se realiza por medio de sensores susceptibles a captar radiación electromagnética, que llega de la Tierra o atmósfera, y convertirla en una magnitud física. Existen dos tipos de sensores: activos y pasivos. Los sensores pasivos, capturan la radiación que emite el objeto observado o la radiación solar reflejada. Mientras que el funcionamiento del sensor activo se basa en que produce una señal hacia el sistema observado que posteriormente será captado por el mismo.

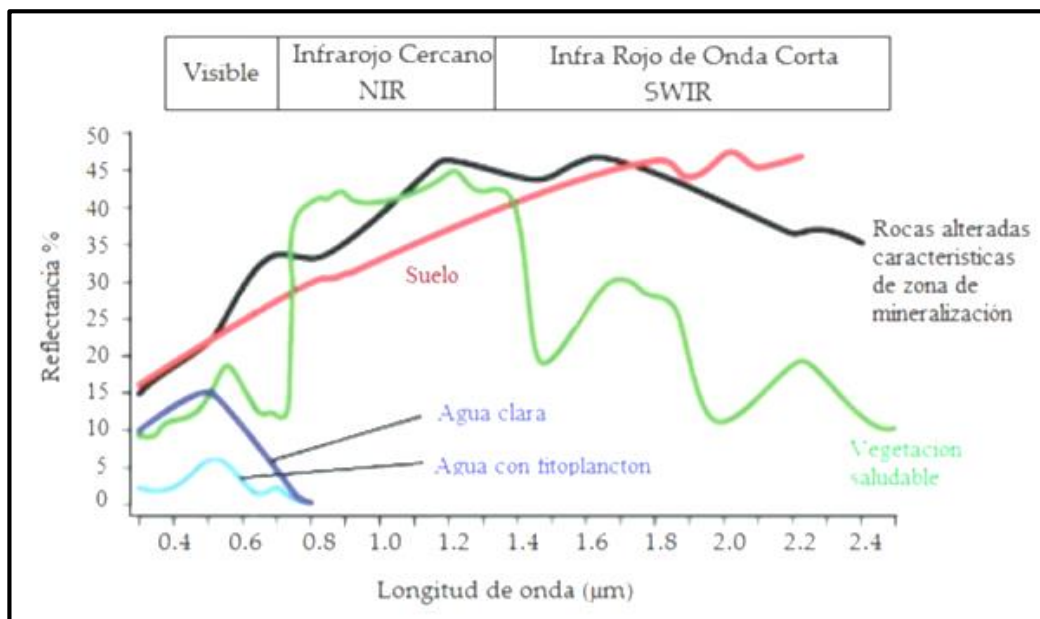
La Teledetección, es una ciencia altamente difundida, por su virtud de ser aplicada en diversos estudios y enfoques, siendo algunos de estos:



Fuente: Adaptado de Wynne (2011).

Figura 3: Proceso y aplicaciones de la Teledetección.

La teledetección depende de las diferencias espectrales de energía reflejada o emitida por los objetos de interés, y está basada en el principio de observar características en varias longitudes de onda, en un esfuerzo por obtener información sobre las mismas y su distribución. Es así que, surge el término firma espectral, que ha sido usado para referirse a la respuesta a la reflectancia de una característica física (Reyna, 2018). A demás, permite identificar y discriminar diferentes objetos de la naturaleza, y se construye a partir de la señal del sensor remoto, en las diferentes fracciones del espectro electromagnético.



Fuente: Reyna (2018).

Figura 4: Espectros de reflectancia generalizados.

La energía electromagnética es generada por una serie de mecanismos, que incluyen cambios en los niveles de energía de los electrones, la aceleración de las cargas eléctricas, desintegración de sustancias radiactivas, y el movimiento térmico de átomos y moléculas. En la parte interna del sol, ocurren reacciones nucleares que producen un espectro de radiación electromagnética, la cual es transmitida a través de la atmósfera sin sufrir alteraciones. Una parte de la energía solar es reflejada y otra es captada por la superficie terrestre y es re irradiada como energía termal. Esta energía termal, puede ser usada para formar las imágenes de detección remota.

“Las condiciones espectrales que muestran las distintas superficies terrestres, permiten identificar bandas específicas del espectro electromagnético, que son las que cotidianamente utilizan las recientes aplicaciones de las técnicas de teledetección y que brindan las plataformas satelitales” (Padilla, y otros, 2015)

La energía que emite o refleja la superficie terrestre, es un fenómeno que se presenta en las siguientes dimensiones: espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia. Un sensor, toma muestras discretizando la información, la forma en que se da esta organización de los datos se define como tipos de resolución:

La resolución espacial, corresponde al tamaño elemental de la superficie del suelo medido por los diferentes instrumentos de un sensor integrado. La dimensión mínima (largo o ancho) de la proyección terrestre de un detector a través del sistema óptico del sensor da la resolución espacial del sistema (Kenji, Corpetti, & Demagistri, 2017). “La resolución espacial cumple un rol imprescindible en el análisis de la imagen, porque proporciona el detalle incluido. Así mismo, guarda relación con la escala de trabajo y con la legitimidad de la interpretación” (Atencia Vergara, Contreras Chavez, & Vergara Herrera, 2008).

La resolución espectral, habla de la capacidad de un sensor para mostrar intervalos de longitud de onda finos. Al ser más sutil la resolución espectral, más reducido será el rango de longitud de onda para un canal o banda en particular (Canada, 2015).

La resolución radiométrica de un sistema de imágenes, detalla su habilidad para diferenciar contrastes muy leves de energía. Al mostrarse más sutil la resolución radiométrica de un sensor, más sensible es a detectar pequeñas diferencias en la energía electromagnética reflejada o emitida (Canada, 2015).

La resolución temporal, se refiere a la duración de un sensor en la misma ubicación terrestre. La resolución temporal de un sensor ayuda a proporcionar imágenes sin nubes de la misma temporada, lo cual es esencial para detectar cambios y para el análisis de series de tiempo. Beneficiosamente, múltiples imágenes de la misma temporada, también ofrecen un gran potencial para detectar atributos estructurales

del bosque como el área basal, la biomasa y la biomasa del follaje (Singh, Gagné, & Meentemeyer, 2018).

La corrección radiométrica, según (Cabrera Montenegro, Vargas Galvis, & Galindo García, 2011) es un procedimiento que permite eliminar cualquier irregularidad en el valor radiométrico de la imagen, producto del mal funcionamiento del sensor, como son las líneas perdidas y los píxeles aislados.

La corrección atmosférica, es el conjunto de métodos dirigidos a mitigar el efecto de las nubes y/o neblina sobre las imágenes satelitales, así como las diferencias en las condiciones de adquisición, como son la iluminación y la geometría (Cabrera Montenegro, Vargas Galvis, & Galindo García, 2011).

La corrección geométrica, está orientada a corregir los desplazamientos y alteraciones geométricas contenidas en una imagen, causados por la ubicación del sensor. Este paso es clave, para el aseguramiento de la calidad de los resultados, debido a que brinda precisión en la posición de la zona en estudio y porque garantiza que los cambios observados se deban a un cambio en la cobertura y no a diferencias en el posicionamiento de las imágenes durante el periodo estudiado (Cabrera Montenegro, Vargas Galvis, & Galindo García, 2011).

Las principales ventajas de las técnicas de teledetección sobre los métodos de investigación en campo son: a) la vista resumida, que permite el estudio de varias características espaciales con respecto a otras y su delimitación regional, b) su aspecto de viabilidad, debido a que hay zonas poco accesibles por la topografía, c) ahorro de tiempo y de recursos humanos, d) su enfoque multiespectral, e) la repetición de disponibilidad de datos, f) la cobertura global, g) el archivo permanente y h) sus aplicaciones multidisciplinarias (Gupta R. P., 2018).

Las imágenes satelitales han sido empleadas en proyectos civiles, industriales y educacionales como son: aplicaciones en pastizales, recursos hídricos (calidad y distribución), cambio climático, retroceso de glaciares, planeamiento territorial, manejo de bosques y cultivos, uso de suelo, cartografía, incendios forestales, humedales, fauna silvestre, etc (Lillesand, Chipman, & W., 2015).

Gracias al éxito que tuvieron las primeras imágenes espaciales, finalizando la década de los 60, la NASA inició el proyecto pionero cuyo objetivo era observar la superficie terrestre. Fue así que, en julio de 1972, puso en órbita el primer satélite de la serie ERTS (Earth Resource Technology Satellite), que luego del lanzamiento del segundo satélite, en 1975, fue bautizado como Landsat, estableciendo a Estados Unidos como el líder mundial en teledetección (Williams, Goward, & Arvidson, 2006). Landsat 1 fue pionero en el uso de plataformas espaciales, para recopilación sistemática de imágenes terrestres y ha contribuido significativamente al entendimiento del medio ambiente, generando usos revolucionarios de datos basados en el espacio. Landsat 2, fue lanzado en enero de 1975, su objetivo era el de adquirir datos estacionales globales en resolución media. Adquirió datos con Return Beam Vidicom (RBV) y Multi – Spectral Scanner (MSS), y a pesar de que su tiempo estimado de funcionamiento era de un año, no cesó sus operaciones hasta febrero de 1982. En cambio, Landsat 3, fue puesto en órbita, en 1978 y fue considerado como un proyecto experimental. El programa Landsat, fue declarado operacional en 1979 debido a su éxito, pasando su responsabilidad operacional de la NASA (Agencia de Investigación y Desarrollo) al NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica).

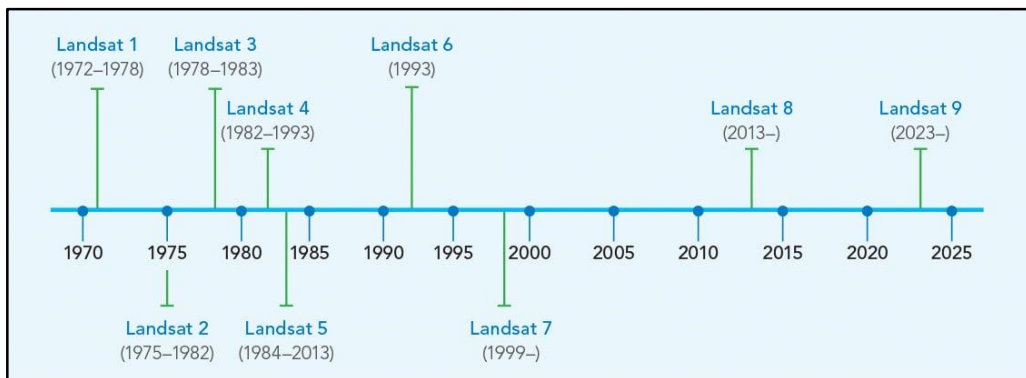
Con el lanzamiento de Landsat 4 en julio de 1982, se introdujo el nuevo sensor Thematic Mapper (TM) (Salomonson, 1984). El TM fue una mejora significativa sobre el MSS, proporcionando una mejor resolución espacial, así como tres bandas espectrales adicionales. La misma carga instrumental, TM y MSS fue incluida en Landsat 5, lanzado en 1984. Landsat 6, propiedad de EOSAT, se lanza en 1993, sin éxito, debido a que no alcanza la velocidad necesaria para la puesta en órbita, mientras que Landsat 7 fue lanzada en 1999, cuyo instrumento de observación fue el Thematic Mapper Enhanced Plus (ETM+), que le otorga características más versátiles y eficientes que sus antecesores.

Tabla 1: Evolución del conjunto de sensores Landsat.

SENSOR	MEJORAS SOBRE SENSORES ANTERIORES
Escáner Multiespectral (MSS)	Cuatro bandas espectrales (verde, rojo, dos bandas en el infrarrojo (IR) cercano). 80 m de resolución. Escáner multiespectral versus la cámara.
Mapeador Temático (TM)	Tres bandas adicionales en onda corta en IR e IR termal. 30m de resolución.
Mapeador Temático Mejorado (ETM)	Banda pancromática de 15 m, añadido para afinar los bordes. Ganancia alta o baja seleccionable para cada banda.
Mapeador Temático Mejorado (ETM+)	IR térmica de 60 m versus 120 m. Calibradores de apertura parcial y total a bordo

Fuente: Adaptado de Williams, Goward, & Arvidson, 2006.

Actualmente, se cuenta con la octava versión del programa denominado: Landsat Data Continuity Mission (LDCM), llegando a ser el satélite de resolución media con más historia. Dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) fueron incluidos en el satélite Landsat 8, lo que repercute en la mejora del sistema, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales (Ariza, 2013).



Fuente: (Brown & Harder, 2021)

Figura 5: Línea del tiempo de las misiones Landsat.

Las observaciones Landsat se han vuelto invaluable para ayudar a los científicos a comprender las transformaciones que tienen lugar en la corteza terrestre, los desafíos de la naturaleza, y a explotar los recursos del Tierra.

Los satélites Terra o EOS-AM y Aqua o EOS-PM, lanzados en diciembre de 1999 y mayo de 2002 respectivamente, contienen al sensor MODIS. La programación de Terra hace que el satélite pase de norte a sur, cruzando el ecuador a las 10:30 a.m, mientras que, Aqua pasa de sur a norte de a la 1:30 p.m. El sensor MODIS cuenta con una sensibilidad radiométrica elevada, que discrimina entre diversas variaciones en el rango de longitud de onda de 0,4 μm a 14.4 μm .

Las 19 primeras bandas están situadas en la región del espectro electromagnético comprendido entre 0.405 nm y 2.155 nm. Para las aplicaciones terrestres se utilizan las bandas de la 1 a la 7; para estudiar los océanos las bandas de la 8 a la 16 y para las observaciones atmosféricas las bandas 17 a la 19 (Mas, 2011).

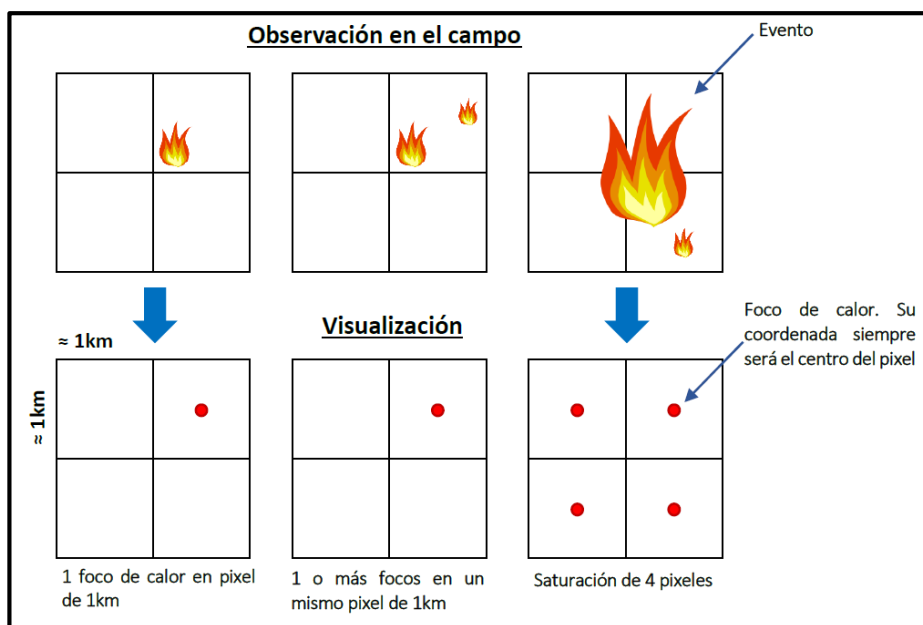
El análisis de focos de calor, ha sido usado en diferentes disciplinas para describir una región que presenta un valor más alto de temperatura en relación a otras regiones cercanas (Reddy, y otros, 2019).

En un contexto de conservación, (Harris, y otros, 2017) definen a los focos de calor como “anomalías térmicas localizadas a partir de imágenes satelitales, que en general corresponden a incendios”.

Según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2020) “un foco de calor es cualquier punto en la superficie terrestre que emita cierta intensidad de radiación para que el pixel de una imagen de satélite reporte con una temperatura elevada en comparación con los píxeles vecinos, cumpliendo con los umbrales establecidos en el algoritmo de origen”.

El propósito del algoritmo de detección, es identificar píxeles cuya temperatura de brillo sea mayor que en la de los píxeles contiguos, en particular el algoritmo busca un incremento significativo en las bandas de 4µm a 11µm (Giglio, Descloitres, Justice, & Kaufman, 2003).

Un foco de calor se presenta como un punto en la parte central de un pixel, por lo general, estos píxeles son activados por eventos como: incendios, quema de restos vegetales, volcanes activos, etc. El área quemada visualizada en una imagen satelital, recibe el nombre de cicatriz de quema.



Fuente: Adaptado de (NASA, 2020).

Figura 6: Representación teórica de un foco de calor y la cicatriz de quema asociada a él.

Teorías relacionadas a la variable dependiente: Según la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 29763) la deforestación es la supresión de la cobertura forestal de un bosque natural o manejado, con efectos devastadores hacia los ecosistemas como: cambio climático, pérdida del recurso hídrico, suelo e inundaciones, disminución de la biodiversidad, pérdida de hábitats y consecuencias sociales (MINAM, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, 2011).

De igual forma, la (FAO, 2020) define a la deforestación como “la conversión de los bosques a otro tipo de uso de la tierra o la reducción permanente de la cubierta de dosel, por debajo del umbral mínimo del 10 por ciento. Esto implica, áreas de bosque convertidas a la agricultura, pastoreo, embalses, minería y zonas urbanas y excluye áreas donde los árboles han sido removidos como resultado de la extracción o tala, y donde se espera que el bosque se regenere de forma natural o con la ayuda de medidas silvícolas”.

La región andina, representa el 35.5% del territorio nacional, está ubicada entre los 500 y 6768 m.s.n.m. El clima se caracteriza por ser muy variado, con veranos lluviosos que se presentan en los meses de diciembre a marzo e inviernos secos comprendidos entre mayo a agosto (Baca Zuta, 2019).

La cobertura vegetal natural, viene a ser el manto de vegetación distribuida sobre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasa, con características fisonómicas peculiares, que van desde pastizales hasta áreas cubiertas por bosques naturales (Geoinstitutos, 2020). Por otra parte, la cobertura natural andina está ubicada en la sierra peruana y está conformada por una biodiversidad de plantas perennes y temporales. En esta cobertura predominan superficies de pastos naturales, que viene a ser vegetación conformada por hierbas de dos estratos bien definidos: matas de gramíneas, de hasta un metro de alto, que reciben el nombre de “ichu” y por hierbas que crecen adheridas al suelo, con alturas de hasta 10 cm. Los géneros más abundantes son la festuca, stipa y calamagrostis. Así mismo, las comunidades arbustivas que están ubicadas en diferentes niveles altitudinales, constituyen este tipo de coberturas. Entre las especies más difundidas

se encuentra el huanarpo, mito, maguey, etc., y entre las cactáceas se pueden observar al candelabro y gigantón.

Los bosques, se definen como: “terrenos que ocupan más de 0,5 hectáreas, conformados por árboles que sobrepasan los 5 metros de altura y una cobertura de copa superior al 10 por ciento. Incluye las áreas despojadas temporalmente de árboles, debido a talas realizadas como parte de prácticas antrópicas o por causas naturales, sobre las cuales recae la expectativa de recuperación en un horizonte menor a 5 años. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.” (FAO, 2020).

“Los bosques en el Perú constituyen el ecosistema de mayor superficie, con 73 280 424 hectáreas, que representan el 57,3 % del territorio nacional. Se clasifican de manera general en bosques húmedos amazónicos (cubre el 53,9 % del país y significa el 94,1 % del total de bosques), bosques secos de la costa (3,2 % del país y el 5,6 % de los bosques), y bosques húmedos relictos andinos (0,2 % del país y 0,3 % de los bosques)” (MINAM, 2016).

Tabla 2. Superficie y porcentajes de bosques naturales en Perú.

BOSQUES NATURALES	SUPERFICIE		
	HECTÁREAS (Has)	% DEL PAÍS	% DEL TOTAL DE BOSQUES
Bosques húmedos de la Amazonía (incluye selva baja, selva alta y yunga fluvial)	68 961 682	53,7	94,1
Bosques húmedos relictos andinos	211 625	0,2	0,3
Bosques secos costeros y andinos	4 107 118	3,2	5,6
TOTAL	73 280 424	57,0	100,0

Fuente: MINAM, 2016.

Los bosques no solo deben ser considerados como fuente de madera, sino que también brindan diversos beneficios al ser humano, estos beneficios se conocen como servicios ecosistémicos, siendo los principales:

La conservación del agua, por la captura y almacenamiento de este recurso, en las cuencas hidrográficas forestadas, consideradas como “reservorios verdes”, que sirven de suministro en temporadas secas. Además, los bosques intervienen en la interceptación de la lluvia, evapotranspiración, infiltración y recarga de aguas subterráneas (Shuirong & Yuanzhao, 2010).

La protección del suelo, debido a que los bosques evitan la erosión, contribuyen con la estabilización, y reciclan e incorporan nutrientes que fertilizan el suelo (FAO, 2016).

Capturan carbono, contribuyendo con los procesos de adaptación al cambio climático, además, purifican el aire y regulan la temperatura porque brindan sombra, sirven como barrera al viento y proporcionan enfriamiento por evapotranspiración (Pramova, Locatelli, & Djoudi, 2012).

Los bosques, también mantienen la diversidad biológica, porque sirven de hábitats para diferentes especies y aportan belleza paisajística, por su compleja configuración (FAO, 2016).

Según (Quintero-Vallejo, Benavides, Moreno, & Gonzales-Caro, 2017) los bosques andinos vienen a ser, ecosistemas forestales, donde tienen lugar relaciones entre plantas y animales, que poseen especies arbóreas y arbustivas típicas de la región andina adaptadas a sus características climatológicas y geográficas.

Tabla 3. Tipos de bosques naturales de la región Cusco.

TIPO DE BOSQUE	DESCRIPCIÓN
Bosque húmedo de terraza baja y media	Está ubicado en la llanura aluvial de la Selva Amazónica y representa el 1.39% de la superficie de la región Cusco. Entre las especies vegetales se tienen a la <i>Borreria ocymifolia</i> y algunas ciperáceas y poáceas.
Bosque húmedo de terraza alta	Localizada en una plataforma conformada por material aluvial antiguo, con pendiente de 0-15% y sobre los 10 m de altura respecto al nivel de las aguas. Los géneros arbóreos son la eschweilera, dipterix, nectandra, ocotea, brosimun, apeiba, hymenaea, entre otras. Abarca el 1.38% de la superficie.
Bosque húmedo de colina baja y lomada	Vegetación desarrollada sobre lomadas y colinas; las especies más representativas pertenecen a los géneros Tapiria, Oxandra, Unonopsis, Xilopia, Couma, Nealchornea, Croton, Cedrelinga, etc. Representa el 3.11% de la superficie de la región.
Bosque húmedo de colina alta	Se desarrolla sobre colinas de menos de 300 m de altura con respecto a su nivel de base. Su característica principal es su alta densidad y diversidad florística, con árboles de hasta 30 m de alto, representa el 6.81% de la superficie de la región.
Bosque húmedo de superficie plana inclinada	Localizado en planicies antiguas inclinadas que forman parte del macizo montañoso andino, comprendido en el ámbito de las cuencas de los ríos Urubamba e Inambari. Presenta una densa cobertura de árboles, su composición florística es similar a la del bosque húmedo de colina alta. Abarca el 0.21% de la superficie de la región.

Fuente: (INGEMMET, 2017)

Tabla 4. Tipos de bosques naturales de la región Cusco (continuación).

TIPO DE BOSQUE	DESCRIPCIÓN
Bosque húmedo de montaña	Esta zona tiene un amplio gradiente térmico y de pluviosidad en los diferentes pisos altitudinales, con predominio de árboles sobre arbustos, hierbas, epífitas, lianas, cañas, palmeras, etc. Ocupa el 29,51 % de la superficie total de la región.
Bosque relicto mesoandino	Ubicado en la porción superior de las vertientes montañosas empinadas. Entre las familias arbóreas más comunes de pequeños bosques aislados, se tienen a la Podocarpaceae (Podocarpus sp.), Lauraceae (Ocotea, Persea y Nectandra), Rubiaceae (Chichona), Meliaceae (Cedrela), Betulaceae (Alnus), Juglandaceae (Junglans), Cunoviaceae (Weinmania), Moraceae (Ficus), Myrtaceae (Eugenia), etc., sobre el tronco y copa de los árboles son comunes las epífitas de las familias Bromeliaceae (Tillandsia, Bromelia) y Orchidaceae. Ocupa una superficie reducida que representa tan solo el 0.001% del total regional.
Bosque relicto altoandino	Distribuidos de forma fraccionada en zonas puntuales de la región alto-andina, poco accesibles, sobre laderas empinadas y cimas montañosas. Está representado por especies como el queuñal, cotoquisuar, chachacomo, qolle y tasta. Esta cobertura representa el 0.01% de la superficie regional.
Bosque seco del valle interandino	Se extiende en la porción inferior del valle interandino del río Apurímac, desde aproximadamente 500 a 2400 m.s.n.m. La especie arbórea dominante es el pasallo, le siguen con menor presencia el sapote y el palo verde. Esta cobertura representa el 0.21% de la superficie total regional.

Fuente: (INGEMMET, 2017)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, según (Behar Rivero, 2008) se distingue porque su objetivo es la aplicación o empleo de los conocimientos obtenidos, luego de establecer y organizar la práctica basada en investigación. Se hace uso de los resultados de investigación para conocer la realidad de una forma rigurosa y sistemática. El diseño de investigación es descriptiva cuantitativa, porque no se manipulan las variables y se estudia al fenómeno de igual forma a como se muestra en su entorno original.

El enfoque de investigación desarrollado es cuantitativo, porque se empleó la recaudación de datos para afirmar o negar la hipótesis. Se analiza los datos estadísticamente con medición numérica, para corroborar teorías según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014), ya que se recolectó datos para su posterior análisis estadístico.

Respecto al diseño de investigación, el desarrollo fue no experimental, según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) está referido a los estudios sin la alteración intencionada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su contexto natural para después analizarlos. En este punto, es necesario mencionar que las variables no serán manipuladas, sino que, se analizará la superficie de bosques y pastos naturales andinos deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca.

Asimismo, esta investigación tiene un nivel correlacional, en este caso se estudió los fenómenos y características de la variable Cobertura Vegetal Natural Andina Deforestada y de la variable Incendios Forestales. Con lo cual se busca conocer la dependencia entre ambas variables.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente

Incendios forestales.

Variable Dependiente

Cobertura vegetal natural andina deforestada.

Operacionalización

Ver anexo I.

Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3 Población, muestra y unidad de análisis

- Población

Comprende el conjunto de elementos, individuos u objetos que tienen una determinada característica en común según, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). La investigación consideró como población a la totalidad del área con cobertura vegetal natural andina en todo el ámbito del distrito de Ccatcca, el cual es de 307.7 km².

- Muestra

Es un sector de la población de interés sobre el cual se recabará información y que debe estar definido y delimitado con antelación y precisión, además debe ser representativo de la población (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). En este caso la muestra es igual que la población.

- Unidad de análisis

Área con cobertura vegetal natural andina.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La técnica empleada fue la observación y procesamiento de imágenes satelitales, así como el análisis de la relación entre el número de focos de calor, obtenidos del sensor MODIS y el área con cobertura vegetal quemada.

Para la evaluación de la superficie quemada, se utilizó imágenes obtenidas del Satélite Landsat 8 (Tabla 5), correspondientes al periodo comprendido entre los años 2010 y 2020, todas incluidas en el Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 datum. Estas imágenes fueron elegidas de acuerdo a su disponibilidad libre de nubes, siendo esta menor al 20% de cobertura nubosa, para las fechas en las que tuvieron lugar los incendios.

Tabla 5. Información de las imágenes satelitales empleadas en el estudio

SATÉLITE	FECHA DEL REGISTRO DE LA IMAGEN
Landsat 8	05/07/2010
Landsat 8	28/10/2011
Landsat 8	05/10/2012
Landsat 8	29/07/2013
Landsat 8	07/12/2014
Landsat 8	17/06/2015
Landsat 8	30/06/2016
Landsat 8	24/07/2017
Landsat 8	24/06/2018
Landsat 8	15/08/2019
Landsat 8	06/09/2020

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de datos fueron los siguientes:

Ficha 1 “Recolección de datos de incendios forestales”, en este formato se registró información anual concerniente al número de incendios forestales registrados, número y densidad de focos de calor y superficie quemada.

Ficha 2 “Recolección de datos de áreas deforestadas”, en este formato se registró información referente al área deforestada por efecto de los incendios, área con vegetación previa a los eventos de fuego, altitud y pendiente del terreno.

Ficha 3 “Recolección de datos de bosques”, en este formato se consignó información concerniente a la extensión de los bosques, tipo de suelo y de vegetación, altitud y pendiente del terreno donde se encuentran ubicados los bosques, y la cercanía a las carreteras y centros poblados.

Ficha 4 “Recolección de datos de pastos naturales”, en este formato se anotaron los datos referentes a la superficie ocupada por los pastos naturales, tipo de suelo y vegetación predominante, altitud y pendiente del terreno.

-Validez del instrumento

La validez de un instrumento para la recolección de datos se ve reflejada en el grado en el que el mismo puede medir la variable que se pretende estudiar (HERNÁNDEZ Sampieri & TORRES Mendoza, 2018). La validez de los formatos empleados en la presente investigación (Anexo 3) se determinó a través del juicio de 3 expertos (Tabla 6).

Tabla 6. Validación de los instrumentos de recolección de datos

Apellidos y Nombres	N° CIP	Instrumentos				% de validez	Promedio de validez
		I1	I2	I3	I4		
ACOSTA SUASNABAR, Eusterio Horacio	25450	80	80	80	80	80	86.67%
LIZARZABURU AGUINAGA, Danny Alonso	95556	95	95	95	95	95	
ZAVALETA YARIN, Ronald	173400	85	85	85	85	85	

3.5 Procedimiento de la obtención de datos

El tiempo de ejecución del estudio fue de un aproximado 3 meses, iniciando el 15 de marzo y concluyendo el 22 de junio.

Se consideraron 4 fases:

Fase 1. Ubicación del área de estudio: El distrito de Ccatcca, se encuentra ubicado en la provincia de Quispicanchis, en la región Cusco, a una altitud de 3 675 m.s.n.m. Tiene una superficie total de 307.7 Km² y una población total de 13 159 habitantes (INEI, 2017), distribuidos en 28 comunidades campesinas. Territorialmente, limita:

Al Norte: Con el distrito de Huancarani y Colquepata.

Al Sur: Con el distrito de Ocongate y Quiquijana.

Al Este: Con el distrito de Ccarhuayo y Ocongate.

Al Oeste: Con el distrito de Urcos y Caicay.

En la tabla 7 se presentan las Coordenadas UTM, y en la figura 7 se muestra la ubicación del área donde se desarrolló la investigación

Tabla 7. *Coordenadas UTM para el distrito de Ccatcca.*

COORDENADAS		
Zona	X	Y
19L	222613	8494455

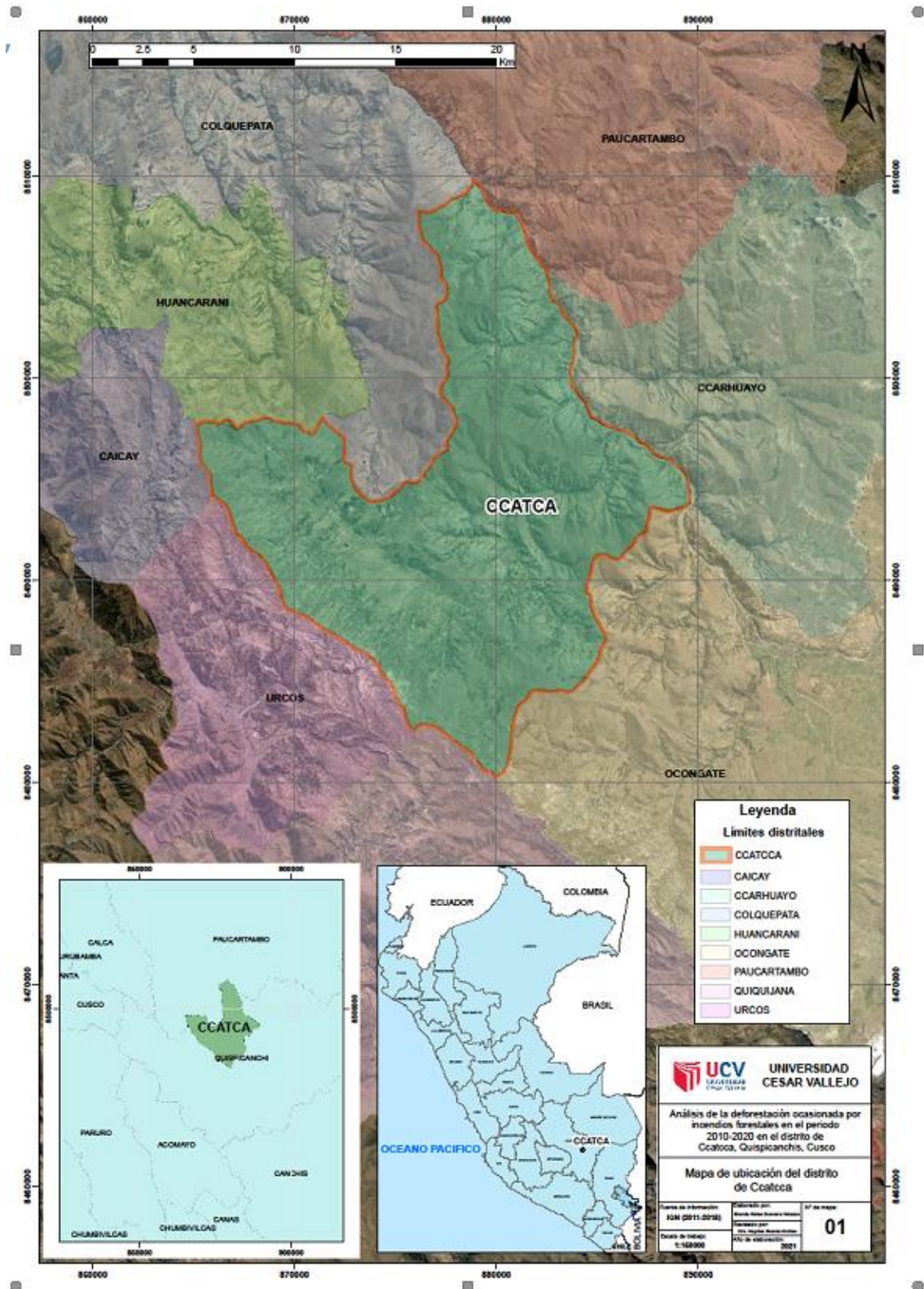
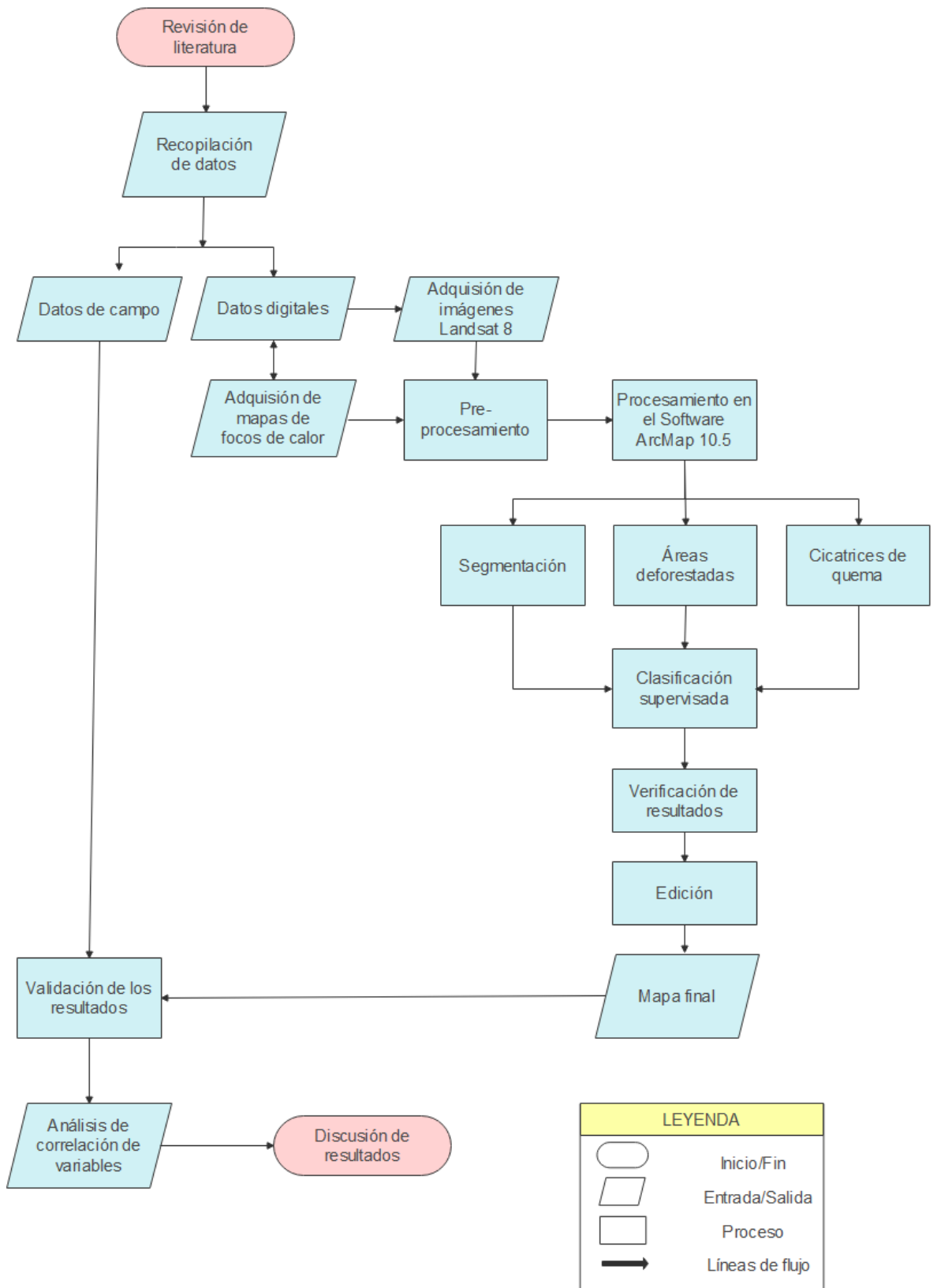


Figura 7. Ubicación del área de estudio.

Fase 2. Adquisición de imágenes satelitales y mapas de focos de calor: una vez realizado el registro de las fechas en las que tuvieron lugar los incendios forestales, se procedió a la adquisición de las imágenes satelitales Landsat, correspondientes al periodo 2010-2020 descargadas del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2021). Así mismo, se obtuvieron los focos de calor registrados por el sensor MODIS, del portal web de la NASA.

Fase 3. Pre procesamiento y procesamiento de imágenes en el software ArcGis 10.5: el procesamiento de las imágenes satelitales corresponde a la corrección geométrica, corrección radiométrica y atmosférica. Luego se procedió a realizar el procesamiento de las imágenes a través de la clasificación supervisada, determinando la extensión de las áreas deforestadas y cicatrices de quema, empleando la herramienta del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Fase 4. Validación de los resultados y verificación en campo: Una vez determinada el área de cobertura vegetal deforestada, se procedió a verificar la información en campo, ubicando las coordenadas que, en las imágenes satelitales presentaron alguna interferencia, evitando su adecuada interpretación, para ello se empleó un equipo GPS y se contrastó la información referente al tipo de cobertura vegetal para cada punto georreferenciado.



3.6 Método de análisis de datos

Una vez definidas las variables y obtenida la matriz de datos tabulares de las mismas, el siguiente paso fue analizar las correlaciones entre la variable independiente (incendios forestales) y la variable dependiente (cobertura vegetal natural andina deforestada), este procedimiento fue realizado con el software SPSS. La finalidad fue comprobar si la variable independiente presenta una fuerte correlación respecto a la variable dependiente.

De igual forma, a partir de la obtención de datos meteorológicos de la zona en estudio, se procedió a determinar la correlación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales, a través de una regresión lineal.

3.7 Aspectos éticos

El investigador manifiesta el compromiso serio con la investigación, por lo que se declara que todo lo desarrollado en este trabajo de investigación posee veracidad ya que se realizó de acuerdo a los principios básicos de la ética; desde el desarrollo, hasta la obtención de los resultados, respetando el origen de la información secundaria.

IV. RESULTADOS

En la presente investigación se tomaron datos referentes a la deforestación e incendios forestales correspondientes al periodo 2010 – 2020.

Deforestación generada por incendios forestales durante los años 2010-2020.

Tabla 8. Área deforestada por efecto de los incendios forestales.

AÑO	SUPERFICIE QUEMADA (Has)	ÁREA DEFORESTADA (Has)
2010	5.60	8.00
2011	15.20	20.01
2012	2.10	2.27
2013	10.00	31.90
2014	4.20	13.04
2015	2.90	3.80
2016	8.28	10.48
2017	-	-
2018	-	-
2019	25.20	29.12
2020	116.00	116.00
TOTAL	189.48	

En la tabla 8 se observa que el área deforestada en el año 2020 equivale a la totalidad de la superficie quemada, mientras que, en el año 2019 el área deforestada fue de 29.12 has y la superficie quemada de 25.20 has. Así mismo, en el año 2013, el área deforestada fue de 31.90 has. y la superficie quemada sólo alcanza las 10.00 has. Durante el periodo 2010-2020 ha habido disminución de bosque, mientras que los incendios no mantienen ninguna tendencia.

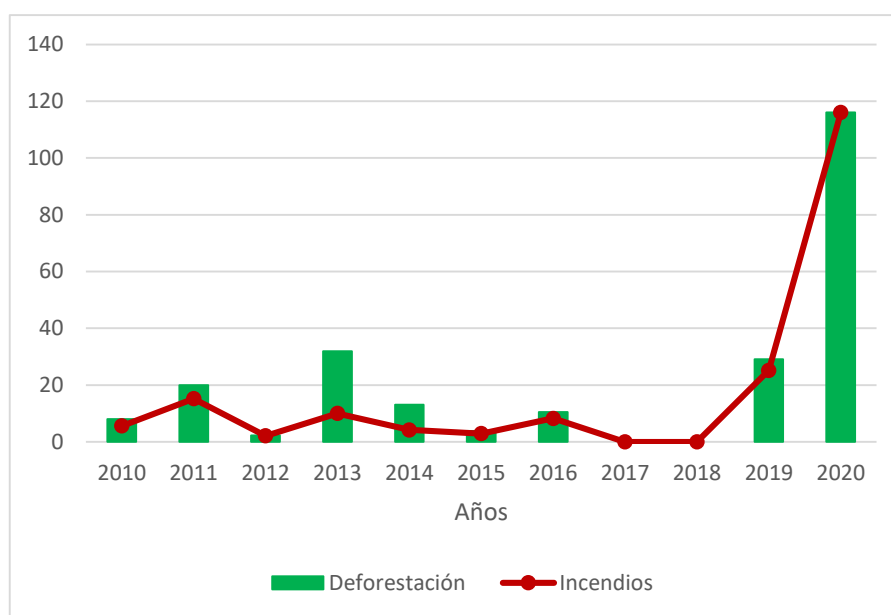


Figura 8: Evolución anual del área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales.

En la Figura 8 se observa la deforestación en el periodo 2010-2020, los años de mayor deforestación son 2020, 2013 y 2019, en los años 2017 y 2018 la deforestación no fue significativa.

Tabla 9. Incendios forestales

Media	Mediana	Varianza	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
21.0533	8.2800	1320.409	36.33743	2.10	116.00

En la figura 8 y tabla 9, se muestra que el valor mínimo de deforestación fue de 2.10 has en el año 2012 y el valor máximo fue de 116.00 has en el año 2020. En cuanto a los incendios forestales se tiene que los años de mayor frecuencia fueron 2020, 2019 y 2011, la media/ promedio de incendios fue de 21.05 has, la mediana de los datos de los años 2010 a 2020 fue de 8.2 has y la desviación estándar fue de 36.33 has.

Tabla 10. Pruebas de normalidad para incendios.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Incendios	.560	9	.000

En base a los resultados, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde la hipótesis nula indica que los datos de incendios siguen una distribución normal. Debido a que, el P-valor es 0.000, que es menor a 0.05 (nivel de significancia al 95%). La decisión es aceptar la hipótesis nula. Por ello concluimos que, los datos de incendios se distribuyen de forma normal.

En cuanto a la evaluación del área deforestada, se puede observar que el año que presentó mayor deforestación fue el 2020 con un total de 116.00 Has, seguido por el año 2013 con un total de 31.90 Has, y que los años donde se registró una menor pérdida fueron el año 2012 y 2015 exceptuando los años 2017 y 2018 en los cuales no se registraron incendios.

Tabla 11. Pruebas de normalidad para deforestación.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Deforestación	.661	9	.000

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, donde la hipótesis nula indica que los datos sobre deforestación siguen una distribución normal. Debido a que el P-valor es 0.000, que es menor a 0.05 (nivel de significancia al 95%). La decisión es aceptar la hipótesis nula. Por ello concluimos que, los datos sobre deforestación se distribuyen de forma normal.

Por lo tanto, al distribuirse los datos de incendios y deforestación bajo la curva normal, el estadístico de correlación es el coeficiente de Pearson.

Tabla 12. Coeficiente de Pearson entre deforestación e incendios forestales

		Incendios	Deforestación
Incendios	Correlación de Pearson	1	0.982**
	Sig. (bilateral)		.000
	N	9	9
Deforestación	Correlación de Pearson	.982**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	N	9	9

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01

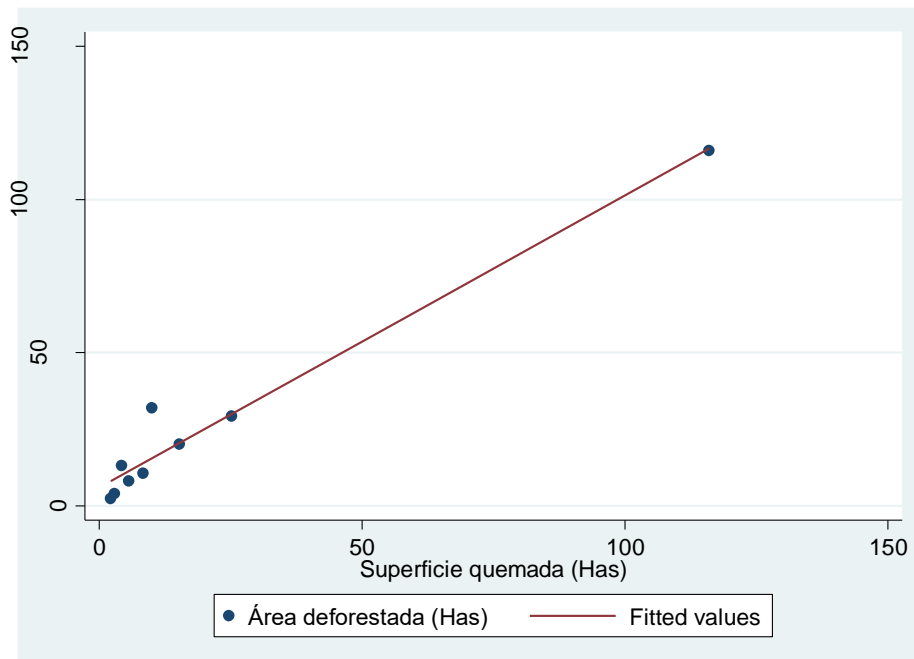


Figura 9. Gráfico de dispersión entre incendios y deforestación.

La tabla 12 y figura 9, muestran la relación entre incendios y deforestación, el coeficiente de Pearson es 0.982, lo que indica que existe una relación muy fuerte y positiva entre las dos variables. El P-valor es 0.000 menor a 0.05; por lo tanto, es estadísticamente significativa con un nivel de significancia de 99%.

4.1 Determinación del área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales

El área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales, fue determinado a partir de la rectificación, observación, clasificación mixta y aplicación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de las imágenes satelitales Landsat 8, correspondientes a la zona de estudio, descargadas del portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2021), para el periodo de análisis comprendido entre 2010 y 2020.

La determinación del área deforestada a través del NDVI (Ver Anexo 2) para el periodo en estudio, arrojó los siguientes valores:

Tabla 13. Área de bosque deforestado por efecto de los incendios forestales

AÑO	ÁREA DE BOSQUES (Has)	SUPERFICIE QUEMADA (Has)
2010	3558.06	2.60
2011	3538.06	4.50
2012	3535.79	1.10
2013	3503.89	3.60
2014	3490.84	1.00
2015	3487.04	0.90
2016	3476.56	2.80
2017	3476.56	-
2018	3487.04	-
2019	3457.92	4.15
2020	3332.20	27.30

Según la tabla 13, se observa que el área deforestada para el año 2020 fue de mayor incidencia con un total de 27.30 has., seguido por el año 2011 con un total de 4.50 has., y que los años donde se registró una menor pérdida fueron el año 2014 y 2015 exceptuando los años 2017 y 2018 en los cuales no se registraron incendios.

4.2 Determinación del área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales

Para la determinación del área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales, se realizó la corrección geométrica y radiométrica de las imágenes satelitales y la combinación de las bandas para resaltar la vegetación, haciendo uso del software ArcMap 10.5. Finalmente, se aplicó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Los resultados de esta evaluación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14. Área de pastos naturales deforestados por efecto de incendios forestales

AÑO	ÁREA DE PASTOS NATURALES (Has)	SUPERFICIE QUEMADA (Has)
2010	18737.39	3.00
2011	18697.89	10.70
2012	18836.00	1.00
2013	18664.94	6.40
2014	18688.75	3.20
2015	18625.23	2.00
2016	18650.90	5.48
2017	18701.62	-
2018	18760.30	-
2019	18709.16	21.05
2020	18238.75	88.70

Según la tabla 14, se observa que el área deforestada para el año 2020 fue de mayor incidencia con un total de 88.70 has., seguido por el año 2019 con un

total de 21.05 has., y que los años donde se registró una menor pérdida fueron el año 2012 y 2015 exceptuando los años 2017 y 2018 en los cuales no se registraron incendios.

4.3 Relación entre los factores meteorológicos y el área deforestada por efecto de los incendios forestales

Tabla 15. Factores meteorológicos y área deforestada por efecto de incendios forestales

AÑO	DEFORESTACIÓN (Has)	PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO ANUAL(m/s)
2010	8.00	0.20	10.04	2.73
2011	20.01	0.15	9.33	2.54
2012	2.27	0.10	9.30	2.75
2013	31.90	0.22	9.32	2.66
2014	13.04	0.00	9.33	2.95
2015	3.80	0.45	9.23	2.47
2016	10.48	1.29	9.56	2.93
2017	-	-	9.46	2.53
2018	-	-	8.90	2.40
2019	29.12	0.00	9.01	2.30
2020	116.00	0.12	9.77	2.30

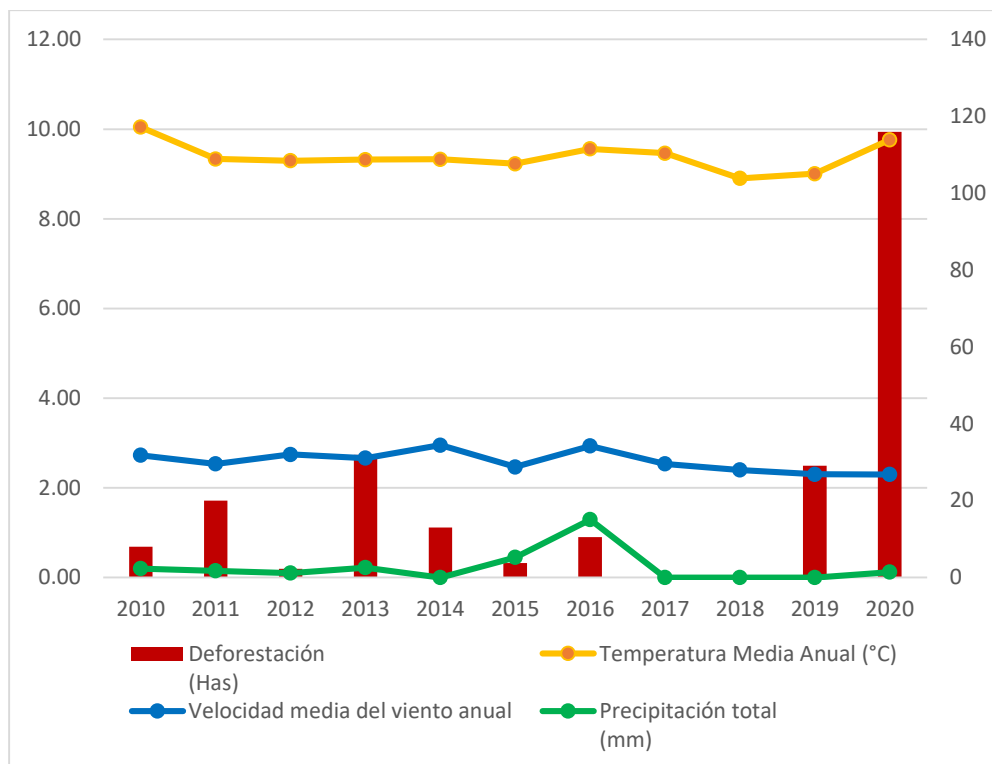


Figura 10. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y precipitación total.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos sobre los factores meteorológicos

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
Precipitación	0.00	1.29	0.28	0.40	0.16
Temperatura	8.90	10.04	93.864	0.32107	103
Velocidad del viento	230.00	295.00	262.5556	24.21317	586.278

En la figura 10 y tabla 16, se muestran los estadísticos descriptivos de los factores meteorológicos. Respecto a precipitación, el valor mínimo es 0 y el valor máximo es de 1.29 mm en el año 2016. Asimismo, la media de incendios es 0.28 mm, la desviación estándar es 0.40 mm y la varianza es 0.16 mm.

Respecto a los estadísticos descriptivos sobre temperatura se muestran que, el valor mínimo es 8.90 °C ubicado en el año 2018 y el valor máximo es 10.04°C del año 2010. La media es 9.38 °C, la desviación estándar es 0.32 °C. Respecto a los estadísticos de velocidad del viento, se muestra que el valor mínimo es

230 y el valor máximo es de 2.95 en el año 2014. Así mismo, la media/ promedio de la velocidad del viento anual es 262.56 es 0.28 mm, la mediana de los datos de temperatura de los años 2010 a 2020 es de 266.00 y la desviación estándar es 24.21.

- Relación entre la precipitación total y el área deforestada

Para establecer la relación entre la precipitación total y el área deforestada, se emplearon los datos obtenidos (Tabla 17) a partir del procesamiento y observación de las imágenes satelitales y los datos reportados por el SENAMHI.

Tabla 17. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y precipitación total.

AÑO	DEFORESTACIÓN (Has)	PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)
2010	8	0.2	10.04
2011	20.01	0.15	9.33
2012	2.27	0.1	9.30
2013	31.9	0.22	9.32
2014	13.04	0	9.33
2015	3.8	0.45	9.23
2016	10.48	1.29	9.56
2017	-	-	9.46
2018	-	-	8.90
2019	29.12	0	9.01
2020	116	0.12	9.77

- Correlación entre la precipitación total y el área deforestada

Para establecer la relación entre la precipitación total y el área deforestada, se emplearon los datos obtenidos a partir del procesamiento y observación de las imágenes satelitales y los datos reportados por el SENAMHI, los cuales se puede observar en la tabla 18.

Tabla 18. Correlación entre deforestación y precipitación

		Deforestación	Precipitación
Deforestación	Correlación de Pearson	1	-.220
	Sig. (bilateral)		.569
	N	9	9
Precipitación	Correlación de Pearson	-.220	1
	Sig. (bilateral)	.569	
	N	9	9

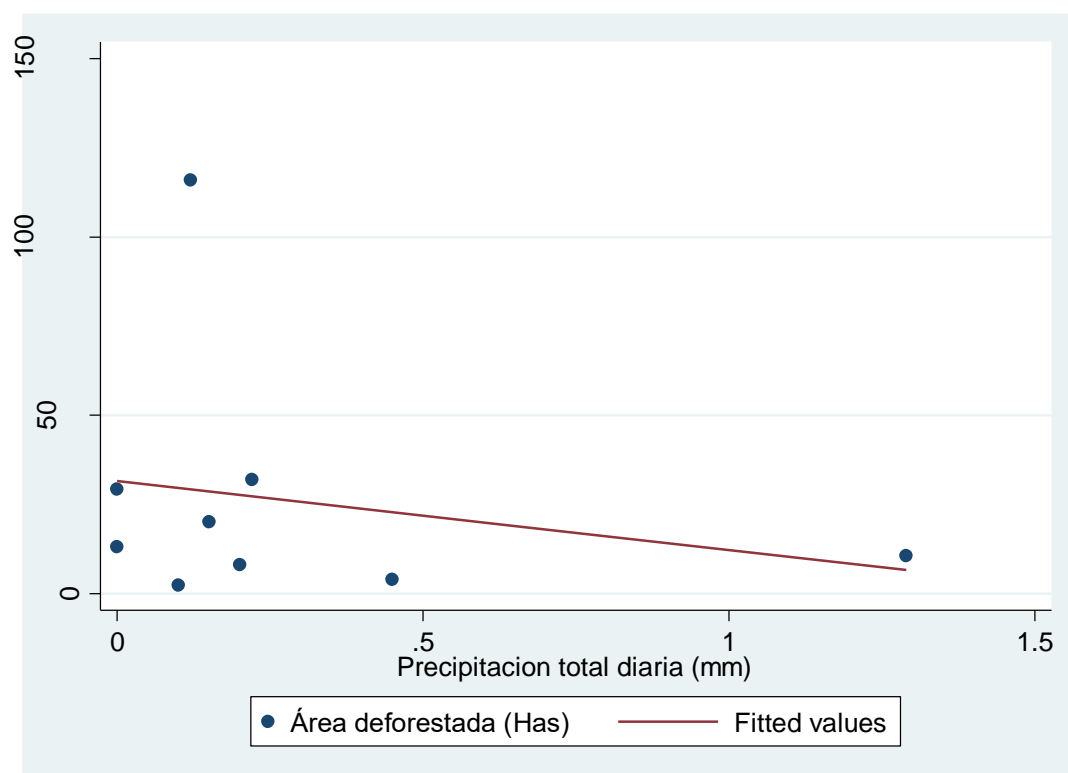


Figura 11. Correlación entre la deforestación y la precipitación.

En la tabla 18 y figura 11, se muestra que el coeficiente de Pearson entre deforestación y precipitación es -0.22 , lo que indica que existe una relación muy baja. El signo del coeficiente indica que la relación es inversa; es decir, si aumenta la precipitación disminuye la deforestación. El P-valor es 0.569 es mayor a 0.05 ; por lo tanto, es estadísticamente no significativa.

- **Relación entre la temperatura y el área deforestada**

Para establecer la relación entre la temperatura total y el área deforestada, se emplearon los datos obtenidos (Tabla 19).

Tabla 19. Correlación entre la deforestación y la temperatura.

		Deforestación	Temperatura
Deforestación	Correlación de Pearson	1	.286
	Sig. (bilateral)		.456
	N	9	9
Temperatura	Correlación de Pearson	.286	1
	Sig. (bilateral)	.456	
	N	9	9

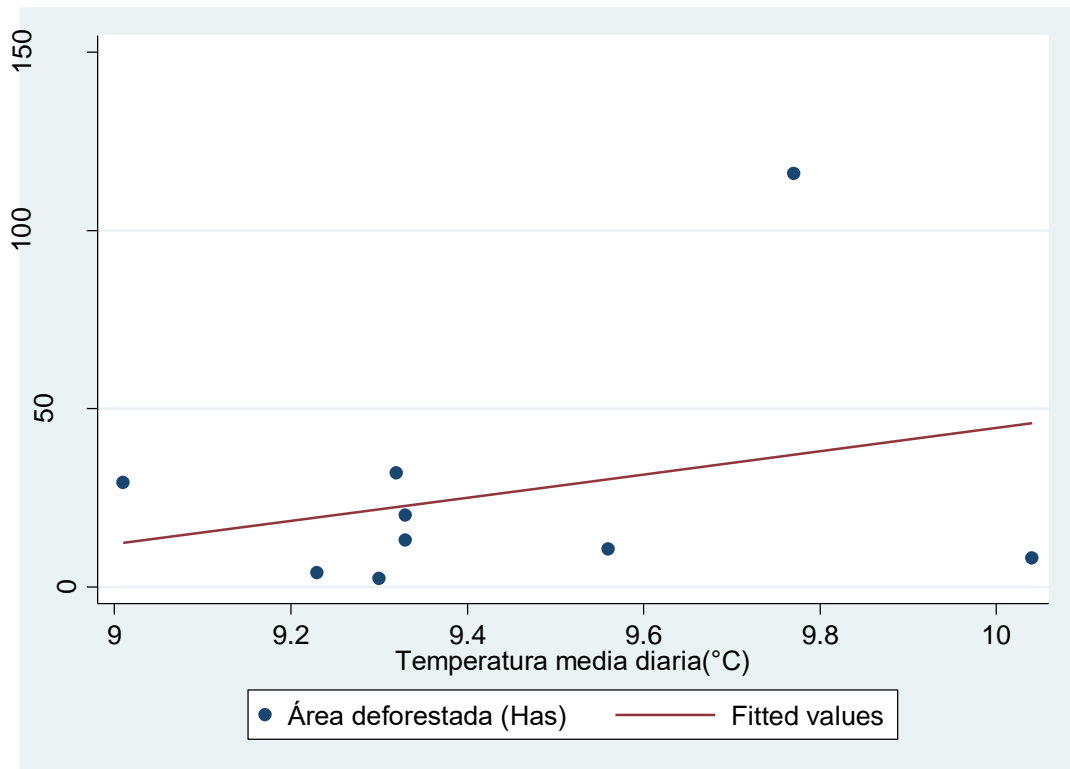


Figura 12. Correlación entre el área deforestada y temperatura.

En la tabla 19 y figura 12, se muestra la relación entre el área deforestada y temperatura. El coeficiente de Pearson es 0.286, lo que indica que existe una relación muy baja. El signo del coeficiente indica que la relación es positiva; es decir, si aumenta la temperatura aumenta la deforestación. El valor P-valor = 0.456 es mayor a 0.05; por lo tanto, la relación no es estadísticamente significativa.

- Relación entre velocidad del viento y el área deforestada.

Para establecer la relación entre la dirección del viento y el área deforestada, se emplearon los datos obtenidos (Tabla 20) a partir del procesamiento y observación de las imágenes satelitales y los datos reportados por el SENAMHI.

Tabla 20. *Correlación entre deforestación y velocidad del viento.*

		Velocidad del Viento	
		Deforestación	
Velocidad del Viento	Correlación de Pearson	1	-.584
	Sig. (bilateral)		.099
	N	9	9
Deforestación	Correlación de Pearson	-.584	1
	Sig. (bilateral)	.099	
	N	9	9

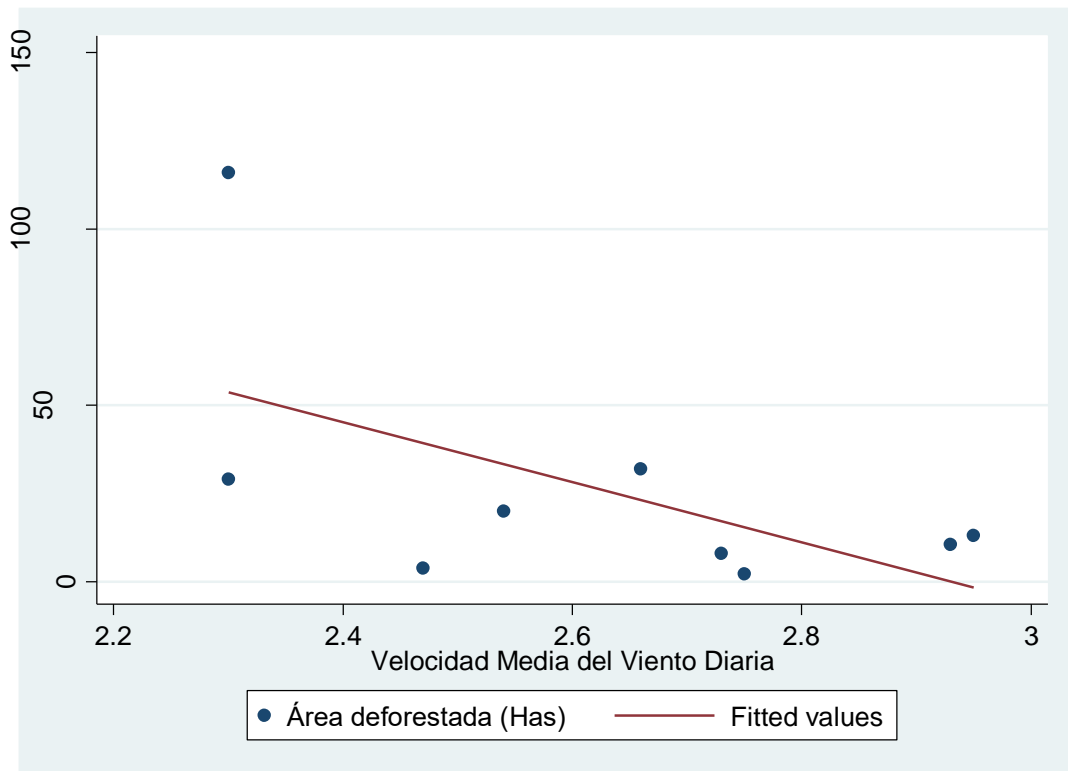


Figura 13. *Correlación entre el área deforestada por efecto de los incendios forestales y la velocidad media del viento.*

En la tabla 20 y figura 13, se muestra la relación entre deforestación y velocidad media del viento. El coeficiente de Pearson es - 0.584, lo que indica que existe una relación moderada. El signo del coeficiente indica que la relación es inversa; es decir, si aumenta la velocidad del viento disminuye la deforestación. El valor P-valor = 0.99 es mayor a 0.05; por lo tanto, la relación no es estadísticamente significativa.

-Relación entre los factores de calor y el área deforestada por efecto de incendios forestales.

Tabla 21. Datos anuales de áreas deforestadas por factores de calor (Densidad de focos de calor y números de incendios)

AÑO	DEFORESTACIÓN (Has)	DENSIDAD DE FOCOS DE CALOR (N° focos/km ²)	N° INCENDIOS
2010	8.00	1	2
2011	20.01	4	2
2012	2.27	1	1
2013	31.90	2	2
2014	13.04	1	1
2015	3.80	6	5
2016	10.48	4	6
2017	-	-	-
2018	-	-	-
2019	29.12	2	3
2020	116.00	20	5

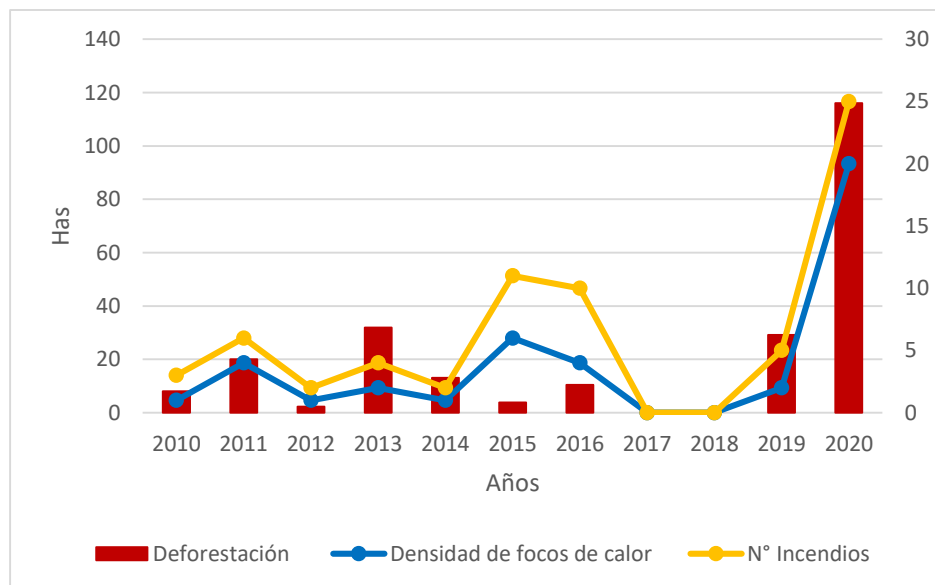


Figura 14. Datos anuales de áreas deforestadas por factores de calor.

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de los factores de calor

Estadísticos descriptivos					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Densidad de focos de calor	9	1.00	20.00	4.5556	6.04382
N° de incendios	9	1.00	6.00	3.0000	1.87083

En la tabla 22 y figura 14, se muestra los estadísticos descriptivos sobre los factores de calor. Respecto a la densidad de los focos, el valor mínimo es 1 y el valor máximo es 20 ubicado en el año 2020, la media de los datos del año 2010 al 2020 es 4.55 y la desviación estándar es 6.04. Así mismo, se muestra los estadísticos descriptivos de números de incendios. El valor mínimo es 1 incendio y el valor máximo es 6, la media es 3 y la desviación estándar es 1.87.

- Relación entre densidad de focos de calor y el área deforestada

Para establecer la relación entre densidad de focos de calor y el área deforestada, se emplearon los datos obtenidos (Tabla 23) a partir del procesamiento y observación de las imágenes satelitales y los datos reportados por el SENAMHI.

Tabla 23. Correlación entre deforestación y densidad de los focos de calor

		Deforestación	Densidad de los focos
Deforestación	Correlación de Pearson	1	.903**
	Sig. (bilateral)		.001
	N	9	9
Densidad de los focos de calor.	Correlación de Pearson	.903**	1
	Sig. (bilateral)	.001	
	N	9	9

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01

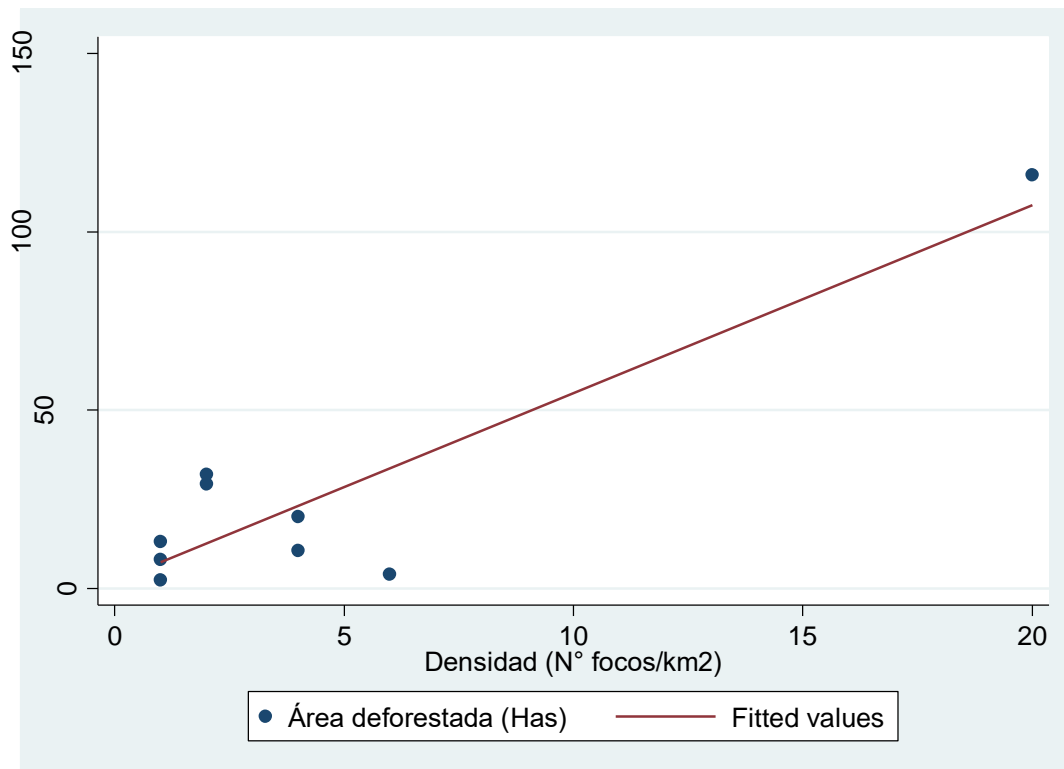


Figura 15. Deforestación y densidad de los focos de calor.

En la tabla 23 y figura 15, se muestra la relación entre deforestación y densidad de los focos de calor, el coeficiente de Pearson es 0.90, lo que indica que existe una relación muy alta. El signo del coeficiente indica que la relación es directa

o positiva; es decir, si aumenta la densidad de los focos de calor aumenta la deforestación. El P-valor es 0.001 es menor a 0.05; por lo tanto, la relación es estadísticamente significativa.

- Relación entre el número de incendios y el área deforestada

Tabla 24. *Correlación entre el número de incendios y el área deforestada*

Correlaciones			
		Deforestación	Número de incendios
Deforestación	Correlación de Pearson	1	.342
	Sig. (bilateral)		.368
	N	9	9
Número incendios	Correlación de Pearson	.342	1
	Sig. (bilateral)	.368	
	N	9	9

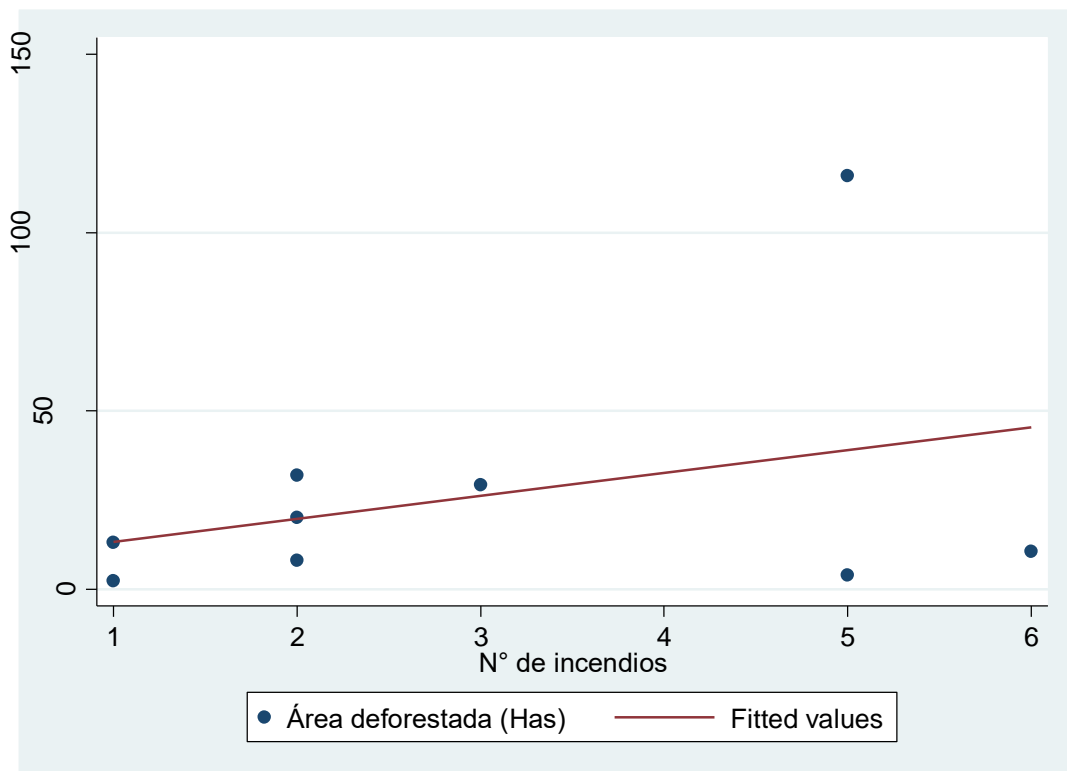


Figura 16. *Relación entre deforestación y número de incendios.*

En la tabla 24 y la figura 16, se muestra la relación entre deforestación y número de incendios; el coeficiente de Pearson es 0.342, lo que indica que existe una relación baja. El signo del coeficiente indica que la relación es directa o positiva; es decir, si aumenta el número de incendios aumenta la deforestación. El P-valor es igual a 0.368 es mayor a 0.05; por lo tanto, la relación no es estadísticamente significativa.

Relación entre los factores geográficos y el área deforestada por efecto de incendios forestales.

- Relación entre la altitud y el área deforestada

Tabla 25. Datos anuales de área deforestada por efecto de incendios forestales y altitud

AÑO	DEFORESTACIÓN (Has)	ALTITUD (m.s.n.m)
2010	8.00	4000-3900
2011	20.01	4100-3800
2012	2.27	4100-3700
2013	31.90	4300-3900
2014	13.04	4200-4000
2015	3.80	4200-3800
2016	10.48	4200-3600
2017	-	-
2018	-	-
2019	29.12	3800-3300
2020	116.00	4200-3200

En la tabla 25, se muestra que la mayoría de incendios ocurrió a una altitud de 4200 m.s.n.m entre los años 2014 al 2020. En total unos 4 incendios a esa altitud.

Tabla 26. Correlación entre deforestación y altitud

		Correlaciones	
		Deforestación	Altitud
Deforestación	Correlación de Pearson	1	.143
	Sig. (bilateral)		.715
	N	9	9
Altitud	Correlación de Pearson	.143	1
	Sig. (bilateral)	.715	
	N	9	9

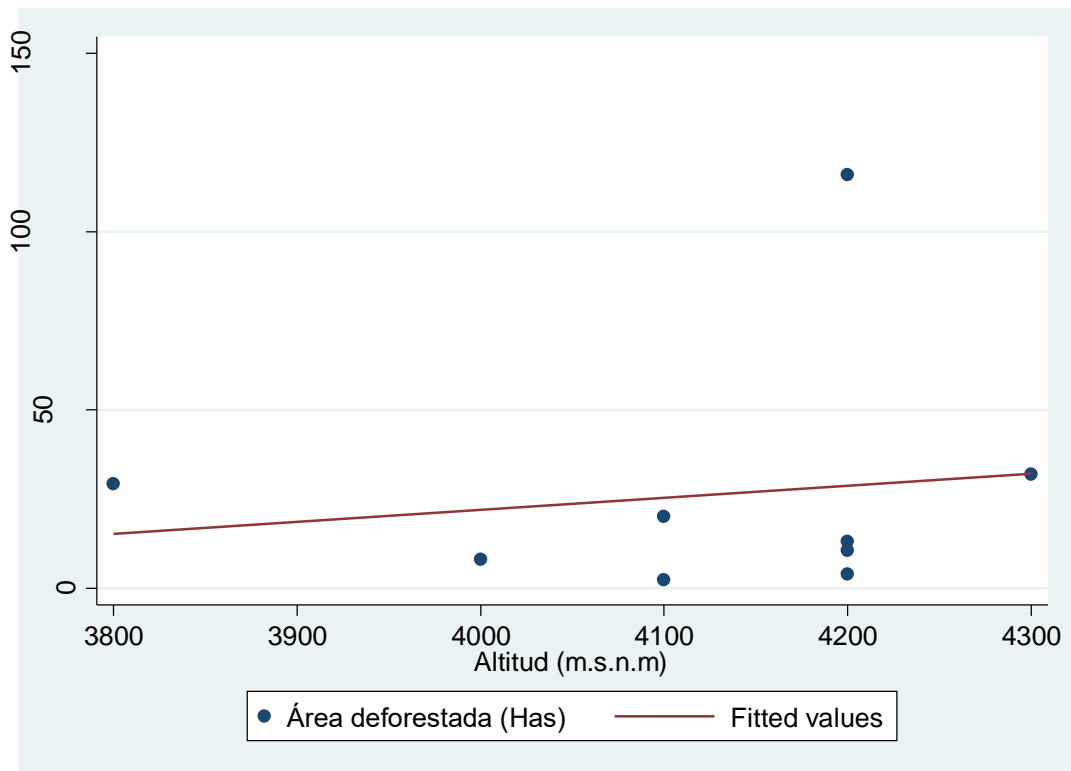


Figura 17. Relación entre deforestación y altitud.

En la tabla 26 y la figura 17, se muestra la relación entre deforestación y altitud, el coeficiente de Pearson es 0.143, lo que indica que existe una relación muy baja. El signo del coeficiente indica que la relación es directa. El P-valor = 0.715 es mayor a 0.05; por lo tanto, la relación no es estadísticamente significativa.

4.4 Definición de medidas preventivas para reducir los incendios

En Asturias, España, según la (Consejería de medio rural y pesca, s.f.) las acciones e infraestructuras preventivas son las siguientes:

Prevención de silvicultura: La óptima práctica para prevenir y reducir el inicio de incendios forestales es vigilar el área boscosa con el fin de limitar la afluencia de materiales secos y con predisposición a ser inflamables. Esto ayuda a evitar que el fuego inicie y se expanda fácilmente.

Vigilancia: Por otro lado, es preciso realizar la creación de una red que tenga a cargo el cuidado y sea de accionar inmediato cuando inicie un incendio o al momento de observar actividades con alto grado de generación de incendios forestales, puede ocurrir por descuidos o intencionadamente por parte de la población.

Sensibilización: Esta acción es importante y relevante porque consiste en la influencia positiva de la sensibilización en el comportamiento del hombre respecto a sus actividades realizadas en el monte. Esto consiste en informar sobre las desventajas de usar el fuego como actividad agraria y como este genera incendios forestales extensos, ya sea por accidente o intencionado. Es urgente realizar la sensibilización con énfasis en los responsables de incendios e insistir en el mensaje que, el fuego es dañino tanto para su salud como el ambiente.

En Chile según la (Corporación Nacional Forestal, 2007) la comunidad magallánica desarrolla varias actividades vinculadas a la prevención de Incendios Forestales, estas acciones se congregan en:

Acciones destinadas a evitar que ocurran los incendios forestales: consiste en un paquete de medidas simples con facilidad en su ejecución con el objetivo de reducir la probabilidad de ocurrencia de incendios, como evitar realizar fogatas en el suelo directamente, utilizar cocinillas a gas y parrillas. En el caso de no tener con dichos elementos, se debe evaluar el lugar donde se pretende realizar la fogata para verificar que se encuentre sin vegetación y apagarlas hasta quedar bien extintas. Por último, no arrojar cigarrillos encendidos al pasto seco

y en caso de la población rural, revisar sus chimeneas periódicamente y utilizar atrapachispas.

Acciones destinadas a evitar el daño potencial: es el conjunto de medidas aplicadas antes de presentarse un incendio, con el objetivo que cuando ocurra una presencia de un incendio, se pueda minimizar lo mejor posible el daño causado y evitar la expansión a otras áreas. Estos deben estar protegidos con la construcción de cortafuegos.

En Perú según (SERFOR, 2019-2022) las estrategias de prevención comprenden:

Las actividades contempladas son las siguientes: identificación de los focos de calor, características meteorológicas, análisis estadístico de probabilidad de ocurrencia de incendios, relieve, estudio de vulnerabilidad, fortalecimiento de capacidades de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales a nivel institucional.

Capacitación y Difusión de Medidas Preventivas

Asimismo, el (SERFOR, 2019-2022) infiere que es importante el rol de las comunidades respecto a las acciones preventivas. Es fundamental implementar y desarrollar conocimientos sobre la cultura de prevención ante la presencia de incendios forestales y otros tipos de desastres, que tienen alto grado de ocurrencia en el Perú. La cultura preventiva consiste en el acervo de prácticas positivas que comparten los individuos de una sociedad respecto a los riesgos. En nuestro caso en específico, ante la probabilidad de generación de incendios forestales, estas posturas deben ser independientes de la existencia o ausencia de los incendios. Además, la cultura de prevención se fundamenta en dos aspectos: el compromiso y la participación y será fundamental que ambos se desarrollen bajo la organización de las autoridades a nivel local, regional y nacional. Seguidamente, se debe transmitir a la ciudadanía para obtener una sensibilización pertinente, oportuna y planificada. Las capacitaciones y charlas, para el manejo de incendios forestales, deben ser gestionadas bajo un enfoque estratégico.

(SERFOR, 2019-2022) infiere que, la estrategia de capacitación debe contener fundamentalmente los siguientes ejes estratégicos:

Capacitación comunitaria: la concienciación de los actores comunitarios es un paso esencial, empezando por las comunidades campesinas y nativas, con énfasis en aquellas que tengan una ubicación geográfica próxima a los bosques naturales, plantaciones forestales y pastos naturales. También se consideran las reuniones donde se intercambian sugerencias con los diferentes grupos de interés, la transmisión del mensaje se debe realizar por el líder comunal, esto debido a una mayor efectividad en comparación de una persona externa que desconoce la cultura y hábitos de la comunidad.

Es recomendable realizar las campañas de forma presencial, además es relevante tener un soporte de medios de comunicación masivo, sobre todo de aquellos con mayor difusión, cuando se trata de una comunidad es posible realizarlas a través de radios locales, radios comunitarias, etc.

Capacitación institucional: la capacitación se enfoca en los actores secundarios como presidentes comunales, autoridades regionales, alcaldes locales, representantes de organismos públicos y privados, FFAA, CGBVP, etc. Estas actividades se deben realizar en establecimientos de alerta temprana, en zonas donde las condiciones físicas sean adecuadas. Para ello, se necesita desarrollar portales web específicos para la detección y alerta de incendios forestales.

Afianzamiento de capacidades de respuesta temprana mediante la formación de brigadistas de combate de incendios: el personal técnico responde positivamente al momento de controlar un incendio forestal. Esta es una de las mejores medidas para disminuir el incremento desmedido de los incendios, por lo que es primordial considerar que las actividades de prevención son el entrenamiento técnico y adecuado equipamiento de brigadas para prevenir incendios.

Por otra parte, el instituto de defensa Civil (INDECI) citado en (Andina, 2019) infiere las subsiguientes recomendaciones para evitar y controlar los incendios forestales:

Eliminar la realización de prácticas riesgosas como la “roza” o quema de residuos forestales para la habilitación de campos de cultivo. Sugieren crear y producir abono natural o realizar el compostaje de los restos de la actividad agrícola, estos se pueden utilizar en sus predios.

El encendido de fogatas, debe ser una acción controlada y se debe prever el apagado correcto para eliminar cualquier posibilidad de reavivar el fuego.

Al transitar por un bosque, no se debe dejar caer colillas encendidas, fósforos, papeles u otro tipo de materiales altamente combustibles, ni mucho menos explosivos.

Una manera positiva de contribución a la actividad del personal especializado que se encarga de extinguir el fuego, es optar por una actitud colaborativa. Bajo ningún motivo, se debe entrar en acción sin contar con equipos de protección o herramientas adecuadas para el control y extinción de las llamas.

V. DISCUSIÓN

Según, (Adrianto, Spracklen, Arnold, & Syaufina, 2019), estudiaron la relación entre los incendios forestales y la deforestación en la provincia de Riau, Indonesia. Utilizaron un mapa de cobertura terrestre proveído por el Ministerio del Ambiente de Indonesia, que incluye la clasificación de cobertura para los años 1990, 1996, 2000, 2003, 2006 y 2009, y anualmente entre 2011 y 2017. También, utilizaron datos sobre la ubicación de las áreas de concesión y extensiones de áreas protegidas proporcionadas por World Resources Institute. Para la presente investigación también se empleó información y datos a partir del procesamiento y observación de las imágenes satelitales y los datos reportados por el SENAMHI, estos datos fueron tomados desde el año 2010 hasta el 2020, asimismo la investigación tuvo como objetivo el estudio de los incendios forestales y la deforestación en el distrito de Ccatcca, Quispichan, Cusco, por lo cual se infiere que la investigación de (Adrianto, Spracklen, Arnold, & Syaufina, 2019) tiene una similitud con la presente investigación.

La investigación de (Çolak & Sunar, 2018) donde se monitorearon las áreas afectadas por los incendios forestales ocurridos durante el año 2017 en la región de Izmir, Turquía. Para esta evaluación, determinaron los índices de quemado espectral, denominados: Índice de área de quemado (BAI), índice de quemado normalizado (NBR), y relación de combustión normalizada térmica (NBRT) e infrarrojo medio y el índice de quemado (MIRBI), aplicados a las imágenes del satélite Landsat 8. Evaluaron también, todos los posibles factores que afectaron el incendio, a través del análisis de imágenes con el software ArcGIS, como temperatura, viento y humedad, así como también los otros factores responsables de los incendios como el tipo de vegetación, pendiente y dosel. La presente investigación también, empleó como técnica la observación y procesamiento de imágenes satelitales, así como el análisis de la relación entre el número de focos de calor, obtenidos del sensor MODIS y el área con cobertura vegetal quemada. Para la evaluación de la superficie quemada, se utilizó imágenes obtenidas del Satélite Landsat 8,

correspondientes al periodo comprendido entre los años 2010 y 2020, todas incluidas en el Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 datum. Estas imágenes fueron elegidas de acuerdo a su disponibilidad libre de nubes, para la estación seca de junio a setiembre. Asimismo, (Ahmad & Goparaju, 2017) analizaron la incidencia de incendios forestales en Jharkhand, estado de la India, a través del análisis de los datos de Landsat-8 para obtener la cobertura forestal de 2015 para el distrito de Paschim Singhbhum.

(Fernández Menis, 2018) calculó la deforestación ocasionada por incendios forestales, en el periodo comprendido entre 2011 y 2016. Para alcanzar el objetivo de la investigación, el cual era estimar el área deforestada, el autor analizó imágenes satelitales Landsat y Sentinel del área en estudio, así como también “hot spots” proporcionados por el sensor MODIS, encontrando que el área afectada en el bosque y pastizales 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 la presente investigación ejecutada se pudo inferir que hay una similitud de investigación con la investigación del autor mencionado ya que, a partir de las correlaciones se pudo inferir que, durante el año 2020 hubo mayor presencia de incendios forestales lo cual ha producido una mayor deforestación del ambiente y ecosistema para este año.

(Vásquez Jara, Tovar Narváez, Palma Pecho, & Mercado Curi, 2017) estudiaron la degradación de los bosques nativos de la Mancomunidad Saywite – Choquequirao – Ampay, en el departamento de Apurímac, con el objetivo de evaluar en qué medida los bosques nativos y los servicios que proveen a la comunidad han sido afectados por las actividades antrópicas y los cambios en los regímenes climáticos. La metodología consistió en el análisis multitemporal de imágenes satelitales, a través de la clasificación supervisada sobre los segmentos del área en estudio, haciendo uso del algoritmo Random Forest en el paquete estadístico del mismo nombre. Los resultados muestran que durante los últimos 15 años se han perdido 10 850 has. de bosque andino, en particular la intimpa (*Podocarpus glomeratus*) y la unca (*Myrcianthes oreophila*), que antes eran abundantes. En la presente

investigación se pudo inferir que hay una similitud de investigación con la investigación de los autores mencionados ya que, a partir de las estimaciones se pudo inferir que, debido a la presencia de incendios forestales se ha producido una pérdida de 189.48 has en los 10 años de estudio.

(Perea Ardila, 2018) estimó los contenidos de biomasa aérea y carbono, a partir del monitoreo de imágenes satelitales, en bosques alto-andinos del Santuario de Fauna y Flora Iguaque de Boyacá en Colombia. Para alcanzar el objetivo, el autor estableció en campo 23 parcelas temporales de muestreo, cada una con un tamaño de 250 m² y se midieron todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm; la biomasa aérea se estimó a través de una ecuación alométrica desarrollada para bosques alto-andinos de similares características ambientales y se correlacionó estadísticamente con tres índices de vegetación NDVI, SAVI y EVI, obtenidas a partir de dos imágenes mejoradas del Satélite LANDSAT 8 OLI, con una resolución de 30 m, en época seca y lluviosa del año 2016. Como resultado de la investigación se encontró que los bosques del santuario almacenan en promedio 36.6 tC/ha en biomasa aérea. Además, desarrolló un modelo matemático que definió dicha relación, el cual obtuvo un $R^2 = 0.82$ y un RMSE de 17t/ha. La presente investigación muestra similitud con el estudio realizado por Perea Ardila, ya que se emplearon imágenes satelitales y la técnica de la segmentación; además que se apoyó en una correlación estadística para determinar la influencia de una variable sobre otra.

En cuanto a las hipótesis planteadas para la presente investigación, se rechaza la tercera hipótesis específica: “Los factores meteorológicos ocasionan el incremento de la ocurrencia de incendios forestales durante el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco”, debido a que la correlación establecida entre estas variables, demostró que los factores meteorológicos y la deforestación tienen una relación baja y negativa. Además, estadísticamente no son significativas.

VI. CONCLUSIONES

La investigación obtuvo las siguientes conclusiones:

1. De acuerdo con el objetivo general propuesto: “Establecer el área de cobertura vegetal natural andina deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco”, se determinó que la relación entre área deforestada y área de incendios es muy alta y positiva; es decir, los incendios incrementan el área de cobertura vegetal natural andina deforestada. Además, estadísticamente es significativa.
2. Respecto al primer objetivo específico propuesto: “Determinar el área de bosques deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco” se puede concluir que después de obtener el índice de Vegetación Diferencia Normalizada, se calculó un total de 189.48 has. deforestadas y se determinó que el área de bosque se ha reducido por causa de los incendios.
3. Respecto al segundo objetivo específico: “Determinar el área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco” después de realizar la corrección geométrica y radiométrica de las imágenes satelitales y la combinación de las bandas se determinó que los pastos naturales se han reducido a causa de los incendios forestales presentados en el periodo de análisis 2010 – 2020.
4. Respecto al tercer objetivo específico propuesto: “Establecer la relación entre los factores meteorológicos y al área deforestada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco”. Después de evaluar los factores meteorológicos durante los años 2010 al 2020 que son la precipitación total, temperatura media diaria y velocidad del viento media. A partir de

las correlaciones, se puede concluir que la relación entre área deforestada y precipitación fue negativa, muy baja y estadísticamente no significativa. Respecto a la relación entre temperatura y área deforestada, se concluye que la relación es muy baja, negativa. Así mismo, respecto a la relación entre velocidad del viento y el área deforestada, la relación es moderada, pero estadísticamente no significativa. Por lo tanto, los factores meteorológicos y la deforestación tienen una relación baja y negativa. Además, estadísticamente no son significativas.

5. Así mismo, se evaluaron los factores de calor que son la densidad de incendios, número de incendios y superficie del incendio. Después de las correlaciones, se puede concluir que la relación entre densidad de incendios y el área deforestada es muy alta y positiva. Además, es significativamente estadística. Respecto a la relación entre el número de incendios y área deforestada es baja, positiva y estadísticamente no significativa. Respecto a la relación entre la superficie de incendios y el área deforestada es muy alta, positiva y significativa. Por lo tanto, se puede concluir que, la relación entre los factores de calor y área deforestada es alta y positiva. Además, estadísticamente significativa.
6. Por último, el factor geográfico evaluado fue la altitud, mediante la correlación se determinó que la relación entre la altitud y área deforestada es muy baja y estadísticamente no significativa.

VII. RECOMENDACIONES

1. Las imágenes satelitales y los focos de calor proporcionados por los sensores, son cada vez más precisos; pero es imprescindible el análisis e interpretación de los mismos, para discriminar los datos y adoptar medidas concretas de alerta temprana y mitigación de incendios forestales.
2. Incluir un análisis de ocurrencia de incendios y toma de parámetros meteorológicos en el instante en el que ocurre, con el objetivo de disminuir el error por uso de información de promedios anuales.
3. Se recomienda elegir las imágenes satelitales con una resolución espacial menor a 30 m, para lograr una observación óptima de las diferentes coberturas vegetales, además es recomendable también buscar la mejor combinación de bandas para encontrar las diferencias visuales entre los pastizales y bosques.
4. Se recomienda fortalecer las capacidades de gestión pública de los actores involucrados para establecer programas de mitigación de incendios forestales y educación ambiental.
5. Al no haber encontrado un inventario histórico completo de los incendios forestales ocurridos en el área de estudio, se recomienda alimentar periódicamente la base de datos referida a incendios a escala local, para que se puedan realizar estudios futuros con mayor precisión.

REFERENCIAS

- ADRIANTO, H. A., Spracklen, D. V., Arnold, S. R., & Syaufina, I. S. (18 de 12 de 2019). Forest and Land Fires are Mainly Associated with Deforestation in Riau Province, Indonesia. *Remote Sensing*, 12, 12. [doi:10.3390/rs12010003](https://doi.org/10.3390/rs12010003)

- AHMAD, F., & Goparaju, L. (2017). Geospatial Assessment of Forest Fires in Jharkhand. *Indian Journal of Science and Technology*, 10(21), 7. [doi:10.17485/ijst/2017/v10i21/113215](https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i21/113215)

- ANDINA. (22 de agosto de 2019). Conoce cómo prevenir los incendios forestales con estas acciones. [Obtenido de https://andina.pe/agencia/noticia-importante-conoce-como-prevenir-los-incendios-forestales-estas-acciones-764260.aspx](https://andina.pe/agencia/noticia-importante-conoce-como-prevenir-los-incendios-forestales-estas-acciones-764260.aspx)

- ANDREA Puzzi, N., Kelsey, H., Africa Flores, A., & Griffi, R. (2019). A spatial pattern analysis of forest loss in the Madre de Dios region, Peru. *IOP Publishing*, 14(124045), 12. [doi:10.1088/1748-9326/ab57c3](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab57c3)

- ARIZA, A. (enero de 2013). Descripción y corrección de productos Landsat 8 LDCM. *ResearchGate*, 47. [doi:10.13140/RG.2.2.21308.44167](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21308.44167)

- ATENCIA vergara, V., CONTRERAS Chavez, J., & VERGARA Herrera, D. (2008). *Estudio multitemporal de imágenes satelitales con fines de delimitación del complejo bajo San Jorge margen izquierdo (B13) y diagnóstico de zonas intervenidas antópicamente (ganadería y agricultura)*. Sincelejo: Universidad de Sucre. Recuperado el 04 de mayo de 2021, de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/935/1/T333.91814%20A864.pdf>

- BACA Zuta, D. A. (2019). *Las regiones Geográficas del Perú, clasificación y teorías diversas*. Lima: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y

Valle. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/4337/Las%20regiones%20geogr%C3%A1ficas%20del%20Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=2.1.1.2%20La%20regi%C3%B3n%20Andina.,la%20Cordillera%20de%20los%20Andes.>

- BAUTISTA Bonilla, M. Á. (2020). Tendencias de riesgo asociadas a incendios forestales. *Instituto Nacional de Defensa Civil*, 43.

- BEHAR Rivero, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de <http://rdigital.unicv.edu.cv/bitstream/123456789/106/3/Libro%20metodologia%20investigacion%20este.pdf>

- BERNAL, A. P. (2018). *Efectos del manejo post incendio en las propiedades del suelo: un caso de estudio en el parque natural de Montgó*. Universitas Miguel Hernández. España: Universitas Miguel Hernández. Recuperado el 03 de abril de 2021, de <http://193.147.134.18/bitstream/11000/6549/1/TFG%20Antonio%20Palma%20Bernal.pdf>

- BLANCO Navea, Y. N. (2015). Aplicación de los sistemas de información geográfica en la identificación y priorización de áreas con fines de restauración ecológica en el distrito de kosñipata, provincia de paucartambo, Región Cusco. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de http://200.48.82.27/handle/UNSAAC/200/browse?rpp=20&sort_by=1&type=title&etal=-1&starts_with=F&order=ASC

- BORINI Alves, D., & Pérez-Cabello, F. (2017). Multiple remote sensing data sources to assess spatio-temporal patterns of fire incidence over Campos Amazonicos Savanna Vegetation Enclave (Brazilian Amazon). *Elsevier*, 142-158. doi: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.194

- BROWN, C., & Harder, C. (2021). *The ArcGIS Imagery Book*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Recuperado el 23 de Mayo de 2021, de <https://learn.arcgis.com/es/arcgis-imagery-book/#home-overview>

- CABRERA Montenegro, E., Vargas Galvis, D. M., & Galindo García, G. (2011). *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de [http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Protocolo para la cuantificaci%C3%B3n Deforestaci%C3%B3n Nivel Nacional.pdf](http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Protocolo_para_la_cuantificaci%C3%B3n_Deforestaci%C3%B3n_Nivel_Nacional.pdf)

- CANADA, G. o. (23 de noviembre de 2015). *Natural Resources Canada*. Recuperado el 04 de abril de 2021, de <https://www.nrcan.gc.ca/maps-tools-publications/satellite-imagery-air-photos/remote-sensing-tutorials/satellites-sensors/spectral-resolution/9393>

- CASTRO Santana, N., De Carvalho Júnior, O. A., Trancoso Gomes, R. A., & Fontes Guimarães, R. (29 de noviembre de 2018). Burned-Area Detection in Amazonian Environments Using Standardized Time Series Per Pixel in MODIS Data. *Remote Sensing*, 10(12), 1904. doi:doi.org/10.3390/rs10121904

- CENEPRED. (2020). *Escenario de Riesgo por Incendios Forestales*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. Recuperado el 30 de mayo de 2021, de <https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Escenarios/2020/Fenomeno/INFORME%20ESCENARIO%20INCENDIOS%20FORESTALES%20NACIONAL.pdf>

- ÇOLAK, E., & Sunar, A. F. (2018). Remote sensing & gis integration for monitoring the areas affected by forest fires: a case study in izmir, turkey. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 18-21. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de

<https://pdfs.semanticscholar.org/2f7c/cf90c7d4f9d8c9a242e8413390d042ee1092.pdf>

- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. (2010). *Incendios Forestales, guía práctica para comunicadores*. San Juan de Ocotán. Obtenido de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>

- CONAFOR. (2010). *Incendios Forestales: Guía práctica para comunicadores*. Zapopan: Comisión Nacional Forestal. Recuperado el 20 de Abril de 2021, de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>

- CONAFOR. (21 de abril de 2020). *Comisión Nacional Forestal*. Recuperado el 02 de mayo de 2021, de <https://www.gob.mx/conafor/es/articulos/un-punto-de-calor-es-igual-a-un-incendio-forestal?idiom=es>

- CONSEJERÍA DE MEDIO RURAL Y PESCA. (s.f.). *Prevenir los incendios forestales*. Asturias: Asturprint Artes Gráficas. Obtenido de https://www.asturias.es/Asturias/descargas/PDF_TEMAS/Agricultura/Politica%20Forestal/prevenir_incendios_forestales.pdf

- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL. (2007). *Manual con medidas para la prevención de incendios forestales, Región de Magallanes y Antártica chilena*. Magallanes: Gobierno de Chile. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/29345/manual%20medidas%20prevencion%20XII.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ESCALANTE valencia, E. (2018). *Diagnóstico de la deforestación (2005-2010-2012) en el marco del sistema integrado de monitoreo del parque nacional del manu*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Recuperado el 23 de Mayo

de 2021, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6314/BIDesvae.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- FAO. (2016). *Bosques y cambio climático en el Perú*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 25 de marzo de 2021, de <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>

- FAO. (2020). *Documento de trabajo de la evaluación de los recursos forestales mundiales*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el 29 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/l8661ES/l8661es.pdf>

- FAO. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. FAO. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 5 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>

- FAO, M. M. (2014). *Estudio de las causas de la deforestación y degradación forestal en Guinea Ecuatorial*. Guinea Ecuatorial: FAO, MAG, MAE, & CAFI. Recuperado el 03 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/CA0399ES/ca0399es.pdf>

- FERNÁNDEZ Menis, R. (2018). *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*. Madre de Dios: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.

- GAMARRA Agama, S. E. (2017). *Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito San Ramón - Chanchamayo - Junín - Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- GEOINSTITUTOS. (2020). Recuperado el 15 de mayo de 2021, de http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp

- GIGLIO, L., Descloitres, J., Justice, C., & Kaufman, Y. (31 de mayo de 2003). An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. *Elsevier*(87), 273-282. doi:[10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6)

- GUPTA, R. P. (2018). *Remoting Sensing Geology* (3ra ed.). Roorkee, India: Springer Verlag GmbH Germany. Recuperado el 25 de abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=IERADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=remote+sensing+&ots=p4_tuyu8W0&sig=6Heh1xr_gGJj68BJ5M92Xa5p0_gg&redir_esc=y#v=onepage&q=remote%20sensing&f=false

- GUPTA, S., Roy, A., Bhavsar, D., Kala, R., Singh, S., & Kumar, A. S. (2018). Forest Fire Burnt Area Assessment in the Biodiversity Rich Regions Using Geospatial Technology: Uttarakhand Forest Fire Event 2016. *Springer Link*(46), 945-955. doi:doi.org/10.1007/s12524-018-0757-3

- HARRIS, N., Goldman, E., Gabris, C., Nordling, J., Minnemeyer, S., Ansari, S., . . . Potapov, P. (18 de Enero de 2017). Using spatial statistics to identify emerging hot spots of forest loss. *IOP Publishing* (12), 14. doi:[10.1088/1748-9326/aa5a2f](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5a2f)

- HERNÁNDEZ Sampieri, R., & TORRES Mendoza, P. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: McGRAW-HIL.

-HERNÁNDEZ Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado el 11 de mayo de 2021, de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

-INEI. (2017). Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017 - Cusco. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado el 01 de junio de 2021, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1559/

INGEMMET. (2017). *Cobertura vegetal de la Región Cusco*. Lima: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-deforestacion-departamento-cusco-i>

- KAUSHIK, S. &. (2014). *Forest fire disaster management* (Vol. 1). Nueva Deli, India: National Institute of Disaster Management. Recuperado el 19 de Abril de 2021, de <https://nidm.gov.in/pdf/pubs/forest%20fire.pdf>

- KENJI, O., Corpetti, T., & Demagistri, L. (2017). Multispectral satellite image processing. *Elsevier*, 57-124. Recuperado el 04 de mayo de 2021, de <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/spatial-resolution>

- LAU Guerra, J. F. (2017). Utilización del índice meteorológico de incendios forestales (Fire Weather Index) en el departamento de Cusco. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3325>

- LILLESAND, T. M., Chipman, R. W., & W., J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation* (7ma ed.). Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley and Sons. Recuperado el 25 de abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA91&dq=remote+sensing+&ots=0Doth0fB5q&sig=qXD7_PDsK5NWJY2wVwZTDnlku-c&redir_esc=y#v=onepage&q=remote%20sensing&f=false
- MANTA, M. I., Kometter, R., & Navia, A. (2018). Evaluation of wildfire danger in the Peruvian Andes: First step for its reduction and adaptation. [doi:10.14195/978-989-26-16-506_4](https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_4)
- MARTÍNEZ Murillo, J. (2015). Los incendios forestales y la configuración del paisaje de la montaña mediterránea. Un caso de estudio. *Departamento de Geografía, Universidad de Málaga*, 9. Recuperado el 23 de mayo de 2021, de https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/10637/2015%20AGE%20Paisaje_JFMartinezMurillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MAS, J.-F. (2011). *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio*. (Primera edición ed.). México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 02 de mayo de 2021, de https://www.ciga.unam.mx/publicaciones/images/abook_file/aplicacionesMODIS.pdf
- MATIN, M. A., Chitale, V. S., Murthy, M. S., Uddin, K., & Pradhan., B. B. (04 de 04 de 2017). Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data. *International Journal of Wildland Fire*(26), 276-286. [doi:10.1071](https://doi.org/10.1071)

- MINAM. (21 de Julio de 2011). Ley Forestal y de Fauna Silvestre. *Diario Oficial El Peruano*, pág. 59. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29763.pdf>

- MINAM. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Lima: MINAM. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

- MINAM. (2016). *La Conservación de Bosques en el Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente. Recuperado el 29 de abril de 2021, de <https://www.minam.gob.pe/informesectoriales/wp-content/uploads/sites/112/2016/02/11-La-conservaci%C3%B3n-de-bosques-en-el-Per%C3%BA.pdf>

- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2020). *Medidas preventivas urgentes para evitar los incendios forestales en la REgión Cusco*. Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/286724-medidas-preventivas-urgentes-para-evitar-los-incendios-forestales-en-la-region-cusco>

- NASA. (17 de Julio de 2020). *Earth Data*. Recuperado el 02 de mayo de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/faq/firms-faq>

- OTHMAN, M., Ash'aari, Z., Aris, A., & Ramli, M. (2018). Tropical deforestation monitoring using NDVI from MODIS satellite: a case study in Pahang, Malaysia. *IOP Science* (169), 10. [doi:10.1088/1755-1315/169/1/012047](https://doi.org/10.1088/1755-1315/169/1/012047)

- PADILLA, M., Stehman, S., Ramo, R., Corti, D., Hantson, S., Oliva, P., . . . Chuvieco, E. (2015). Comparing the Accuracies of Remote Sensing Global Burned Area Products using Stratified Random Sampling and Estimation. *Elsevier Editorial System(tm) for Remote Sensing of Environment*, 160. Recuperado el 26 de Abril de 2021, de <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/pstorage-leicester-213265548798/18322415/RSED1400771R2.pdf>

- PALOMEQUE, E., Corral, J., Monreal, S., Ramirez, R., Flores, M., López, R., . . . Salaya, A. (abril de 2020). Incendios forestales. *ResearchGate*, 10. [doi:340903643](https://doi.org/10.34090/3643)

- PAUSAS, J. G. (2012). *Incendios forestales: Una visión desde la ecología*. (1 ed., Vol. 1). Madrid, España: CSIC. Recuperado el 26 de marzo de 2021, de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=i1jZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=incendios+forestales+j+pausas+&ots=0KLEOWuPCB&sig=-pgsA_ojSyzBXF8WeriY4knGc04&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- PRAELI, Y. S. (10 de junio de 2020). Cinco países de Latinoamérica en el 'top ten' de bosques primarios más deforestados en 2019 | Nuevo estudio. *MONGABAY-LATAM*. Recuperado el 03 de abril de 2021, de <https://es.mongabay.com/2020/06/latinoamerica-bosques-primarios-deforestacion-2019-brasil-bolivia-peru-colombia/>

- PRAMOVA, E., Locatelli, B., & Djoudi, H. (diciembre de 2012). Bosques y árboles para la adaptación social al cambio y la variabilidad del clima. *BRIEF* (15), 16. Recuperado el 29 de abril de 2021, de https://www.cifor.org/publications/pdf_files/infobrief/4024-infobrief.pdf

- QUINTERO-Vallejo, E., Benavides, A. M., Moreno, N., & Gonzales-Caro, S. (2017). *Bosques Andinos, estado actual y retos para su conservación en Antioquia*.

Medellin, Colombia: Programa Bosques Andinos (COSUDE). Recuperado el 15 de mayo de 2021, de http://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2018/01/Libro_Bosques_Andinos_Interactivo.pdf

- REDDY, C. S., Bird, N. G., Sreelakshmi, S., Madikandan, T. M., Asra, M., Krishna, P. H., . . . Diwakar, P. (24 de Julio de 2019). Identification and characterization of spatio-temporal hotspots of forest fires in South Asia. *Environ Monit Assess*, 191. [doi:10.1007/s10661-019-7695-6](https://doi.org/10.1007/s10661-019-7695-6)

- REYNA, L. A. (diciembre de 2018). Firmas Espectrales: Componentes y necesidad de Metadatos. *ResearchGate*, 12. [doi:10.13140/RG.2.2.23337.52326](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23337.52326)

- RODRIGUEZ Calampa, N. Y. (2018). *Determinación de la deforestación entre los años 1986 y 2016 mediante técnicas de teledetección y SIG distrito Sauce - Perú*. Tarapoto : Universidad Peruana Unión.

- ROJAS Briceño, N., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J., Oliva Cruz, S., & Salas Lopez, R. (15 de abril de 2019). Deforestación en la Amazonía peruana: Índices de cambio de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81(2538), 34. [doi:10.21138](https://doi.org/10.21138)

- SALSABILA, H. N., Sahitya, A., & Mahyatar, P. (23 de abril de 2020). Spatio-temporal pattern analysis of forest fire event in South Kalimantan using integration remote sensing data and GIS for forest fire disaster mitigation. *IOP Conference Series*, 11. Recuperado el 19 de abril de 2021, de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/540/1/012011/pdf>

- SÁNCHEZ Saldaña, M. E. (2019). *Análisis de la deforestación en la cuenca del río Cumbaza mediante el uso de imágenes satelitales desde el año 2008 al 2017*. Lima: Universidad Nacional Federico Villareal.

- SERFOR. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Recuperado el 30 de mayo de 2021, de <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevenci%C3%B3n-y-reducci%C3%B3n-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>

- SERFOR. (2018). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima: SERFOR. Recuperado el 20 de abril de 2021, de <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevenci%C3%B3n-y-reducci%C3%B3n-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>

- SERFOR. (2019-2022). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. Lima: Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1267623/plan-incendios-forestales.pdf>

- SHUIRONG, W., & Yuanzhao, H. (2010). *Valoración de los bienes y servicios ecosistémicos y del capital forestal natural de la municipalidad de Beijing (China)*. Beijing: Unasyuva. Recuperado el 29 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/i1507s/i1507s07.pdf>

- SILVA, C. A., Santillini, G., & Laneve, E. E. (22 de enero de 2021). Fire occurrences and Greenhouse Gas Emissions from Deforestation in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing*, 13(376), 18. [doi:10.3390/rs13030376](https://doi.org/10.3390/rs13030376)

- SINGH, K., Gagné, S., & Meentemeyer, R. (2018). Urban Forests and Human Well-Being. *Elsevier*, 9, 287-305. [doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10421-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10421-X)

- SOBRINO, J. A. (2000). *Teledetección*. Valencia, España: Universidad de Valencia. Recuperado el 20 de abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=Yb6xIldfoT0C&oi=fnd&pg=PA89&dq=teledetecci%C3%B3n+chuvieco+fundamentos&ots=oTxHrpJE5o&sig=UP_LbQ3LnssKEwepiduk4C0KAqo&redir_esc=y#v=onepage&q=teledetecci%C3%B3n%20chuvieco%20fundamentos&f=false

- SUAREZ Bravo, L. A. (2018). *Evaluación de la deforestación utilizando imágenes de satélite Landsat en las comunidades nativas de Pitocuna y Huantashiri - Satipo*. Satipo: Universidad Nacional del Centro del Perú.

- ÚBEDA, X., & Francos, M. (5 de noviembre de 2018). Incendios Forestales: Un fenómeno global. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, XXIII (1.253), 8. Recuperado el 3 de abril de 2021, de <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1253.pdf>

- USGS. (2016). *Landsat - Earth Observation Satellites*. Dakota: U.S. Geological Survey. [doi:10.3133/fs20153081](https://doi.org/10.3133/fs20153081)

- USGS. (2021). *USGS Science for a changing world*. Recuperado el 31 de mayo de 2021, de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

- WILLIAMS, D., Goward, S., & Arvidson, T. (Octubre de 2006). Landsat: Yesterday, today and tomorrow. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (10), 8. [doi:10.14358/PERS.72.10.1171](https://doi.org/10.14358/PERS.72.10.1171)

- WYNNE, J. B. (2011). Introduction to Remoting Sensing (5ta ed.). New York, USA: The Gilford Press. Recuperado el 25 de abril de 2021, de https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=NkLmDjSS8TsC&oi=fnd&pg=PP1&dq=remote+sensing&ots=s2Fty2o_7D&sig=C_xcNcT3pOSS5mmxklw0xd5mxhE&redir_esc=y#v=onepage&q=remote%20sensing&f=false

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 15. Matriz de operacionalización de variables

PROBLEMA GENERAL	VARIABLES	CONCEPTUAL	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Unidades de medida
<p>¿Cuánta área de cobertura vegetal natural andina ha sido deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?</p>	<p>Variable dependiente: Deforestación de la cobertura vegetal natural andina</p>	<p>La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos (Geoinstitutos,2020). Por otra parte, la cobertura andina está ubicada en la sierra peruana y está conformada por una biodiversidad de plantas perennes y temporales. En esta cobertura predominan superficies de pastos</p>	<p>La cobertura vegetal natural andina deforestada será medida a través de la cantidad de bosque deforestado y la cantidad de pastos naturales deforestados, estudiados en el periodo 2010-2020; empleando la teledetección.</p>	Bosque	Superficie deforestada	Ha
					Relación de la superficie de bosques vs superficie deforestada	%
				Pastos naturales	Superficie de pasto natural	Ha

	naturales que son vegetaciones que constituyen la principal fuente forrajera para la alimentación, desarrollo y producción de la ganadería altoandina del país (Ministerio del Ambiente, s.f). Por otra parte, según la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 29763) la deforestación es la eliminación de la cubierta forestal de un bosque natural o plantación forestal, con efectos devastadores hacia los ecosistemas como: cambio climático, pérdida del recurso hídrico, suelo e inundaciones, disminución de la biodiversidad y pérdida de hábitats y consecuencias sociales.			Relación de la superficie de pastos naturales vs superficie deforestada	%
Variable independiente : Incendios forestales	Según Pausas, J. (2012) son fuegos no controlados que ocurren en los ecosistemas terrestres (de origen natural o antrópico) y que se propagan por la vegetación, sea este del tipo que sea (bosque, sabana, pastizal, matorral, humedal, turbera, etc). Asimismo, según la ley 29664-Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, Reglamento para la Gestión Forestal, aprobado con	Para medir los incendios forestales se emplearán productos proporcionados por el sensor MODIS, que son los focos de calor. La zonificación de mayores concentraciones de focos de calor totalizados se va a realizar mediante un análisis de densidad, usando Hot Spots (puntos calientes, puntos fríos y atípicos), herramienta del software ArcGIS 10.3. Asimismo, se empleará información, historiales de	Factores meteorológicos	Temperatura máx	°C
				T media	°C
				T mínima	°C
				Precipitación máx	mm/día
				Precipitación media	mm/día

		<p>Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, infiere que el SERFOR es el organismo encargado de elaborar Plan Anual de Prevención, Seguimiento y Gestión de los incendios forestales, esta ley tiene por objetivo establecer medidas y acciones que permitan prevenir y hacer seguimiento a los incendios forestales incluyendo la participación activa de la población, así como desarrollar medidas frente a los incendios forestales, proponiendo un marco regulatorio fundamental para la integración de planes y protocolos de los niveles de gobierno e instituciones públicas especializadas (SERFOR, 2019).</p>	<p>incendios forestales publicados por el SERFOR, institución encargada de recopilar, generar y difundir reportes oficiales relacionados al monitoreo de los incendios forestales a nivel nacional. Así mismo, los incendios forestales serán evaluados a través de los factores meteorológicos (temperatura, precipitación y dirección del viento) y también se recolectará información sobre la influencia de la pendiente y altitud de la zona, en la propagación de los incendios.</p>		<p>Precipitación min</p> <p>Dirección del viento</p> <p>Superficie que abarca el incendio</p> <p>Densidad de focos de calor</p> <p>N° incendios</p> <p>Pendiente</p> <p>Altitud</p>	<p>mm/día</p> <p>Has</p> <p>N° focos de calor/superficie</p> <p>%</p> <p>m.s.n.m</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

ANEXO 2


Tabla 16. Matriz de consistencia

“Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, Quispicanchis, Cusco”				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuánta área de cobertura vegetal natural andina ha sido deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?	Establecer el área de cobertura vegetal natural andina deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Los incendios forestales ocasionan el incremento de la cobertura vegetal natural andina deforestada por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Variable dependiente: Deforestación de la cobertura vegetal natural andina Dimensiones: - Bosque - Pastos naturales	Diseño de la investigación - No experimental Alcance de la investigación - Correlacional
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
¿Cuánto contribuyen los incendios forestales en la disminución de bosques, en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?	Determinar el área de bosques deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Los bosques han sido deforestados en gran medida por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020, en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Variable independiente: Incendios forestales Dimensiones: - Factores Meteorológicos - Focos de calor	Tipo - Aplicada Tipo de datos - Corte Transversal
¿Cuánto contribuyen los incendios forestales en la disminución de pastos naturales, en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de	Determinar el área de pastos naturales deforestados por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Los pastos naturales han sido deforestados en gran medida por efecto de los incendios forestales en el periodo 2010-2020, en el distrito de		

Quispicanchis, región Cusco?		Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.		
¿Cuál es la relación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?	Establecer la relación entre los factores meteorológicos y los incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Los factores meteorológicos ocasionan el incremento de la ocurrencia de incendios forestales durante el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.		
¿Cuáles fueron las medidas preventivas o las acciones para mitigar los incendios registrados en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco?	Definir las medidas preventivas adecuadas para reducir los incendios forestales registrados en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.	Existen medidas preventivas que reducen los incendios forestales en el distrito de Ccatcca, provincia de Quispicanchis, región Cusco.		

Anexo 3

Instrumentos de recolección de datos

	"Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco"	Código: F-2021-01
	FICHA 1: RECOLECCIÓN DE DATOS DE INCENDIOS FORESTALES	Páginas: Página 1 de 1

Responsable:	
Fecha:	

N°	Año	N° incendios	N° Focos de calor	Superficie quemada (Has)	Densidad (N° focos de calor/km ²)	Observaciones
1	2010					
2	2011					
3	2012					
4	2013					
5	2014					
6	2015					
7	2016					
8	2017					
9	2018					
10	2019					
11	2020					
Total:						


 Darryl Lizarabayo Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85553


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


 Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400

	"Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco"	Código: F-2021-02
	FICHA 2: RECOLECCIÓN DE DATOS DE ÁREAS DEFORESTADAS	Páginas: Página 1 de 1


Responsable:	
Fecha:	

N°	Año	Área deforestada (Has)	Área con vegetación previa (Has)	Altitud (m.s.n.m)	Pendiente (%)	Observaciones
1	2010					
2	2011					
3	2012					
4	2013					
5	2014					
6	2015					
7	2016					
8	2017					
9	2018					
10	2019					
11	2020					
Total:						

Dany Lizaraburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85553

Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400

	"Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco"	Código:
		F-2021-03
FICHA 3: RECOLECCIÓN DE DATOS DE BOSQUES		Páginas:
		Página 1 de 1

Responsable:	
Fecha:	

N°	Año	Área de bosques (Has)	Tipo de vegetación	Altitud (m.s.n.m)	Pendiente (%)	Tipo de suelo	Distancia a carretera (Km)	Distancia a centro poblado (Km)	Observaciones
1	2010								
2	2011								
3	2012								
4	2013								
5	2014								
6	2015								
7	2016								
8	2017								
9	2018								
10	2019								
11	2020								
Total:									


 Danny Lizarazu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85553


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450


 Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400



"Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco"

Código:
F-2021-04

FICHA 4: RECOLECCIÓN DE DATOS DE PASTOS NATURALES

Páginas:
Página 1 de 1

Responsable:

Fecha:

N°	Año	Área de pastos naturales (Has)	Tipo de vegetación predominante	Altitud (m.s.n.m)	Pendiente (%)	Tipo de suelo	Observaciones
1	2010						
2	2011						
3	2012						
4	2013						
5	2014						
6	2015						
7	2016						
8	2017						
9	2018						
10	2019						
11	2020						
Total:							


Dany Lizarazu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95553


Dr. HORACIO ACOSTA S.
CIP N° 25450


Ronald Zavaleta Yarin
INGENIERO GEOLOGO
173400

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de incendios forestales.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.													X
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													X
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 31 de mayo de 2021.


 Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95556

CIP:95556
 Celular: 974142836

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga.
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
- 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de áreas deforestadas.
- 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

Lima, 31 de mayo de 2021.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Rég. CIP N° 65553

CIP:95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de bosques.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

Lima, 31 de mayo de 2021.


 Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 45569

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga.

1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de pastos naturales.

1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

-El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 31 de mayo de 2021.



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 85559

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de incendios forestales.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

Lima, 11 de mayo de 2021.

-El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


 Dr. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de áreas deforestadas.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

Lima, 11 de mayo de 2021.

-El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


 DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Universidad César Vallejo.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de pastos naturales.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.									X				
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.									X				
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.									X				
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.									X				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.									X				

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

Lima, 11 de mayo de 2021.

-El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN


 DR. HORACIO ACOSTA S.
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Ronald Zavaleta Yarin.

1.2 Cargo e institución donde labora: Quality Management S.A.C.

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos del área deforestada.

1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

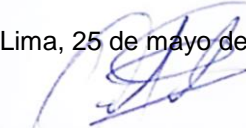
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

-El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.

-El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

Lima, 25 de mayo de 2021.


Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Ronald Zavaleta Yarin.
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Quality Management S.A.C.
- 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de bosques.
- 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

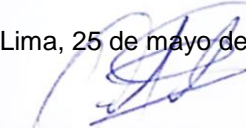
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 25 de mayo de 2021.


Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Ronald Zavaleta Yarin.
 1.2 Cargo e institución donde labora: Quality Management S.A.C.
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Recolección de datos de pastos naturales.
 1.4 Autor(a) del Instrumento: Brenda Raisa Guevara Velazco.

II. ASPECTO DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El Instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

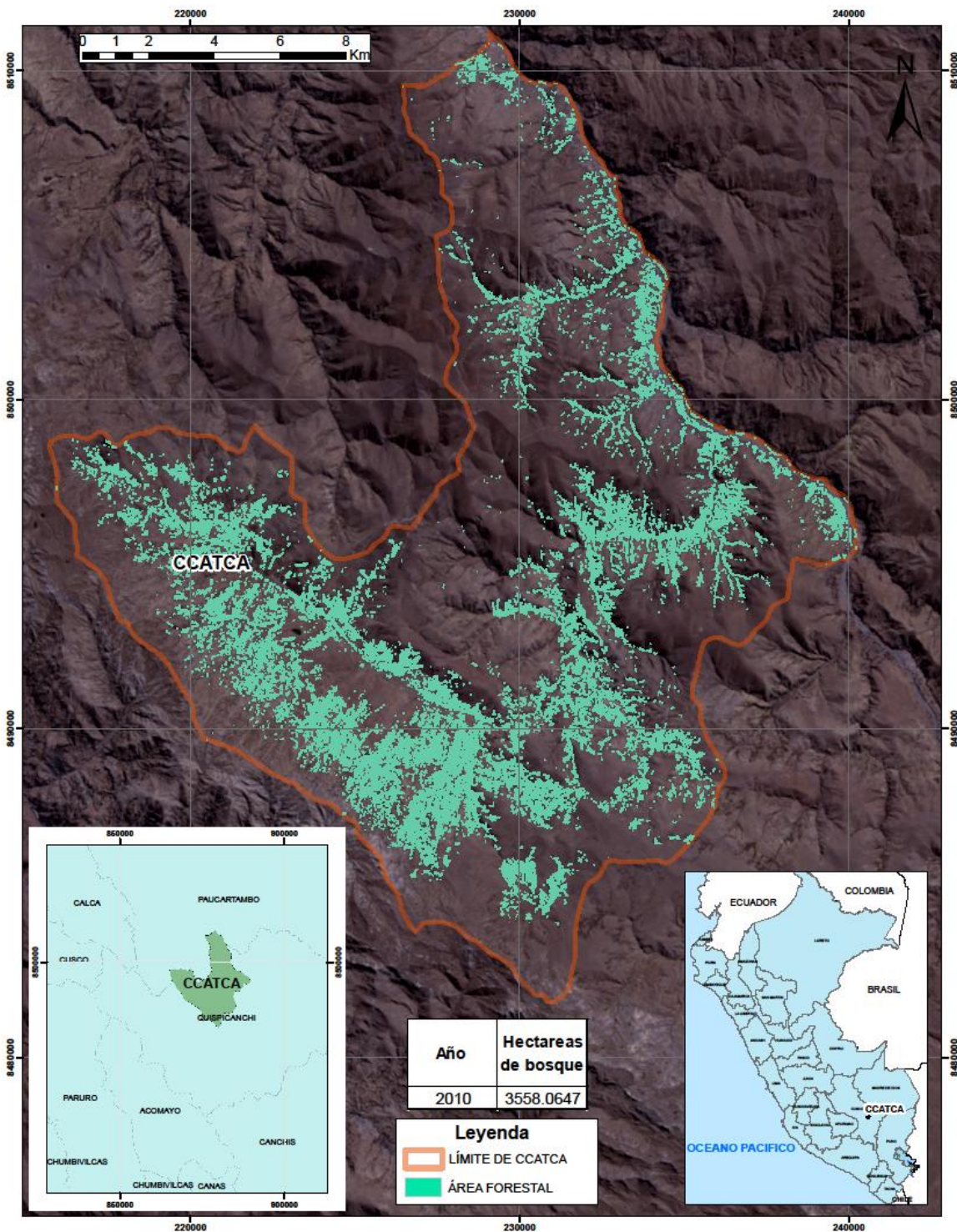
85%

Lima, 25 de mayo de 2021.


Ronald Zavaleta Yarin
 INGENIERO GEOLOGO
 173400

Anexo 4

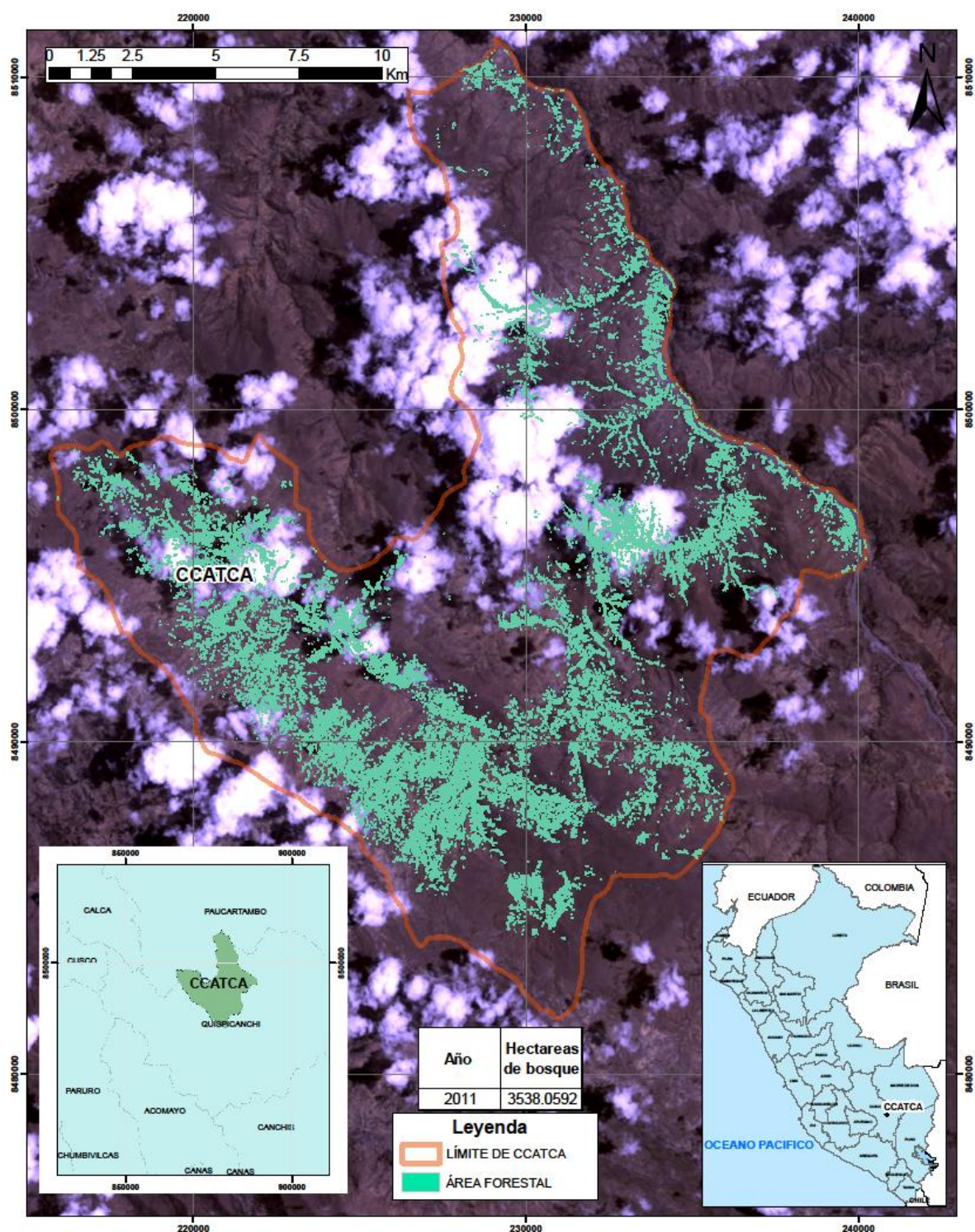
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2010




Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 02	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2010	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

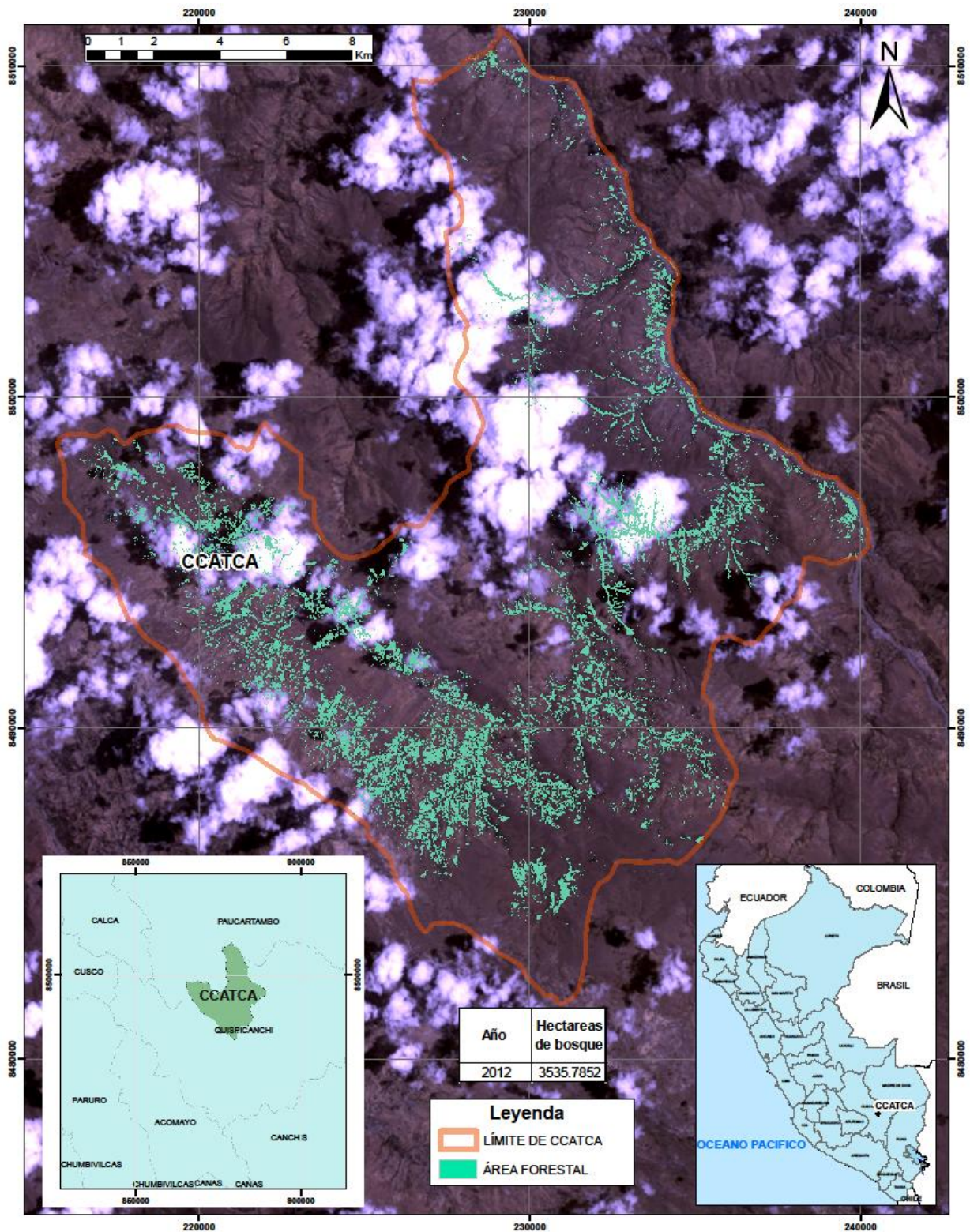
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2011




Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispichanqui, Cusco

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 03	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2011	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

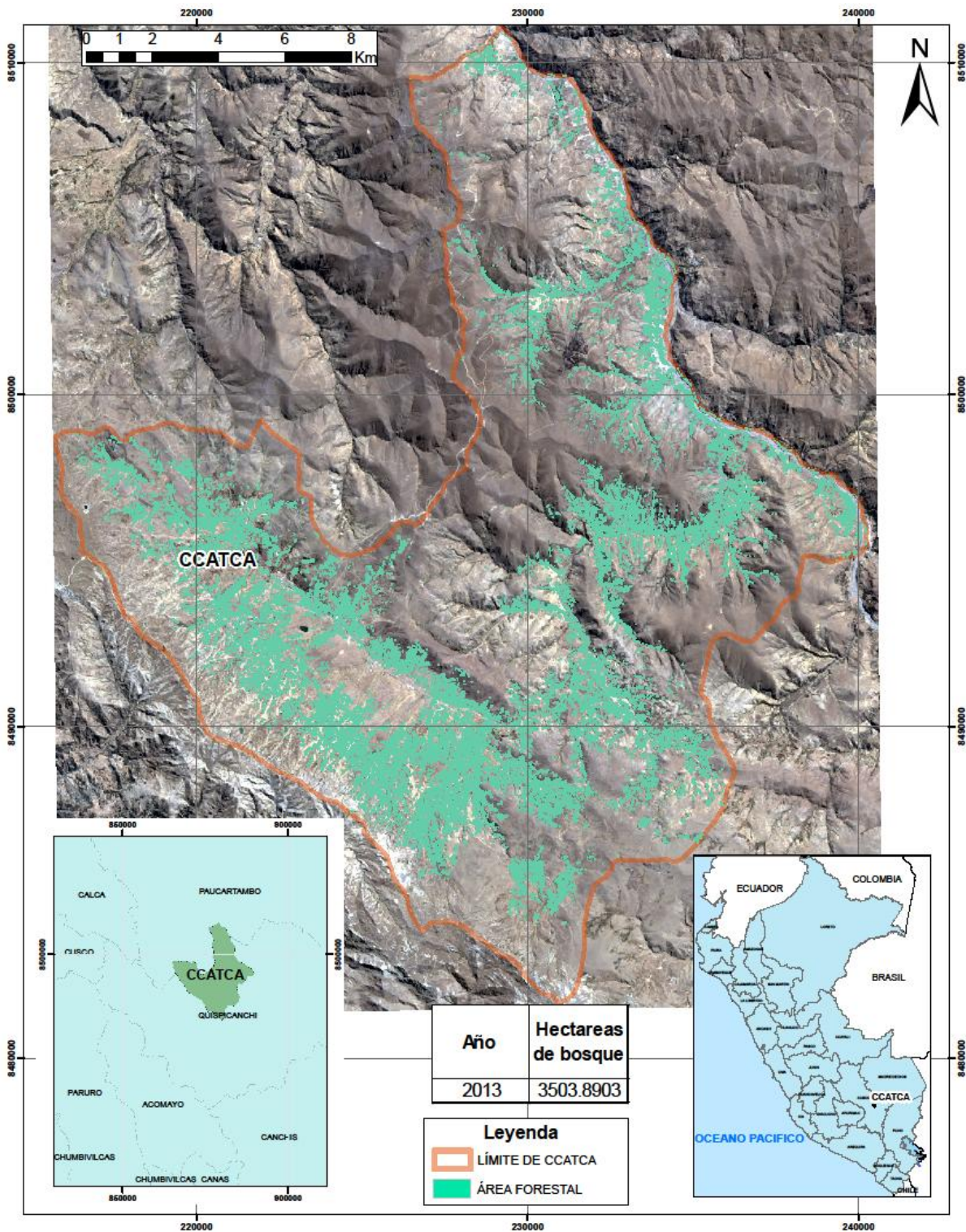
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2012



Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco

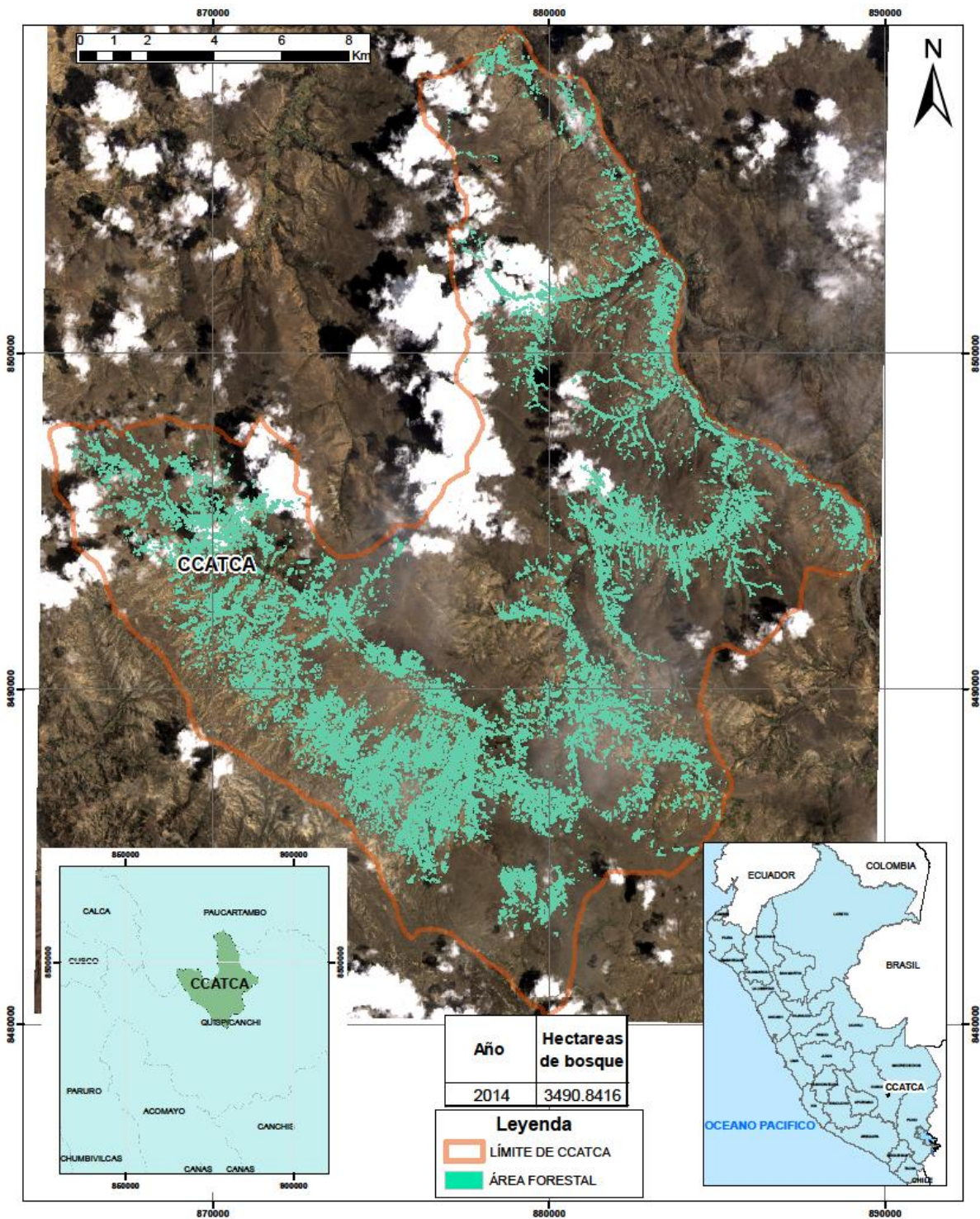
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 04	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2012	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2013



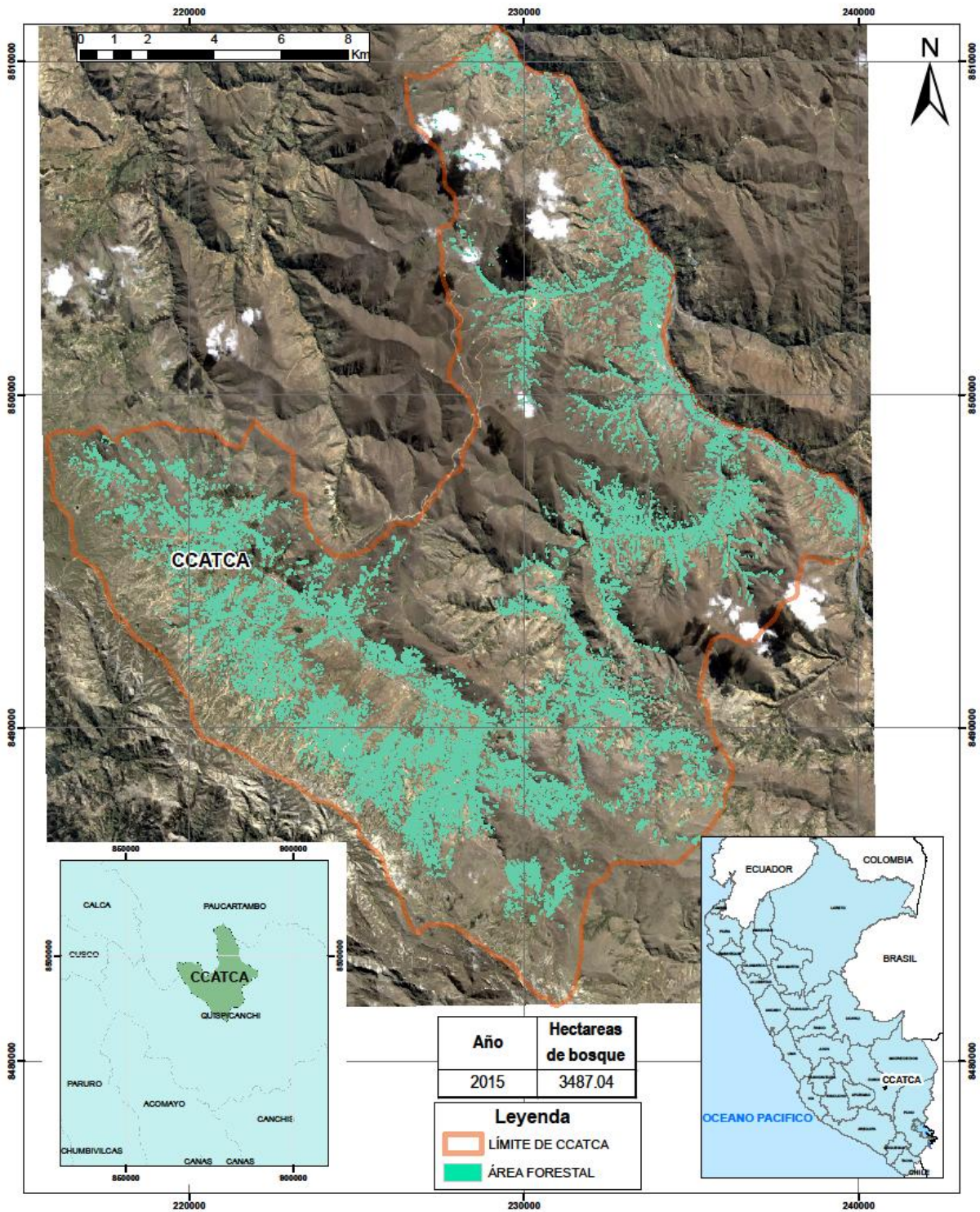
Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco			
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 05	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2013	Año de elaboración: 2021
Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco	Revisado por: Dra. Haydee Suarez Alvites


Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2014



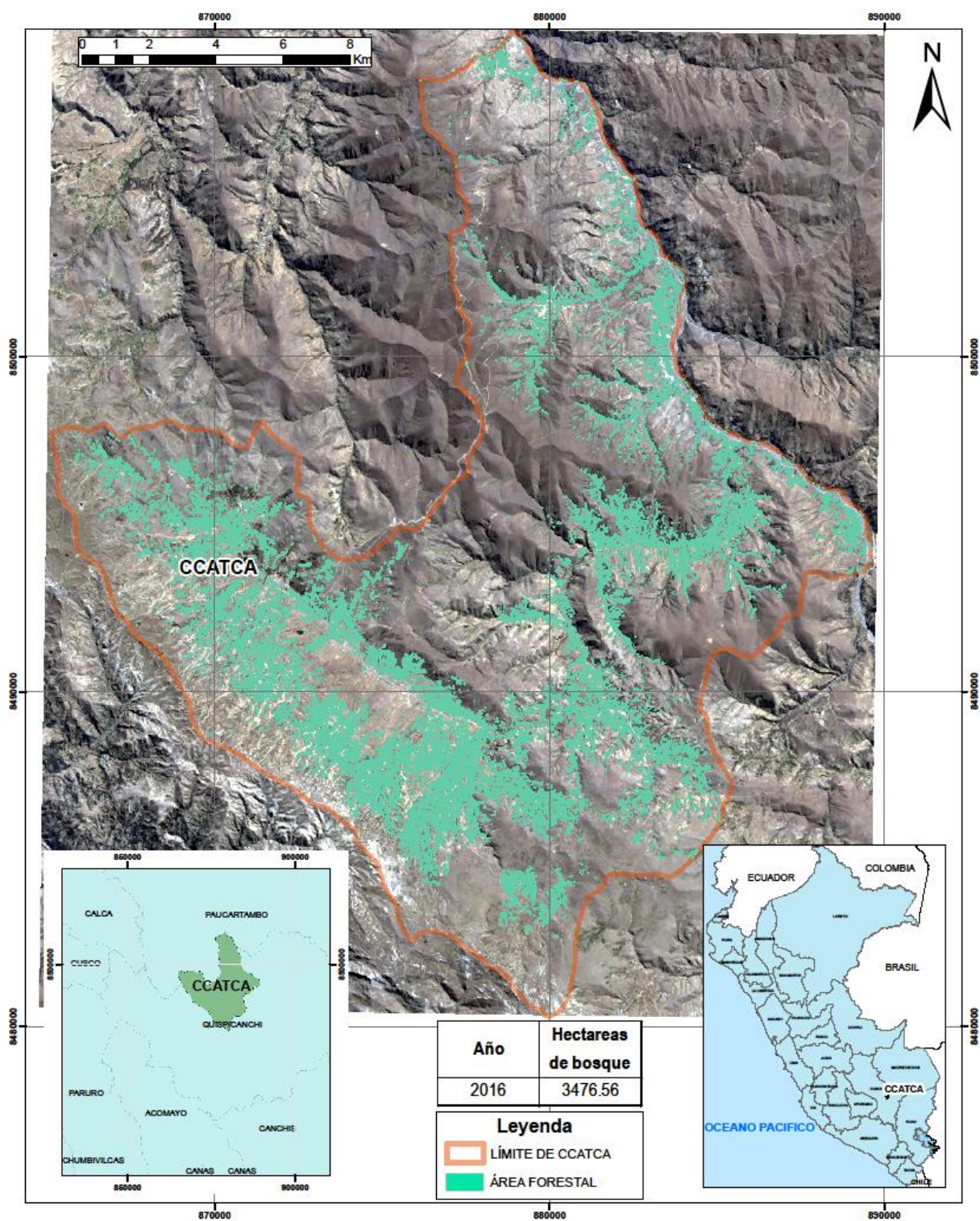
Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco			
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 06	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2014	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2015




Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco			
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 07	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2015	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

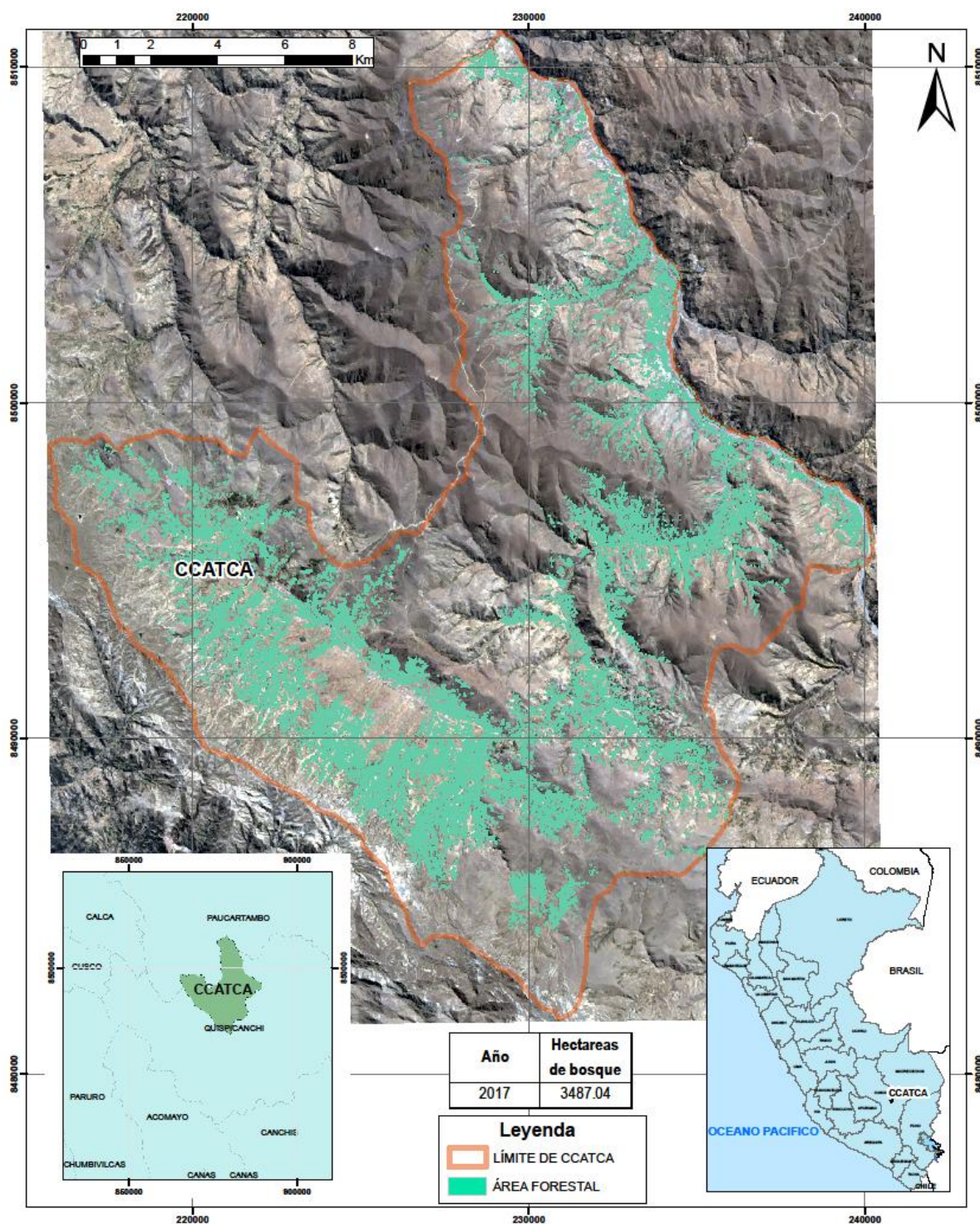
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2016




Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco

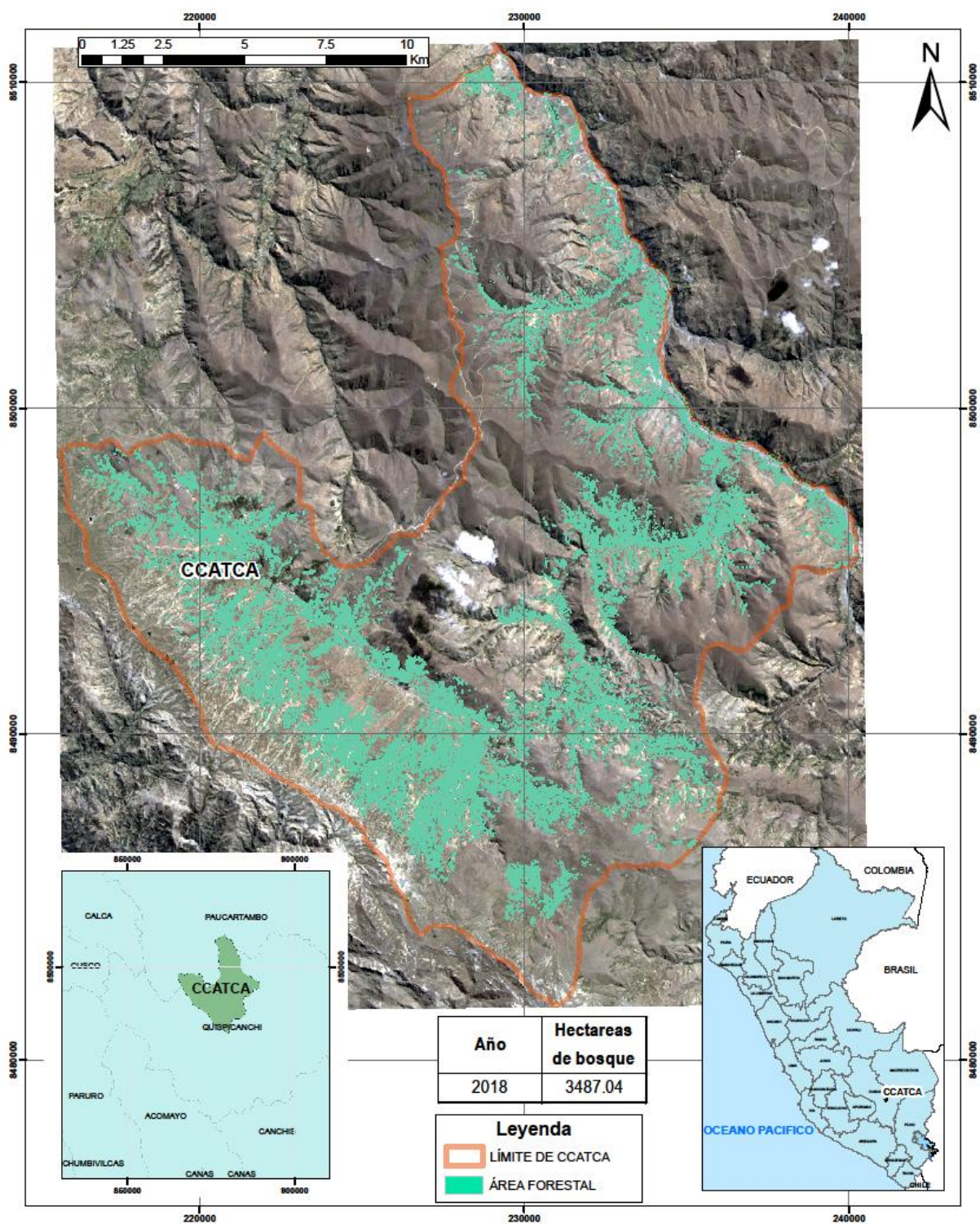
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 08	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2016	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2017



Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco			
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 09	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2017	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

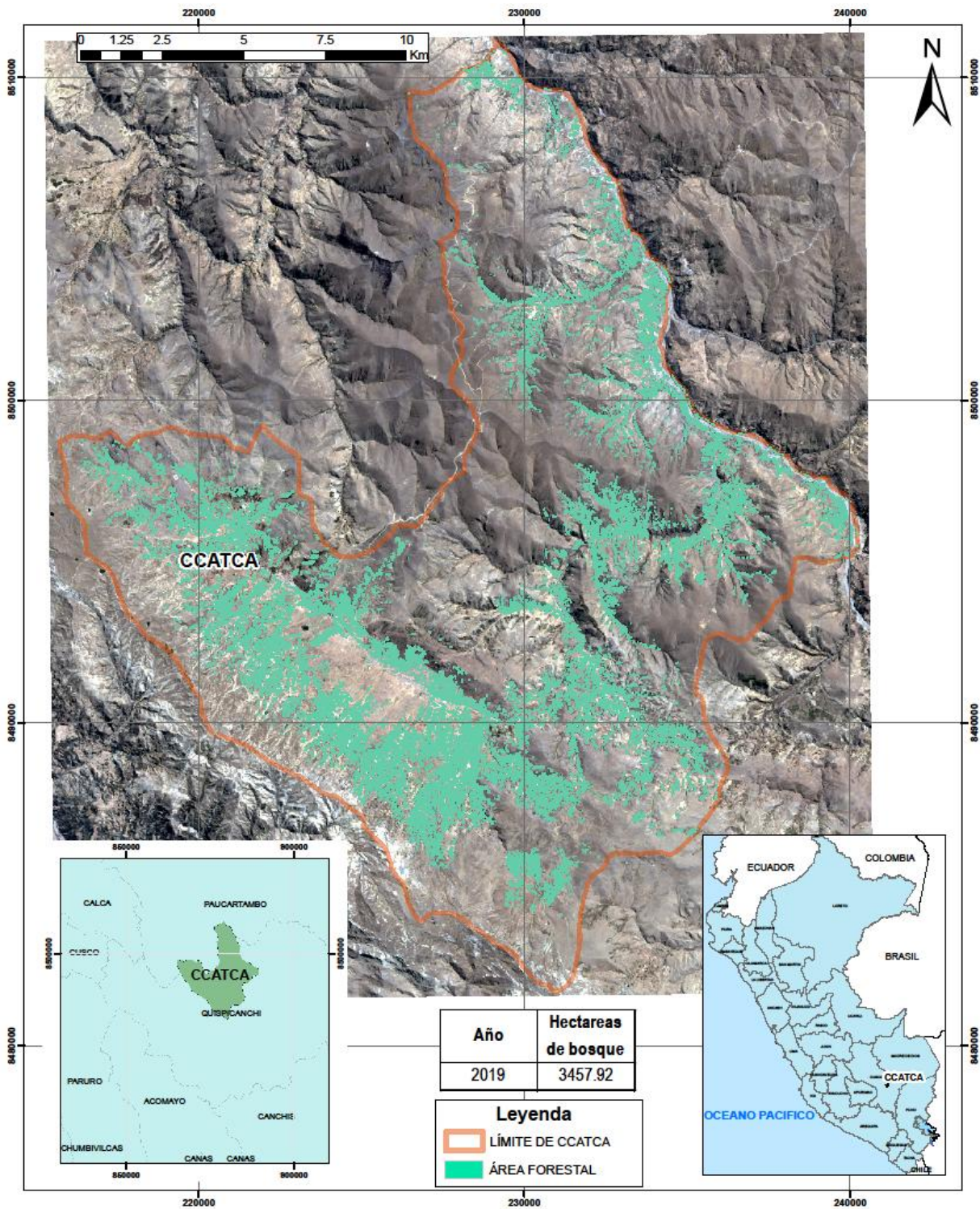
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2018



Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO Fuente de información: USGS (2019-04-10)	N° de mapa: 10	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2018	Año de elaboración: 2021
	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco	Revisado por: Dra. Haydee Suarez Alvites

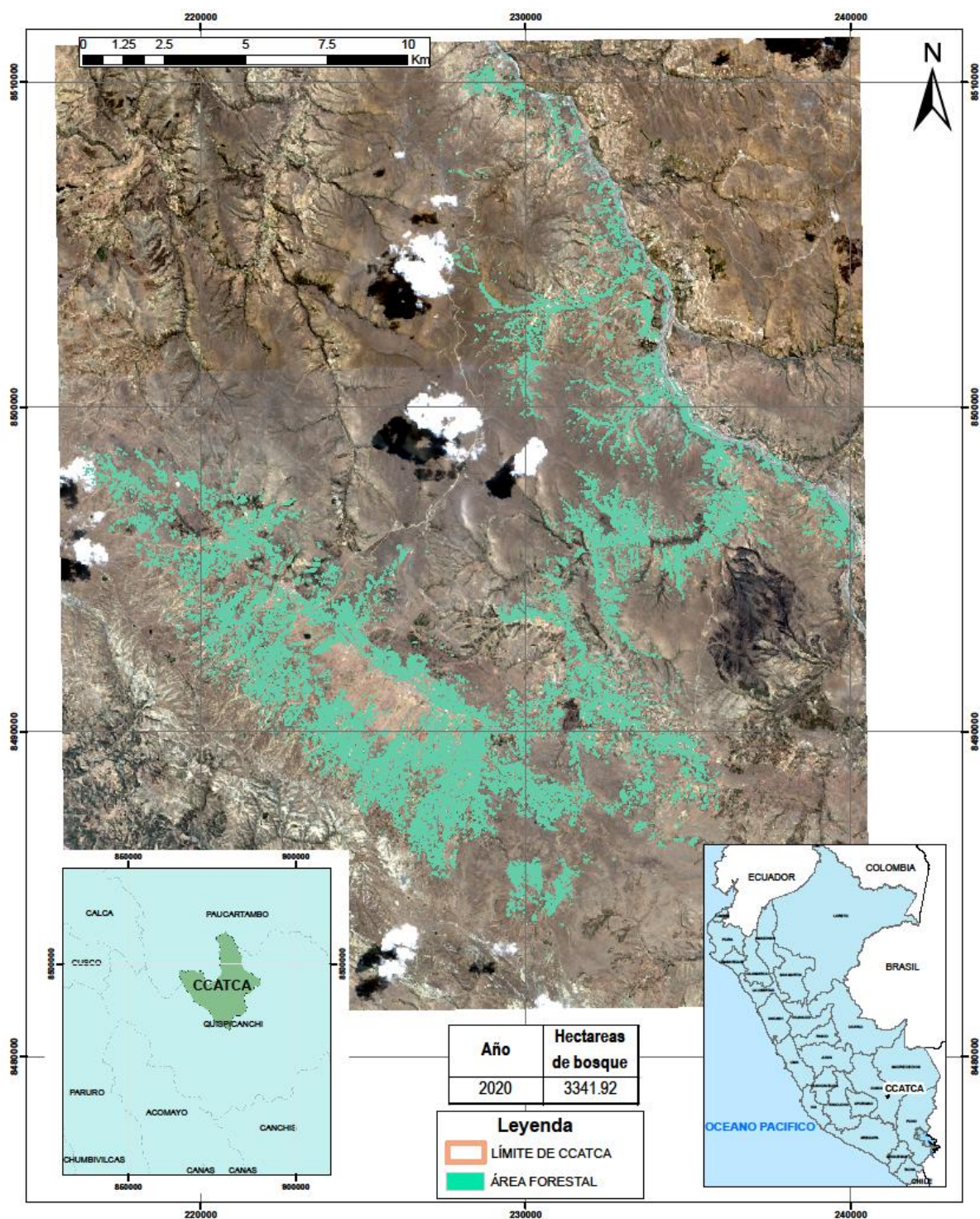
Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2019




Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco

<p>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</p>	N° de mapa: 11	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2019	Año de elaboración: 2021
	Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco

Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca – año 2020



Análisis de la deforestación ocasionada por incendios forestales en el periodo 2010-2020 en el distrito de Ccatcca, Quispicanchis, Cusco			
 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	N° de mapa: 12	Mapa de áreas forestales del distrito de Ccatcca-Año 2020	Año de elaboración: 2021
Fuente de información: USGS (2019-04-10)	Escala de trabajo: 1:100000	Elaborado por: Brenda Raisa Guevara Velazco	Revisado por: Dra. Haydee Suarez Alvites

Anexo 4

Fotografías del último incendio ocurrido en el mes de agosto de 2020



Figura 18. Evidencias del último incendio forestal.



Figura 19. *Eucalyptus globulus* sp. quemado por efecto del último incendio forestal.



Figura 20. Vista de la zona donde se suscitó el último incendio forestal.



Figura 21. Inspección de la zona donde se suscitó el último incendio forestal.

Fotografías de la vegetación predominante de la zona



Figura 22. Vista de un ejemplar de *Polylepis rosaceae* sp.



Figura 23. Vista de un bosque de *Eucaliptus globulus* sp.



Figura 24. Vista de un bosque de *Pinus radiata* sp.



Figura 25. *Baccharis salicifolia*.



Figura 26. *Rhamnus lycioides*.



Figura 27. *Stipa ichu*.



Figura 28. *Bosque natural.*



Figura 29. *Pastos naturales que predominan en la zona de estudio.*



Figura 30. *Plantaciones de Pinus radiata.*