

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“INFLUENCIA DE LA EXPANSIÓN MINERA
CONSTANCIA SOBRE LA COBERTURA VEGETAL
DURANTE EL PERIODO 2010 – 2021 CUSCO-
PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autor:

Liseth Victoria Espinoza Perales

Asesor:

Mg. Ing. Margeo Javier Chumán
<https://orcid.org/0000-0002-4038-7591>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Mg. Elifio Gustavo Castillo Gomeró	07594283
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Mg. Leonidas Fernando Contreras Blanco	06122272
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mg. Marieta Eliana Cervantes Peralta	29425048
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Antecedentes	14
1.3. Marco Teórico	19
1.3.1. Principios y Fundamentos de Teledetección	19
1.3.2. Cobertura vegetal	22
1.3.3. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)	23
1.3.4. Minería	24
1.4. Marco Conceptual	26
1.4.1. Clasificación de imágenes	26
1.4.2. Puntos de control o campos de entrenamiento	26
1.4.3. Variabilidad Espacio temporal	26
1.4.4. Coeficiente de correlación de Pearson	27
1.4.5. Prueba de Normalidad	27
1.5. Justificación	27
1.6. Formulación del problema	28
1.7. Objetivos	29
1.8. Hipótesis	30
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	30
2.1. Tipo de investigación	30
2.2. Diseño	30
2.3. Población y Muestra	30
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	31
2.5. Procedimientos de recolección de datos	31
2.5.1. Adquisición y tratamiento de imágenes Satelitales Landsat	31
2.5.2. Obtención de cobertura vegetal	33
2.5.3. Obtención de superficie minera	33

2.5.4.	Determinación de Tasa de cambio	34
2.6.	Análisis de datos	35
2.7.	Consideraciones éticas	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS		36
3.1.	Análisis temporal de la expansión minera Constancia en el periodo 2010 a 2021	36
3.2.	Análisis temporal de la cobertura vegetal en el periodo 2010 a 2021	38
3.3.	Análisis espacial mediante uso cartográfico	43
3.4.	Análisis correlacional de la expansión minera y la cobertura vegetal	44
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		46
REFERENCIAS		51
ANEXOS		59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Interpretación de los valores de la correlación	27
Tabla 2. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	44
Tabla 3. Prueba correlacional	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes de la teledetección	20
Figura 2. Firmas espectrales típicas de la vegetación, suelo y agua.....	21
Figura 3. Uso de la herramienta FLAASH para la corrección atmosférica	32
Figura 4. Resultado visual del NDVI, antes de la clasificación supervisada.....	33
Figura 5. Resultado visual de la composición de bandas para superficies mineras.....	34
Figura 6. Flujograma de los procedimientos	35
Figura 7. Dinámica temporal de la expansión minera	37
Figura 8. Tasa de cambio de la expansión minera	37
Figura 9. Dinámica temporal de la cobertura vegetal ligera.....	40
Figura 10. Tasa de cambio de la cobertura vegetal ligera	40
Figura 11. Dinámica temporal de la cobertura vegetal densa.....	42
Figura 12. Tasa de cambio de la cobertura vegetal densa	42
Figura 13. Análisis espacial de la expansión minera y la cobertura vegetal.....	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de Vegetación Diferencial – NDVI.	33
Ecuación 2. Tasa de cambio de cobertura vegetal.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables	38
Anexo 2. Matriz de consistencia	39
Anexo 3. Ficha de recolección de imágenes satelitales.....	40
Anexo 4. <i>Ficha de recolección de superficie vegetal y superficie minera</i>	41

RESUMEN

El desarrollo acelerado de la actividad minera en el Perú está provocando diversas afectaciones, como la contaminación y pérdida de ecosistemas, más aún si esta explotación mineral se desarrolla abarcando mayores superficies territoriales, pues se encuentran modificando la calidad del suelo y pérdida de coberturas vegetales de gran valor, sobre todo las vegetaciones densas. Por ello, se planteó como objetivo conocer el grado de influencia de la expansión minera Constancia sobre la variabilidad de la cobertura vegetal en Chumbivilcas Cusco, durante el periodo 2010-2021. Para ello, se dio uso de las imágenes satelitales Landsat 7 y 8, luego se aplicó el índice de vegetación NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) para el análisis de cobertura vegetal, y la combinación de bandas para análisis de superficies mineras, estos fueron procesados en el software Arcgis 10.8 y el análisis estadístico en el SPSS v.26. Los resultados indicaron una influencia significativa entre la expansión minera y la cobertura vegetal de Chumbivilcas con una R de Spearman de 0,99. La cobertura vegetal densa tuvo una disminución promedio 28,27 ha/año y la cobertura vegetal ligera una disminución promedio de 52.4 ha/año. Se concluye que la alteración de las coberturas vegetales fueron influenciados por la expansión minera de tajo abierto Constancia.

PALABRAS CLAVES: Análisis multitemporal, variación de la cobertura vegetal, crecimiento urbano y expansión de la minería.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas la tierra ha sufrido múltiples cambios, como la evolución de las infraestructuras grises en conjunto con el desarrollo humano. Sin embargo, los peores cambios son reflejados en los ecosistemas, sobre todo las unidades vegetales, pues su descenso y alteración llegan a ser significativos, el territorio más afectado con los cambios de las coberturas vegetales es América del Sur (Quiñones, 2016). Según estudios ecosistémicos los cambios de la cobertura vegetal muestran descenso de 10 millones de hectáreas/año, magnitud que se logra a intensificarse con el transcurso de décadas (Pineda, 2015). De los cambios vegetales, las unidades más preocupantes son las vegetaciones de categoría clase densa, pues estas unidades son los menos vulnerables de forma natural y su pérdida muestra gran afectación territorial debido a la disminución de servicios ecosistémicos que desarrollan estas vegetaciones (Alvarado, 2015).

Las amenazas involucradas en estas alteraciones ecosistémicas son los fenómenos naturales y actividades antrópicas, esta última es el factor más desencadenante en las pérdidas de coberturas vegetales, sobre todo alteraciones en unidades vegetales de clase densa como los bosques, bofedales y arbustos densos (Gómez, 2014). Las actividades más destacadas son la tala con fines comerciales, el cambio de uso del suelo y la minería, esta última referida a las empresas mineras que explotan depósitos superficiales (Calvo y Sanhueza, 2006). La minería no solo agota la cubierta vegetal, sino que también afecta el suelo, provocando que el suelo se degrade, debido a los químicos utilizados para limpiar los minerales extraídos, también daña los ecosistemas cercanos a través de residuos peligrosos (Guiza, 2014), de manera similar, el desarrollo de la minería genera la construcción de caminos informales, que alteran el ecosistema (Arteaga, 2017).

El territorio peruano no fue ajeno a las pérdidas de cobertura vegetal, pues según informes el territorio lleva perdiendo 19 millones de hectáreas de cobertura en los últimos 10 años (BBC, 2020); en caso específico los cambios de la cobertura vegetal del territorio peruano son mayormente influenciados por las actividades mineras, cabe precisar que dentro de las actividades mineras, la ilegal es la más preocupante por sus distintas formas directas e indirectas de alterar un territorio sin contar con medidas de recuperación (Gómez, 2014). Las unidades mineras se logran localizar con mayor distribución en zonas altoandinas y zonas de selva, territorio con grandes unidades vegetales (Finer y Mamani, 2020). Informes nacionales indican pérdidas de 95,750 hectáreas en cobertura vegetal densa en los últimos 30 años (Benavides, 2016).

En el departamento de Cusco, que se ubica en la zona centro del Perú, se ha evidenciado crecimiento de la actividad minera, pues las inversiones anuales en esta actividad superan el 200% de inversión anual. La clase de minera que más se desarrolla en Cusco es la clase “tajo abierto”, unidad que busca abarcar mayor superficie de un territorio (Carreño, 2018). La tasa de deforestación anual reportada es de aproximado 6 hectáreas/mes y se encuentra entre los departamentos más afectados por la actividad minera (Hurtado, 2017). La Agencia de Fiscalización y Evaluación Ambiental del OEFA ha evidenciado que los suelos afectados por productos químicos, como los metales pesados son altamente dañinos para el desarrollo de la vegetación y, por tanto, no permite la existencia de las mismas (Ventura, 2019).

La unidad Minera Constancia que se encuentra localizada en la provincia de Chumbivilcas, Cusco, se desarrolla a tajo abierto para la extracción, producción y concentrado de cobre, con menor contenido de molibdeno y plata. La mina se encuentra ubicado en los Andes, en el sureste de Perú, a 4.100 m sobre el nivel del mar. Consta de dos

yacimientos, Pampacancha y Constanca (Municipalidad provincial de Cusco, 2017). Los impactos suscitados por la minera Constanca tenemos en primer nivel la extracción de minerales y materiales de construcción; y en segundo nivel están los basurales, tratamiento de residuos tóxicos, vertederos no controlados, relaves mineros y contaminación por transporte (derrames, emisiones, polvo) (Ejatlás, 2021). La unidad minera tiene su mayor producción en metales de cobre y molibdeno, y con menores cantidades en oro y plata (Ejatlás, 2021).

1.2. Antecedentes

Nacional

Alegre K. (2017) aplicó una investigación con el fin de evaluar y determinar los cambios evolutivos de la cobertura vegetal de la provincia de Yauyos, Ancash durante el periodo 1997 al 2017. Esta investigación se realizó con el fin de obtener conocimientos descriptivos de los cambios de la vegetación que se realizaron dentro de la provincia de Yauyos mediante un transcurso de tiempo, en el cual se tuvo en cuenta la población y muestra del área donde se desarrolla la investigación. La metodología fue descriptivo correlacional, no experimental longitudinal, ya que se basa en la obtención de datos de fenómenos a través de periodos de tiempo. El procesamiento de los datos se realiza en dos fases, el primero se realizó para obtener resultados de los fenómenos que mayor influyen en el área estudiada, mientras que en la segunda fase se realizó análisis multiespectrales con los datos del satélite para ver la productividad vegetal de los años de estudio. Al evaluar las imágenes satelitales se concluyó que la cobertura vegetal densa perdió 39492.3 ha, que viene hacer el 10.5% de la superficie total, lo cual se consideró área irrecuperable e infértil, así mismo la cobertura vegetal ascendió en 41974.1 ha, que es el 6% de la superficie total.

Miyashiro, M y Ortiz, M. (2016) realizaron este trabajo de investigación con el objetivo de estimar y analizar las variaciones de toda la superficie de cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo frente al crecimiento poblacional y minera en los años 1986-2014. Dicha investigación busca obtener datos de la variación de cobertura vegetal, debido a que se ha visto significativamente una expansión urbana clandestina dentro de estas lomas. Del mismo modo, con los datos obtenidos se pretende delimitar la zona estudiada para convertirla en un área protegida con fines de conservación de la biodiversidad temporal que se encuentran. Así mismo, realizar un ordenamiento territorial de estas zonas urbanas para evitar las invasiones. Con procesamientos de imágenes y los análisis de los resultados se va a establecer la evolución de la cobertura vegetal, invasiones, minería mediante teledetección. Se concluyó que la extensión de la cobertura vegetal de las lomas dio como resultado un 3.4% que poco después lo convirtieron a suelo para extraer minerales a lo largo del periodo del estudio, a su vez se incrementó áreas urbanas informales e invadidas por la población migrante y marginales de escasos recursos.

Flores et al. (2020), realizaron un estudio con el fin de evaluar las categorías vegetativas y los cambios temporales ocurridas en ella, el territorio en análisis fue los pantanos de Villa, que se ubica en el departamento de Lima, estas coberturas vegetales estaban amenazados por el crecimiento minero de tajo abierto. El diseño de la investigación realizada es descriptiva, con geoprocesamiento de imágenes satelitales Landsat, y la aplicación del índice vegetativo NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) el cual para la identificación de clases territoriales se consideró la clasificación supervisada mediante áreas de entrenamiento homogéneo, los geoprocesamientos y manejos espaciales se llevaron a cabo en el programa ArcGIS 10.4. Los resultados reflejaron una reducción de la cobertura vegetal con una magnitud del 17% en un periodo de análisis de 10 años (2008-2018). Las superficies hídricas mostraron un incremento durante el periodo de análisis esto

se debe a las fosas de las unidades mineras. Por otro lado, la superficie minera tuvo un incremento territorial promedio de 28 ha/año.

Internacional

En primer lugar, Pinto, Chamarro y Mesías (2015), en su investigación, identificó la pérdida de vegetación en la mina de Carbón Cerrejón y La Loma - Colombia por la acción minera en La Guajira, para ello utilizó una metodología SIG, realizando geoprocesos de imágenes satelitales Landsat (TM+) con el fin de cuantificar áreas de vegetación deforestada e impactos ambientales en un período de tiempo, teniendo como resultado que la mina Cerrejón - Guajira durante los años 1986 y 2007 incrementó su área deforestada de 1417.2 ha a 6948.9 ha y la mina Cesar - La Loma entre los años 1989 y 2015 tuvo un incremento de áreas deforestadas de 1562 ha a 3895 ha, concluyeron que el área explotada por la mina Cerrejón aumentó significativamente y las áreas deforestadas aún no han sido recuperadas.

Liu et al (2019) analizó con base en un periodo de tiempo 2006 al 2015 el efecto de la geomorfología, profundidad de agua subterránea, condiciones climáticas y actividades mineras sobre la variación de vegetación en Yushenfu - China, para ello utilizaron los índices de diferencia normalizada de vegetación y el método Sen + Mann - Kendal, en donde se determinó que las actividades mineras tienen una gran influencia en la ecología de la vegetación con una tendencia creciente del 2006 al 2015 y la degradación ecológica causada fue un 41.8 % mayor que el de las áreas no explotadas, indicando que las actividades mineras generan un gran impacto en la ecología de la vegetación.

Del mismo modo Mohammad, et al (2021), evaluaron los impactos y cambios futuros que se producirían en la cobertura vegetal de cuatro minas de diferentes países mina Sungun - Irán, arenas petrolíferas de Athabasca - Canadá, yacimiento de carbón Singrauli - India y

la mina Hambach en Alemania, para ello utilizaron imágenes satelitales en el periodo 1989 - 2019, utilizando Markov para predecir los mapas LST y NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) donde se determinó que la pérdida de cobertura forestal fue de 69.95 a 5.9 en la mina Sungun, de 42.14 a 33.09 en las arenas petrolíferas de Athabasca, de 231.46 a 263.95 para Singrauli y de 180.38 a 133.99 en la mina Hambach, concluyendo que la teledetección óptica permite monitorear las características biofísicas y los cambios en la vegetación con el fin de proponer medidas correctivas y proteger nuestro ambiente.

Carranza y Tasilla (2020) analizaron la pérdida de cobertura vegetal mediante el método de análisis multitemporal de imágenes satelitales y la técnica de clasificación supervisada, obteniendo como resultados que en el periodo 1987 hasta el 2017, la cobertura vegetal tuvo una tasa de cambio de -0.0043, es decir una decadencia de cobertura vegetal en el distrito de Morales, siendo el principal factor el crecimiento demográfico

Giraldo (2017), realizó una investigación titulada “Crecimiento minero en el Alto Ramis y su degradación en la cobertura vegetal” el análisis territorial se aplicó en la parte alta de la Cuenca del Ramis. La metodología marcada por el estudio es un análisis descriptivo temporal, en donde se busca analizar los cambios temporales y espaciales de la cobertura vegetal, para ello dieron uso del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI – Índice de vegetación de diferencia normalizada) para la identificación de unidades vegetales en los años 1998 y 2015. La determinación de la cobertura vegetal se dio por el método de clasificación no supervisado, y la identificación de superficies mineras se dio por la combinación de bandas SWIR 2, ROJO y VERDE. Los resultados reflejaron un incremento de la superficie minera en 25% y un descenso de la cobertura vegetal en 2290.70 ha (32%).

Morera y Sandoval (2016), realizaron un estudio de la evolución espacio temporal de cobertura vegetal del Parque Nacional Corcovado de Costa Rica durante el periodo 2000 a

2015. La metodología consistió en el uso de la teledetección para el análisis e identificación de unidades vegetales, asimismo se consideró la aplicación de la técnica supervisada mediante polígonos de entrenamiento el cual son localizadas en áreas conocidas. Seguido a ello, se dio uso de la cartografía para el análisis espacial de la cobertura. Los resultados reflejaron que la cobertura vegetal de clase densa tuvo un descenso de 15% y la superficie minera dedicada a la extracción de oro demostró un incremento superficial del 17%. Asimismo, el análisis de correlación de Pearson, demostró una influencia del 87%.

Wohlfart y venir (2017), realizaron un estudio con el fin de conocer la variabilidad temporal de la cobertura vegetal de la cuenca del río Metztlán que se encuentra localizado en México, asimismo se busca conocer la variación superficial de la minería ilegal. La metodología aplicada fue el uso de imágenes satelitales para el análisis territorial, el cual se complementó con el índice NDVI-Índice de vegetación de diferencia normalizada, asimismo dieron uso del algoritmo de clasificación supervisada de tipo verosimilitud. Los procesos de uso de imágenes y su respectiva manipulación, desarrollaron el programa Arcgis 10.5. Los resultados mostraron que el crecimiento urbano influye en un 86% en los cambios en la cobertura vegetal de la cuenca del río Metztlán. Por otro lado, el descenso de la cobertura vegetal de clase densa se cuantificó en 112 hectáreas y una pérdida de 60 hectáreas en cobertura vegetal de clase poco densa, todo el análisis durante el periodo 2000-2016.

Local

Rojas (2017) realizó un estudio demostrando la utilidad de las imágenes satelitales y su importancia para detectar áreas deforestadas por la minería en la región centro del Perú. Este estudio utiliza imágenes satelitales landsat de resolución espacial de 30m. Luego se calculó el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI-Índice de vegetación de diferencia normalizada) y se usó para determinar la cobertura vegetal en los siguientes tipos escasa

vegetación, vegetación natural, tierras cultivadas y cuerpos de agua. Los resultados muestran que entre 2006 y 2007 la deforestación por minería aurífera en la Quebrada Guacamayo comenzó a avanzar. También señala que la tasa anual promedio tuvo un incremento a una razón de 1.260 ha/año. Finalmente, los datos estadísticos indican que la deforestación por minería, tiene una asociación de - 0.95, el cual indica que a medida que incrementa la superficie minera, desciende la cobertura vegetal.

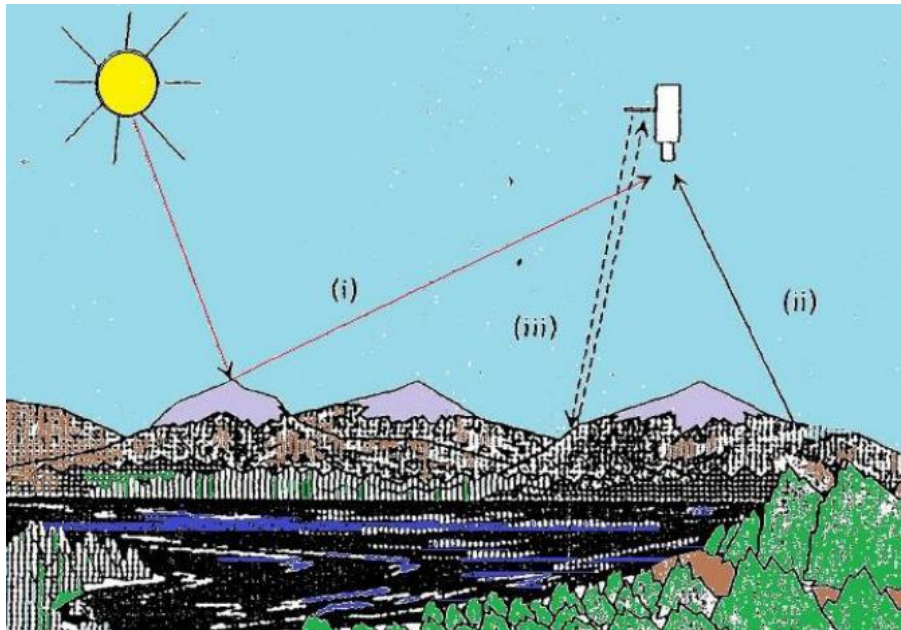
Alarcón et al. (2015) tuvieron como objetivo el análisis de cambio temporal de la cobertura vegetal de los distritos de Guacamayo y Lamar del distrito de Inambari Madre de Dios. Para identificar los cambios temporales de la deforestación en los distritos mencionados se dio por uso las imágenes espectrales de Landsat/TM (2000-2013) y se consideró la clasificación temática y álgebra de bandas (NDVI-Índice de vegetación de diferencia normalizada). Los hallazgos muestran que la cubierta forestal ha disminuido significativamente como resultado de los avances en la minería aluvial informal y la extensión de los límites de las tierras agrícolas, esta magnitud de descenso es a 38 ha/año. Y esta deforestación continuará aumentando a menos que se implementen mecanismos para controlar la explotación minera.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Principios y Fundamentos de Teledetección

Es una técnica que permite el reconocimiento de la superficie del suelo o agua, sin necesidad del contacto directo, todo ello gracias a las radiaciones electromagnéticas que interactúan en el medio ambiente y la superficie terrestre (Chuvieco 2008). Por ello, su aplicación permite valorar y cuantificar los cambios evolutivos de la cobertura vegetal (Lillesand & Kiefer 1994). La teledetección permite facilitar la comprensión acerca de las propiedades y comportamiento de las unidades territoriales, las mediciones se dan por sensores que navegan fuera de la cobertura planetaria (Schultz & Engman, 2014).

Figura 1. Factores de la teledetección



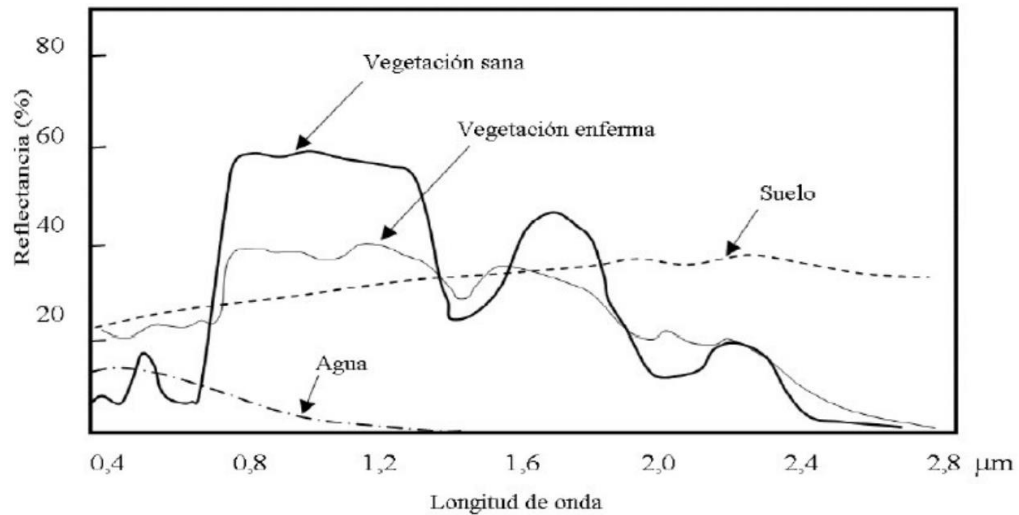
Fuente: (Schultz & Engman, 2014)

En la Figura 1, el sector (i) se visualiza la radiación solar sobre la superficie y la reflectancia generada por la misma, para ser captada por el sensor. Asimismo, dentro de una unidad territorial se puede analizar los cambios temporales de la misma, y que también son medidas por el sensor (ii). En el sector (iii), se visualiza la transferencia de información del sensor hacia una unidad receptora, esta última convierte la información en un producto llamado imagen satelital (Chuvienco, 1995).

Reflectancia de las superficies terrestres

Todas las unidades territoriales como superficie rocosa, cuerpos de agua, vegetación, cascos urbanos, etc., absorben y reflejan radiaciones electromagnéticas, cada una con diferentes comportamientos reflejados en una firma espectral (Slater, 1980.). La firma espectral evidencia la respuesta de distintos materiales de la superficie a la radiación solar incidente en función de la longitud de onda λ . En la Figura 2, se muestra la gráfica de las firmas espectrales del agua, vegetación y suelo.

Figura 2. Firmas espectrales de unidades territoriales



Fuente: (Hernández y Montaner, 2009)

Imágenes satelitales

Según Pérez (2018), las imágenes satelitales son productos con información de valores digitales que se almacenan en cada píxel, esta se encuentran en formato raster para ser leída por distintos programas de información geográfica. Antes de la aplicación de las imágenes satelitales, es considerable la rectificación de las mismas, por las distintas interferencias del medio natural, como la nubosidad.

Corrección de imágenes satelitales

Los sensores que recolectan las informaciones espectral de la cobertura terrestre muestran distorsiones, debido a que las radiaciones son provenientes de la superficie terrestre, sumada a la energía dispersada y reflejada por la atmósfera, conocida como radiancia (Aguilar et al., 2014). Esta información de intensidad es almacenada en una representación discreta de números digitales (ND) que tienen una escala artificial (Kruse, 2004). En conclusión, es recomendable convertir los valores de ND a escala espectral normalizada (Edwards, 1998). Por tanto, la corrección atmosférica busca recuperar la radiancia propia y única del objeto de análisis. Para ello se requiere:

- 1) Convertir los números digitales ND de cada banda a valores de radiancia (L),
- 2) la radiancia se convierte a valores de reflectividad también conocida como TOA, esta se aplica en el programa ENVI mediante la herramienta FLAASH (Kruse, 2004).

Los efectos de dispersión y distorsión atmosféricos se compensan por medio de fórmulas matemáticas, en este caso planteadas por el modelo MODTRAN 4 que es el modelo base de la extensión FLAASH “Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hypercubes” que se encuentra en el programa ENVI (Aguilar et al., 2014).

1.3.2. Cobertura vegetal

Se entiende por cobertura vegetal a toda superficie terrestre cubierta por especies vegetales estas van desde una categoría leve hasta una categoría densa como los bosques (Ministerio del Ambiente, 2017). La observación remota de las cubiertas son medidas gracias a las bandas del espectro visible (debido a un comportamiento de alta absorción y baja reflectividad) y el NIR (comportamiento de baja absorción y alta reflectividad). Este comportamiento espectral teórico de las coberturas vegetales ha sido la base para obtener una serie de índices de vegetación, que se basan precisamente en el contraste entre las bandas R y NIR del espectro (Bannari et al. 1995; Curran 1981; Myneni et al. 1997; Sellers 1989; Chuvieco 2008).

Pérdida de cobertura vegetal

Según Jalmacin (2017) la pérdida de la cobertura vegetal desempeña un efecto importante sobre la biodiversidad y el ecosistema, pudiendo fomentar la infertilidad del suelo, pérdida de la flora y fauna, así mismo afecta las provisiones de bienes y servicios que toda persona por derecho recibe (Lei et. al, 2017). Las causas más comunes que son reportadas por la pérdida de la cobertura vegetal son las infraestructuras grises, invasiones,

tala, entre otros, lo cual se mide mediando su frecuencia, intensidad, extensión, calidad, y origen. (Armenteras et al, 2016, p.10).

Las actividades humanas como el desarrollo agrícola, expansión minera y crecimiento urbano, son los factores de mayor amenaza en los cambios de unidades vegetales (González et al., 2016). La minería a tajo abierto es la actividad con mayor alteración ecosistémica, sea mediante cambios de cobertura vegetal, afectaciones en el suelo y contaminación de fuentes hídrica que dan soporte a las coberturas vegetales (Osinergrmin-Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2017).

Es así que para la medición de cambios temporales es necesario el conocimiento del **Sistema de Información Geográfica (SIG)**, ya que es un recurso para la obtención de información de cobertura vegetal y la superficie minera, y medir sus cambios evolutivos, con el fin de tomar medidas para salvaguardar la biodiversidad (Sánchez, 2015). A través de las imágenes satelitales que son sometidas a un proceso de comparación de acuerdo a su periodo de tiempo, se puede realizar el análisis de detección de cambio (Siabato, 2018).

1.3.3. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El NDVI es un índice de la teledetección el cual permite identificar con claridad las unidades vegetales de un territorio y sus cambios ocurridos en ella (Ramos 2017). El índice requiere de dos bandas espectrales “infrarrojo cercano y rojo visible”, estas bandas presentan una peculiaridad en las vegetaciones, pues hay mayor absorción del rojo visible por parte de las células vegetales y mayor reflectancia del infrarrojo cercano (Earth Observing System, 2017). La ecuación que determina al índice NDVI es el siguiente: “ $NIR-R / NIR+R$ ” (Ramos 2017). El resultado de este índice es un rango de -1 a +1.

Por otro lado, tenemos el NDVI quien indica si existe o no vegetación en un determinado lugar, según Liu N. y Treitz P. (2016), permite determinar suelo desnudo, cubierta rocosa, pastizales y coberturas densas como los bosques y bofedales. Además, el NDVI es no dimensional, si hay valores menores a 0.1, correspondería a la presencia de tierra desnuda y cuerpos de agua, si los valores son mayores indican presencia de coberturas vegetales en distintas categorías, partiendo desde coberturas ligeras o poco densas como los pastizales y coberturas densas como los arbustos, bofedales y bosques (Liu et al, 2019).

1.3.4. Minería

Es el conjunto de actividades exploratorias o de explotación mineral que se encuentran dispuestos en todo el suelo terrestre, esta actividad es sostenible, puesto que en el mercado el Oro y la Plata son minerales usados (Solano,2016).

- **Minería Artesanal:** La minería artesanal tiene como uso procesos manuales y equipos poco sofisticados en la explotación de recursos minerales, además la característica dimensional es un territorio a 1000 ha. (Spiro, 2018).
- **Pequeño Productor Minero:** En esta clasificación mejoran el uso instrumentos más sofisticados y las dimensiones son más densos, llegando alcanzar superficie de 2000 ha.
- **Minería Ilegal:** En este proceso usan equipos y actividades que no son reglamentadas para la explotación de recursos, y sobrepasan los impactos ambientales.
- **Minería Informal:** Es una actividad que se encuentra en proceso de formalización, y esto se debe a que su proyección de explotación no estuvieron claramente definidas por ello su formalización es de manera gradual.

Componentes de una unidad minera

La unidad minera presenta componentes como equipos, infraestructuras, instalaciones, complejo metalúrgico, zonas de explotación, transporte interno, beneficio, disposición de relaves y desmontes, almacenamiento, instalaciones auxiliares y transporte (Brizuela et al., 2007). Se clasifican en unidades principales y auxiliares:

- **Principales:** Son componentes que directamente están involucradas con la explotación del mineral, un claro ejemplo son los depósitos de relaves, planta de procesamiento, redes de transporte, entre otros (Chipana, 2013).
- **Auxiliares:** Son aquellos componentes que se requieren de forma temporal para complementar una actividad, estas pueden ser grifos, líneas de transmisión eléctrica, entre otros (Chipana, 2013).

Impactos de la actividad minera

Los principales impactos de esta actividad son la contaminación ambiental, la modificación física y química de los suelos y la deforestación. Contaminación generada por el uso de mercurio dentro del proceso de recuperación del oro metálico y por el vertimiento de sólidos en suspensión en determinados cursos de agua, y vertimiento de los residuos en cursos de agua y terrenos superficiales (Baca, 2013; Pacheco, 2014).

Lillo (2006) señala que la minería es una actividad a corto plazo pero con efectos a largo plazo. Cuando se realiza actividades mineras en zonas de bosque constituye una depredación. Asimismo, consumen grandes cantidades de agua. El agua termina contaminada con materiales tóxicos que pueden continuar durante muchos años. Asimismo, los distintos productos peligrosos llegan a terminar en pequeñas partes en sistemas de drenaje.

1.4. Marco Conceptual

1.4.1. Clasificación de imágenes

Es un proceso de ordenamiento de los píxeles en números de clase o categorías, en concreto una clasificación o agrupamiento en píxeles similares (Demir et al., 2018). Esta clasificación permite conocer más subunidades de una unidad territorial (Abburu y Babu, 2015).

- **Clasificación supervisada:** En este proceso se caracteriza por tener un conocimiento de la zona de estudio, lo cual permite tener unidades o campos de entrenamiento. Estas unidades de entrenamiento permitirán la clasificación mediante algoritmos matemáticos, como el de máxima verisimilitud que se encuentra en el programa Arcgis (Savali y Ditix, 2016).
- **Clasificación no supervisada:** Este proceso se caracteriza en definir las clases espectrales que están presentes en la imagen sin la intervención del hombre, solo por una clasificación estadística que promueva el programa en uso (Duda y Canty, 2014) .

1.4.2. Puntos de control o campos de entrenamiento

Puntos o polígonos del terreno de localización conocida e identificación clara de una unidad territorial, como por ejemplo la localización todas las coberturas de tipo agrícola de un territorio (Labrador, Evora y Arbelo 2012).

1.4.3. Variabilidad Espacio temporal

Es el cambio temporal y espacial de una unidad territorial que existe entre dos momentos distintos. La variabilidad espacio temporal de la cobertura vegetal y la expansión minera comprende el análisis del comportamiento de la superficie ocupada (kilómetros cuadrados) con respecto al tiempo. (Sánchez Ramos, 2009).

1.4.4. Coeficiente de correlación de Pearson

Según Spiegel (1992), es un índice que mide la relación lineal entre dos variables. El coeficiente de correlación de Pearson es aplicado en este trabajo para medir la relación entre la expansión minera y la cobertura vegetal durante el periodo 2010 – 2021.

En la siguiente tabla se presenta los rangos y descripciones de los valores de una R de correlación.

Tabla 1. Interpretación de los distintos valores en una correlación

Positivo (directo)	Negativo (inverso)	Significado
Rango	Rango	
$r = 1$	$r = -1$	Perfecta
$0.8 < r < 1$	$-0.8 > r > -1$	Muy Alta
$0.6 < r < 0.8$	$-0.6 > r > -0.8$	Alta
$0.4 < r < 0.6$	$-0.4 > r > -0.6$	Moderada
$0.2 < r < 0.4$	$-0.2 > r > -0.4$	Baja
$0 < r < 0.2$	$0 > r > -0.2$	Muy Baja
$r = 0$		Correlación Nula

Fuente: (Gonzales, 2009).

1.4.5. Prueba de Normalidad

Este método permite conocer la distribución estadísticas de las variables. Esto con el fin de aplicar posteriormente pruebas paramétricas o pruebas no paramétricas (Romero – Saldana, 2016). Cuando la significancia bilateral o la probabilidad es mayor 0,05 significa que las variables muestran una distribución normal (Flores, Muñoz y Sánchez, 2019).

1.5. Justificación

La justificación del presente estudio es debido a que no hay estudios previos de la pérdida de cobertura vegetal de Chumbivilcas que es afectada por la expansión minera Constancia localizada en Cusco, la necesidad es ver cuáles son los cambios espaciales en estos últimos 12 años en la cobertura vegetal que será medido por imágenes satelitales. Por

lo que, este estudio tiene la intención de brindar un aporte de conocimiento y que pueda ayudar a los nuevos investigadores en su posible gestión y conservación, sobre todo de especies endémicas de alto valor ecosistémico. Además, el estudio será de referencia en posteriores estudios que busque analizar los cambios evolutivos de la cobertura vegetal y el desarrollo espacial de una unidad minera.

Las coberturas vegetales están en constante cambio, sobre todo siendo alteradas por las actividades antrópicas. Es por ello el uso de imágenes satelitales para llevar a cabo los cambios ocurridos sin tener el contacto con el territorio, y llevar así decisiones sobre su conservación (Salinas, 2017)

La importancia de esta investigación radica en el análisis de la cobertura vegetal sobre todo las coberturas de clase densa que presentan altos valores de NDVI, es por ello que esta investigación es para demostrar cuán eficiente es la teledetección.

Finalmente, los resultados del presente estudio son relevantes para la gestión del territorio, sobre todo en los distintos planes locales y regionales. Asimismo, llamar el interés de instituciones dedicadas al manejo y conservación de ecosistemas como el MINAM – Ministerio del Ambiente y SERNANP – Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, instituciones que tiene por finalidad velar la conservación de cobertur vegetal.

1.6. Formulación del problema

- **Formulación General**

¿Cómo incluye la expansión minera Constancia en la variación superficial de la cobertura vegetal en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021?

- **Formulaciones Especificos**

- ¿Cómo es el cambio temporal de la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021?
- ¿Cómo es el cambio temporal de la cobertura vegetal durante el periodo 2010-2021?
- ¿Cuáles son los cambios espaciales de la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021?
- ¿Cuál es el grado de correlación entre la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021?

1.7. Objetivos

- **Objetivo General**

Determinar la influencia entre la expansión minera Constancia y la variación superficial de la cobertura vegetal en Chumbivilcas Cusco durante el periodo 2010-2021.

- **Objetivos Especificos**

- Analizar los cambios temporales de la expansión minera Constancia en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021.
- Analizar los cambios temporales de la cobertura vegetal de Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021.
- Analizar los cambios espaciales de la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021.
- Determinar el grado de correlación entre la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021.

1.8. Hipótesis

La hipótesis planteada es la siguiente: Existe una influencia inversa entre la expansión minera y la cobertura vegetal, Cusco durante el periodo 2010 a 2021.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente es de tipo aplicada con nivel descriptivo correlacional, donde se recopiló registro temporal de una unidad territorial con el fin de observar las variaciones temporales y espaciales de la cobertura vegetal y la expansión minera (Arias, 2011). Asimismo, es de tipo descriptivo correlacional, puesto que se busca relacionar la expansión minera y la cobertura vegetal (Hernandez, 2014).

2.2. Diseño

El estudio fue de diseño metodológico no experimental, ya que aplica la manipulación de variables, por lo contrario, solo se dio uso de la observación de los fenómenos naturales (Vargas, 2009). Por otro lado, fue de corte longitudinal, ya que se estudiaron cambios espaciales y temporales durante el periodo 2010 a 2021, con el fin conocer la evolución de la expansión minera y la pérdida de cobertura vegetal (Hernández, 2014).

2.3. Población y Muestra

Población

La presente investigación tiene como población a toda la cobertura vegetal situada en la provincia de Chumbivilcas - Cusco.

Muestra

Carrillo (2015) indica que la muestra es un elemento representativo. En este estudio se consideró como muestreo no probabilístico por conveniencia. Pues se tomó como muestra una área de estudio que alberga a la cobertura vegetal amenazada por la expansión de la unidad minera Constancia, que es aproximadamente un cerco perimetro de 4 km de radio a la redonda de la unidad minera, esta superficie abarca aproximadamente 32 km².

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Técnicas e instrumentos de recolección

La técnica que se empleó en este trabajo de investigación fue la observación no experimental (fotointerpretación), lo cual es definida como una técnica que permite seleccionar datos de cobertura vegetal y superficie minera, mediante el geoprocesamiento digital para su posterior cuantificación. En esta técnica se encuentra la recopilación, acumulación y transformación de datos (Chávez de Paz, 2014). Asimismo, se contempló el uso de los programas ENVI y ArcGis.

El instrumento considerado fue una ficha de observación, en donde se registra los datos geo-procesados de cobertura vegetal y superficie minera de manera temporal “2010-2021” (ver anexo). Este instrumento fue adoptado de la investigación realizada por Caballero (2021).

2.5. Procedimientos de recolección de datos

2.5.1. Adquisición y tratamiento de imágenes Satelitales Landsat

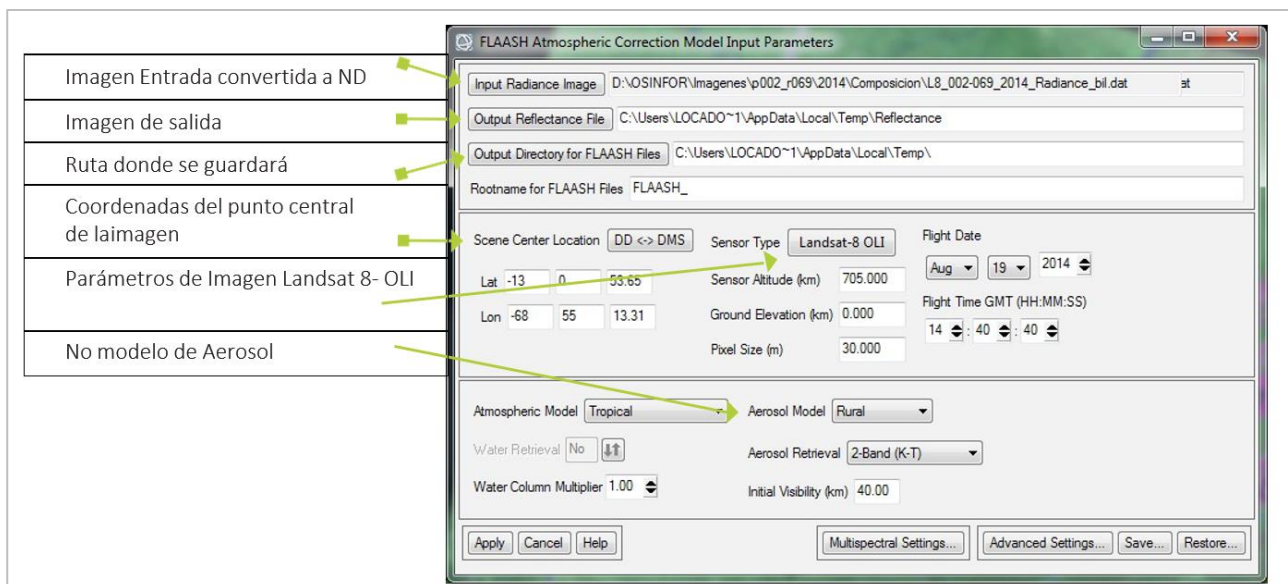
Los datos de imágenes satelitales son de acceso libre a través de la página web del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS): <http://glovis.usgs.gov/>, el resultado de estos procesos son 12 imágenes formato Geotiff donde cada una contiene más de 11 bandas

espectrales. Seguido a ello se consideró las correcciones digitales de las imágenes, debido a unas interferencias de aerosoles.

a. Corrección Radiométrica: este proceso se llevó a cabo en el programa ENVI. Pues se aplicó la herramienta de Calibración Radiométrica, donde los píxeles son transformados a valores de radiancia.

b. Corrección Atmosférica: este proceso se llevó a cabo por la herramienta FLAASH de ENVI, para ello, se requirió una información base de la imagen a tratar: tipo de sensor Landsat, Altitud, año de adquisición, coordenadas centrales de la imagen.

Figura 3. Herramienta FLAASH en el programa ENVI



Las imágenes rectificadas fueron llevados al programa Arcgis para su posterior geoprocésamiento y determinación de unidad superficiales temporales en kilómetros cuadrados.

2.5.2. Obtención de cobertura vegetal

La medición de cobertura vegetal se dio mediante el índice NDVI, la ecuación aplicada es a las bandas de infrarrojo cercano y visible rojo

Ecuación 1. *Índice de Vegetación Diferencial – NDVI.*

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Luego de determinar el NDVI, se aplica una **clasificación supervisada** tomando en cuenta las áreas de entrenamiento, el cual comparte una homogeneidad temática (Hurtado, 2019). Para la determinación de áreas de entrenamiento se aplicó la composición de las imágenes satelitales de color real, con el fin de distinguir clases de cobertura (Oliveira, 2019), las dos clases aplicadas fueron cobertura vegetal ligera, relacionadas a pastizales; y cobertura vegetal densa relacionada a arbustos y bofedales.

Figura 4. *Resultado visual del NDVI, antes de la clasificación supervisada*



2.5.3. Obtención de superficie minera

Para la identificación de las superficies mineras se consideró la combinación de bandas espectrales landsat SWIR 2, RED y GREEN (Jaramillo y Antúnez, 2018). Asimismo, se aplicó la técnica de clasificación supervisada para mejorar la identificación tanto de las unidades mineras como la cobertura vegetal.

Figura 5. Resultado visual de la composición de bandas para superficies mineras



2.5.4. Determinación de Tasa de cambio

Para la determinación de la tasa de cambio, se aplicó la ecuación recomendada por (Nina, 2015)

Ecuación 2. Tasa de cambio de cobertura vegetal

$$T. C. = \left[\left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \right] * 100\%$$

Donde:

T.C.= Tasa de cambio (%)

S_1 = Superficie de año inicial (ha)

S_2 = Superficie de año final (ha)

$t_2 - t_1$ = periodo transcurrido (años)

Para identificar las superficies mineras se aplicó una combinación de bandas RGB SWIR 2, ROJO y VERDE (Jaramillo y Antúnez, 2018), identificando las superficies mineras con un solo color (ligeramente rojo). Luego, se aplicaron escaneos manuales de superficie, estos procedimientos se realizaron en el software ArcGIS 10.8 (Esri, 2016) y los datos resultantes se almacenaron en una matriz de Excel.

2.6. Análisis de datos

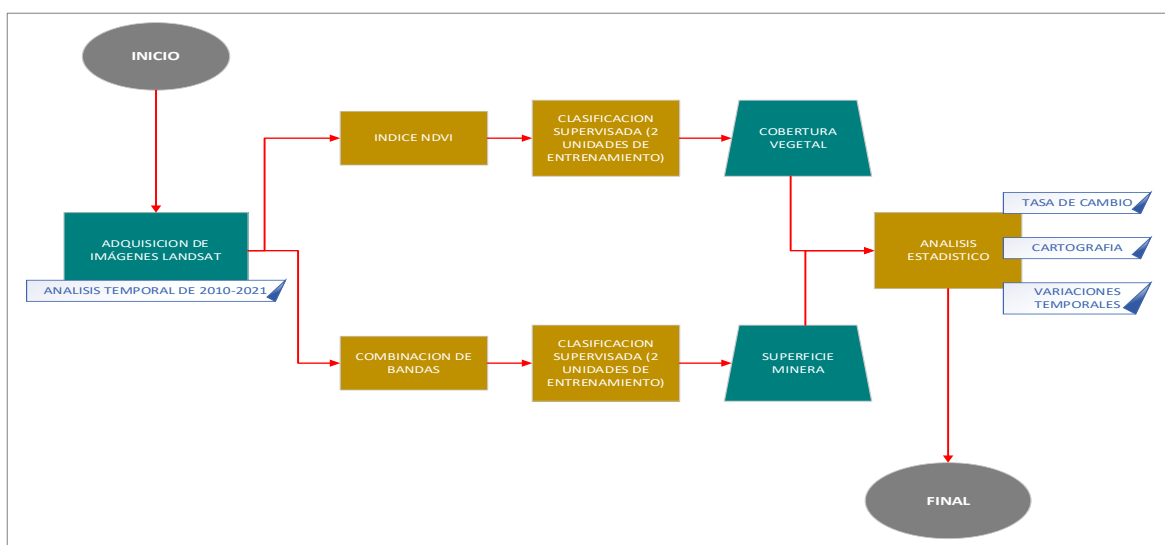
Para el análisis estadístico descriptivo se dio uso del programa Excel debido a su versatilidad en formatos y plantilla modificables. Estas se aplicaron para expresar los cambios temporales en barras y las tasas de cambio

Para el análisis estadístico inferencial se consideró el programa SPSS v.26, en ella se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro Willks, que es recomendado para datos inferiores a 50 unidades. Luego se dio uso estadístico de correlación con el fin de conocer el grado de correlación y la significación bilateral de las mismas. Finalmente, se aplicó la cartografía con la finalidad de visualizar los cambios temporales de la cobertura vegetal y la expansión minera.

2.7. Consideraciones éticas

El estudio consideró el uso de distintos programas de sistema de información geográfica, por ello se tomó en cuenta la capacitación del uso de estos programas para la obtención de resultados adecuados. Por otro lado, se dio uso de imágenes satelitales de libre acceso, por tanto se reserva los derechos de autor del programa USGS, como instituto de generación de imágenes digitales.

Figura 6. *Flujograma de los procesos de la investigación*



CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Análisis temporal de la expansión minera Constancia en el periodo 2010 a 2021

En el análisis temporal se desarrolló un gráfico temporal de la superficie minera durante el periodo 2010 a 2021 (Ver tabla 2), este análisis permitió conocer la tendencia temporal del crecimiento minero. Asimismo, se determinó la tasa de cambio anual, el cual indica el cambio de superficie minera en comparación al año precedente, esta se expresa en porcentaje (%) e indica la magnitud del cambio superficial en el año respectivo.

Por ello, en la figura 7 se observa la dinámica temporal de la superficie minera fraccionada en 3 tiempos: En el rango 2010-2012, se evidencia un crecimiento de la superficie minera de 15.1 ha/año; en el rango 2012-2017 se evidencia un crecimiento minero alto de 263 ha/año y en el rango 2017-2021 se evidencia un incremento promedio de 68.5 ha/año. En promedio temporal la expansión minera se desarrolló a una tasa 115.5 ha/año durante el periodo 2010-2021.

En la figura 8, se observa la gráfica de tasa de cambio anual, en ello se aprecia crecimiento alto en los años 2011 a 2014, sin embargo, en el año 2013 se observó un crecimiento exagerado de la superficie minera de 690.58%, esto indica que en el año 2013 el crecimiento minero se expandió 7 veces la superficie del año 2012. A partir del año 2015 tasa de los crecimientos se redujeron a 18%; e inicios del año 2018 la tasa se redujo a 1.87% siendo este constante y de baja magnitud hasta el año 2021.

Tabla 2. Superficies temporales de la vegetación ligera

AÑO	VEGETACIÓN LIGERA (ha.)
2010	8,5
2011	21,5
2012	38,8
2013	306,5
2014	808,7
2015	956,6
2016	1134,0
2017	1353,9
2018	1379,2
2019	1434,4
2020	1536,3
2021	1618,0

Elaboración: propia

Figura 7. Dinámica temporal de la expansión minera

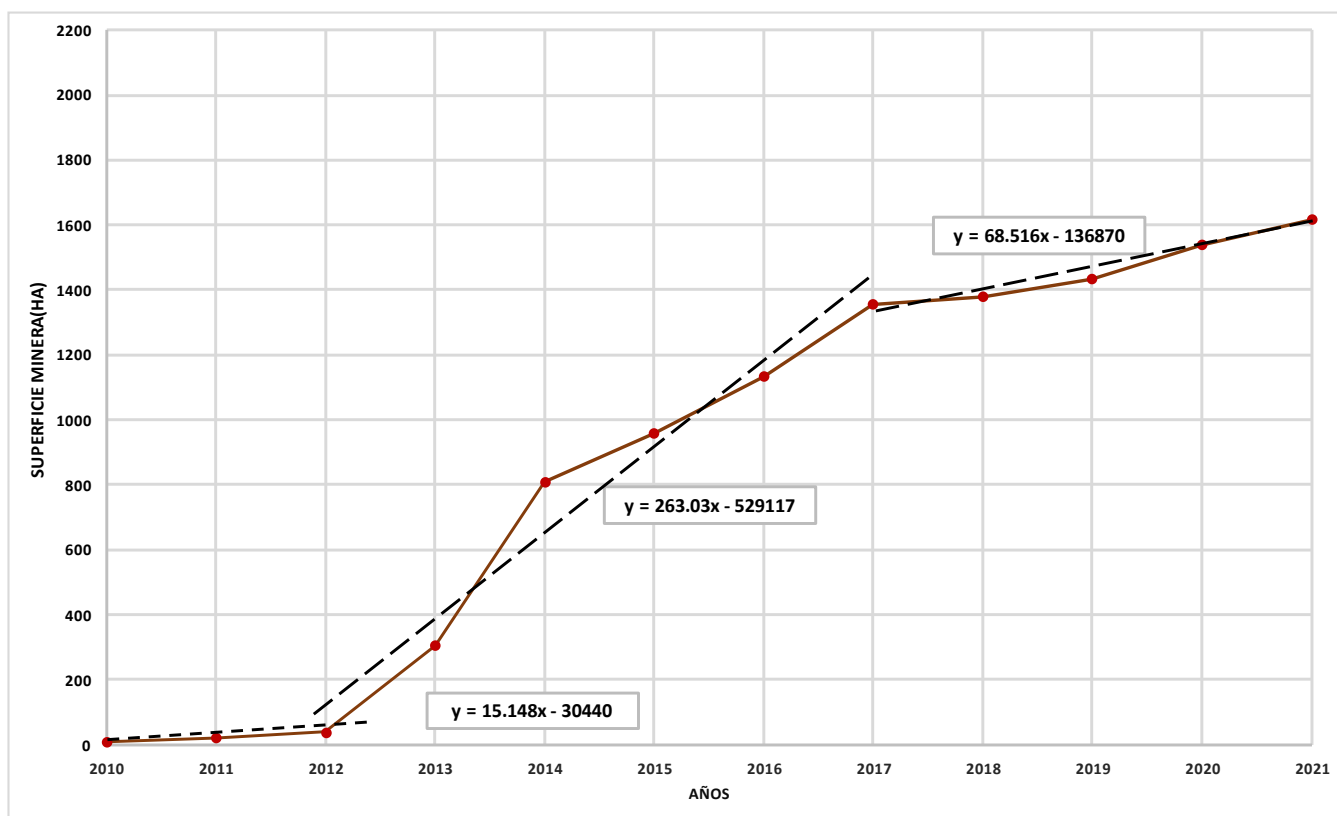
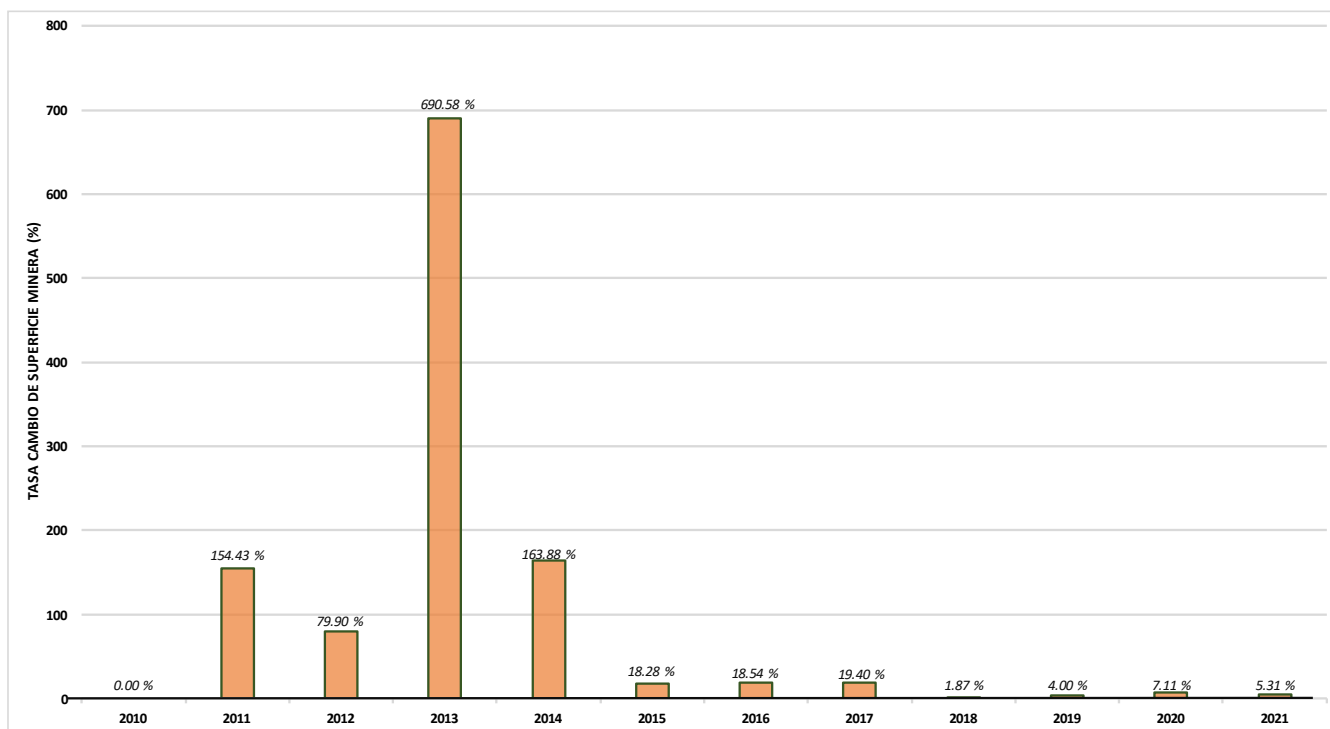


Figura 8. Tasa de cambio de la expansión minera



3.2. Análisis temporal de la cobertura vegetal en el periodo 2010 a 2021

En el análisis temporal se desarrolló un gráfico temporal de la cobertura vegetal durante el periodo 2010 a 2021, este análisis permitió conocer la tendencia temporal de los cambios de la cobertura vegetal. Asimismo, se determinó la tasa de cambio anual, el cual indica el cambio de cobertura vegetal en comparación al año precedente, esta se expresa en porcentaje (%) e indica la magnitud del cambio superficial en el año respectivo. La cobertura vegetal fue manejada en dos tipos, cobertura vegetal densa y cobertura vegetal ligera. En la primera parte se da a conocer los gráficos de la cobertura vegetal ligera (ver tabla 3)

Por ello, en la figura 9 se observa la dinámica temporal de la cobertura vegetal ligera fraccionada en 3 tiempos: En el rango 2010-2012, se evidencia un descenso de la cobertura vegetal ligera de 3.4 ha/año; en el rango 2012-2017 se evidencia un descenso de la cobertura vegetal ligera con magnitud de 121.2 ha/año y en el rango 2017-2021 se evidencia un

descenso promedio de 32.7 ha/año. En promedio temporal la cobertura vegetal ligera descendió a una tasa 52.4 ha/año durante el periodo 2010-2021.

En la figura 10, se observa la gráfica de tasa de cambio anual, en ello se aprecia tasas de descenso durante toda la temporalidad de estudio, estos descensos iniciaron de manera ligera hasta el año 2012. Pues los mayores tasas de descenso se evidencian en el periodo 2013 a 2017, con gran intensidad de descenso en el año 2014 con una tasa de 17.13 %. A partir del año 2018 la tasa de descenso disminuyen a magnitudes de 2% a 8%.

Tabla 3. Superficies temporales de la vegetación ligera

AÑO	VEGETACIÓN LIGERA (ha.)
2010	1388,0
2011	1385,6
2012	1381,3
2013	1269,7
2014	1052,2
2015	976,2
2016	882,8
2017	780,1
2018	764,5
2019	745,7
2020	686,3
2021	655,7

Elaboración: propia

Figura 9. Dinámica temporal de la cobertura vegetal ligera

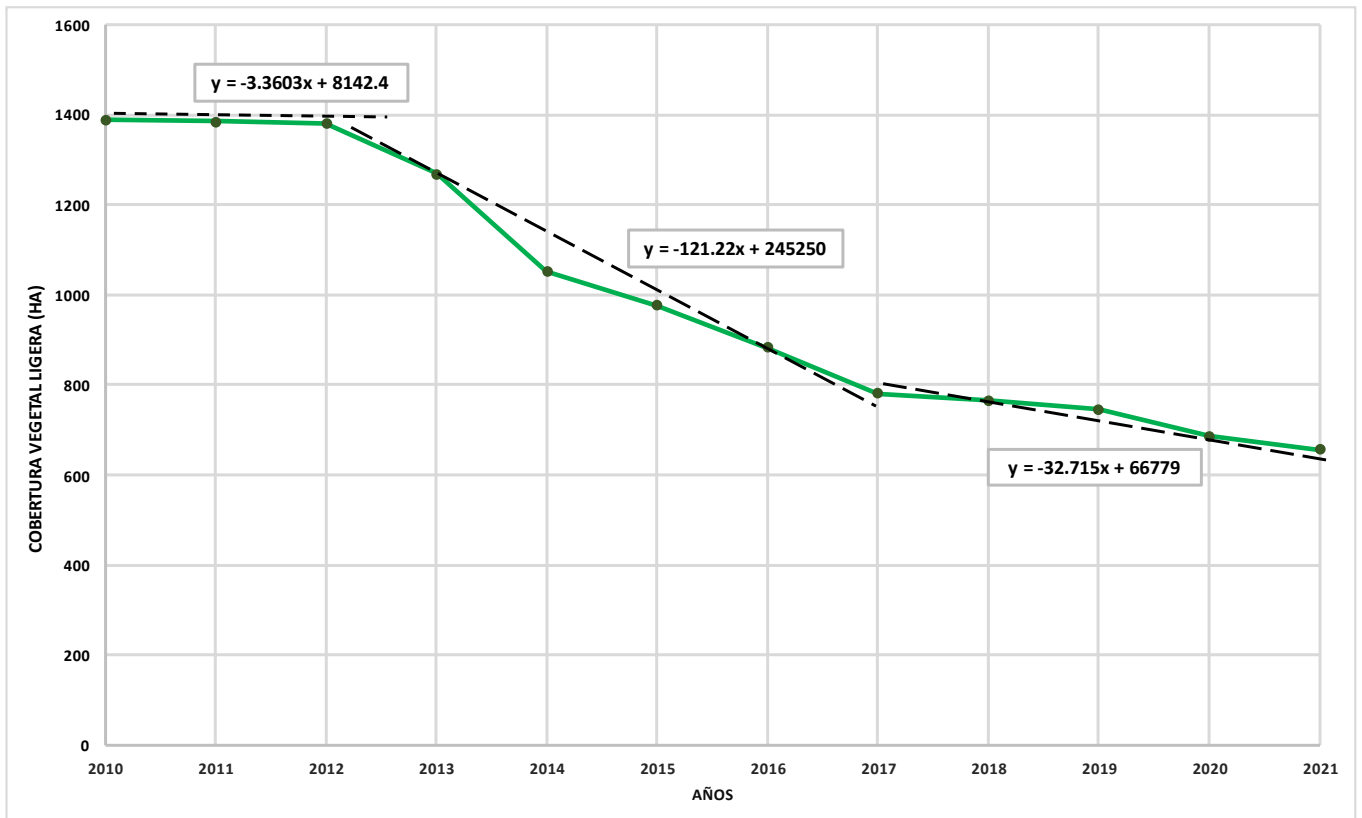
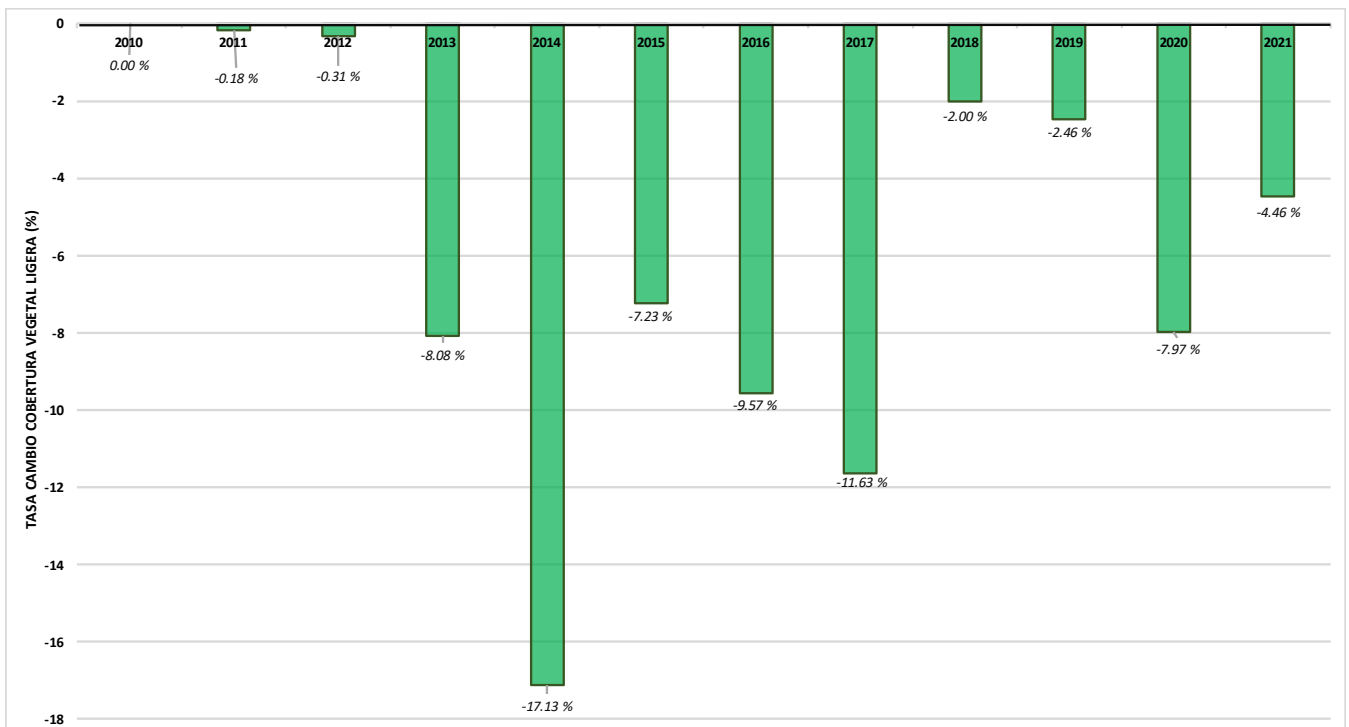


Figura 10. Tasa de cambio de la cobertura vegetal ligera



En esta parte se da a conocer los cambios de la cobertura vegetal densa durante el periodo 2010-2021 (ver tabla 4). Por ello, en la figura 11 se observa la dinámica temporal de la cobertura vegetal densa fraccionada en 3 tiempos: En el rango 2010-2012, se evidencia un descenso de la cobertura vegetal densa de 0,51 ha/año; en el rango 2012-2017 se evidencia un descenso de la cobertura vegetal densa con magnitud de 69.1 ha/año y en el rango 2017-2021 se evidencia un descenso promedio de 15,2 ha/año. En promedio temporal la cobertura vegetal densa descendió a una tasa 28,27 ha/año durante el periodo 2010-2021.

En la figura 12, se observa la gráfica de tasa de cambio anual, en ello se aprecia tasas de descenso durante toda la temporalidad de estudio, estos descensos iniciaron de manera ligera hasta el año 2012, donde no superan las tasas de pérdida de 1%. Pues las mayores tasas de descenso se evidencian en el periodo 2013 a 2017, con gran intensidad de descenso en el año 2014 con una tasa de 18,67 %. A partir del año 2018 las tasas de descenso disminuyeron a magnitudes de 2% a 5%.

Tabla 4. Superficies temporales de la vegetación densa

AÑO	VEGETACIÓN DENSA (ha.)
2010	883,2
2011	882,4
2012	882,1
2013	844,3
2014	686,6
2015	642,8
2016	607,9
2017	548,5
2018	543,6
2019	532,1
2020	514,9
2021	486,9

Elaboración: propia

Figura 11. Dinámica temporal de la cobertura vegetal densa

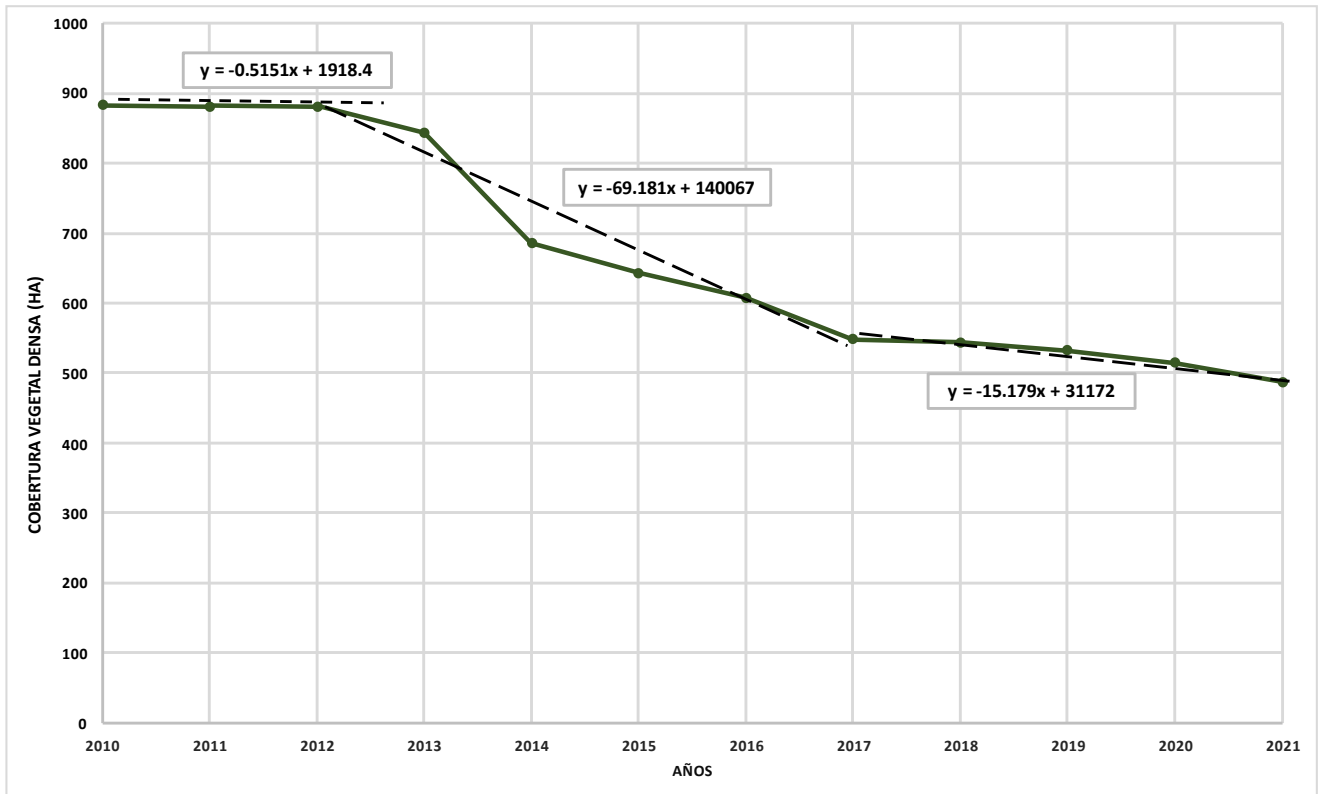
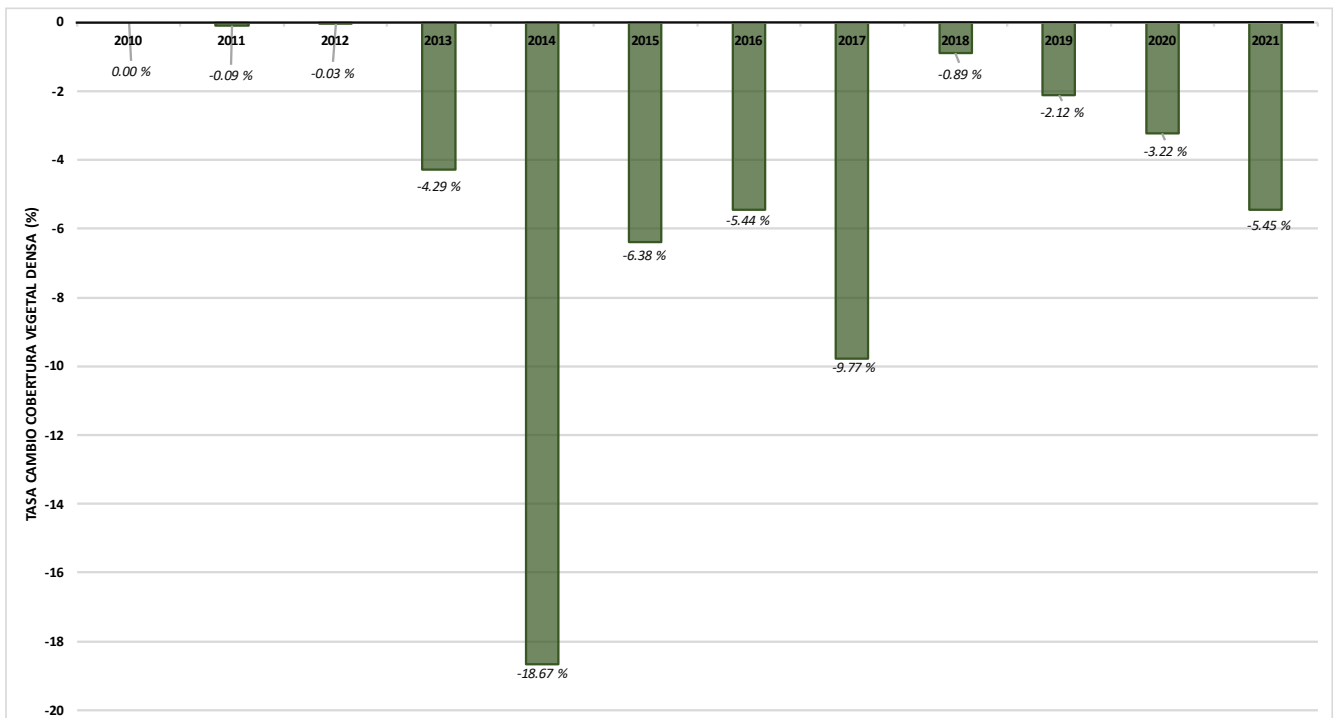


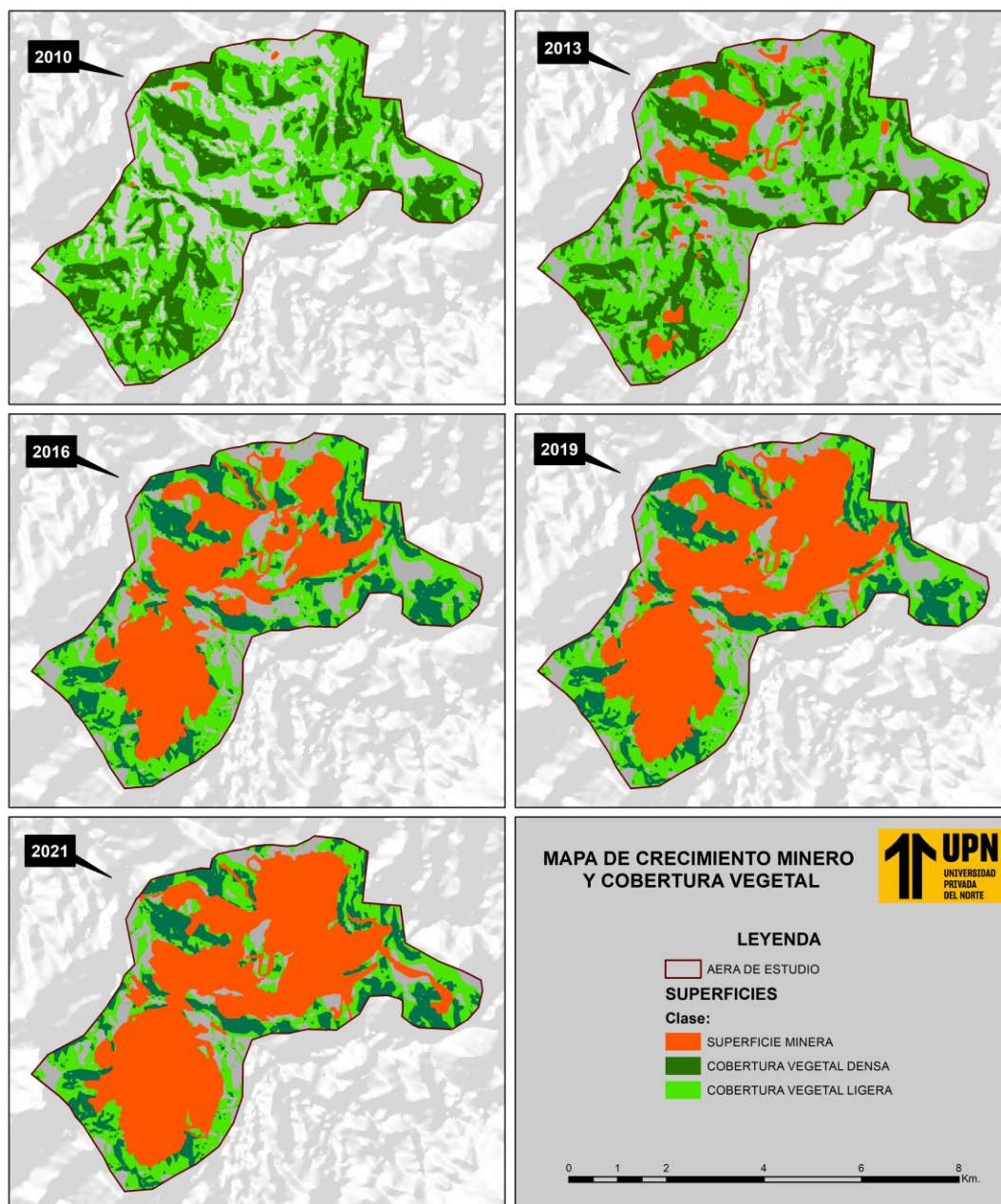
Figura 12. Tasa de cambio de la cobertura vegetal densa



3.3. Análisis espacial mediante uso cartográfico

Con respecto a la detección espacial, se utilizó la cartografía como herramienta visual geográfica. En el mapa se observa que la expansión minera evolucionó de forma acelerada en dirección norte a sur. En estos cambios se ven afectados las coberturas vegetales ligeras y densas. Asimismo se logra apreciar el crecimiento significativo de la superficie minera en el año 2013 en comparación al año 2010.

Figura 13. Análisis espacial de la expansión minera y la cobertura vegetal



3.4. Análisis correlacional de la expansión minera y la cobertura vegetal

En la prueba de normalidad de tipo Shapiro Willks se demostró que la variable cobertura vegetal densa tiene un p-value de 0.026 menor a 0.05 (indicando una distribución no normal). Y las variables cobertura vegetal ligera y expansión minera demostraron un p-value mayor a 0.05 (indicando una distribución normal) (ver tabla 5). Por tanto, corresponde finalmente la aplicación de una prueba no paramétrica como la R de Spearman.

Tabla 5. Prueba de normalidad de tipo Shapiro-Wilk

	Grados de libertad	p-value
Cobertura Vegetal ligera	12	0.061
Cobertura Vegetal densa	12	0.026
Expansión minera	12	0.49

Elaboración: Propia

En la tabla 6, se proyecta la correlación de las variables. Este análisis brinda información de la significancia, para demostrar la existencia de relación significativa entre variables (contrastación de hipótesis). Asimismo, se muestra el grado de asociación entre las variables (R de Spearman). Con relación a ello, podemos evidenciar lo siguiente:

A. Contrastación de Hipótesis:

La significancia bilateral que se evidencia en la tabla 6, demostró que la hipótesis con relación a la **cobertura vegetal ligera y la expansión minera**, evidencio un p-value de 0.0 que es menor a 0.05; esto significa, que se acepta la hipótesis nula (H_0 = Existe una relación significativa entre la cobertura vegetal ligera y la expansión minera):

- H_0 : Existe una relación significativa entre la cobertura vegetal ligera y la expansión minera.
- H_1 : No existe una relación significativa entre la cobertura vegetal ligera y la expansión minera.

La significancia bilateral que se evidencia en la tabla 6, demostró que la hipótesis con relación a la **cobertura vegetal densa y la expansión minera**, evidencio un p-value de 0.0 que es menor a 0.05; esto significa, que se acepta la hipótesis nula (H_0 = Existe una relación significativa entre la cobertura vegetal densa y la expansión minera):

- H_0 : Existe una relación significativa entre la cobertura vegetal densa y la expansión minera.
- H_1 : No existe una relación significativa entre la cobertura vegetal l densa y la expansión minera.

A. Grado de asociación (R):

Finalmente, el grado de asociación evidenciado en la tabla 6, muestra que las relaciones superan el 99%. Esto indica que los cambios superficiales ocurridos tanto en la cobertura vegetal ligera y densa, son explicadas en un 99% por la expansión minera.

Tabla 5. Prueba correlacional

			Expansion minera
R de Spearman	Cobertura vegetal ligera	Coeficiente de correlación	-0,999
		Sig. (bilateral)	0
		N	12
	Cobertura vegetal densa	Coeficiente de correlación	-0,998
		Sig. (bilateral)	0
		N	12

Elaboracion: Propia

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se pudo evidenciar en el estudio que la superficie minera tuvo un crecimiento promedio anual de 115.5 ha/año. La expansión minera evidenciada fue compuesta por dos unidades mineras de tajo abierto, una que se encuentra en la zona norte, y la otra unidad que se localiza en zona sur. Según Tonra et al. (2016) la unidad minera Constancia desarrolló mayor expansión a causa del incremento de exportación de los minerales de cobre que dieron inicio como explotación en el 2000. La explotación de esta unidad minera son plata, oro y cobre, así como de forma secundaria el molibdeno. Según Volcán (2018), la tasa de exportación incrementó en los últimos 5 años de la unidad minera con magnitudes de 0.4 % a 2.2 % en los últimos 5 años. Asimismo, el gran avance de esta unidad minera se debe a sus actividades de exploración el cual les ha permitido abarcar mayor territorio para su posterior uso de explotación mineral. Servindi (2017) indica que la magnitud acelerada de la minera a tajo abierto está afectando gran parte del territorio, pues solo hay incremento de unidades superficiales, mas no aprovecha cada unidad en su totalidad como podría ser un desarrollo a tajo abierto con niveles subterráneos. Según el estudio petrológico del territorio de Chumbivilcas, las mineras son de mayor concentración en relación a las otras superficies territoriales, esto explica el incremento de yacimientos mineros (Ingemmet-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2016).

El constante desarrollo de la superficie minera en forma acelerada se debe a su próxima llegada del programa de cierre, pues según el cronograma de evaluación de impacto ambiental de la unidad minera Constancia, esta tiene fecha de operación y ejecución hasta el año 2030, y los años próximos están las acciones de cierre (Golder Associates, 2018). Como se pudo evidenciar en el análisis espacial cartografía, la gran superficie minera está abarcada

por distintos componentes mineros, pues según el resumen ejecutivo de la tercera modificatoria del estudio de impacto ambiental de la minera Constancia, presenta los componentes de depósitos de desmontes, depósitos de relave, superficies de tajo abierto, y componentes auxiliares; dentro de estas unidades la superficie más densas vienen dada por desmontes y depósitos de relave. Por otro lado, para los años próximos, según el plano de área efectiva de la unidad minera, se prevé una nueva área de tajo abierto, en la dirección sur-este (Ejolt, 2021).

El crecimiento minero de la zona norte se encuentra en desarrollo y en crecimiento acelerado, pues Sandoval et al. (2017), indican que los componentes principales de la minera abarcan grandes dimensiones, esto debido a su gran fase de explotación mineral y sus rápidas masas de extracción, esto ha permitido incrementar las lagunas artificiales para satisfacer las necesidades productivas. Asimismo, se percibe un mayor desarrollo superficial en la zona sur, pues las proyecciones indican que la minera tendrá un incremento superficial de 50% para el año 2030 (Sandoval et al., 2017). Los incrementos de la superficie minera en los años 2013 y 2014, fueron ocasionados por el rápido desarrollo extractivo con el fin de mejorar la cotización de los metales, ese incremento fue reflejado mediante el PBI de la localidad, pues incrementó en 12% (Miranda, 2016).

La cobertura vegetal de clase ligera presentó un descenso promedió 52,4 ha/año. En la cobertura vegetal densa se reflejó un descenso promedio anual de 28,27 ha/año, estas pérdidas son directamente ocasionadas por el proceso de cambio y uso del suelo, sobre todo por el desarrollo a tajo abierto y el incremento de componente principales (Ingemmet-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2017). Asimismo, estudios locales reflejan que las unidades vegetativas más representativas de la zona son los herbazales, pajonales y bofedales. Este último siendo más sensible a los cambios, ya sea por erosión o alta

concentración de material particulado generado por las actividades de explotación, el cual emanan distintos materiales particulados como PM10 y PM 2.5. Bazan (2021), en su investigación de cobertura vegetal afectada por la minera a tajo abierto localizada en Huaraz, Ancash encontró un descenso promedio temporal de 32 ha/año, magnitud que fue inferior al presente estudio.

Las correlaciones estadísticas de las coberturas vegetales y la expansión minera llegaron alcanzar el 90%. Esta alta relación es causada directamente por el cambio y uso del suelo, pues las actividades mineras requieren el desprendimiento de superficies vegetales para la inserción de componentes o realizar procesos de explotación (Riveros et al. 2018). Asimismo, la relación al no ser perfecta indica la existencia de factores indirectos que dañan la cobertura vegetal, como por ejemplo la contaminación de napas freáticas que alteran directamente los bofedales, o el cambio de dirección de una quebrada afectando a coberturas que eran alimentadas por el afluente (Flórez-Yepes et al., 2017). Según Ramiro et al. (2017), la alteración del suelo por actividades mineras, son poco resilientes, por tanto el desarrollo de coberturas vegetales especiales o de clase densa, no son adaptables a los suelos recuperados, provocando así la inserción de coberturas vegetales de clase leve o poco densa, como los pastizales (Riveros et al. 2018).

Las limitaciones encontradas en el estudio están relacionadas a la resolución espacial de las imágenes landsat, pues la dimensión del píxel es de 30 m, por tanto la unidad mínima cartografiable es de 0,5 hectáreas. Y cambios o elementos inferiores a esa dimensión territorial, no son percibidos con claridad. Asimismo, para la identificación vegetal y el conocimiento de su estado de conservación requiere de la visita del lugar, proceso que no fue aplicado por época de pandemia.

Otro factor no considerado es el análisis en épocas húmedas y secas, de forma individual. Por lo contrario, este estudio se consideró a inicio de época seca, esto debido a que las imágenes en época húmeda, se encuentran intervenida por grande superficies nubosas que imposibilitan el análisis territorial.

Conclusiones:

Se concluye que la expansión minera tuvo un ascenso temporal promedio de 168,8 ha/año, donde los con mayor crecimiento significativo fueron el 2013 y 2014, el cual guarda relación con la exportación acelerada de los metales en el mercado (equilibrio de oferta y demanda).

Se demostró un descenso de la cobertura vegetal ligera a una razón promedio de 52,4 ha/año y un descenso de 28,27 ha/año en la cobertura vegetal densa. Asimismo, en el transcurso del tiempo la recuperabilidad de la vegetación iba en descenso, así lo demostró la tasa de cambio anual.

En el mapa cartográfico se evidenció que la expansión minera se desarrolló en dirección norte a sur abarcando grandes territorios.

La expansión minera influye en un 99% en los cambios de la cobertura vegetal densa. De igual modo, en la vegetación ligera con una correlación de 99%. De ello, se concluye que las afectaciones son más directas que indirectas.

El análisis determinado en la investigación permitirá evaluar los desarrollos acelerados de la minería en el territorio peruano, abarcando amplias superficies de extracción minera. Asimismo, se brinda a la comunidad de investigadores analizar la problemática planteada con el uso de otras imágenes satelitales, con el fin de conocer el porcentaje de

variación en relación a la presente investigación. O considerar el uso de otros softwares Gis de manejo de imágenes digitales.

REFERENCIAS

- Abburu PhD, S., y Babu Golla, S. (2015). Satellite Image Classification Methods and Techniques: A review. *International Journal of Computer Applications*, 25.
- Aguilar, H., Mora, R. & Vargas, C. (2014). Atmospheric correction methodology for Aster, Rapideye, Spot 2 and Landsat 8 images with ENVI Flaash modules software. *Revista Geográfica de América Central*, N° 53, ISSN 1011-48X, pp.39-59.
- ALARCON, G.A., VARGAS, R.F., CORREA NÚÑEZ, G. y ULLOA GALLARDO, N.J., (2015). Detección de cambios de cobertura boscosa a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en el distrito de Inambari. *Change detection of forest cover through multitemporal analysis of satellite imagery in the district of Inambari*
- Alegre K. (2017). Cambios en la cobertura vegetal del suelo de la provincia de Yauyos, durante el transcurso de los años 1997 al 2017, a partir del comportamiento del desarrollo vegetal. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima, Perú: Universidad César Vallejo – Facultad de Ingeniería, 2017. 77p. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10803>
- Aliaga, K. (2018). Variabilidad climática de la Región Pampeana y su efecto sobre las lagunas de la región. *Repositorio Digital Institucional de la Biblioteca Central "Profesor Nicolás Matijevic" de la Universidad Nacional del Sur*, 67-82.
- Alvarado, M. (2015). Literatura, epistemología y metodología de las ciencias humanas. *Cinta de Moebio*, 54, 250–265. <https://doi.org/10.4067/s0717-554x2015000300003>
- ARIAS, F., (2011). Metodología de la investigación en la ciencias aplicadas al deporte. *Revista Digital EF Deportes*, no. May. carcasa redmi 11 5g pro dron
- ARMENTERAS, D, González, T, Retana, J, Espelta, J. (2016). Degradación de Bosques en Latinoamérica: Síntesis Conceptual, Metodologías de Evaluación y Casos de Estudio Nacionales. *Iberro Redd+*, 2016, p.56
- Arteaga, A., Neto da Silva, M., Vidal Mota, G., Tapia Aguirre, S., & Barbosa da Silva, B. (2017). Análisis de componentes biofísicos del balance de radiación neta, usando teledetección, en la cuenca hidrográfica de Sorocaba con bosque atlántico intervenido, Brasil. *Investigaciones Geográficas*, (104). <https://doi.org/10.14350/rig.60235>
- BACA TUPAYACHI, E., (2013). Estudio sobre marco normativo minero en Perú. .S.I.:
- BANNARI, A., MORIN, D., BONN, F. y HUETE, A.R., (1995). A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews*, vol. 13, no. 1-2, pp. 95-120. ISSN 0275-7257. DOI 10.1080/02757259509532298.
- Bazan, S. (2021). Evaluación de la influencia de la cobertura vegetal en el rendimiento hídrico de la unidad hidrográfica Quillcay, a través del modelo hidrológico disapro I, Huaraz - Ancash. años 2000 y 2018. *Unasam.edu.pe*. <https://doi.org/http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4419>
- BBC-British Broadcasting Corporation. (2020). “La gran mentira verde”: cómo la pérdida del Amazonas va mucho más allá de la deforestación - BBC News Mundo. BBC News

- Mundo; BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51303285>
- Benavides, J. F., Pauca-Tanco, G. A., Quispe-Turpo, J. del P., & Luque-Fernández, C. R. (2016). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(3), 139–148. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.314>
- Caballero, Fajardo. (2021). Estudio de teledetección espacial para determinar el número de galpones circundantes y su distancia al Centro Poblado de Quilmaná ubicados en el distrito de Quilmaná, provincia de Cañete, departamento Lima. *Oefa.gob.pe*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12788/254>
- Calvo, A., & Sanhueza, E. (2006). Fragmentación de la cobertura forestal en Costa Rica durante los periodos 1997-2000 y 2000-2005. *Revista Forestal Mesoamericana* Kurú, 9(22), 10-21.
- CARRANZA, Jherson y TASILLA, Flor. (2020). Loss of vegetation cover in Morales district, San Martín, Perú (period 1987 - 2017). *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*. 6. N°1. Lima, Perú. Disponible en: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1400ISSN: 2410-843x
- Carreño, L. V. (2018). Estado actual del Bosque Nativo Pampeano: Tipos fisonómicos de vegetación. Anguil, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Recuperado de <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/2895>
- Carrillo Quiroga. (2015). LA INVESTIGACIÓN BASADA EN LA PRÁCTICA DE LAS ARTES Y LOS MEDIOS AUDIOVISUALES. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 20(64), 219–240. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14032722011>
- Chávez De Paz, D. (2014). Concepto y técnicas de recolección de datos en la investigación jurídica social. En revista de Derecho y Ciencia Política, 62 Vol. 64. Lima, Perú. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1614/1/TFM-B.26.pdf>
- Chipana, J. (2013). Agricultura & minería en una zona ecológica de Lima. Las lomas de Atocongo (1912-1942). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: Instituto Ichsma.
- CHUVIECO SALINERO, E., (2008). Teledetección ambiental la observación de la tierra desde el espacio. S.l.: Ariel. ISBN 9788434480733.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial* (2nd ed., pp. 46 -84). Madrid, España: Ediciones Rialp S.A.
- CURRAN, P.J., (1981). Multispectral remote sensing of vegetation amount. *Progress in Physical Geography*, vol. 4, no. 3, pp. 315-341. ISSN 0309-1333. DOI 10.1177/030913338000400301.
- Demir, I., Koperski, K., Lindenbaum, D., Pang, G., Huang, J., Basu, S., Hughes, F., Tuia, D., & Raskar, R. (2018). DeepGlobe 2018: A Challenge to Parse the Earth through Satellite Images. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). <https://doi.org/10.1109/cvprw.2018.00031>
- Duda, T., y Canty, M. (2014). *Unsupervised classification of satellite imagery: choosing a good algorithm*. Taylor & Francis, 2212.

- Earth Observing System (2017). NASA's Earth Observing System. <https://eosps.nasa.gov/content/nasas-earth-observing-system-project-science-office>
- Edwards, S. (1998). Openness, Productivity and Growth: What Do We Really Know? *The Economic Journal*, 108(447), 383–398. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00293>
- EjAtlas. (2021). Explotación minera de Hudbay en el proyecto Constancia, Peru | EJAtlas. Environmental Justice Atlas. <https://ejatlas.org/conflict/chumbivilcas-against-hudbay-peru?translate=es>
- Ejolt. (2021). Explotación minera de Hudbay en el proyecto Constancia, Peru | EJAtlas. Environmental Justice Atlas. <https://ejatlas.org/conflict/chumbivilcas-against-hudbay-peru?translate=es>
- Esri (2016). Función NDVI—Ayuda | ArcGIS for Desktop. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- Finer M, Mamani N (2020) Reducción de Minería Ilegal en la Amazonía Peruana Sur. MAAP: 121. <https://www.maaproject.org/2020/mineria-peru-2020/>
- Finer M, Novoa S, Cruz C, Peña N (2016) Hotspot de Deforestación en la Selva Central (region Huánuco). MAAP: 37.
- Flores Muñoz, P., Muñoz Escobar, L., & Sánchez Acalo, T. (2019). ESTUDIO DE POTENCIA DE PRUEBAS DE NORMALIDAD USANDO DISTRIBUCIONES DESCONOCIDAS CON DISTINTOS NIVELES DE NO NORMALIDAD. *Perfiles*, 1(21), 4–11. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i21.42>
- Flores, B.; Manzano-Baena, P.; Coulibaly, M. D., (2020). The role of livestock in food security, poverty reduction and wealth creation in West Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations Accra
- Flórez-Yepes, G. Y., Rincon-Santamaría, A., Cardona, P. S., & Alzate-Alvarez, A. M. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *Dyna*, 84(201), 95-101.
- Giraldo, Alejandro. (2017). Alejandro Alzate Giraldo. 2017. Metodología para la realización y abordaje en cine documental. Medellín: Sello Editorial Universidad de Medellín. *Anagramas: Rumbos Y Sentidos de La Comunicación*, 16(32), 167–168. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6815728.pdf>
- Gomez, J., Pari, C., Carhuamaca Córdova, Adrian, & Wilson, E. (2014). Potencial de minerales refractarios (andalucita) en rocas metamórficas de los macizos de Illescas y Paíta: importancia para futuras exploraciones de materias primas. *Ingemmet.gov.pe*. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12544/2304>
- Güiza Suárez, L. (2014). LA MINERÍA MANUAL EN COLOMBIA: UNA COMPARACIÓN CON AMÉRICA LATINA. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 35, 37–44. <https://doi.org/10.15446/rbct.n35.37056>

- Hernández, J. Montaner, D. (2009). Patrones de Respuesta espectral. Laboratorio de Geomática y Ecología del Paisaje (GEP) – Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: mc Graw Hill.
- Hurtado M. A. (2017). Mapeo de la recuperación de la vegetación quemada mediante la clasificación de índices espectrales pre- y post-incendio. *Revista de Teledetección*, 50, 37. <https://doi.org/10.4995/raet.2017.7931>
- HURTADO, P., ARREOLA-ÁVILA, J.G. y EMMANUEL PÉREZ-SALINAS, J., (2019). Acciones para conservación de suelos identificadas mediante índices kappa al noreste de Durango, México. *Agrociencia*, vol. 51, no. 6, pp. 591-605. ISSN 14053195.
- INGEMMET-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2016). Manual de evaluación de recursos y potencial minero. [Ingemmet.gob.pe. https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12544/1271](https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12544/1271)
- INGEMMET-Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2017). Estudio petrográfico de la serie metamórfica precámbrica y de las rocas ígneas asociadas en el área de Huancapallac (Huánuco). [Ingemmet.gob.pe. https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12544/3749](https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12544/3749)
- Jalmacin Nene Preciado. (2017). Land cover and land use change in coastal basins from the central pacific coast of México. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, 94. ISSN: 24487279
- Kruse, F.A. (2004). Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH atmospheric corrections using low-altitude AVIRIS data of Boulder, CO. Recuperado de: http://www.hgimaging.com/PDF/Kruse-JPL2004_ATM_Compare.pdf.
- LABRADOR GARCIA, M., EVORA BRONDO, J.A. y ARBELO PEREZ, M., (2012). *Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio*. . S.I.
- Lei, M., Manchun L., Xiaoxue, M., Liang, C., Peijun, D., y Yongxue, L. (2017). A review of supervised object-based land-cover image classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130, 277-293. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001>
- Lillesand, & R. W. Kiefer, (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd ed. xvi + 750 pp. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons. Price £67.00 (hard covers), £19.95 (paperback). ISBN 0 471 30575 8 (pb). *Geological Magazine*, 132(2), 248–249. <https://doi.org/10.1017/s0016756800012024>
- Lillo, J., (2006). Impactos de la minería en el medio natural. Grupo de Geología. Universidad Rey Juan Carlos. 35 p
- Liu Shiliang. (2019). Effect of natural conditions and mining activities on vegetation variations in arid and semiarid mining regions. *Ecological Indicators*. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19302808?via%3Dihub>
- LIU, Nanfeng and TREITZ, Nanfeng. (2016). Modelling high arctic percent vegetation cover using field digital images and high resolution satellite data. *International Journal*

- of Applied Earth Observation and Geoinformation □ en línea □. Vol. 52, pp445 - 456. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243416301027?via%3Dihub>
- Ministerio del Ambiente, (2017). Cifras Ambientales 2017. SINIA. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/cifras-ambientales-2017>
- Miranda, Velasquez (2016). La industria de la minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf
- Miyasiro, M., y Ortiz, H. (2016). Estimación mediante la teledetección de la variación de la cobertura vegetal en las lomas del distrito de Villa María del Triunfo por la expansión urbana y minera (1986-2014). Tesis (Ingeniero Geógrafo). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Facultad de Ingeniería Geológica, metalúrgica, minera y geográfica, 2016. 172 p. Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5281>
- Mohammad, F. (2021). A historical and future impact assessment of mining activities on Surface biophysical characteristics change: A remote sensing – based approach. Ecological Indicators. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20312036> ISSN: 1470-160X
- Morera, C. & Sandoval, L. F. (2016). Evaluación de la cobertura boscosa en Costa Rica: un análisis a nivel de áreas de conservación en el año 2000. Revista Geográfica De América central 1 (66) ; 163-82.
- Municipalidad provincial de Cusco, (2017). Memoria Anual De La Gestión Municipal 2017 Oficina De Programación Multianual De Inversiones -Opmi. <https://www.cusco.gob.pe/wp-content/uploads/transparencia/planeamiento/memoriaanual/memoria-anual-2017.pdf>
- Myneni, R. B., Keeling, C. D., Tucker, C. J., Asrar, G., & Nemani, R. R. (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, 386(6626), 698–702. <https://doi.org/10.1038/386698a0>
- MYNENI, R.B., KEELING, C.D., TUCKER, C.J., ASRAR, G. y NEMANI, R.R., (1997). Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, vol. 386, no. 6626, pp. 698-702. ISSN 0028-0836. DOI 10.1038/386698a0.
- Nina, J. (2015). Cambios de la cobertura del suelo en la reserva nacional salinas y aguada blanca Arequipa, Moquegua - Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación durante el periodo 1986-2010. Unsa.edu.pe. <https://doi.org/http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/517>
- Oliveira, Douglas. (2019). Evolução Espaço-Temporal do Risco de Degradação da Cobertura Vegetal de Petrolina-PE. Revista Brasileira de Meteorología. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/x4dw5wQfNjWzHSvyBySZSnQ/?lang=pt#>

- Osinergmin (2017). Supervisión De Contratos De Proyectos de Generación Y Transmisión De Energía Eléctrica en Operación. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-GTE-Operacion-octubre-2017.pdf
- PACHECO VILLANUEVA, D.E., (2014). Composición florística de la regeneración natural colonizadora de un área degradada por minería aurífera en el sector Teniente Acevedo-Tambopata-Madre de Dios. S.l.: s.n.
- Pérez, D. San Miguel, & Ramos, S. (2018). Determinación de calidad de agua en el Lago Vichuquén, con imágenes de satélite Landsat 8, sensor OLI, año 2016, Chile. *Revista de Teledetección: Revista de La Asociación Española de Teledetección*, 52, 67–78. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/dcart?info=link&codigo=6731072&orden=0>
- Pineda, Lydia & Palà, Vicenç & Riera, R & Pérez Aragüés, Fernando & Tardà, Anna & Corbera, Jordi. (2017). Resultados preliminares sobre el decaimiento de las masas forestales del Maresme usando imágenes Sentinel-2A Preliminary results about forestland decay in Maresme using Sentinel-2A imagery.
- PINTO, C., CHAMORRO, H. y MESÍAS J. (2015). Análisis de la pérdida de cobertura vegetal y los impactos ambientales hacia las comunidades utilizando imágenes satelitales, minería de carbón en cerrejón y la loma, Colombia. *ColCA 2014 – 1° Congreso Latinoamericano sobre Conflictos Ambientales*. n°16.
- Quiñones, Santiago & Bolaños, Jiner & Valencia, Carolina & Gómez, Diana. (2016). TELEDETECCIÓN APLICADA AL RECONOCIMIENTO DE PRADERAS DE PASTOS MARINOS EN AMBIENTES DE BAJA VISIBILIDAD: LA GUAJIRA, COLOMBIA. *Bulletin of Marine and Coastal Research*. 45. 10.25268/bimc.invemar.2016.45.2.687.
- Ramiro Camacho, & Pedro Ibarra Torres. (2017). Métodos geofísicos en entornos naturales protegidos. *Tomografía eléctrica. Boletín Geológico Y Minero*, 128(1), 171–192. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6026124>
- Ramos, Luis (2017). Teledetección [Recurso electrónico]: hacia una visión global del cambio climático. *Dialnet*. <https://doi.org/978-84-1320-038-5>
- Riveros Gallardo Martínez, Noel Bruguera Amarán, Díaz, A., Ileana Cabrera Díaz, & Lastra, F. (2017). Evaluación geoambiental para la mitigación de los impactos provocados por elementos contaminantes originados por la actividad minera metalúrgica en Santa Lucía, Pinar del Río, Cuba. *Revista ECOVIDA*, 7(2), 114–135. <https://revistaecovida.upr.edu.cu/index.php/ecovida/article/view/116/html>
- ROJAS FLORES, J.E.(2017). Estimación de la variabilidad espacial y temporal de la deforestación por minería aurífera aluvial en la Quebrada Guacamayo, utilizando el método de segmentación por umbrales a partir de imágenes de satélite. Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- ROJAS FLORES, J.E., (2017). Estimación de la variabilidad espacial y temporal de la deforestación por minería aurífera aluvial en la Quebrada Guacamayo, utilizando el método de segmentación por umbrales a partir de imágenes de satélite. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

- Romero-Saldaña, Manuel (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 114. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5633043.pdf>
- Salinas. (2017). Análisis de la variación de la cobertura glaciar en el Ecuador mediante teledetección. *Ug.edu.ec*. <https://doi.org/BCNAT628SAL253>
- Sánchez Ramos, A. A. (2009). Análisis multitemporal de la cobertura de la tierra en la cuenca del valle de Jesús de Otoro entre los años 2000-2006 aplicando técnicas de teledetección. http://faces.unah.edu.hk/mogt/images/stories/PDF/Tesis/02_Tesis_Alexis_Sanchez_2009.pdf
- SÁNCHEZ, et al. (2015). Using satellite images for forest management in northeast Mexico. *Madera y Bosques [en línea]*, vol. Vol. 21, no. Número:1, pp.77-91. ISSN 1405-0471. Disponible en: <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/21.1/mb2117791.pdf>.
- Sandoval, L. E., Marín Jaramillo, M., & Almanza, A. M. (2017). Explotación de recursos naturales y conflicto en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 19(37), 201. <https://doi.org/10.18601/01245996.v19n37.11>
- Savali, Y., Ditix, M. A., & Gil-Leguizamón, P. (2016). Evaluación de métodos de clasificación supervisada para la estimación de cambios espacio-temporales de cobertura en los páramos de Merchán y Telecom, Cordillera Oriental de Colombia. *Boletín de Geología*, 44(2), 51–72. <https://doi.org/10.18273/revbol.v44n2-2022002>
- Schultz, T. & Engman, Gert. (2000). Remote Sensing in Hydrology and Water Management. 10.1007/978-3-642-59583-7_20.
- SELLERS, P.J., (1989). *Vegetation-canopy spectral reflectance and biophysical processes*. Wiley New York,
- Servindi - Servicios de Comunicación Intercultural. (2017). entre los conflictos y el destrabe. <https://www.servindi.org/actualidad-noticias-opinion/09/01/2017/ano-2017-entre-los-conflictos-y-el-destrabe>
- SIABATO, W., (2018). Sobre la evolución de la información geográfica: Las bodas de oro de los sig. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, vol. 27, no. 1, pp. 1-9. ISSN 22565442. DOI 10.15446/rcdg.v27n1.69500.
- Slater, P.N. (1980). *Remote Sensing: Optics and Optical Systems*. Addison Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts, pp.575.
- Spiegel, M. (1992). Teoría de la correlación. En *ESTADÍSTICA* (págs.322 -356). México D.F.: Mc GRAW-HILL.
- Spiro, Jordan (2018). Sostenibilidad y Resiliencia de las Infraestructuras. *Issuu*. https://issuu.com/ciccpmadrid/docs/af_sr
- Tonra, C. M., Wright, J. R., & Matthews, S. N. (2016). Remote estimation of overwintering home ranges in an elusive, migratory nocturnal bird. *Ecology and Evolution*, 9(22), 12586–12599. <https://doi.org/10.1002/ece3.5723>
- Vargas Cordero, Z. R., (2009). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Revista Educación*, 33 (1), 155-165.

- Ventura, Alejandro (2019). Las estrategias y aprendizaje de las artes visuales en estudiantes del séptimo ciclo, Lima. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/41474>
- Volcan . (2018). Memoria Anual. <https://www.volcan.com.pe/wp-content/uploads/2019/04/Memoria-Anual-2018.pdf>
- Wohlfart, Mack, Liu y Kuenzer .(2017). Análisis multifacéticos de cambio de uso y cobertura del suelo en la cuenca del rio Amarillo basados en densas series de tiempo Landsat: análisis ejemplar en minería, agricultura, bosques y áreas urbanas. En la *Revista Geografía Aplicada*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014362281630813X?via%3Dihub>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

INFLUENCIA DE LA EXPANSIÓN MINERA CONSTANCIA SOBRE LA COBERTURA VEGETAL - CHUMBIVILCAS CUSCO DURANTE EL PERIODO 2010 - 2021						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	DE
COBERTURA VEGETAL	"Es la cobertura de plantas salvajes o cultivadas que crecen espontáneamente sobre una superficie de suelo (Instituto de Estudios Forestales y Ambientales, 2014, p.13)"	Es la superficie cubierta de bosque estimada por teledetección de imágenes satelitales en el software ArcGIS 10.5, los niveles de la cobertura forestal y su densidad serán expresadas en hectáreas	Analisis por superficies	Superficies de cobertura vegetal	Kilómetros cuadrados	
			Análisis espacial	Tasa de cambio de cobertura vegetal por año	%	adimensional
EXPANSION MINERA	Es la superficie asociada a la extensión de una actividad exploratoria o de explotación para extraer un mineral . (Finer y Mamani,2020)	"Es la superficie minera estimada mediante la teledetección de imágenes satelitales procesadas en ArcGis 10.5 Esta superficie será medida en hectáreas ."	Precipitacion	Superficie minera	Kilómetros cuadrados	
			Temperatura	Tasa de cambio de la superficie minera	%	
			Análisis espacial	Deteccion de cambio espacial	adimensional	

Anexo 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	OBJETIVO GENERAL			POBLACION
¿Cómo incluye la expansión minera Constancia en la variación superficial de la cobertura vegetal en Chumbivilcas Cusco durante el periodo 2010-2021?		Determinar la influencia entre la expansión minera Constancia y la variación superficial de la cobertura vegetal en Chumbivilcas Cusco durante el periodo 2010-2021.		Tipo de investigación: Cuantitativo Descriptivo – Correlacional – No experimental Longitudinal	Cobertura vegetal de la provincia de Chumbivilcas Cusco
PROBLEMAS ESPECIFICOS		OBJETIVOS ESPECIFICOS			
<ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo es el cambio temporal de la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021? - ¿Cómo es el cambio temporal de la cobertura vegetal durante el periodo 2010-2021? - ¿Cuáles son los cambios espaciales de la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021? - ¿Cuál es el grado de correlación entre la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia durante el periodo 2010-2021? 	La hitosis planteada es la siguiente: Existe una influencia inversa entre la expansión minera y la cobertura vegetal, Cusco durante el periodo 2010 a 2021..	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar los cambios temporales de la expansión minera Constancia en Cumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021. - Analizar los cambios temporales de la cobertura vegetal Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021. - Analizar los cambios espaciales de la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021. - Determinar el grado de correlación entre la cobertura vegetal y la expansión minera Constancia en Chumbivilcas, Cusco durante el periodo 2010-2021. 	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura vegetal superficie minera 	Técnica: Percepción Remota y la Observación Instrumento: Matriz de Selección de imágenes y matriz para adquisición de datos geopreocados. Y usos de software ArcGis, ENVI y QGis. Método de análisis de datos: <ul style="list-style-type: none"> • Uso del programa SPSS versión 26 para el análisis de correlación entre las variables. 	Cobertura vegetal influenciada por la expansión minera Constancia

Anexo 3. Ficha de recojo de imagenes

DATOS PERSONALES	
APELLIDOS	
NOMBRE	
CICLO	
ESCUELA	
DATOS GENERALES	
OBJETIVO	
ÁMBITO	
UBICACIÓN	
PERIODOS	DE
ANÁLISIS	

DATOS DE IMÁGENES SATELITAL	
PROVEEDOR O FUENTE DE ADQUISICIÓN	SENSOR
ANCHO DE BARRIDO DE LA ESCENA	SATÉLITE
RESOLUCIÓN ESPACIAL	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
	ORBITA PROYECCIÓN
FECHAS DE ADQUISICIÓN	ZONA
RESOLUCIÓN TEMPORAL	CÓDIGO DE CUADRANTE PATH Y LANDSAT

Fuente: Dioses, 2017.

Anexo 4. Ficha de cobertura vegetal y superficie minera

TITULO:

Lugar

Ubicación

Unidad de estudio

Cobertura vegetal

Superficies mineras

Año	Superficie vegetal	Superficie Minera	Taza de perdida
1986			
.			
.			
.			
2016			

Fuente: (Caballero, 2021)