

“EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA COBERTURA  
VEGETAL MEDIANTE EL NDVI Y SU RELACIÓN  
CON LA EXPANSIÓN MINERA EN EL DISTRITO DE  
ESPINAR DURANTE EL PERIODO 2013 - 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Autor:**

Javier Mario Chumpe Aviles

**Asesor:**

Mg. Ing. Margeo Javier Chumán Lopez

<https://orcid.org/0000-0002-4038-7591>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Elifio Gustavo Castillo Gomero</b>	<b>07594283</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Luis Enrique Alva Diaz</b>	<b>43679478</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Carlos Alberto Alva Huapaya</b>	<b>06672420</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

Mis padres, Bertha Avilés y Javier Chumpe que siempre me han apoyado a lo largo de mi carrera universitaria y por amor incondicional

Mis hermanas, Elizabeth y Jessica por la motivación que me han generado año tras año

Y a mis amistades más cercanas

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios  
que me ha acompañado a lo largo de  
mi vida y que me ha escuchado en  
momentos difíciles

A mi asesor Haniel Josue Torres  
Joaquín y Javier Chuman López por  
toda la paciencia y el apoyo  
brindado para poder realizar esta  
investigación.

A mis amigos y familiares que me  
han ayudado para mi formación  
profesional y culminación de esta  
tesis

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>JURADO EVALUADOR</b> .....	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>8</b>
<b>INDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	11
1.2 BASES TEÓRICAS.....	18
1.2.1 Minería .....	18
1.2.2 Teledetección.....	18
1.2.3 Satélite Landsat .....	18
1.2.4 Imágenes Satelitales .....	21
1.2.5 Bandas .....	21
1.2.6 Clasificación.....	22
1.2.7 Tratamiento de imágenes satélites .....	22
1.2.8 Cobertura Vegetal .....	23
1.2.9 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).....	23
1.2.10 QGIS .....	24
1.2.11 ArcGIS.....	24
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.3.1 Problema General .....	24
1.3.2 Problemas Específicos.....	24
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	24
1.5 OBJETIVOS .....	25
1.5.1 Objetivo General .....	25
1.5.2 Objetivos Específicos.....	25

1.6	HIPÓTESIS .....	25
1.6.1	<i>Hipótesis General</i> .....	25
1.6.2	<i>Hipótesis Específico</i> .....	26
<b>II.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	26
2.1.1	<i>Variables y operacionalización</i> .....	26
2.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
2.3	MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	28
2.3.1	<i>Materiales</i> .....	28
2.3.2	<i>Técnicas e Instrumentos</i> .....	28
2.4	PROCEDIMIENTOS.....	28
2.4.1	<i>Obtención de Datos</i> .....	28
2.4.2	<i>Tratamiento de Imágenes Satelitales</i> .....	29
2.4.3	<i>Determinación de Cobertura Vegetal y Superficie Minera por NDVI</i> ... 31	
2.5	ANÁLISIS DE DATOS .....	34
2.6	ASPECTOS ÉTICOS .....	34
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
3.1	DINÁMICA TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL .....	37
3.2	DINÁMICA TEMPORAL DE LA EXPANSIÓN MINERA .....	38
3.3	CORRELACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL Y LA EXPANSIÓN MINERA.....	40
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIONES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
4.1	CONCLUSIONES .....	47
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>48</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Bandas espectrales del satélite Landsat 5 .....	19
Tabla 2. Bandas espectrales del satélite Landsat 7 .....	20
Tabla 3. Bandas espectrales del satélite Landsat 8 .....	20
Tabla 4. Datos de imágenes Satelitales.....	29
Tabla 5. Imágenes Landsat 8 Oli/Tird considerados en el estudio .....	29
Tabla 6. Resultado por hectárea (Ha) de la cobertura vegetal y la actividad minera en el distrito de Espinar, Cusco en el periodo 2013 - 2020.....	35
Tabla 7. Descripción de la prueba de normalidad .....	40
Tabla 8. Distribución de normalidad de cada variable .....	41
Tabla 9. Grado de correlación según R de Pearson .....	42

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Comportamiento de las radiaciones Rojo e Infrarrojo .....	23
Figura 2. Mapa de Ubicación del área de estudio.....	27
Figura 3. Semi - automatic Classification Plugin(SCP) .....	30
Figura 4 Imagen compuesta con corrección atmosférica .....	30
Figura 5. Superficies mineras (izquierda) y cobertura vegetal (derecha) .....	31
Figura 6. Combinación de bandas .....	32
Figura 7. Flujograma de los procedimientos desarrollados en la investigación .....	33
Figura 9. Mapas referenciales de la evaluación espacio temporal de la cobertura vegetal y la evaluación minera entre los años 2013 – 2020 .....	36
Figura 10. Dinámica temporal de la cobertura vegetal del año 2013 - 2020.....	37
Figura 11. Dinámica temporal de la expansión minera .....	38
Figura 12. Análisis cartográfico de la cobertura vegetal y la expansión minera .....	39
Figura 13. Correlación de la cobertura vegetal mediante el NDVI y la actividad minera.....	43

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1.Ficha de registro de Imágenes Satelitales .....	62
Anexo 2.Registro de la cuantificación de variables.....	62
Anexo 3.Matriz de operacionalización de Variables .....	63

## RESUMEN

La pérdida de cobertura vegetal se ve influenciado por las diversas actividades antrópicas que se generan a lo largo del mundo mediante la minería, sobre todo por los cambios que se han cometido año tras año mediante el uso constante del suelo para su explotación, con lo mencionado se tuvo como ejemplo el desarrollo minero que se da en el distrito de Espinar en Cusco, que ha generado un cambio rotundo en su cobertura vegetal y el estilo de vida de la población. Por ello, es considerable conocer la influencia de la superficie minera y los cambios de la cobertura vegetal que se han dado por los años. Por tal motivo, la investigación presentó un diseño experimental de tipo descriptivo – correlacional; la técnica e instrumentos utilizados fueron mediante el estudio de imágenes Landsat, el desarrollo del índice NDVI y la clasificación supervisada, todo para poder determinar las unidades territoriales en cobertura vegetal y superficie minera. Los resultados demostraron un descenso promedio de cobertura de 345.2 ha/año y una expansión minera de 50.6 ha/año. De igual manera, la influencia de la expansión minera sobre los cambios de la cobertura vegetal fue de 60.50%. La investigación presentada determinó que se tiene una relación entre la cobertura vegetal y la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco. En donde corroboró la significativa de la minera Antapaccay, la cual, genera una pérdida de vegetación.

**PALABRAS CLAVES:** Cobertura vegetal, teledetección, expansión minera

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

El desarrollo económico que surge en el mundo parte de la explotación de recursos en la actualidad, están generando grandes impactos medioambientales, como es la degradación de vegetación de biodiversidad. Un claro ejemplo es percibido en el continente africano quien cuenta con un tercio de las reservas minerales del planeta; donde la actividad minería repercute en los distintos daños ambientales y los efectos en la salud publica provocando inestabilidad en la seguridad alimentaria, humana y medio ambiental (Tiezhu Shi, 2018).

Actualmente muchos países consideran a la actividad minera un motor que impulsa a desarrollo territorial en sus aspectos económicos, sin embargo, una inadecuada fiscalización permite un incremento del riesgo medioambiental irreversible (BANCO MUNDIAL, 2013). Los daños atribuidos por la actividad minera de forma directa e indirecta son la degradación de los bosques, cambio y uso de suelo, contaminación atmosférica, contaminación química de recursos hídricos, entre otros. Por otro lado, indican que la explotación de recursos desarrollado por la actividad minera está dejando a su paso un ambiente y una sociedad destruida sin posibilidad a una resiliencia (Novib, Comité Holandés para la UICN, 2013)

También se percibe impactos ecosistémicos por la actividad minera, mediante aspectos secundarios, estos son los efluentes y emisiones que generan, pues un alto nivel de contaminantes atmosféricos provoca la mortalidad de las coberturas vegetales, debido a que su fisiología se ve adherida por componentes atmosféricos que impiden los procesos biológicos, y por ende su desarrollo (Delgado, 2011). Asimismo, impactan en la naturalidad del suelo y la alteración fisicoquímica del agua, estas fuentes son el soporte para la cobertura vegetal aledaña (Espinoza, 2017).

El territorio peruano se encuentra ubicado entre los primeros productores con mayor diversidad en metales, ello provoca una mayor intensificación de la explotación minera (Corpochivor, 2018). En este contexto los gobiernos han implementado progresivamente una serie de normativas con el fin de contrarrestar daños ambientales; sin embargo, muchas de ellas no se vienen cumpliendo, más aún si estas se desarrollan de manera ilegal, donde la fiscalización de estas actividades es nula (Arevalo & Duarte, 2021). Según Vargaya (2019),

señala que la ciudad más contaminada es la Oroya pues la población presenta niveles altos de metales pesados en la sangre, ecosistemas deteriorados, y suelos sin posibilidad de desarrollo vegetativo.

Los páramos son ecosistemas de montaña capaces de ofrecer gran variedad de funciones y servicios al hombre, dentro de las más importantes se resalta la regulación hídrica, gracias a las características de cobertura vegetal y altitud. El cambio climático y la intervención del hombre en cuanto a minería, agricultura y ganadería han venido generando como consecuencia un alto grado de degradación ambiental. Disminuyendo así, sus principales funciones como la retención de agua y la infiltración (Arevalo & Duarte, 2021).

El país cuenta con muchas compañías mineras formales, sin embargo, al ser una actividad con ingresos directos, en muchas zonas se ejecuta la minera informal e ilegal. A pesar, del tipo de la actividad minera, los conflictos que se ha percibido en el país son indiferente a la formalidad, un claro ejemplo es el proyecto Tía María (2010), las de Andahuaylas (2011) y muchas otras. (Mendoza et al., 2014). Esto refleja la percepción y experiencia de la población frente a estas actividades. Por ello, una minera con actividad de explotación a cielo abierto, provoca mayor deterioro de la cubierta vegetal debido al cambio del ecosistema y al uso de suelo (Narrea, La minería como motor de desarrollo económico para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8,9,12 y 17, 2018). Asimismo, el MINEM (Ministerio de Energía y Minas) informo que el Perú tiene la diversidad de yacimientos mineros a cielo abierto, donde cada año se incrementa esta actividad originando grandes impactos sobre la cobertura vegetal, sobre todo en territorios altoandinos, donde esas coberturas son de alto valor ecosistémico (Rebordosa & López, 2017). Asimismo, INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) menciona que las actividades mineras ubicadas en pisos ecológicos particulares o potenciales en desarrollo ecológico, afectaran a las coberturas vegetales y ello conllevara a una vulnerabilidad vegetativa de especies endémicas (Raul, 2017).

Como se pudo percibir, el desarrollo de actividades mineras se encuentra en aumento dentro del territorio peruano, sobre todo los tipos de minería a tajo abierto (Parra & Restrepo, 2014). Hoy, son innumerables los registros de actividades mineras; por lo tanto, se exige abordar tecnologías novedosas para detectar superficies con desarrollo minero, para llegar a hacer una mejor planificación y fiscalización. Es así que la teledetección y los SIG, son técnicas que permiten estudiar los sistemas ecológicos a escalas espaciales y temporales para

dar una información de la situación actual y posible proyecciones (Angulo, Suárez, & Mollicone, 2011). Los SIG están siendo utilizados para detectar los impactos ambientales, asociados a problemas de usos de suelo, deforestación, entre otros Castillo et al., 2012). Asimismo, la aplicación de los SIG permite la cuantificación de los deterioros ambientales, esto debido a la información almacenada en las imágenes satelitales tomadas por los sensores (Ariza, 2006).

*En siguientes líneas, se proyecta **antecedentes** relacionados al propósito de la investigación:*

Soares et al. (2020) efectuó una investigación con el objetivo de analizar la dinámica espacio-temporal del NDVI en la ciudad de Sorriso-MT entre los años de 1986 – 2011. El diseño empleado fue descriptivo longitudinal. La metodología usada fue el procesamiento de imágenes satelitales con el software Arc Gis 10.3 y el lenguaje de Python. Generando como resultado que en el año 1986 mediante la emancipación de Sorriso se incrementó el área de cultivo, mientras, que el área de bosque nativa una disminución; llegando en el año 2011 abarcar en 71% del área de cultivo y un 29% del área de bosque nativo, llegando a la conclusión que el crecimiento del área de cultivo había generado un grado de deforestación en los alrededores.

Yang et al. (2018) realizaron su investigación con el objetivo de identificar los tipos de perturbaciones y trayectorias en áreas mineras mediante imágenes satelitales de teledetección multitemporales. El tipo de estudio realizado fue descriptivo longitudinal. La metodología usa al NDVI para poder determinar las zonas donde se ubican las perturbaciones y trayectorias de la minería y finalizar con la evaluación de precisión. Los resultados fueron un cambio en el NDVI de 0,0597 generado por la recuperación de la vegetación, además que la evaluación de precisión alcanzo un 97% para la clasificación de tipos de trayectorias y finalizo con una perturbación de mina de 225,7 m<sup>2</sup> detectando un área de 103 km<sup>2</sup>. La conclusión que se obtuvo fue que los tipos de perturbación fueron la minera con un 90% de niveles de precisión y que las escalas temporales pueden ayudar a una gestión ambiental y la toma de decisiones.

Antonio da Silva et. al. (2018), realizaron su estudio con el objetivo fue analizar los impactos de la falla de la Represa Fundão en el municipio de Mariana-MG en Brasil sobre la cubierta vegetal, mediante técnicas de teledetección y análisis de procesamiento digital de

imágenes ópticas orbitales. El diseño empleado fue descriptivo longitudinal. La metodología usada es el Modelo Lineal Espectral de Desmezclado (UELM) para separar las clases de suelo, sombra y vegetación. Posteriormente, se aplicó el método de clasificación de Red Neural Artificial (ANN), seguido del Índice de Vegetación Mejorado (EVI) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Los resultados fueron la pérdida de 13,02% de la vegetación, un aproximado de 1289 ha, una reducción de 68,57% de agua con un aproximado de 1347 hectáreas. En este estudio se concluyó que el uso de las técnicas de teledetección y análisis de procesamiento digital de imágenes ópticas orbitales es una alternativa viable para demostrar la gestión de desastre, así como también la evaluación de impacto ambiental.

Omachi et al. (2018), efectuaron un estudio cuyo objetivo fue estimar la pérdida de bosque de ribera debido a la inundación de los relaves de mineral en la presa Fundao, Mariana, Brazil. El estudio utilizado fue descriptivo longitudinal. La metodología empezó con un análisis de los índices de vegetación de diferencia normalizada Landsat (NDVI) generado por el modelo de elevación digital (DEM), de forma específica para bosque inundado y limitado para poder analizar el área inundable y contigua a la corriente de agua. El resultado fue el área que no fue parte de bosque inundada por relaves de mineral que son 1176,6 ha y la pérdida del área de bosque que fue 457,6 ha concentrándose en los primeros 74km de la presa Fundao. Se concluyó que debido a la inundación de los relaves de mineral se tiene que generar programas de restauración y una buena formulación política.

Ochochoque (2017), realizó una investigación en la cual tuvo como objetivo por determinar las zonas de progreso de la explotación minera en el Distrito de Mazuco en Madre de Dios entre los años 1990 al 2016. El tipo de estudio que se usó es el descriptivo longitudinal y correlacional, el método usado fue la composición de imágenes LandSat y Sentinel, realizar una clasificación de coberturas con el algoritmo “Random Forest” en donde se obtuvo el mapa de cobertura de uso de tierra. Los resultados mostrados nos indicaron que se obtuvo una pérdida de bosque amazónico por causa de la minería de 33 km<sup>2</sup> entre los periodos de 1990 – 2016. Llegando a la conclusión que el uso de teledetección es muy efectiva y aplicable para los análisis multitemporales, además, que LandSat y Sentinel logra determinar el avance de la explotación minera y el avance de la cobertura vegetal del área mediante mapas.

Ramírez & Sanchez (2017). Realizaron una investigación cuyo objetivo era utilizar la técnica de teledetección para identificar los pasivos mineros a través de firmas espectrales en minerales, cuerpos de aguas y vegetación en la provincia de Hualgayoc en Cajamarca. Con el tipo de técnica descriptivo analítico. Usando la metodología el procesamiento de datos de imágenes Landsat 8, selecciona los minerales más conocidos de la librería espectral del Software, para poder precisar del agua con el Índice diferencial de Agua Normalizada (NDWI) y para la vegetación se usó de índice de vegetación normalizada (NDVI) así como sus firmas espectrales en procesaron en el software ENVI 5.3. Los resultados obtenidos fueron Covelina, calcopirita, pirita, pirita- limonita y galena en minerales representativo, así como también los principales cuerpo de agua y también la vegetación que reemplazaría los Pasivos Ambientales. La conclusión que se dio fue que a través de la teledetección con el software ENVI 5.3. Donde se pudo determinar los minerales, cuerpos de agua y vegetación que están en las zonas donde se encuentran el pasivo minero del distrito de Hualgayoc.

Alata (2018). realizo un estudio cuyo objetivo era realizar un análisis multitemporal con técnicas de percepción remota y sistemas de información geográfica (SIG) de la degradación del uso de suelo por la actividad minera ilegal-informal en los distritos de Amanea y Cuyoyuco – Puno entre los años 1975 y 2017. El diseño empleado fue descriptivo correlacional. Donde utilizo imágenes satelitales de LandSat 2, 5, 7 y 8 y el Sentinel 2, realizando como método la clasificación supervisada apoyada en la imagen satelital, modelo de regresión lineal y operacionalización a partir de la banda roja e infrarroja. Los resultados obtenidos son 80,64 km<sup>2</sup> que representa el 5,4% del territorio con un avance anual de 1.31 km<sup>2</sup> La conclusión fue que por medio de la aplicación remota y sistema de información permitió la superficie degradada de la minería informal de Amanea y Cuyoyuco entre los años 1975 y 2017.

Gaita (2017) realizo una investigación teniendo como finalidad determinar el retroceso glacial sobre los recursos naturales mediante SIG y teledetección en la micro cuenca Llullan, Ancash en los años 1987 – 2014. Mediante el uso de la técnica de descriptivo correlacional. Con el método de delimitar primero la cuenca, hacer un análisis de la precipitación de la zona, tratamiento y procesamiento de imágenes satelitales y finalizando con la elaboración de mapas de escenarios por riesgo de capacidad de uso mayor. Obteniendo como resultado 4 imágenes satelitales de los años 1987, 2001, 2009 y 2014, donde nos demuestran una disminución de plantaciones forestales en 48%, un retroceso glacial de micro cuenca de Llullán equivalente al 15% y un incremento de mosaicos del 39%.

Mostrándonos como conclusión la eficiencia del uso la teledetección para determinar los cambios en un periodo de recursos naturales en la micro cuenca.

Puspitaningsih *et al.* (2016), realizaron un estudio cuyo objetivo es monitorear y medir los cambios de densidad de los manglares. Esta investigación utiliza datos Landsat de los años 1997, 2009 y 2014 a través del procesamiento del NDVI con la formula  $NIR - NED / NIR + NED$  donde NIR = Infrarrojo cercano y NED = Rojo. El tipo de estudio realizado fue descriptivo longitudinal. La metodología fue la observación. El resultado muestra que la actividad minera legal como la ilegal ubicadas al sur de Bangka reduce la densidad de los manglares desde el periodo de 1997 – 2014, en donde se redujo en 1 211,41 Hectáreas (Ha).

Cuya (2016). Menciona en su trabajo de investigación como su objetivo, el impacto de la altura de la cobertura vegetal de las Lomas de Atocongo, generado mediante el NDVI para determinar el diagnostico ecológico de Lomas y el desarrollo del uso de imágenes satelitales. El tipo de estudio empleado fue la investigación retrospectiva. El método usado fue un inventario de imágenes satelitales de los años 2000, 2001, 2002, 2007 y 2011 del software IKONOS, SPOT, ASTER Y WORL VIEW para la vegetación, finalizando con 2 tipos de modelos como modelos lineales y los modelos aditivos para determinar un análisis en las gradientes en la vegetación. Brindando como resultado que existe una relación entre la cobertura vegetal con el NDVI. Llegando a la conclusión que hay una relación directa que indica que a mayor altitud existe mayor cobertura vegetal.

Osinfor (2014), indica en su investigación en donde el objetivo fue contribuir con información sobre la deforestación por actividad minera en el sector de Pampa del departamento de Madre de Dios. Con el tipo de estudio descriptivo longitudinal, el método que realizo fueron 2, el primero es la corrección de imágenes LandSat OLI 8, debido a que al obtener la imágenes satelitales estas pasan por interferencias, las cuales, generan distorsiones, para ello, realizo la corrección geométrica ( relacionada a la ubicación geográfica), radiométrica ( cumple con la función de restauración y eliminación de distorsiones generadas por el sensor) y la atmosférica ( relacionada por distorsiones generadas por fenómenos atmosféricos). El segundo método fue la clasificación orientada de objetos (clasificación por variables). Los resultados que se obtuvo fueron una pérdida de cobertura de bosque de 47, 189, 33ha equivalente a 0,55% de la superficie total del departamento de Madre de Dios. Llegando a la conclusión que las imágenes satelitales, su adecuado procesamiento y fotointerpretación permiten determinar el área afectada del sector

de Pampa en el departamento de Madre de Dios por la actividad minera sobre los recursos forestales del sector Pampa y ámbitos que se encuentran en su área de influencia.

Haruna (2011) realizó su trabajo con el objetivo evaluar el impacto de las actividades mineras en la vegetación en el área de Bukuru de la MesteJos en Nigeria mediante el Índice de vegetación diferencial normalizada (NDVI). El tipo de estudio realizado fue descriptivo longitudinal. La metodología usada fue la descripción de los datos, procesamiento de las imágenes landsat, realizar la clasificación no supervisada, después realizar una clasificación supervisada y finalizaron con un procedimiento de NDVI. Los resultados del NDVI revelan que se obtuvo una disminución en la superficie de vegetación el 1986 van desde los 0.04 a 0.58 y una pérdida continua de vegetación sobre el área de estudio en 2007 (la superficie con vegetación disminuyó en 0.08 entre 1986 y 2007). Llegando a una conclusión que la disminución de la superficie con vegetación se debe a la explotación y el cultivo intensivo.

Flores, et al. (2020), menciona que lograron identificar 8 unidades de vegetación tales como: granadal, totoral, cuerpos de agua, juncal, corta- corta, carrizal, plantas acuáticas y salicornia, también que el análisis con NDVI presentó una reducción significativa de la vegetación en un 17% entre los años 2008 y 2018 identificando los cambios de la cobertura vegetal. Además, en el distrito de Oxapampa, Pasco – Perú, se evidenció que los cambios de uso de suelo están asociados con los años y muestran que para el 2019 se evidencia cambios de 30.83% en zonas agrícolas. Afirmando que la evaluación multitemporal permite cuantificar los cambios en la cobertura terrestre y facilita la toma de decisiones para la conservación del medio ambiente. Echevarría y Román (2019).

Igualmente, Mendoza (2017), encontró que el análisis multitemporal se asocia al cambio de la cobertura vegetal por ello se analiza para la toma de decisiones ambientales, en la investigación se obtuvo que desde el año 2007 hasta el 2016 los bosques perdieron un área de 524.2 ha representado 1.16% de disminución la tasa deforestada es de 58.2 ha/año. Afirmando que al analizar las imágenes satelitales se puede adquirir información espectral y espacial de la cobertura terrestre. La presente investigación es relevante porque la ciudad de Cerro de Pasco alberga 58 899 habitantes que son afectados de forma directa por la pérdida de cobertura vegetal y la contaminación de los pasivos mineros que causa la expansión minera y urbana. Por otra parte, es importante tener información actualizada para poder gestionar de manera adecuada la conservación de la

cobertura vegetal y promover la educación y cultura medioambiental para beneficio de la población

## 1.2 Bases Teóricas

### 1.2.1 Minería

La actividad minera es el proceso en donde los recursos minerales de aprovechamiento económico son extraídos de la superficie terrestre y del subsuelo. Para ello, esta actividad requiere de la alteración del suelo, y los componentes existentes en ello, como los microorganismos y la vegetación existente (Osinergmin, 2017). Existe la minería formal y minera Informal donde:

**Minera Formal:** Se define como minera a la organización que cuenta con todo los procesos administrativos en cumplimiento con las leyes, así como también una transparencia de sus actividades extractivas (Osinergmin, 2017, pag 69).

**Minería Informal:** Según el Art. 2º Decreto Legislativo N° 1105 menciona que la minería informal, es nominada a la actividad sin transparencia de sus procesos, y con la ausencia de normas legales

### 1.2.2 Teledetección

La teledetección es un proceso en donde se adquiere información espacial planetario a través de las imágenes satelitales, que son adquiridos por la toma de información de sensores espaciales, esta dinámica es debido al comportamiento o información espectral presente en el medio ambiente, y el comportamiento que refleja cada elemento superficial en relación a reflectancia y absorbancia (Sarria, 2006).

Por tanto, para medir la cobertura vegetal de un territorio, y sin poder tener acceso a la información de forma presencial, es satisfactorio tomar la medición por la teledetección. Del mismo modo, se puede utilizar para medir la evolución de actividades humanas, como, por ejemplo, el desarrollo de infraestructuras y la expansión minera sea legal o ilegal (Ordoñez, 2017).

### 1.2.3 Satélite Landsat

Los satélites son equipos espaciales de vuelo, con orbita en periferia del globo terráqueo y tiene como finalidad la observación del sistema planetario. Es así misiones

Landsat que dieron inicios en los años 1972 y con funcionamiento hasta la actualidad con sus distintas versiones (USGS, 2013).

- **Landsat 5:** Se lanzó en 1984, fue operado por Earth Observation Company, tuvo funcionamiento por 29 años (Ariza, 2013). El satélite en navegación presentó dos tipos de sensores: El Escaner Multi-Espectral (MSS) y el Mapeo Telemático (TM).

*Tabla 1.*  
*Bandas espectrales del satélite Landsat 5*

<b>Bandas espectrales de Landsat 5</b>	<b>Tipo de Sensor</b>	<b>Longitud de Onda (µm)</b>	<b>Resolución Espacial (m)</b>	<b>Resolución Radiométrica</b>
<b>Verde</b>	MSS	0.50 – 0.60	60	8 bits
<b>Rojo</b>	MSS	0.60 – 0.70	60	8 bits
<b>Infrarrojo Cercano (NIR1)</b>	MSS	0.70 – 0.80	60	8 bits
<b>Infrarrojo Cercano (NIR 2)</b>	MSS	0.80 – 1.10	60	8 bits
<b>Azul</b>	TM	0.45 – 0.52	30	8 bits
<b>Verde</b>	TM	0.52 – 0.60	30	8 bits
<b>Rojo</b>	TM	0.63 – 0.69	30	8 bits
<b>Infrarrojo Cercano (NIR)</b>	TM	0.76 – 0.90	30	8 bits
<b>Onda corta infrarroja (SWIR) 1</b>	TM	1.55 – 1.75	30	8 bits
<b>Thermal</b>	TM	10.40 – 12.50	120 *(30)	8 bits
<b>Onda corta infrarroja (SWIR) 2</b>	TM	2.08 – 2.35	30	8 bits

Fuente: (USGS,2017)

- **Landsat 7:** Satélite que fue lanzado el 15 de abril de 1999. Estuvo administrado por la NASA (National Space and Space Administration) y también bajo cargo de la United States Geological Survey. Landsat 7, aun presenta datos, ello indica su funcionalidad en

la actualidad.

*Tabla 2.*  
*Bandas espectrales del satélite Landsat 7*

Bandas espectrales de Landsat 5	Tipo de Sensor	Longitud de	Resolución	Resolución
		Onda ( $\mu\text{m}$ )	Espacial (m)	Radiométrica
<b>Azul</b>	TM+	0.45 – 0.52	30	8 bits
<b>Verde</b>	TM+	0.52 – 0.60	30	8 bits
<b>Rojo</b>	TM+	0.63 – 0.69	30	8 bits
<b>Infrarrojo Cercano (NIR)</b>	TM+	0.76 – 0.90	30	8 bits
<b>Onda Corta</b>				
<b>Infrarroja (SWIR) 1</b>	TM+	1.55 – 1.75	30	8 bits
<b>Thermal</b>	TM+	10.40 – 12.50	30 * (30)	8 bits

Fuente: Bravo, 2019

- **Landsat 8:** Con lanzamiento el 11 de febrero de 2013, presenta dos sensores: El Sensor operacional de imágenes de tierra (OLI) y un Sensor Infrarrojos Térmico (TIRS) (Bravo, 2019).

*Tabla 3.*  
*Bandas espectrales del satélite Landsat 8*

Bandas espectrales de Landsat 5	Tipo de Sensor	Longitud de	Resolución	Resolución
		Onda ( $\mu\text{m}$ )	Espacial (m)	Radiométrica
<b>Ultra azul (costero/aerosol)</b>	OLI	0.43 – 0.45	30	16 bits
<b>Azul</b>	OLI	0.45 – 0.51	30	16 bits
<b>Verde</b>	OLI	0.53 – 0.59	30	16 bits
<b>Rojo</b>	OLI	0.64 – 0.67	30	16 bits
<b>Infrarrojo Cercano (NIR)</b>	OLI	0.85 – 0.88	30	16 bits

<b>Onda Corta</b>				
<b>Infrarrojo (SWIR)1</b>	OLI	1.57 – 1.65	30	16 bits
<b>Onda Corta</b>				
<b>Infrarroja (SWIR) 2</b>	OLI	02.11 – 02.29	30	16 bits
<b>Pancromática</b>	OLI	0.50 – 0.68	30	16 bits
<b>Cirrus</b>	OLI	1.36 – 1.38	15	16 bits
<b>Infrarrojo térmico 1</b>	TIRS	10.60 – 11.19	100* (30)	16 bits
<b>Infrarrojo térmico 2</b>	TIRS	11.50 – 12.51	100* (30)	16 bits

Fuente: Bravo,2019

#### 1.2.4 Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales son productos del proceso de teledetección, en ella se almacena la información digital del terreno (Sánchez, 2012). Estas imágenes se presentan con distintas bandas, debido a que, hay información a distintos rangos electromagnéticos (Sarria, 2006). Cabe mencionar que cada imagen, presenta características propias como resolución espacial, radiométrica y espectral. Así como, la dimensión en barrido de toma (Lossio, 2011).

#### 1.2.5 Bandas

En siguientes líneas se muestra la utilidad de cada una de las bandas espectrales de las imágenes Landsat (Jaramillo & Antunes, 2018).

- Banda 1 (Coastal aerosol): Para estudios costeros y aerosoles.
- Banda 2 (Azul): Útil para análisis costeros y cambios del suelo.
- Banda 3 (Verde): Permite estimar la vigorosidad de una cobertura vegetal, así como también la identificación de áreas urbanas.
- Banda 4 (Rojo): Permite evaluar las coberturas vegetales.
- Banda 5 (Infrarrojo cercano (NIR)): Permite estimar la biomasa territorial.
- Banda 6 (Infrarrojo onda corta (SWIR 1)): Permite analizar la humedad del suelo.

- Banda 7 (Infrarrojo onda corta (SWIR 2): Conocer la humedad del suelo y la nubosidad.
- Banda 8 (Pancromática): Esta banda permite mejorar la resolución espacial de una imagen, quiere decir el incremento de la resolución, lo que conlleva un mejor análisis cartográfico.
- Banda 9 (Cirrus): Evaluación de nubes cirrus

### 1.2.6 Clasificación

Es el proceso dentro del sistema de información geográfico, el cual permite agrupar valores digitales de un terreno según un patrón de similitud (Franzpc, 2012).

- **Clasificación supervisada** En este tipo de clasificación es necesario para la unidad de control (puede ser puntos de monitoreo o una imagen de referencia). Por tanto, esta clasificación es bajo el enfoque de un conocimiento, y en relación a ello, se clasifica los valores digitales (Franzpc, 2012).
- **Clasificación no supervisada** Este tipo de clasificación agrupa los valores digitales de un terreno según procesos estadísticos generados por el programa en uso, como Qgis, Envi y Arcgis (Duda & Canty, 2014).

### 1.2.7 Tratamiento de imágenes satélites

Las imágenes satelitales presentan distorsiones en sus valores de píxeles debido a las interferencias de aerosoles atmosféricos u otros elementos, asimismo, como distorsiones en los valores geométricos de cada píxel (Jiménez *et al.*, 2011), por ello se cuenta con las siguientes correcciones:

**Correcciones geométricas:** consiste en las correcciones de las posiciones de las imágenes satelitales, para ello requiere de un proceso o herramienta de rectificación de posición (IDEAM, 2012).

**Corrección radiométrica:** consiste en la calibración de los valores de píxeles de cada imagen satelital, convirtiendo los valores de reflectancia a valores de radiancia (IDEAM,2012)

**Corrección atmosférica:** consiste en la rectificación de valores, anulando los valores de reflectancia de los elementos atmosféricos capturadas por el sensor (IDEAM, 2012).

### 1.2.8 Cobertura Vegetal

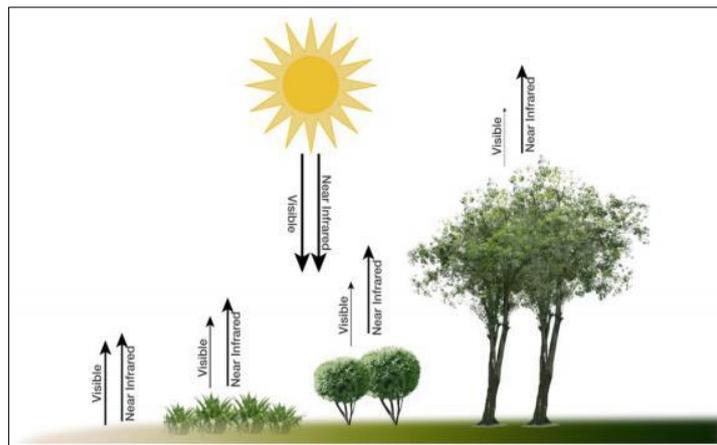
Es la superficie terrestre compuesto por distintas unidades vegetales, desde unidades pastizales hasta los grandes bosques densos (IDEAM, 2010), así como también la consideración de coberturas vegetales generadas por la actividad humana agricultura, reforestaciones, y restauración ecológica generado por proyectos medioambientales (Geoinstitutos, 2021).

### 1.2.9 Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El índice de vegetación es un método algebraico que permite la visualización de las coberturas vegetales y las unidades sin cobertura vegetal (Muñoz, 2013). El Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) el cual se determina mediante la representación algebraica  $NIR - NED / NIR + NED$  donde NIR = Infrarrojo cercano y NED = Rojo, donde el resultado presenta valores desde -1 a +1, donde los valores negativos hacen referencia a superficies de agua y valores próximos a 0 hacen referencia a cobertura de suelo sin presencia de unidad vegetal, y valores superiores a 0.2, representan a las unidades vegetales del terreno (Muñoz, 2013)

El comportamiento electromagnético que ocurre en las coberturas vegetales son los siguiente: Áreas con vegetación densa que absorben de luz visible rojo es mayor y el infrarrojo cercano es más reflejado (Gonzaga, 2014).

*Figura 1*  
*Comportamiento de las radiaciones Rojo e Infrarrojo*



Nota: Comportamiento electromagnético en la vegetación  
Fuente: (Gonzaga,2014)

### **1.2.10 QGIS**

El Software QGIS (Quantum GIS) es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de software libre. Acceso para las plataformas Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android. Es programa permite la manipulación de información de tipo ráster y vector (Da Silva F. , 2020).

### **1.2.11 ArcGIS**

Es un programa diseñado para el uso y manipulación de los procesos del sistema de información geográfica, actividades como: elaboración de mapas temáticos, manejo de datos vectoriales y manejo de datos ráster. Por otro lado, ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información espacial de un terreno. Asimismo, se complementa con el uso de lenguajes de programación que aceleran los procesos o genera una información ordenada (Grzywna et al., 2016).

## **1.3 Formulación del Problema**

### **1.3.1 Problema General**

- ¿Cuál es la evolución temporal de la cobertura vegetal medido por el NDVI y su relación con la expansión minera en el distrito de Espinar, durante el periodo 2013 – 2020?

### **1.3.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál es la dinámica temporal de la cobertura vegetal medida mediante el NDVI en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020?
- ¿Cuál es la dinámica temporal de la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020?
- ¿Qué relación existe entre la cobertura vegetal y la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020?

## **1.4 Justificación**

La investigación desarrollada contribuirá en los mecanismos de planificación territorial de la actividad minera y considera acciones sobre el manejo de los suelos del distrito de Espinar, brindando un mejoramiento y rehabilitación del ecosistema involucrado, esto debido a que, se tendrá en conocimiento sobre el grado de influencia de la expansión minera sobre los cambios de la cobertura vegetal.

Asimismo, el análisis espacio- temporal de la cobertura vegetal y la expansión minera; permitirá conocer la razón de cambio anual, y con ello considerar posibles cambios a futuro, o escenarios de coberturas vegetales que podrían ser afectados por las proyecciones de la minería. Por tanto, los resultados serán de importancia para las instituciones locales, con el fin de que tomen en consideración estrategias de acción que se basen en el cuidado ambiental, sobre todo las unidades vegetales consideradas de tipo endémicas. También será de información para las poblaciones aledañas.

Por otro lado, el estudio será de referencia para estudio futuros que busquen el análisis de los cambios espaciales de la cobertura vegetal frente a la influencia de la expansión minera, todo ello mediante la aplicación de las imágenes satelitales. Asimismo, involucrar estudios con otras metodologías de aplicación de la teledetección u otras imágenes provenientes de sensores de mayor resolución espacial.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

- Calcular la evolución temporal de la cobertura vegetal mediana mediante el NDVI y su relación con la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la dinámica temporal de la cobertura vegetal mediana mediante el NDVI en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo del 2013 – 2020.
- Identificar la dinámica temporal de la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.
- Relacionar la cobertura vegetal y expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

- Es significativo los cambios en la evolución temporal de la cobertura vegetal mediada mediante el NDVI y su relación con la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.

### 1.6.2 Hipótesis Específico

- La dinámica temporal de la cobertura vegetal medida mediante el NDVI es decreciente en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo del 2013 – 2020.
- La dinámica temporal de la expansión minera es creciente en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.
- La relación entre la cobertura vegetal y expansión minera es significativa inversa en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 – 2020.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de diseño no experimental, ante ello Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican que un estudio no experimental no aplica la modificación alteración de las variables. Por lo que la investigación, solo busca el registro de los cambios de la cobertura vegetal y la expansión minera.

Por otro lado, la investigación es de tipo descriptivo y correlacional, pues según Hernández, Fernández y Baptista (2014), indican que el estudio descriptivo busca identificar y proyectar las características de un fenómeno, en este caso el análisis temporal de imágenes satelitales Landsat, del mismo modo un estudio correlacional tiene por finalidad conocer la relación estadística de dos variables; es por ello que se busca determinar la influencia de la expansión minera sobre los cambios de la cobertura vegetal del distrito de Espinar. Asimismo, la investigación es longitudinal, debido al periodo amplio de análisis 2013-2020.

Así mismo, el estudio es de tipo aplicativo, ya que, considera la aplicación de herramientas sofisticadas (Vargas, 2009), en este caso la aplicación de la teledetección mediante las imágenes satelitales Landsat para conocer los cambios temporales.

#### 2.1.1 Variables y operacionalización

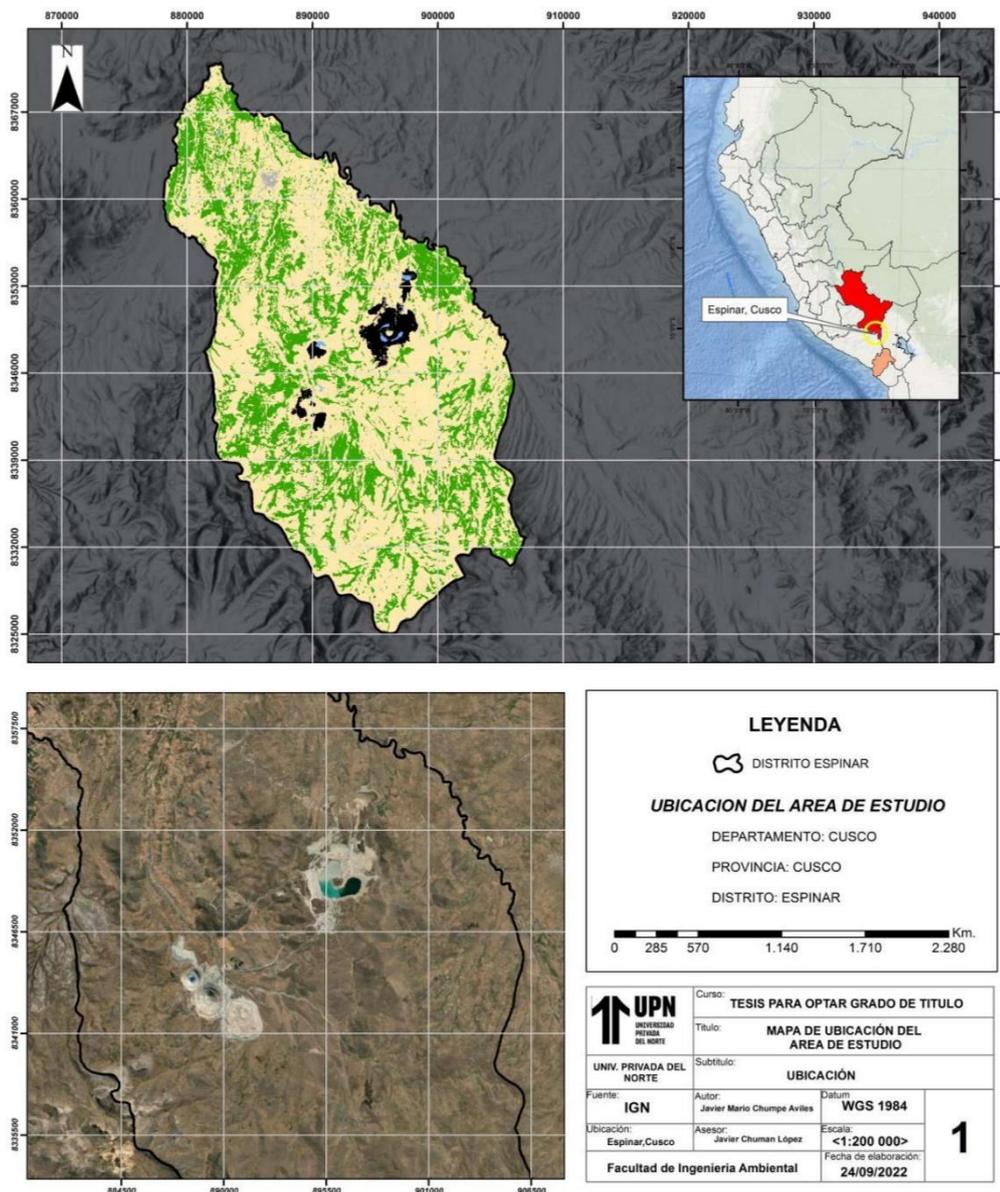
En la investigación la variable dependiente es la cobertura vegetal del distrito de Espinar y la variable independiente es la expansión minera (Ver anexo 3).

## 2.2 Población y Muestra

La población en este estudio resulta ser el distrito de Espinar, Cusco, que se encuentra influenciada por la expansión minera y cambios en la cobertura vegetal. El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, esto debido a que se busca estudiar únicamente los cambios de la cobertura vegetal afectado por la expansión minera. Por lo tanto, la muestra se consideró la superficie total abarcada por la expansión minera, en lo que resulta ser una superficie aproximada de 1500 m<sup>2</sup>.

Figura 2.

Mapa de Ubicación del área de estudio



Nota: Ubicación del Distrito de Espinar, Cusco

## **2.3 Materiales e Instrumentos**

### **2.3.1 Materiales**

Los materiales utilizados en el desarrollo del estudio fueron:

- Laptop Hp Core Ryzen 7
- Disco duro externo Seagate 8 terabites
- Libretas de apuntes
- Software ArcGIS 10.3
- Software SPSS v.26
- Software QGIS 3.16
- Software Google Earth Pro

### **2.3.2 Técnicas e Instrumentos**

Técnica de recolección considerado para las imágenes satelitales fue la observación es decir la fotointerpretación. El instrumento considerado para dicha técnica fue una ficha de observación para registrar la información de las imágenes temporales, como fecha de toma, tipo de sensor, resolución espacial y porcentaje de nubosidad. (ver anexo 1).

Asimismo, se consideró como técnica el análisis espacial de imágenes satelitales, para la determinación de la cobertura vegetal y la expansión minera, mediante el índice NDVI. Para ello, se consideró como instrumento la matriz de datos postproceso (ver anexo 2).

## **2.4 Procedimientos**

### **2.4.1 Obtención de Datos**

#### **Imágenes Satelitales**

Las imágenes satelitales Landsat 8, fueron adquiridas de forma libre de la plataforma virtual del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La ubicación del distrito Espinar se encuentra ubicado en el cuadrángulo Landsat (Path 003 - Row 070). Se usaron imágenes Landsat debido a su mayor periodicidad de información temporal, y sus múltiples aplicaciones en los análisis de coberturas terrestres (Herrera, 2017).

Tabla 4.

## Datos de imágenes Satelitales

<b>Fuente</b>	<b>Sistema geodésico</b>	<b>Zona</b>	<b>Misión</b>	<b>Periodo</b>	<b>Resolución</b>
USGS	WGS 84	18 S	Landsat 8 OLI/TIRS	2013 - 2020	30 m

Nota: Especificaciones de las bandas

Tabla 5.

## Imágenes Landsat 8 Oli/Tird considerados en el estudio

<b>Sensor</b>	<b>Serie</b>	<b>Fecha de toma</b>
	LO08_L1TP_003070_20130604_01_T1	04/06/2013
	LO08_L1TP_003070_20140607_01_T1	07/06/2014
	LO08_L1TP_003070_20150728_01_T1	28/07/2015
Sensor 8	LO08_L1TP_003070_20160717_01_T1	14/07/2016
OLI/TIRS	LO08_L1TP_003070_20170704_01_T1	17/07/2017
	LO08_L1TP_003070_20180726_01_T1	04/07/2018
	LO08_L1TP_003070_20190909_01_T1	09/09/2019

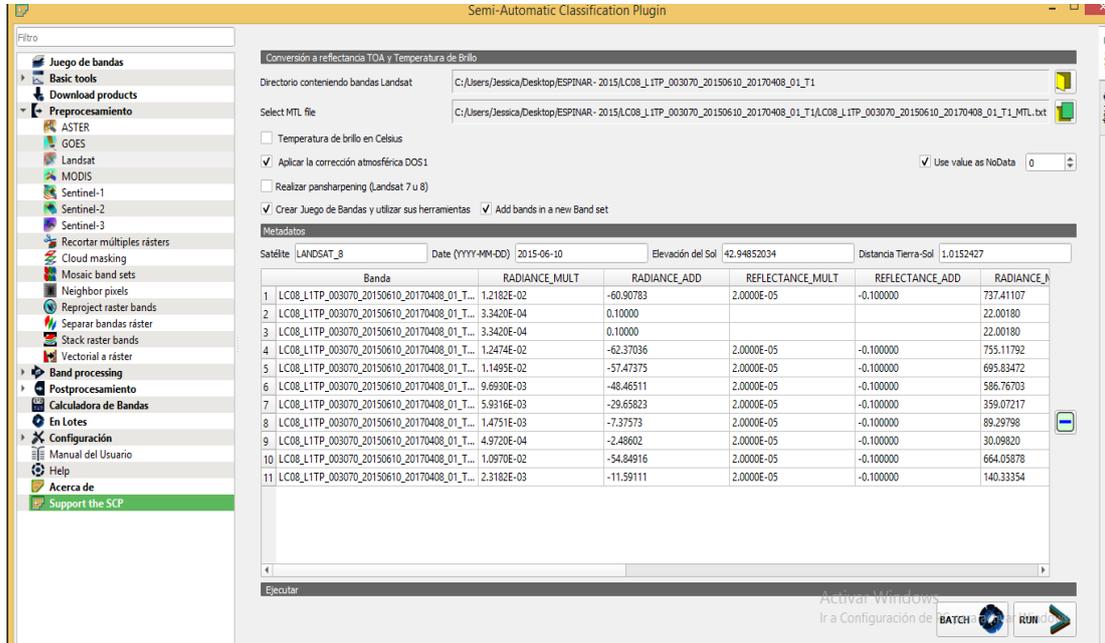
Nota: Fecha de la toma de las imágenes satelitales

## 2.4.2 Tratamiento de Imágenes Satelitales

Las imágenes en uso tuvieron un proceso de corrección atmosférica en el programa Qgis 3.16.3; mediante el complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (ver figura 3). En el complemento se tiene la herramienta de corrección atmosférica DOS1 (Dark Object Subtraction) que es el Método de Substracción de Píxeles oscuros, ello permite la

corrección atmosférica de las imágenes temporales en uso, mediante una conversión de niveles digitales (ND) a valores de radiancia de cada pixel de la imagen.

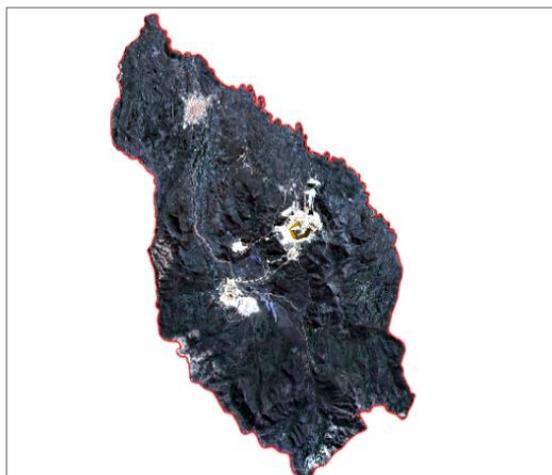
*Figura 3.*  
*Semi - automatic Classification Plugin(SCP)*



Nota: Se manejo este software para poder generar la corrección atmosférica de las imágenes satelitales usadas, para una mayor nitidez

Como resultado obtendremos la imagen Landsat compuesta por sus bandas con la corrección atmosférica aplicada, en este punto recortaremos la imagen con el área de estudio, para ello se dio uso de la herramienta Raster – Extracción – Cortar ráster por capa de mascara.

*Figura 4*  
*Imagen compuesta con corrección atmosférica*



Nota: Corrección atmosférica del año 2013

### 2.4.3 Determinación de Cobertura Vegetal y Superficie Minera por NDVI

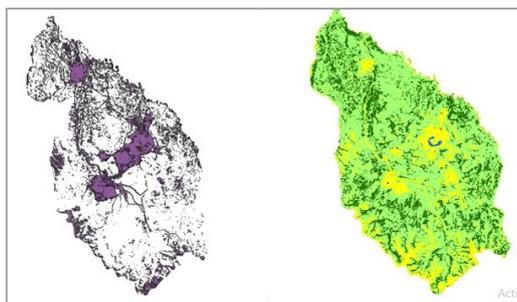
**Determinación de NDVI.** Para calcular la cobertura vegetal y superficie minera, se aplicó el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI que se determina mediante la siguiente ecuación:  $NDVI = (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$ , donde NIR (reflectancia infrarroja) y Rojo (Banda visible rojo). Luego de obtener el ráster de NDVI del área de estudio, se procedió a aplicar la clasificación supervisada.

**Clasificación Supervisada.** Este método permite la agrupación de valores digitales de cobertura vegetal y superficie minera mediante unidades de control o referencia, la forma de agrupación es mediante píxeles, los pasos de la clasificación supervisada son los siguientes:

- Se considera las clases de Cobertura vegetal y superficie de minería, para ello se aplica patrones de control mediante polígonos vectoriales.
- Posteriormente, los polígonos de control generados son almacenados como asignaturas mediante la herramienta Create Signatures que se encuentra en la ruta de herramienta de ArcGIS 10.3 (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Multivariate > Create Signatures*).
- Se genera la clasificación supervisada con la herramienta Maximum Likelihood Classification que se encuentra en la ruta (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Multivariate > Maximum Likelihood Classification*), que requiere como entrada de recurso el NDVI y la asignatura de los polígonos de control.
- A continuación, se obtiene el raster clasificado de cobertura vegetal y superficie minera. Luego se vectorizó para determinar magnitud geométrica de superficie.

Finalmente, la información temporal se almacena en hojas de Excel.

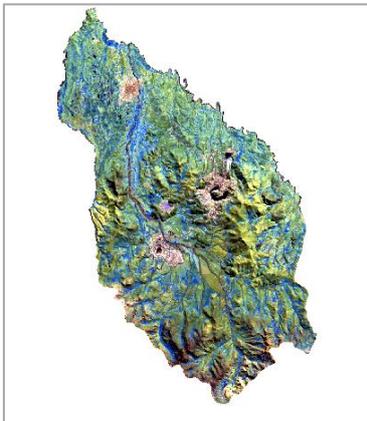
*Figura 5.  
Superficies mineras (izquierda) y cobertura vegetal (derecha)*



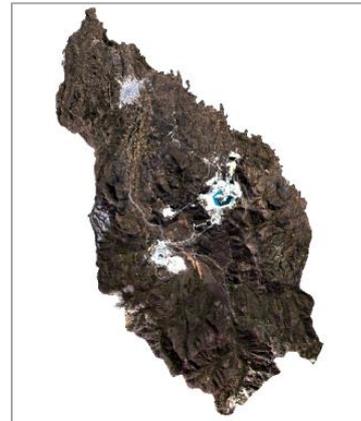
Nota: Determinación de las áreas de estudio

Para corregir algunos vectores no alienables con las superficies, se utilizó la edición de vectores, enviando los shapefile al software Qgis 3.16 porque la coloración favorece mucho a la identificación de nuestra variable para ello se consideró diversas combinaciones de bandas este permite comparar con los resultados obtenidos de las superficies de minería y cobertura vegetal, con la información vectorial obtenida de la clasificación supervisada.

*Figura 6.*  
*Combinación de bandas*



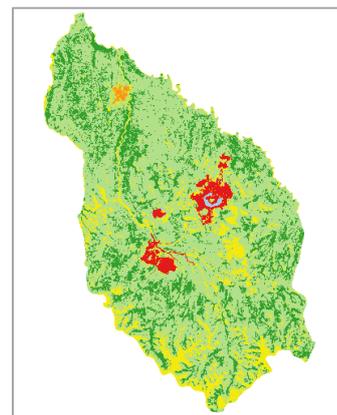
ANALISIS DE VEGETACION  
COMB (6 -5 -4)



AREA NATURAL  
COMB (3 -2 -1)



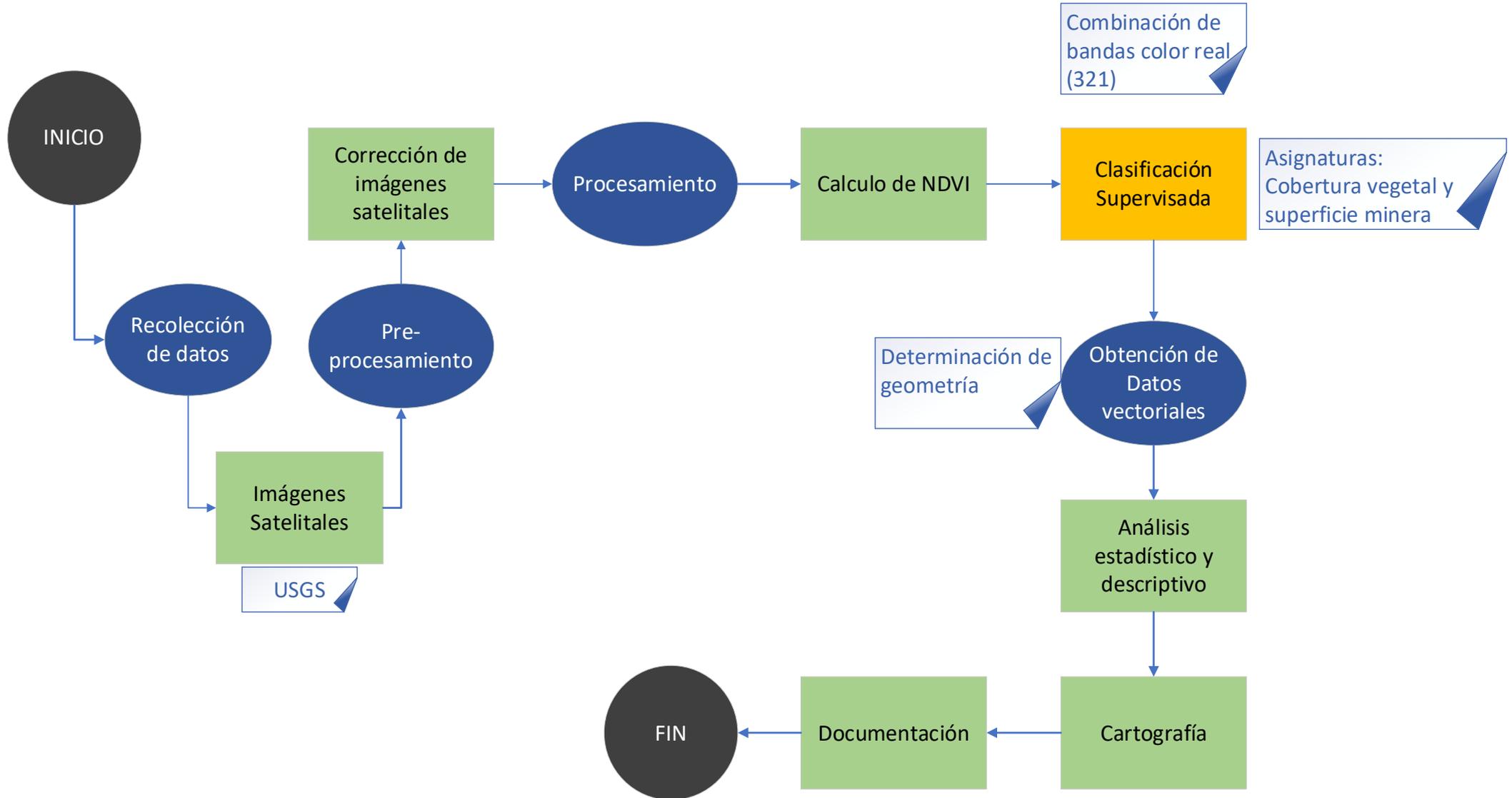
VEGETACION SALUDABLE  
COMB (5 -6 -2)



MAPA FINAL

Nota: Combinación de bandas de la imagen satelital del 2013

Figura 7.  
Flujograma de los procedimientos desarrollados en la investigación



Nota: Metodología usada para el desarrollo e identificación del área de minera y la vegetación en el distrito de Espinar, Cusco

Para poder identificar una correlación de nuestras variables se dio el uso del programa estadístico SPSS donde como se tabulo los datos de cobertura vegetal y superficie minera en Excel, estas durante el periodo 2013-2020; posteriormente se consideró los datos estadísticos convenientes de normalidad y correlación en SPSS.

## **2.5 Análisis de Datos**

Los datos de cobertura vegetal y superficie minera que fueron almacenados en Excel tuvieron un análisis estadístico de correlación de Pearson, antes de ello la prueba de normalidad, para evaluar el comportamiento y el estadístico paramétrico o no paramétrico correspondiente, todo este proceso se llevó a cabo en el programa SPSS. Luego se procedió a un análisis descriptivo mediante graficas de tendencia lineal temporal, ello con ayuda del programa Excel. Finalmente, como análisis espacial se aplicó el uso de la cartografía, con ayuda del programa ArcGIS 10.3.

## **2.6 Aspectos Éticos**

Las imágenes satelitales Landsat que fueron recursos para la identificación de coberturas vegetales y superficies mineras, son de autoría del USGS-EE.UU., por tanto, se respeta los derechos de autor. Asimismo, se conserva la ética profesional para el manejo de artículos científicos y otras actividades complementarias a la investigación. Así como también la capacidad para el uso y manipulación de programas de información geográfica y el programa estadístico SPSS.

### III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los cambios de la cobertura vegetal y expansión minera del distrito de Espinar, estas se proyectan mediante dinámicas temporales y análisis visual cartográfico. Del mismo modo los valores cobertura vegetal y superficie minera se proyectan mediante gráficas lineales y tasa de cambio. Finalmente, se presenta el grado de asociación entre las variables mencionadas mediante un análisis de correlación

#### 3.1 Evolución temporal de la cobertura vegetal mediana mediante el NDVI y su relación con la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco durante el periodo 2013 - 2020

Los resultados obtenidos de la evolución de la cobertura vegetal en mediante el NDVI y su relación con la actividad minera en el periodo 2013 – 2020, en el distrito del Espinar Cusco (tabla 6); se puede verificar la disminución en el área de cobertura vegetal y un aumento en el área de actividad minera durante el periodo de análisis 2013 – 2020. Estos datos fueron obtenidos en base a la teledetección mediante imágenes satelitales en el software ArcGIS 10.3 y Qgis 3,16 y el apoyo de la metodología de la supervisión supervisada.

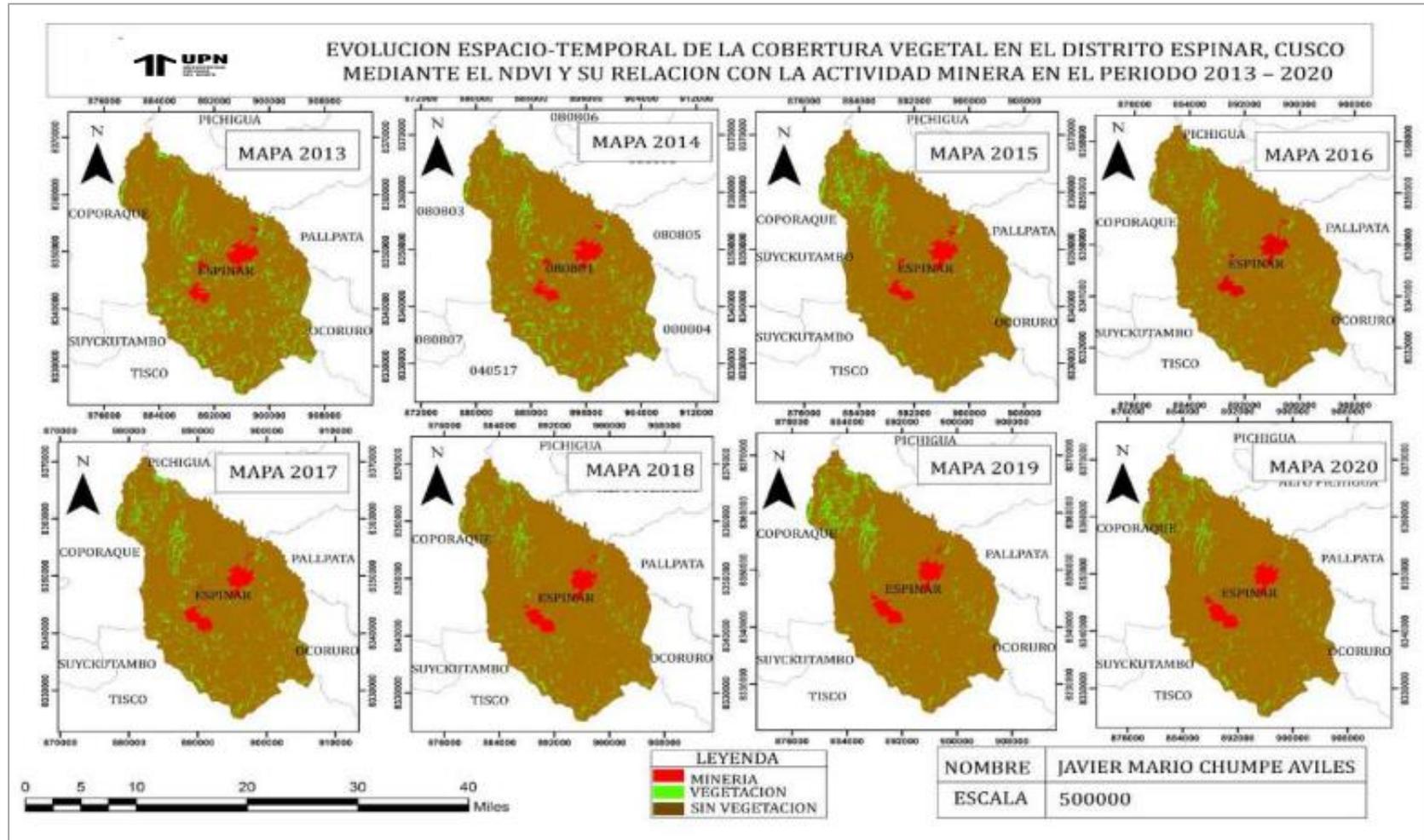
*Tabla 6.*

*Resultado por hectárea (Ha) de la cobertura vegetal y la actividad minera en el distrito de Espinar, Cusco en el periodo 2013 - 2020*

AÑOS	VEGETACION(Ha)	ACT. MINERA(Ha)
2013	6324,18	2009,23
2014	5552,95	2038,56
2015	4353,68	2052,46
2016	3286,54	2056,46
2017	4622,99	2143,51
2018	3273,36	2221,26
2019	4252,49	2278,53
2020	3382,71	2360,08

Nota: Hectárea determinada de cada variante por año

Figura 8.  
Mapas referenciales de la evaluación espacio temporal de la cobertura vegetal y la evaluación minera entre los años 2013 – 2020



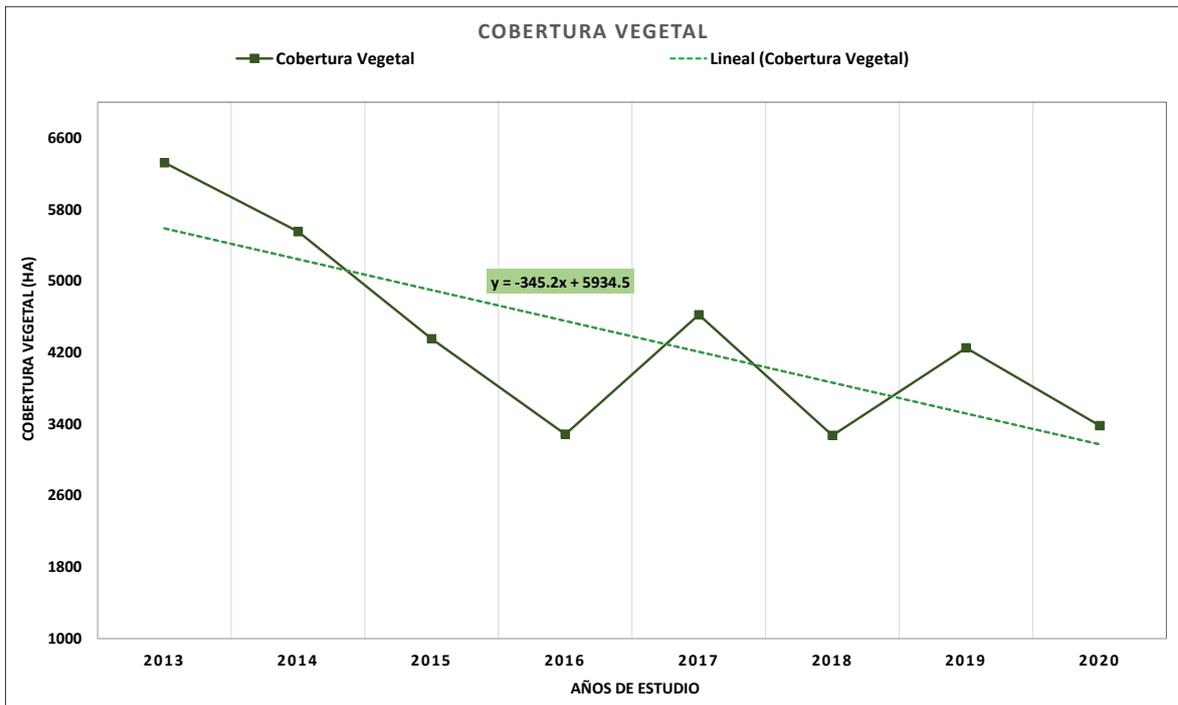
Nota: Determinación del área minera y la vegetación, a lo largo de los años 2013 al 2020 en el distrito de el Espinar, Cusco

### 3.2 Dinámica Temporal de la cobertura vegetal

En la figura 10, se proyecta el comportamiento temporal de la cobertura vegetal, en ello, se observa que la cobertura vegetal presenta un descenso aproximado de 345.2 ha por año, pues, en el año 2013 alcanzo una superficie de 6324.2 ha y en el año 2020 una superficie de 3382.7 ha.

*Figura 9.*

*Dinámica temporal de la cobertura vegetal del año 2013 - 2020*

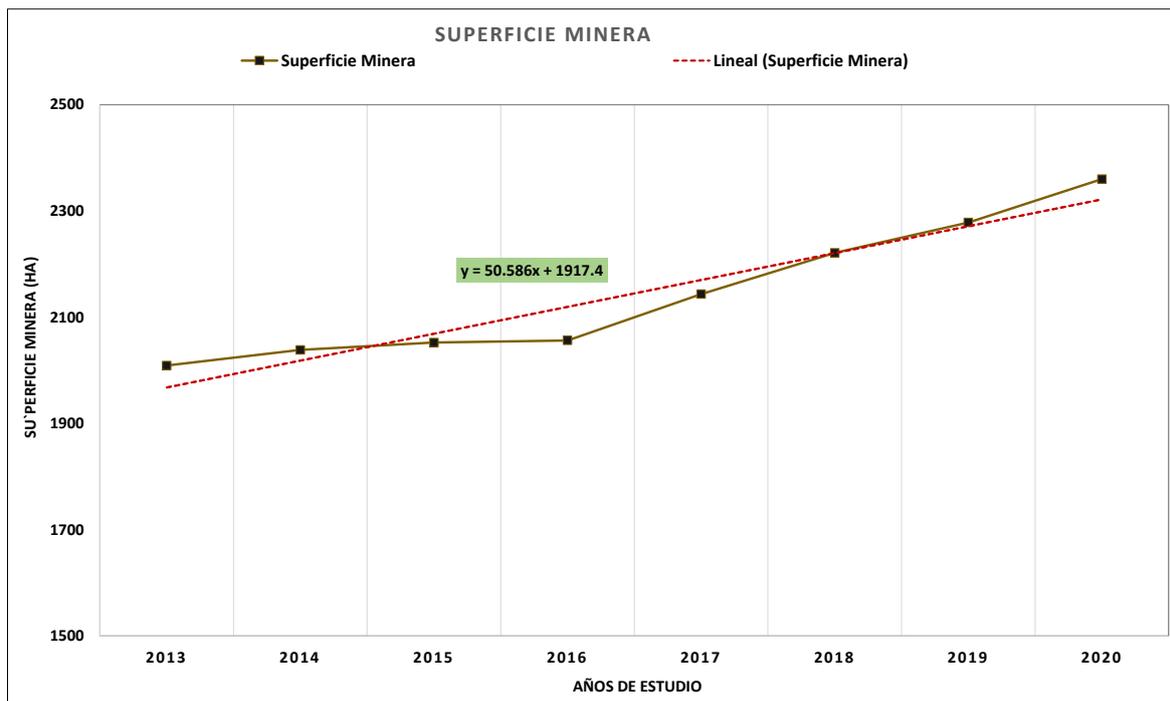


Nota: Se puede visualizar que mientras mas pasan los años se ha tenido una disminución de cobertura vegetal en el Distrito de el Espinar, Cusco

### 3.3 Dinámica temporal de la expansión minera

En la figura 11, se proyecta el comportamiento temporal de la expansión minera, en ello, se observa que la minería superficial presenta un incremento aproximado de 50.586 ha por año, pues, en el año 2013 alcanzó una superficie de 2009.23 ha y en el año 2020 una superficie de 2360.08 ha.

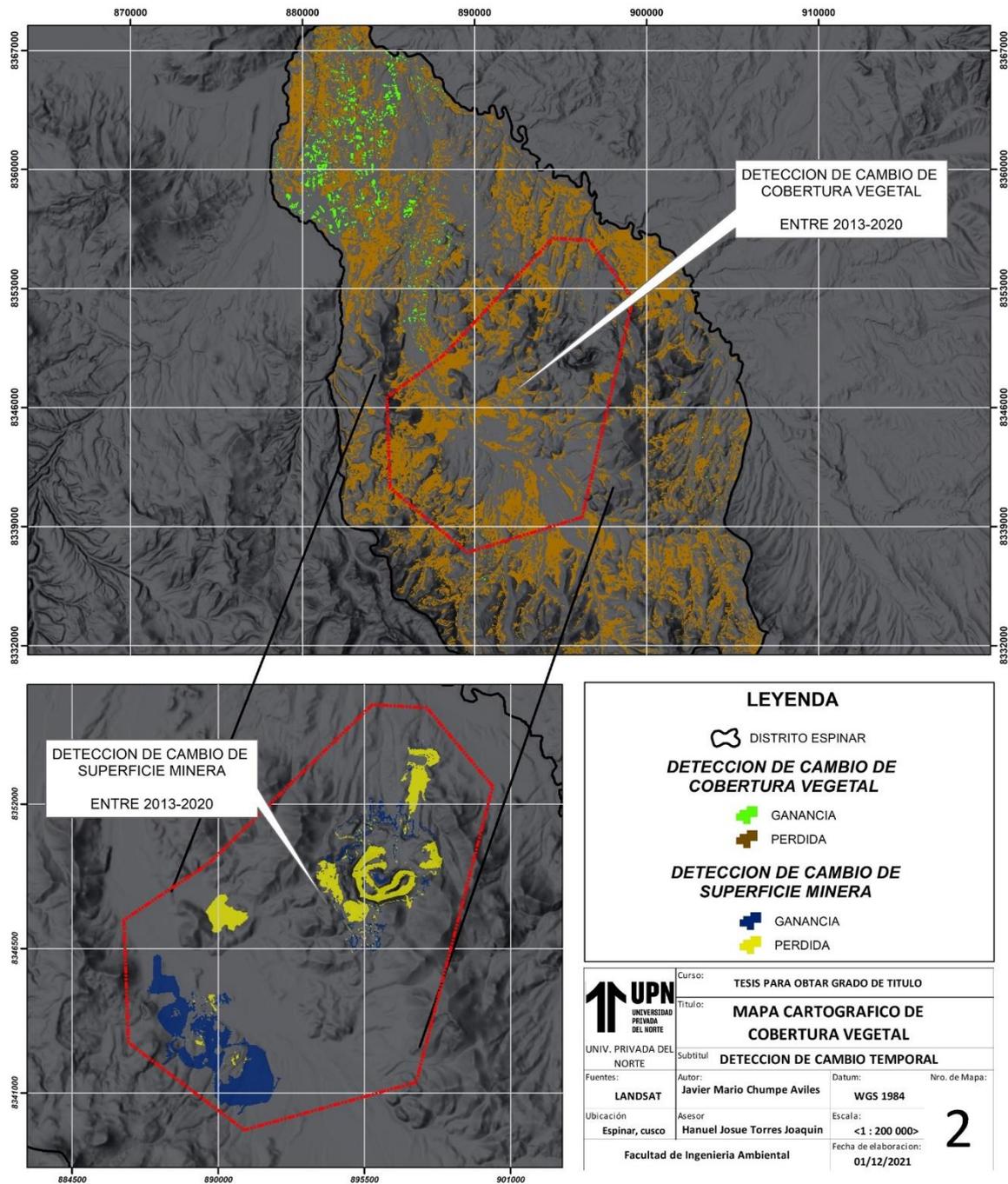
*Figura 10.  
Dinámica temporal de la expansión minera*



Nota: Se puede visualizar en la imagen, que en el pasar de los años la minera del Distrito de Espinar, Cusco a estado en una etapa de crecimiento constante.

En la figura 12, se observa el análisis cartográfico el cual permitió identificar la dirección de los cambios de la cobertura vegetal y la expansión superficial minera. Esta detección de cambio se aplicó entre los años 2013 y 2020. Se evidencia claramente pérdida de cobertura vegetal en todo el distrito de Espinar, con poco incremento de cobertura en el lado norte del distrito, influenciado por otros factores. Por otro lado, la minería presentó incremento leve en la parte céntrica de la minería e incremento denso en la dirección sur-este.

Figura 11.  
Análisis cartográfico de la cobertura vegetal y la expansión minera



Nota: Se puede visualizar en la imagen la ganancia y la pérdida que se ha tenido en relación al desarrollo del a actividad minera y la vegetación en el distrito de Espinar, Cusco entre los años 2013 - 2020

### 3.4 Correlación de la Cobertura Vegetal y la Expansión Minera

El resultado de la correlación de la cobertura vegetal mediante del NDVI con la actividad minera en el distrito de Espinar, Cusco en el periodo 2013 – 2020, se inició con el Software IBM SPSS Statistic 25 donde se realizó la prueba de normalidad con los datos de la tabla 6 para determinar el método que usaremos, y así hallar nuestra relación de las variables entre la cobertura vegetal mediante el NDVI y la actividad minera.

*Tabla 7.*

*Descripción de la prueba de normalidad*

		<b>Descriptivos</b>	
		Estadístico	Desv. Error
VEGETACION	Media	4381,1125	392,94055
	95% de Límite inferior	3451,9557	
	confianza para Límite superior	5310,2693	
	la media		
	Media recortada al 5%	4334,7061	
	Mediana	4303,0850	
	Varianza	1235218,223	
	Desv. Desviación	1111,40372	
	Mínimo	3273,36	
	Máximo	6324,18	
	Rango	3050,82	
	Rango intercuartil	2009,88	
	Asimetría	0,734	0,752
	Curtosis	-0,388	1,481
	Media	2145,0113	45,52735

ACTIVIDAD MINERA	95% de	Límite	2037,3562	
	intervalo de	inferior		
	confianza para	Límite	2252,6663	
	la media	superior		
	Media recortada al 5%		2140,6064	
	Mediana		2099,9850	
	Varianza		16581,918	
	Desv. Desviación		128,77080	
	Mínimo		2009,23	
	Máximo		2360,08	
	Rango		350,85	
	Rango intercuartil		222,18	
	Asimetría		0,676	0,752
Curtosis		-1,042	1,481	

Fuente: IBM SPSS Statistics 25

Según la prueba de normalidad Shapiro Wilkes, usado para datos con muestras menores a de 50 unidades. Las variables en estudio (cobertura vegetal y superficie minera) muestran una distribución normal (ver tabla 6), debido a que el p-value, resulto ser mayor a 0.05. Asimismo, una distribución normal de las variables permite focalizar análisis estadísticos dentro del campo paramétrico, en este caso el análisis estadístico de correlación de Pearson.

*Tabla 8.*

*Distribución de normalidad de cada variable*

<b>Pruebas de normalidad</b>			
		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Gl	Sig.
VEGETACION	0,897	8	0,274

ACTIVIDAD MINERA	0,897	8	0,271
---------------------	-------	---	-------

Nota: Las variables tuvieron una distribución normal como resultado

En relación con la distribución normal mencionada, se dio uso la prueba paramétrica de correlación de Karl Pearson. Por ello, en la tabla 9, se observa un grado de asociación inversa de ( $R = -0.605$ ), esto indica una influencia de la expansión minera del 60% sobre los cambios de la cobertura vegetal.

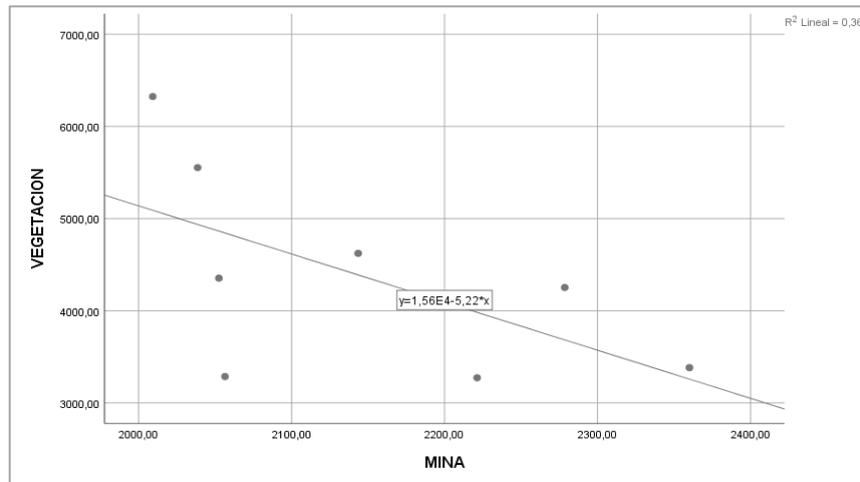
*Tabla 9.*

*Grado de correlación según R de Pearson*

<b>Correlaciones</b>			
		VEGETACION	MINA
VEGETACION	Correlación de Pearson	1	-0,605
	Sig. (bilateral)		0,112
	N	8	8
MINA	Correlación de Pearson	-0,605	1
	Sig. (bilateral)	0,112	
	N	8	8

Nota: Se tomo una relación aceptada de un -60%  
 Fuente: Software IBM SPSS Statistics 25

Figura 12.  
Correlación de la cobertura vegetal mediante el NDVI y la actividad minera



Nota: En la grafica presentada, podemos determinar que en el pasar de los años el crecimiento de la mina ha generado un perdida de vegetación constante, determinando como resultado un correlación inversa fuerte

#### IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la dinámica de la cobertura vegetal durante el periodo 2013 – 2020 inicia con un total de 6324.18 Ha, donde en el pasar de los años encontramos una disminución constante hasta el año 2020 con un resultado de 3282.71 Ha; el descenso se presentó a una razón promedio de 345.2 ha/año. Según el reporte de la Municipalidad de Espinar (2015) mencionan que la ausencia de cobertura vegetal se debe a las actividades antrópicas de la zona, como la contaminación física y el cambio de uso de suelo desarrollado por la minería. Asimismo, SINPAD (2015) nos hace referencia que la quema de pastos naturales es una costumbre desarrollada por las comunidades de Espinar, y logran alcanzar pérdidas de hasta 100 Hectáreas, ello repercute en la pérdida de cobertura vegetal. Asimismo, el incremento de cobertura vegetal evidenciado en el tramo 2017-2019, es debido a los proyectos realizados por el Ministerio de Agricultura y Riego, Sierra Azul, PSI (Programa Subsectorial de irrigaciones) y Agro Rural (Programa de desarrollo Productivo Agrario Rural), donde aplicaron la inversión de siembra de más de 2120 Ha favoreciendo a más de 800 familias de pobreza y extrema pobreza en Espinar (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020), con todos estos hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general, que nos hace mención que la influencia de la minería a llegado a generar un cambio en la cobertura vegetal del Distrito de Espina, Cusco. Estos resultados mostrados nos hacen referencia a un informe del MINAM (2013), que nos indican que en la unidad minera Tintaya, se evidenciaron la presencia de metales como el magnesio y hierro en las aguas superficiales de los alrededores, asimismo, solo magnesio en el agua subterránea superando el ECA del agua, por otro lado, respecto a proyecto Antapaccay, nos indicaron que en la evaluación de metales presentaban concentraciones menos al ECA del agua, pero si en un comunidad cercana, se llegó a determinar una concentración alta en magnesio, de igual manera, Huamani (2015) nos menciona, que por el conflicto del agua y el suelo entre la población y minera, se ha llevado al deterioro y la degradación socio - ambiental; además, que el poco acceso a dicho recursos y los pasivos ambientales que dejan la minera, llega a generar un gran deterioro al ecosistema en especial al recursos hídrico, igualmente como, Ochochoque (2017) y Omachi et.al. (2018), que en ambas investigaciones corroboraron que la actividad minera influye en la pérdida de vegetación del área que reside, toda esta información está relacionada a lo que se desarrolló en esta investigación.

La superficie minera del distrito de Espinar presento un incremento superficial de aproximadamente 50.6 ha/año durante el periodo de 2013 – 2017; este incremento es debido

a las planificaciones de exploración y explotación a tajo abierto de la minera Antapaccay (Golder Associates, 2018). Asimismo, durante el periodo de estudio se presentó un incremento en la demanda de cobre en el Perú, de 3.8 Ton del 2013 a 7.9 Ton de 2017 (U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, 2018). Por dicha demanda, la minera Antapaccay aceleró sus procesos extractivos de cobre.

El análisis cartográfico realizado identificó zonas con pérdida de superficie minera entre los años 2013 y 2020, y esto es debido a que la minera involucrada, que resulta ser la minera Antapaccay Tintaya tuvo a sus inicios (año 2000) un nivel bajo de superficie de poza de agua, ubicado en la zona de beneficio Tintaya y una superficie de depósitos de relave en las periferias sur-oeste y no-oeste, donde en la actualidad estas superficies presentan una remediación ambiental mediante la inserción de coberturas vegetales endémicas de la zona, como propuesta de restauración por parte de la minera, esto refleja el resultado cartográfico. Asimismo, se visualiza que para el año actual la poza de agua ubicada en la zona de beneficio presentó un gran desarrollo superficial, incrementando el espejo de agua, el cual, mediante la identificación de imágenes satelitales, considero como no cobertura vegetal (Golder Associates, 2018).

Por otro lado, en la zona de beneficio la minera se encuentra desarrollando con mayor densidad la extracción de minerales a nivel de subsuelo mediante tajo abierto, por ello los cambios de expansión minera resulta ser bajo. Sin embargo, en los planos de la actividad minera se evidencia el incremento de nuevas zonas de explotación minera Antapaccay, que se encuentra ubicado al sur oeste de la zona de beneficio. Esta unidad territorial se encuentra aún en un desarrollo inestable, lo que indica un incremento superficial de la actividad minera, debido, al aprovechamiento del mineral. Asimismo, el proyecto de la actividad minera zonifica un componente de explotación adicional ubicado en el sur este, donde la cartografía determinada aún no identifica cambios en la cobertura vegetal, debido a que aún son alteraciones de explotación por puntos para el año 2020 (Golder Associates, 2018).

El mapa cartográfico se identificó un incremento de la superficie minera en la dirección sur-oeste, y eso es debido a la zona de explotación Antapaccay el cual presenta dos núcleos de tajo abierto en desarrollo y dos botaderos periféricos en incremento superficial. Asimismo, se ve involucrado las construcciones viales o de transporte mineral como las fajas transportadoras (Golder Associates, 2018).

Como resultado de la investigación, se determinó una correlación directa entre la expansión minera y la cobertura vegetal con una magnitud de 60.5 %, esta relación significativa se debe al cambio de uso de suelo, pues a mayor expansión minera, mayor será la pérdida de superficie con cobertura vegetal involucrada, igualmente, como lo menciona Antonio da Silva et. al. (2018), en su análisis de procesamiento digital que brindo un resultado en donde la actividad minera genera un desastre que genera un cambio en la cobertura vegetal, asimismo la gran demanda de agua para la actividad de beneficio de la minera, genera baja disponibilidad de recurso hídrico para los ecosistemas naturales, provocando una pérdida de cobertura vegetal (De echave y Dies, 2017). Por otro, lado la repercusión de la población mediante la quema de pastizales es una costumbre desarrollada por la población rural (Cooperación, 2015). El otro factor influenciado por la expansión minera es el impacto de coberturas o fuentes hídricas, debido a la emisión de contaminantes líquido con contenido alto de metales pesados (DIGESA,2018). También se considera el incremento poblacional o el desarrollo urbano, debido a la oferta laboral de la minera Tintaya (Paccara, 2019). Así se refleja en el censo de 2017, un incremento población del 24.93% durante el periodo 2007 – 2017 (INEI, 2017).

Las limitaciones involucradas en el presente estudio, esta relacionadas a la resolución de las imágenes Landsat de 30mx30m, el cual no permite conocer con claridad de la superficie vegetal y las clasificaciones de las unidades vegetales. Por otro lado, la visita a campo es una limitación con el fin de verificar la información obtenida.

## 4.1 Conclusiones

- La investigación presentada determina que se tiene una relación entre la cobertura vegetal y la expansión minera en el distrito del Espinar, Cusco; ya que, la cobertura vegetal llego a disminuir porcentualmente año tras años, mientras que se tenía un crecimiento en la minera. Con todo lo mencionado me permite confirmar mi hipótesis planteada, en donde corroboramos la significativa que la minera Antapaccay genera una pérdida de vegetación en el distrito de Espinar, Cusco.
- La cobertura vegetal presento un descenso de 345.2 ha/año durante el periodo 2013 – 2020, está perdida se concentra en todo el distrito de Espinar, pero con mayor densidad en las zonas de expansión minera.
- La actividad minera en el distrito de espinar muestra un ascenso promedio de 50.6 ha/año durante el periodo 2013 – 2020, esta expansión minera se concentra en la parte media del distrito Espinar.
- La correlación que se tuvo entre la cobertura vegetal y la expansión minera según el coeficiente de correlación de Pearson se tiene una correlación inversa fuerte dándonos como resultado un 60.50 % que nos da a entender que mientras más crece la expansión minera se tiene como consecuente una reducción de la vegetación en la zona

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Alata, A. (2018). *Análisis multitemporal de la explotación minera con la aplicación de percepción remota y SIG en los distritos de Anaea y Cuyocuyo - Puno entre los años 1975-2017*. Universidad Nacional de Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7125>.
- Álvarez, J., & Agredo, G. (2013). *Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico andino, caso cuenca urbana San Luis (Manizales)*. Revista Luna Azul.
- Ambrosio, G., González, J., & Arévalo, V. (2002). *Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal*. Universidad de Málaga. Obtenido de <http://mapir.isa.uma.es/varevalo/drafts/ambrosio2002crg.pdf>
- Andahuaylas. (2011). Obtenido de Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/congresistas/2011/20110519.nsf//pubsfoto/61259FC77AF7C51305257A25005DA1B3/\\$FILE/BOLETIN\\_TRUJILLO.PDF](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/congresistas/2011/20110519.nsf//pubsfoto/61259FC77AF7C51305257A25005DA1B3/$FILE/BOLETIN_TRUJILLO.PDF)
- Andahuaylas. (2011). *Comisión de Vivienda y Construcción del Congreso organizó audiencia pública y feria informativa en Andahuaylas*. Obtenido de <https://www2.congreso.gob.pe/sicr/congresistas/2011/20110519.nsf//pubsfoto/A4E157A90B2EFBC705257A25005DBFD4/>
- Angulo, C., Suárez, I., & Mollicone, D. (2011). *Dinámica de la deforestación en Venezuela: Análisis de los cambios a partir de mapas históricos*. Interciencia. Obtenido de <http://search.proquest.com/docview/886035983?accountid=36216>
- Arevalo , D., & Duarte, J. (2021). Análisis temporal de la cobertura vegetal y la degradación en la extensión de la cobertura de páramo subcuenta San José páramo Rabanal. *Tesis de pregrado*. Universidad Santo Tomas, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/33722>

- Ariza, A. (2006). *Análisis del retroceso de glaciales tropicales en los Andes Centrales de Colombia mediante imágenes Landsat*. Revista Cartográfica. Obtenido de <https://www.proquest.com/docview/236497152?accountid=36216&forcedol=true>
- Ariza, A. (2013). *Productos LDCM - Landsat 8*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Obtenido de <https://un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Art. 2° D.L. N°1105. (s.f.). *DECRETO LEGISLATIVO QUE ESTABLECE DISPOSICIONES PARA EL PROCESO DE FORMALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE PEQUEÑA MINERÍA Y MINERÍA ARTESANAL*. Obtenido de [http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/norma\\_legal/archivos/DL\\_1105.pdf](http://www.propuestaciudadana.org.pe/sites/default/files/norma_legal/archivos/DL_1105.pdf)
- BANCO MUNDIAL. (2013). Minería: Resultados del sector. *BIRF - AIF*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/mining-results-profile>
- Beiranvand, A., & Hashim, M. (2014). *Mapeo de alteración hidrotermal a partir de datos Landsat-8, distrito minero de cobre Sar Cheshmeh, sureste de la República Islámica de Irán*. Taylor & Francis. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1016/j.jtusci.2014.11.008>
- Castellanos, H., Ramírez, H., & Ivanova, Y. (2017). *Detection of open-pit mining zones by implementing spectral indices and image fusion techniques*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/60368/63693>
- Castillo, M., Garfias, R., Julio, G., & Gonzáles, L. (2012). *ANÁLISIS DE GRANDES INCENDIOS FORESTALES EN LA VEGETACIÓN NATIVA DE CHILE*. Interciencia. Obtenido de <https://www.proquest.com/docview/1412599161?accountid=36216&forcedol=true>
- CENSOPAS. (2010). *Estudio de línea base en salud en comunidades aledañas al proyecto minero Quechua*. Cusco-Espinar. Obtenido de [https://bvs.ins.gob.pe/insprint/CENSOPAS/metales\\_pesados/INFORME%20FINAL%20QUECHUA.pdf](https://bvs.ins.gob.pe/insprint/CENSOPAS/metales_pesados/INFORME%20FINAL%20QUECHUA.pdf)
- CONAE. (2016). *Índices Espectrales derivados de imágenes satelitales Landsat 8 Sensor OLI*. Obtenido de

<https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/Docs/IndicesEspectralesDerivadosDeLandsat8.pdf>

Condori, R., Alameda, M., & Armuto, D. (2020). *Liquidez y rentabilidad: un análisis descriptivo, caso de una mediana empresa de minería artesanal, 2015 - 2019*. Universidad Peruana Unión. Obtenido de [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4684/Roxana\\_Trabajo\\_Bachiller\\_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4684/Roxana_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CooperAcción. (s.f.). *La experiencia de la mesa de diálogo en Espinar 2012-2013: ¿un nuevo modelo de gestión de conflicto sociambiental?* Lima. Obtenido de <https://cooperacion.org.pe/wp-content/uploads/2017/03/00-MESA-DEDIALOGO-FINAL.pdf>

CORPOCHIVOR. (2018). *Corporación Autónoma Regional de Chivor*. Obtenido de <https://www.corpochivor.gov.co/2018/>

Corpochivor. (2018). *Proceso de ordenación forestal de sus bosques*. Obtenido de <https://www.corpochivor.gov.co/2018/12/28/corpochivor-avanza-en-el-proceso-ordenacion-forestal-de-sus-bosques/>

Cuya, O. (2016). *Variación del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en relación con la gradiente altitudinal en las lomas de Atocongo (Lima-Perú)*. Universidad Ricardo Palma. Obtenido de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/972/EGA%20Cuya\\_MO.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/972/EGA%20Cuya_MO.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Da Silva, C., Coutinho, D., De Olivera, J., Teodoro, P., Lima, M., Shakir, M., . . . Adriani, J. (2018). *Análisis del impacto sobre la vegetación causado por la deforestación abrupta vía sensor orbital en el desastre ambiental de Mariana, Brasil*. ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718304526>

Da Silva, F. (2020). *Comparación de la delimitación de la microcuenca sabalillo con ArcGIS 10.3 y Qgis 2.18 mediante datos SRTM y datos registrados en GPS map 62sc en la reserva comunal Elsira-región Huánuco*. Universidad Nacional de Ucayali.

- Obtenido de [http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4433/UNU\\_FORESTAL\\_2020\\_T\\_FAUSTO-DA-SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4433/UNU_FORESTAL_2020_T_FAUSTO-DA-SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Damonte, G., Godfrid, J., & López, A. (2020). *Minería, escasez hídrica y la ausencia de una planificación colaborativa*. Grupo de Análisis para el Desarrollo. Obtenido de [http://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/GRADE\\_di102.pdf](http://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/GRADE_di102.pdf)
- De Echave, & Dies. (2017). *Pérdida de la cobertura vegetal y de oxígeno en la media montaña del trópico andino, caso cuenca urbana San Luis (Manizales)*. Revista Luna Azul.
- Delgado, G. (2011). *La gran minería en América Latina, impactos e impresiones*. ResearchGate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/332160302\\_La\\_gran\\_mineria\\_en\\_America\\_Latina\\_impactos\\_e\\_implicaciones](https://www.researchgate.net/publication/332160302_La_gran_mineria_en_America_Latina_impactos_e_implicaciones)
- Delgado, G. C. (2011). *La gran minería en América Latina, impactos e implicaciones*. doi:10.22201/fcpys.24484938e.2011.54.25663
- DIGESA. (2018). *Monitoreo de metales pesados en el aire*. Dirección General de Salud Ambiental. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Metales\\_Pesados\\_Aire.asp](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Metales_Pesados_Aire.asp)
- Duda, & Canty. (2014). *Clasificación no supervisada de coberturas vegetales sobre imágenes digitales de sensores remotos: "Landsat-ETM+"*. Facultad Nacional de Agronomía Medellín.
- Elizondo, J., & Palafox, L. (2005). *Fundamentos de procesamiento de imágenes*. Instituto Tecnológico de Ciudad Madero. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Metales\\_Pesados\\_Aire.asp](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Metales_Pesados_Aire.asp)
- Espinar, W. (2015). *Gran minería y conflictos sociambientales: Caso del distrito de Espinar, Cusco*. Sunedu. Obtenido de <https://doi.org/E50.H83-T> BAN UNALM
- Espinoza, P. (2017). *Impactos ambientales y sociales en minería y metalurgia. Experiencias lecciones aprendidas y desafíos*. Obtenido de

[https://nuevo.dar.org.pe/archivos/eventos/230217\\_foropublico/impactos\\_socioamb.pdf](https://nuevo.dar.org.pe/archivos/eventos/230217_foropublico/impactos_socioamb.pdf)

Espinoza, P. A. (2017). Impactos Ambientales y sociales en minería y metalurgia. Obtenido de

[https://www.dar.org.pe/archivos/eventos/230217\\_foropublico/impactos\\_socioamb.pdf](https://www.dar.org.pe/archivos/eventos/230217_foropublico/impactos_socioamb.pdf)

ESRI. (2012). *La topología en ArcGIS*. Obtenido de

<https://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/006200000003000000>

Flores, N. (2020). *Evaluación de las unidades de vegetación mediante sistemas de información geográfica y teledetección en Pantanos de Villa, Chorrillos-Lima*. Universidad Católica Sedes Sapientae.

Franzpc. (2012). *Clasificación supervisada y no supervisada en ArcGIS*. Obtenido de

<https://acolita.com/clasificacion-supervisada-no-supervisada-en-arcgis/>

Gaita, M. (2017). *Cuantificación e impacto del retroceso glaciar sobre los recursos naturales determinados mediante el SIG y Teledetección - Microcuenca Llullan, Ancash-Perú*. Universidad Agraria de la Molina. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2913>

García, M. (2014). *Inteligencia Emocional y su relación con las ventas de los colaboradores de la empresa TOPSA RETAIL S.A.C.* Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Obtenido de

[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/866/Tarma-TCA\\_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/866/Tarma-TCA_06.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Geoinstitutos. (2021). *La cobertura vegetal en la cuenca del canal de Panamá*. Obtenido de

[http://www.geoinstitutos.com/art\\_03\\_cober2.asp](http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp)

Golder Associates. (2018). *RESUMEN EJECUTIVO: MEIA ANTAPACCAY EXPANSIÓN TINTAYA - INTEGRACIÓN COROCCOHUAYCO*. Obtenido de

[https://www.senace.gob.pe/download/comunicaciones/eia-meia/antapaccay/Resumen-Ejecutivo\\_Antapaccay.pdf](https://www.senace.gob.pe/download/comunicaciones/eia-meia/antapaccay/Resumen-Ejecutivo_Antapaccay.pdf)

- Gonzaga, C. (2014). *Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales Landsat 7 ETM + y ASTER para la Caracterización de la Cobertura Vegetal en la Zona Centro de la Provincia De Loja, Ecuador*. Universidad Nacional de La Plata.
- Grandi , S., & Mella, J. (s.f.). *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales*. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=t8ZLSpM20m8C&pg=PA249&dq=clasificacion+supervisada&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjbgIXJ\\_43tAhX0KLkGHTOtCYgQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=clasificacion%20supervisada&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=t8ZLSpM20m8C&pg=PA249&dq=clasificacion+supervisada&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjbgIXJ_43tAhX0KLkGHTOtCYgQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=clasificacion%20supervisada&f=false)
- Grzywna, H., Bronisław, P., & Olszewska, B. (2018). *Análisis de las condiciones de humedad en las zonas bajas utilizando datos espectrales de alta resolución del satélite Sentinel-2 y las herramientas GIS*. ResearchGate. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/326155530\\_Analysis\\_of\\_moisture\\_conditions\\_in\\_the\\_lowland\\_areas\\_using\\_high\\_resolution\\_spectral\\_data\\_from\\_the\\_Sentinel-2\\_satellite\\_and\\_the\\_GIS\\_tools](https://www.researchgate.net/publication/326155530_Analysis_of_moisture_conditions_in_the_lowland_areas_using_high_resolution_spectral_data_from_the_Sentinel-2_satellite_and_the_GIS_tools)
- Haruma, M. (2011). *Una evaluación del impacto de las actividades mineras en la vegetación en el estado de la meseta de Bukuru Jos, Nigeria, utilizando el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI)*. Journal of Sustainable Development. Obtenido de <https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jsd/article/view/13188>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13189/MARTINEZ\\_RUFINO\\_FELICIDAD\\_MINERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13189/MARTINEZ_RUFINO_FELICIDAD_MINERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, E., & Xu, H. (2017). *Formación y evolución de la Laguna de la Niña 2017, utilizando imágenes satelitales Modis-Aqua*. Obtenido de <https://doi.org/03787702>

- Herrera, M., & Alaya, C. (2017). *Monitoreo de la calidad del agua del lago Chinchaycocha, mediante técnicas de teledetección espacial*. Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad. Obtenido de <https://ambientesustentabilidad.org/index.php/revista/article/view/46>ISSN: 2697-3529
- Huamani, W. (2015). *GRAN MINERÍA Y CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES: EL MAESTRÍA EN ECOLOGÍA APLICADA*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2060/E50-H83-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra - metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia.
- IDEAM. (2012). *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestaciones Colombia nivel subnacional escala gruesa y fina*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022108/PARTE2.pdf>
- INEI. (1993). *Hábitat humano y salud ambiental*. Obtenido de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1469/cap05.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1469/cap05.pdf)
- INEI. (2007). *Compendio estadístico, Perú*. Obtenido de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1673/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1673/libro.pdf)
- INEI. (2017). *Crecimiento Poblacional*. Obtenido de [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1173/cap03/cap03.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1173/cap03/cap03.pdf)
- IRENA. (2008). *Minería y contaminación ambiental en el Perú*. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE2000106390>
- IRENA. (2008). *Minería y contaminación ambiental en el Perú. AGRIS: International Information System for the Agricultural Science and Technology; GTMA-NOID*.

Instituto Nacional de Recursos Naturales. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PE2000106390>

Jaramillo, L., & Antunes, A. (2018). *Detección de cambios en la cobertura vegetal a través de la interpretación de imágenes Landsat por redes neuronales artificiales (ANN). Estudio de caso: Región Amazónica Ecuatoriana*. Revista de Teledetección. Obtenido de <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/8995>

Jiménez, C., Sobrino, J., & Guillem, S. (2011). *Introducción al PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE*. Universidad de Valencia. Obtenido de [https://www.uv.es/ucg/CURSO\\_TD4.pdf](https://www.uv.es/ucg/CURSO_TD4.pdf)

Lopes, A., Martinez, M., & Fernández, D. (2015). *Priorización de áreas de intervención morfométrico e índice de vegetación*. Scielo. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222015000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222015000100007).

Lossio, O. (2011). *El uso de imágenes satelitales y aerofotográficas en la enseñanza de la geografía*. Revista Geográfica de América Central.

Maldonado, M., & Quishpe, M. (2013). *OFERTA Y DEMANDA, USOS Y APLICACIONES DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO EN LAS FACULTADES Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, AL 2009*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2134/1/T-UCE-0005-326.pdf>

Mendoza. (2017). *Análisis multitemporal de la deforestación y pérdida de cobertura boscosa en la provincia de Manu, 2000-2016*. Universidad Nacional Federico Villarreal-Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2277>

Mendoza N., A., Passuni P., S., & De Echave C., J. (2014). *La minería en el sur andino: El caso de Cusco*. CooperAcción. Obtenido de <https://cooperaccion.org.pe/wp-content/uploads/2017/03/La-Miner%c3%ada-en-el-Sur-Andino-Cusco.pdf>

- Mendoza, A., Passuni, S., & De Echave, J. (2014). *LA MINERÍA EN EL SUR ANDINO: EL CASO DE CUSCO*. Obtenido de [https://cooperacion.org.pe/wp-content/uploads/2017/03/La-Miner% c3% ada-en-el-Sur-Andino-Cusco.pdf](https://cooperacion.org.pe/wp-content/uploads/2017/03/La-Miner%c3%ada-en-el-Sur-Andino-Cusco.pdf)
- Michalijos, M., & Uboldi, J. (2013). *Propuesta metodológica para la evaluación de áreas afectadas por incendios mediante el uso de imágenes satelitales (Sierra de la Ventana, Argentina)*. Scielo. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34022013000300012&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022013000300012&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- MINAGRI. (2020). *Plan Nacional de Cultivos*. Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan\\_Nacional\\_de\\_Cultivos\\_2019\\_2020b.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf)
- MINAM. (2013). *Informe final integrado de monitoreo sanitario ambiental participativo de la provincia de Espina* . Lima, Perú: Ministerio del Ambiente.
- MINEM. (2018). *Casi el 10% del PBI y el 61% de las exportaciones del 2018 fueron producto de la minería*. Ministerio de Energía y Minas. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/29754-minem-casi-el-10-del-pbi-y-el-61-de-las-exportaciones-del-2018-fueron-producto-de-la-mineria>
- Municipalidad Provincial de Espinar. (2015). *Estratégico de desarrollo concertado de la Provincia de Espinar al 2017*. Obtenido de [https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11811/PLAN\\_11811\\_2015\\_PLAN\\_E\\_DE\\_SARROLLO\\_CONCERTADO\\_ESPINAR\\_AL\\_2017.PDF](https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11811/PLAN_11811_2015_PLAN_E_DE_SARROLLO_CONCERTADO_ESPINAR_AL_2017.PDF)
- Muñoz, P. (2013). *Índices de vegetación*. Centro de información de recursos naturales . Obtenido de [http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema% 20Indice s% 20de% 20vegetaci% C3% B3n% 2C% 20Pedro% 20Mu% C3% B1oz% 20A.pdf?sequ ence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26389/Tema%20Indice%20de%20vegetaci%C3%B3n%20Pedro%20Mu%C3%B1oz%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Narrea, O. (2018). *La minería como motor de desarrollo económico para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8,9,12 y 17*. Consorcio de Investigación

Economica y Social. Obtenido de  
[https://www.up.edu.pe/egp/Documentos/agenda\\_2030\\_la\\_mineria\\_como\\_motor\\_de\\_desarrollo\\_economico\\_para\\_el\\_cumplimiento\\_de\\_los\\_ods\\_89\\_12\\_y\\_17.pdf](https://www.up.edu.pe/egp/Documentos/agenda_2030_la_mineria_como_motor_de_desarrollo_economico_para_el_cumplimiento_de_los_ods_89_12_y_17.pdf)

Novib, Comité Holandés para la UICN. (2013). *Minería: Impactos sociales y ambientales*. Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.

Ochochoque, J. (2017). *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera, centro poblado de Malenowski, distrito de MAzuxo, región de Madre de Dios*. Universidad Antiplano. Obtenido de  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4184/Ochochoque\\_Condori\\_Juan\\_Pastor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4184/Ochochoque_Condori_Juan_Pastor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Olalla, F., López, P., & Calera, A. (s.f.). *Agua y Agronomía*. Madrid, Barcelona. Obtenido de  
<https://books.google.com.pe/books?id=tWkJAQAQBAJ&pg=PA551&dq=ndvi+libros&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiLnIHBtYPtAhW2HbkGHSGCCJAQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=ndvi%20libros&f=false>

Omachi, C., Siani, S., Chagas, F., Mascagni, M., Cordeiro, M., Garcias, G., . . . Thompson, F. (2018). *Atlantic Forest loss caused by the world's largest tailing dam collapse (Fundão Dam, Mariana, Brazil)*. ScienceDirect. Obtenido de  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938518301137>

Ordoñez, J. (2017). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. Autores Científico Técnicos y Académicos. Obtenido de  
[https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/062017.pdf](https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf)

Osinermin. (2017). *La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país*. Obtenido de  
[https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf](https://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinermin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf)

OSINFOR. (2014). *Contribución en el monitoreo de la actividad minera en títulos habilitantes forestales, AÑO 2014*. Gobierno del Perú. Obtenido de

<https://www.osinfor.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/Mineria-Madre-de-Dios-21-de-junio.pdf>

Osores, F., Rojas, J., & Hermógenes, C. (2012). *Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública*. Scielo. Obtenido de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1728-59172012000100012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000100012&lng=es&tlng=es)

Paccara. (2019). *La minería ilegal, la otra destrucción de la Amazonía*. Universidad de Navarra. Obtenido de <https://www.unav.edu/web/global-affairs/detalle/-/blogs/la-mineria-ilegal-la-otra-destruccion-de-la-amazonia>

Parra , A., & Restrepo, A. (2014). *El colapso ambiental en el río Patía, Colombia: variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de manglar/The environmental collapse in the Patía River, Colombia: Variaciones morfológicas y alteraciones en los ecosistemas de Manglar*. Latin American Journal of Aquatic Research. Obtenido de <https://www.proquest.com/docview/1510574713?accountid=36216&forcedol=true>

Puspitaningsih, Y., Anggoro, R., Gunawan, D., Dwi, C., & Triwibowo, H. (2016). *Kualitas Air Permukaan dan Sebaran Sedimen Dasar Perairan Sedanau, Natuna, Kepulauan Riau*. Jurnal Segara. Obtenido de <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/segara/article/view/7655>

QGIS. (2013). *El SIG Líder de Código Abierto para Escritorio*. Obtenido de <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>

Quintero, F. (2015). *Análisis hídrico del páramo de Psba por variación multitemporal de la cobertura vegetal*. Universidad Santo Tomás de Colombia.

Ramírez, E., & Villena, L. (2017). *TELEDETECCIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES DE*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13249/Ram%C3%ADrez%20Mel%C3%A9ndez%20Edwin%20Elvis%20-%20Villena%20Llaxa%20Elvis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Raul, V. (2017). Extenso - Daños ambientales de la minería en el Perú ¿Que hacer con ellos? *III Conferencia Academica*. Obtenido de <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe/mineria-y-ambiente/extenso-danos-ambientales-de-la-mineria-en-el-peru-que-hacer-con-ellos/>
- Rebordosa , J., & López, K. (2017). Perú: País Minero. Obtenido de [https://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159](https://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159)
- Sánchez, P. (2012). *LA TELEDETECCION ENFOCADA A LA OBTENCION DE MAPAS DIGITALES*. Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>
- Sarria, F. (2006). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Shi, T., Largo, G., Chen, Y., Wang, W., Shi, Z., Li, Q., & Wu, G. (2018). *Técnicas de detección proximal y remota para el mapeo de la contaminación del suelo con metales pesados*. Taylor & Francis. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/05704928.2018.1442346>
- SINPAD. (2015). *Estado Situacional de la Emergencia-INCENDIOS FORESTALES EN EL DISTRITO DE YAURI ESPINAR*. Obtenido de [http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt\\_eme\\_situacion\\_emergencia.asp?EmergCode=00072455&expand=1](http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_eme_situacion_emergencia.asp?EmergCode=00072455&expand=1)
- Soares, J., De Morais, V., Alves, O., & Martins, A. (2020). *Estudo da dinâmica espaço-temporal do NDVI no Município de Sorriso-MT*. Revista Brasileira de Geografia Física. Obtenido de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>
- Suci, S., & Dwi, R. (2016). *Mapeo y Monitoreo de Cambios en la Densidad de Manglares en el Área de Minería de Estaño*. ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616002590>
- Tiezhu Shi, L. G. (2018). Proximal and remote sensing techniques for mapping of soil contamination with heavy metals. *Applied Spectroscopy*, 53, 12. doi:<https://doi.org/10.1080/05704928.2018.1442346>

- Toledo, E., Santana, A., Sánchez, A., Romero, Y., Ortega, S., & Jiménez, J. (2020). *Identification and isolation of heavy-metal tolerant and bioaccumulator bacteria obtained from El Fraile mine tailings, Mexico*. Terra Latinoamericana. Obtenido de <https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/430>
- U.S. Geological Survey. (2018). *Mineral Commodity Summaries*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/mineral-commodity-summaries>
- Ugarte, M. (2020). *GESTIÓN ESTATAL DEL CONFLICTO SOCIO-AMBIENTAL DE “TÍA MARÍA” EN PERÚ*. Scielo. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/anpol/v33n99/0121-4705-anpol-33-99-24.pdf>
- UMPE. (2018). *Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035*. Obtenido de [http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto%202\\_Cobre\\_FINAL\\_12Dic2018.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto%202_Cobre_FINAL_12Dic2018.pdf)
- Universidad de Murcia. (2003). *Correcciones a las imágenes de satélites. Apuntes de la asignatura teledetección en geografía*.
- USGS. (2013). *Landsat 8*. Servicio Geológico EE.UU. Obtenido de <https://pubs.er.usgs.gov/publication/fs20133060>
- Vargas, S. (2009). *Minería de datos: Predicción de la deserción escolar mediante el algoritmo de árboles de decisión y el algoritmo de los vecino mas cercanos*.
- Vargaya, Y. (2019). *Identificación de peligros antropogénicos en la minería en Madre de Dios, Ananea y la Oroya*. UNAP-Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14984>
- Vargaya, Y. (2019). *Identificación de peligros antropogénicos en la minería en Madre de Dios, Ananea y La Oroya. Suficiencia profesional*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14984>

- Vega. (2017). *Extenso-Daños ambientales de la minería en el Perú: ¿Qué hacer con ellos?*  
Obtenido de <http://www.metasbicentenario.consortio.edu.pe/mineria-y-ambiente/extenso-danos-ambientales-de-la-mineria-en-el-peru-que-hacer-con-ellos/>
- WRM. (2013). *Minería, impactos sociales y ambientales*. Obtenido de [https://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Mineria\\_Impactos\\_sociales\\_y\\_ambientales.pdf](https://wrm.org.uy/es/files/2013/04/Mineria_Impactos_sociales_y_ambientales.pdf)
- Yang, Z., Li, J., Cremallera, C., Shen, Y., Miao, H., & Donovan, F. (2018). *Identificación de los tipos de perturbaciones y trayectorias en áreas mineras utilizando imágenes de sensores remotos multitemporales*. ScienceDirect. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718324173>

## ANEXOS

### *Anexo 1. Ficha de registro de Imágenes Satelitales*

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>TÍTULO:</b>	
<b>FECHA:</b>	
<b>IMÁGENES SATELITALES</b>	
<b>CARACTERISTICAS</b>	2013-2020
Código	
Fecha de toma	
Zona UTM	
Elevación	
Azimut	
Fecha de adquisición	
Altitud	

Fuente: (Rodríguez & Rubianes, 2019)

### *Anexo 2. Registro de la cuantificación de variables*

<b>AÑO</b>	<b>2013-2020</b>	
<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>VALOR ADQUIRIDO - ESCALA DE MEDIDA</b>
Cobertura vegetal	Superficie	Hectáreas
Expansión minera	Superficie	Hectáreas

Fuente: (De la Cruz y Gamarra, 202)

*Anexo 3. Matriz de operacionalización de Variables*

EVOLUCION TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL EN EL DISTRITO ESPINAR, CUSCO MEDIANTE EL NDVI Y SU RELACION CON LA EXPANSION MINERA DURANTE EL PERIODO 2013 – 2020						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
COBERTURA VEGETAL	Es toda superficie cubierta de unidades vegetales, estas pueden ser homogéneas o variadas (Morales, 2016)	La cobertura vegetal es medida mediante el procesamiento digital de las imágenes satelitales Landsat entre los años 2013-2020 posteriormente mediante NDVI y clasificación supervisada, teniendo como clase N°1 a cobertura vegetal.	Superficie	análisis temporal	Teledetección Y NDVI	Hectáreas
Expansión minera	La expansión minera es el desarrollo superficial de exploración y explotación de recursos naturales, en ello se ve afectado la cobertura vegetal (OSINERMIN, 2017, pág. 66)	La cobertura vegetal es medida mediante el procesamiento digital de las imágenes satelitales Landsat entre los años 2013-2020 posteriormente mediante NDVI y clasificación supervisada, teniendo como clase N°2 a superficie minera.	Superficie	análisis temporal	Teledetección Y NDVI	Hectáreas