



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Determinación de la variación de cobertura vegetal mediante
Imágenes Satelitales en el Caserío Shiracmaca Huamachuco por la
expansión minera 2000 - 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES:

Caballero Vásquez, Julissa (ORCID: 0000-0002-6472-0475)

Espinal Monsefú, María de Fátima (ORCID: 0000-0003-0613-9866)

ASESOR

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID: 0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a Dios por iluminarme y bendecirme día a día, por darme fuerzas para seguir adelante y no rendirme y permitirme lograr cada una de mis metas propuestas. A mis padres Marina Vásquez Ramos y Carlos Caballero Esquivel por todo su sacrificio y dedicación que me brindan, son el motivo para seguir siempre adelante y ser alguien en la vida.

Julissa

Esta tesis va dedicada a las personas que confiaron desde un inicio en mi persona, especialmente a mi padre promotor fundamental de mi formación personal y profesional, a mi tía y mi madre que ya no se encuentran conmigo, pero siempre fueron mi mayor inspiración para cumplir con mis metas.

Fátima

Agradecimiento

Quiero agradecer en especial a mis padres por el apoyo moral y económico que me brindan para poder salir adelante.

A mi asesor Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto por haber compartido sus conocimientos, por ser un guía en todo el transcurso del desarrollo de la Tesis. A mismo a mi compañera María de Fátima Monsefú Espinal, quien estuvo apoyándome constantemente y sobre todo por toda la paciencia y ánimos que me ha brindado para realizar esta Tesis de manera satisfactoria.

Julissa

Agradecer a mi padre y tía por su apoyo incondicional para poder culminar con mi carrera.

A nuestro asesor Ing. Quezada Alberto quien agradezco su tiempo brindado y su apoyo para el desarrollo del proyecto de investigación.

Al Ing. Marco Herrera Díaz por el asesoramiento en la temática elegida y que es de su especialidad.

Fátima

Índice de contenidos

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos	14
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSIÓN.....	50
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS.....	58
ANEXOS	67

Índice de tablas

Tabla 1: Validación de Instrumento	14
Tabla 2: Combinación de bandas para la generación de mapas temáticos.....	20
Tabla 3: Valores del coeficiente kappa	23
Tabla 4: Combinación de bandas	26
Tabla 5: Clasificación de coberturas Caserío Shiracmaca	36
Tabla 6: Matriz de Confusión	46
Tabla 7: Precisión general de los mapas temáticos 2000 - 2021.....	46
Tabla 8: Área y porcentaje de la clasificación de coberturas 2000 - 2021	47

Índice de figuras

Figura 1: Ubicación del distrito Shiracmaca	12
Figura 2: Plataforma USGS.....	15
Figura 3: Landsat 8 Multiespectral	16
Figura 4: Corrección Radiométrica.....	17
Figura 5: Ejemplo de firma espectral: Vegetación	18
Figura 6: Reflectancia Quick	18
Figura 7: Combinación de bandas 3 y 4 cálculo del NDVI	19
Figura 8: NDVI calculado.....	19
Figura 9: Combinación de bandas para el análisis de vegetación.....	21
Figura 10: Firmas Espectrales.....	27
Figura 11: Mapa NDVI agosto 2000	28
Figura 12: Mapa NDVI agosto 2003.....	29
Figura 13: Mapa NDVI agosto 2006	30
Figura 14: Mapa NDVI agosto 2009.....	31
Figura 15: Mapa NDVI agosto 2012	32
Figura 16: Mapa NDVI agosto 2015.....	33
Figura 17: Mapa NDVI agosto 2018	34
Figura 18: Mapa NDVI agosto 2021	35
Figura 19: Mapa de cobertura agosto 2000	38
Figura 20: Mapa de cobertura agosto 2003	39
Figura 21: Mapa de cobertura agosto 2006	40
Figura 22: Mapa de cobertura agosto 2009	41
Figura 23: Mapa de cobertura agosto 2012.....	42
Figura 24: Mapa de cobertura agosto 2015	43
Figura 25: Mapa de cobertura agosto 2018	44
Figura 26: Mapa de cobertura agosto 2021	45
Figura 27: Clasificación de coberturas 2000 - 2021	48
Figura 28: Variación de la cobertura vegetal 2000 - 2021	49

Resumen

La presente investigación, estimó la variación de cobertura vegetal por la actividad minera en el caserío Shiracmaca mediante imágenes satelitales 2000 - 2021, justificándose en ley general del ambiente, quien busca asegurar un ambiente saludable dentro de la política y gestión ambiental, la investigación fue básica con un diseño metodológico no experimental de corte longitudinal, teniendo como técnica la fotointerpretación y como instrumento la ficha de observación, los datos fueron analizados mediante los NDVI y el método corine Land Cover en los softwares ENVI, ArcGis. Como resultados se obtuvo que la variación de cobertura vegetal para el año 2021 por expansión minera fue de un 42.06 %, los cultivos transitorios varió en un 11.29 %, los bosques en un 24.18 % y finalmente pastos en un 22.48 %, llegando a la conclusión que la variación de la cobertura vegetal fue principalmente por las áreas artificializadas como es la expansión minera y expansión urbana con un 42.06 % del área total del caserío de Shiracmaca para el año 2021. La consistencia de los mapas mostró resultados eficientes con una precisión global de 92.24 % y un valor del índice Kappa de 0.92.

Palabras Claves: Cobertura vegetal, Imágenes Satelitales, NDVI, expansión minera

Abstract

The present investigation estimated the variation of vegetation cover due to the mining activity in the Shiracmaca village through satellite images 2000-2021, justifying itself in the general environmental law, which seeks to ensure a healthy environment within environmental policy and management, the research was basic. With a non-experimental methodological design of longitudinal cut, using photointerpretation as a technique and an observation sheet as an instrument, the data were analyzed using the NDVI and the corine Land Cover method in the ENVI and ArcGis software. As a result, it was obtained that the variation of vegetation cover for the year 2021 due to mining expansion was 42.06%, temporary crops varied by 11.29%, forests by 24.18% and finally pastures by 22.48%, reaching the conclusion that the variation in vegetation cover was mainly due to artificialized areas such as mining expansion and urban expansion with 42.06% of the total area of the Shiracmaca village for the year 2021. The consistency of the maps showed efficient results with a global precision of 92.24% and a Kappa index value of 0.92.

Keywords: Vegetation cover, Satellite Images, NDVI, mining expansion

I. INTRODUCCIÓN

La producción de recursos minerales y los trabajos de exploración y explotación han ido en aumento generando grandes impactos ambientales adversos, como es la degradación de vegetación natural afectando la biodiversidad y las zonas que son utilizadas para el cultivo, llevando consigo desafíos para lograr la sostenibilidad ambiental.

Como sucede en el continente africano quien cuenta con un tercio de las reservas minerales del planeta; sin embargo, el descontrol de la minería informal e ilegal está produciendo impactos medioambientales severos, tal es el caso de las ciudades de China pues un 65 % tiene niveles muy altos de contaminación por metales pesados generando grandes amenazas con respecto a la seguridad alimentaria, humana y medio ambiental (Shi, T. et al, 2018, p. 2).

A nivel mundial, Perú se encuentra ubicado entre los primeros productores con mayor diversidad en metales, por ende, es constante el desarrollo de las actividades mineras generando grandes impactos en el ámbito ambiental, social, cultural, económico, entre otros. En este contexto los gobiernos han implementado progresivamente una serie de normativas con el fin de mitigar los diversos impactos que genera esta explotación; sin embargo, muchas de ellas no se vienen cumpliendo. Según (Vargaya, 2019, p. 7-23), señala que la ciudad más contaminada es la Oroya pues presenta niveles elevados de metales tóxicos, afectando la salud de la población, sobre todo los niños quienes son los más vulnerables, pero lo más preocupante es la gran pérdida de cobertura vegetal registrada en la zona, por eso es de gran importancia realizar estudios, donde identifique los impactos que generan estas actividades mineras.

Por otro lado, en el caserío de Shiracmaca ubicado en el distrito de Huamachuco, se desarrollan las actividades de minería artesanal informal. Esta actividad a cielo abierto ha traído consigo diversos problemas ambientales, afectando a la salud de las poblaciones aledañas. Es por ello que, (La Defensoría del Pueblo, 2020, párr. 2) solicitó urgente intervención del Ministerio Público debido al colapso de relaves

mineros, las explosiones diarias vienen ocasionando la pérdida de cobertura vegetal, donde los procesos ecológicos se ven afectados.

En virtud de lo señalado, es importante realizar un análisis de la pérdida de la cobertura vegetal, que son producidas por la actividad minera, pues no existe estudios sobre el área afectada por dicha actividad, esto conllevó a la formulación del problema del trabajo de investigación: ¿En qué medida ha contribuido la actividad minera en la variación de cobertura vegetal en el caserío de Shiracmaca, Huamachuco 2000 - 2021?

Se tuvo como problemas específicos, ¿Cuál será el estado de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca Huamachuco 2000 - 2021?, ¿Se logrará clasificar los tipos de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca a través del método corine land cover en el periodo 2000 - 2021?, ¿Cómo se puede representar gráficamente los cambios de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca? y ¿Cómo se logra calcular el área y porcentaje de la pérdida de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca?

La presente investigación, se justificó bajo la ley N° 28611, ley general del ambiente, quien tiene la finalidad de asegurar un ambiente saludable dentro de la política y gestión ambiental del mismo, indicando que la adopción de nuevas tecnologías geoespaciales permitirá identificar, prevenir, controlar y corregir los efectos originados en la zona de estudio permitiendo obtener indicios sobre el incumplimiento de las normativas ambientales, quienes son administrados principalmente por OEFA (Bocanegra et al, 2021, p. 3).

De igual forma la aplicación de imágenes satelitales, permitió estimar la pérdida de cobertura vegetal, para posteriormente cuantificar y proponer soluciones ante los efectos producidos por la actividad minera en el caserío Shiracmaca, esto sirve como línea base para futuras investigaciones que buscan la sostenibilidad ambiental, tal como lo indica Yongjun et al (2018), que la sostenibilidad debe estar enfatizado en el sector minero con el fin de evaluar su impacto y regular el cumplimiento de la legislación minera (pág. 3). Además, se hizo uso del simulador

ENVI para procesar y analizar las imágenes satelitales, teniendo como métodos principales la corrección radiométrica, geométrica y atmosférica.

Esta investigación se realizó con el fin de poder beneficiar a las organizaciones del país y a la población afectada ya sea de manera directa e indirecta, pues con las medidas correctivas se mejoraría la calidad de vida y del ambiente.

En base a lo expuesto, el objetivo principal de esta investigación fue, estimar la variación de cobertura vegetal por la actividad minera en el caserío Shiracmaca mediante imágenes satelitales 2000 - 2021 y como objetivos específicos se tuvo, determinar el estado de cobertura vegetal mediante los índices de vegetación NDVI en el caserío Shiracmaca, clasificar los tipos de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca a través del método corine land cover en el periodo 2000 - 2021, representar gráficamente los cambios de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca, finalmente, calcular el área y porcentaje de la pérdida de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca.

Además, como hipótesis general se estableció que la actividad minera ha contribuido en un 70 % sobre la variación de cobertura vegetal en el caserío de Shiracmaca, Huamachuco 2000 – 2021, ya que en los últimos años está actividad ha venido ascendiendo, existiendo la probabilidad de que sea la principal actividad que genere que la cobertura vegetal varía o se pierda y como hipótesis específicas se tuvo; los índices de vegetación NDVI son los adecuados para la determinación del estado de cobertura vegetal, el método corine land cover es el adecuado para la clasificación de la cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca, los cambios en la cobertura vegetal serán representados mediante mapas temáticos, finalmente, el área y porcentaje se logra determinar mediante la interpretación de los mapas temáticos.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se describieron los antecedentes correspondientes a esta investigación

En primer lugar, Pinto, Chamarro y Mesías (2015, p. 5-12), 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 1417.26055 ha a 6948.98394 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.

Hurtado, L. y Lizarazo, I. (2019), en su revista de teledetección identificaron el potencial que tiene los índices de vegetación, para la detección de zonas en deforestación, para ello utilizaron los valores de reflectancia espectral, con rangos entre 0.64 y 2.29 micrómetros, para mejor precisión de resultados utilizaron la herramienta Landtrendr, quien analiza series temporales, considerando que el índice NDVI para ser categorizado como deforestación en un momento t_0 y un momento t_1 los valores disminuyen entre 0.2 y 0.4, los valores obtenidos del NDVI trabajados con dos bandas SWIR y SWIR2 del infrarrojo de onda corta, disminuyó de 0.8 - 0.9 a 0.3 - 0.5, estos resultados tienen un porcentaje de kappa de 0.83 y 0.79 %, determinando que las series temporales tiene una gran potencialidad para la detección de cambios en una determinada zona (p. 5-13).

También, Yongjun Yang et al (2018, p. 4-8) en su artículo tuvo la finalidad de evaluar la capacidad de las imágenes Landsat y del algoritmo Landtrendr para la detección del cambio de vegetación en la minera de Carbón de Curragh en Australia, en el cual el algoritmo derivó los índices espectrales de cada pixel en función del tiempo,

permitiendo distinguir el área de referencia, la minería perturbada y el área de recuperación, teniendo como resultado que durante el monitoreo 1989 - 2014, se habían recuperado casi 3000 ha de las 4573 ha de tierra perturbada y un 5% requería revegetación, para la precisión de los resultados hicieron uso de la matriz de confusión y el coeficiente kappa teniendo como precisión general un 85 %.

En el artículo de Madasa, A., Orimoloye, I., Olalade., O. (2021, párr. 3-5) analizó y cuantificó los cambios de la cobertura en la tierra mediante imágenes Landsat, entre los años 1988 a 2018 en la provincia de Free State - Sudáfrica, haciendo uso de los índices geoespaciales, como es el índice para monitoreo ambiental, para análisis urbanístico, para monitorear la cobertura terrestre y para identificar áreas vulnerables a sequías, estos índices permitieron discriminar diferentes tipos de cobertura del suelo, teniendo como resultado que hubo cambios en el uso de la tierra con un índice de precisión general entre 88% al 96% indicando que los índices son confiables para el mapeo y evaluación continua de los cambios producidos en áreas mineras de gran escala.

Liu Shiliang et al (2019, p. 7-15) analizó en base a un período 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 utilizó 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 41.8534 % 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 F. 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 donde se determinó que la pérdida de cobertura forestal fue de

9.95 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 (p. 7-15).

Alberca Cinthia y Pintado Gabby (2019, p. 14-85), determinó los cambios efectuados en la cobertura vegetal del área natural del Santuario Nacional de Tabaconas, mediante imágenes satelitales entre los años 1989 hasta el 2018, utilizando la técnica de clasificación de Corine Land Cover - CLC y la matriz de confusión, identificando cuatro categorías de cobertura vegetal como es: bosque denso alto, mosaico de cultivos, Herbazal y las lagunas naturales permanentes, la categoría más predominante durante el periodo de 1989 hasta 2018 fue bosque alto denso, con un área de 24247.81 ha para el año 2018, equivalente al 75.48%, con una fiabilidad del 94%, determinando que según la valoración del estadístico Kappa la clasificación fue casi perfecta .

Por su parte Miyasiro María y Ortiz Martín (2016, p. 17-133), estimó la cobertura vegetal de las Lomas de Villa María del Triunfo en época normal y extraordinaria mediante imágenes satelitales y el análisis multitemporal de los NDVI, obtenido que la cobertura vegetal varía año tras año, pero tiene un desarrollo óptimo en los meses agosto-septiembre, con área época normal 2221.30 ha y 4099.60 ha en época extraordinaria también se identificó que la cobertura vegetal ha reducido en los últimos 28 años pues existe la falta de un ordenamiento territorial de la ciudad, por lo que se propuso conservar 2607.4 ha de cobertura vegetal de lomas y una superficie de 1560.8 ha.

Carranza Jherson y Tasilla Esmeralda (2020, p. 1-10), analizó 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 período 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.

Prado Jean (2018, p. 26-90), en su tesis analizó la dinámica de la cobertura vegetal y los factores de cambio del suelo del distrito de Yurimaguas, mediante imágenes Landsat 5 TM, 7 ETM+ y 8 OLI en un período de tiempo 1990-2016, en el cual para discriminar la vegetación hizo uso del NDVI, teniendo como resultado que la cobertura vegetal disminuyó en gran magnitud, principalmente por la expansión urbana y el incremento de la agricultura, además, la deforestación generó la pérdida de 108 564.48 hectáreas de cobertura vegetal .

Requelme José (2019, p. 4-72), estimó la pérdida de cobertura boscosa y los cambios detectados en el uso del suelo durante los años 2000-2018, empleando imágenes satelitales, pero también se emplearon imágenes Pleiades, con el fin de realizar una comparación de coberturas. Como resultados obtuvo un registro de mapas donde se identificó 6 clases de cobertura vegetal para ello se tuvo en cuenta tanto el aumento como la disminución de cobertura, observándose que hubo un incremento de 470.94 ha de pastos y una reducción de 448.51 ha de suelos desnudos, concluyendo que la pérdida de cobertura boscosa fue de 323.53 ha, con una tasa promedio anual de deforestación de 17.97 ha.

Como parte del marco teórico teniendo en cuenta lo que se pretende investigar tenemos:

La teledetección, es una técnica que obtiene información de la superficie de nuestro planeta, mediante el proceso de imágenes satelitales. Este sistema integral captura información territorial electromagnética a través de sensores que capta información temática medioambiental.

Las imágenes satelitales, son sensores que captan y registran información de la radiación electromagnética, emitida por distintas coberturas, permitiéndonos la visualización, el procesamiento, el análisis e interpretación.

Dentro de los satélites tenemos, Landsat 7, quien dispone de ocho bandas ubicadas en el espectro electromagnético, la banda 1, 5 y 7 cuenta con una resolución espacial de 30 metros, esta resolución es la más cercana a la superficie brindando datos más exactos (Bravo, 2017, p. 20). También, registra la huella del paisaje

dependiendo de la estructura paisajística y diversidad florística existente, teniendo en cuenta que la clasificación depende de la resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal, es decir de la capacidad del sensor (Vargas, D. y Campos C., 2018, pág. 3).

Con respecto al satélite Landsat 8 cuenta con instrumentos a bordo llamado Operational Land Imager (OLI) y el Infrarrojo térmico (TIRS), quien registra información de la tierra en los rangos espectrales infrarrojos y el visible, se diferencia de los demás Landsat por las dos bandas nuevas que es banda 1 y banda 9 contando con una resolución de 30 metros (Chi, Z., Huifang, L y Huanfeng S., 2021, p. 2). Además, el instrumento OLI mide las porciones que se encuentran en el espectro visible e infrarrojo cercano y de onda corta y el TIRS mide la temperatura y emisividad de la superficie terrestre haciendo uso de dos bandas (Ricci et al, 2019, p. 4-9).

Para las correcciones de las imágenes satelitales tenemos la corrección atmosférica, fundamental para el análisis de los parámetros de la superficie terrestre mediante los datos de teledetección, para ello se evalúa y elimina las distorsiones que la atmósfera introduce provocando la alteración de los valores que llegan al sensor desde la superficie terrestre y para ello se necesita convertir los niveles digitales (ND) y almacenarlos en valores de radiancia (Chakouri M. et al, 2020, pág. 1).

También, la corrección radiométrica, se encargan de la corrección del bandeo de la imagen y restaurar las líneas o píxeles perdidos es decir corregir los problemas del sensor que está generando valores erróneos en píxeles concretos.

Además, permite normalizar las condiciones de la reflectancia que pudo a ver sido distorsionado al momento de capturar las imágenes, ya sea por las condiciones atmosféricas o de iluminación, como es altura del sol, dirección e inclinación de los rayos solares (Wang, T. et al, 2021, pág. 2), este proceso permite normalizar las características de las imágenes y que se encuentren en condiciones estándar, pues los valores de reflectancia, muestran la curva que representa el cambio de la

reflectividad de un objeto o superficie ya sean naturales o no naturales, detallado en el rango de longitud de onda (Giraldo, U. y Vásquez, P., 2019, pág. 17).

Finalmente, la corrección geométrica, consiste en dar a cada píxel la ubicación en un método de coordenadas ya sea UTM, Lambert, coordenadas geográficas, permitiendo unir la imagen del satélite en diferentes recubrimientos de un solo marco SIG, también se identifica su longitud (x) y latitud (y) (Felicísimo, A. y Cuartero, A., 2021, pág. 6).

La cobertura vegetal cubre la superficie terrestre comprendiendo una amplia gama de biomasa, posee características tanto físicas como ambientales, además ha sido utilizado para diferentes estudios relacionados con flora, fauna, sistemas ecológicos, entre otros.

Sin embargo, la pérdida de cobertura vegetal, se refiere al deterioro del suelo, generando que el país se desertifique, los cambios generalmente se manifiestan en décadas, como es el caso de las explotaciones a cielo abierto que remueven toda la cubierta vegetal produciendo la pérdida del mismo. Entre las actividades que generan deterioro de la cubierta vegetal es la minería ilegal, estas mineras ejercen actividades que no cumplen con las exigencias de las normas ambientales y no cuenta con un proceso de formalización (Kumi et al, 2021, pág. 2).

Por otro lado, tenemos el NDVI quien indica si existe o no vegetación en un determinado lugar, según Liu N. y Treitz P. (2016, p.2), permite determinar suelo desnudo, cubierta rocosa, musgos, gramíneas, juntos verdes y envejecidos, sirviendo como un indicador para monitorear la vegetación en diferentes áreas.

Además, el NDVI es no dimensional, tiene valores de -1 a +1, si estos fueran menores a 0.1, correspondería a la presencia de tierra desnuda y cuerpos de agua, si los valores son mayores indican presencia de la actividad fotosintética y actividad agrícola, los datos están compuestos por la suma del infrarrojo cercano y el rojo, pues estos son utilizados principalmente para identificar el cambio en la vegetación teniendo estrecha relación con las propiedades bioquímicas y biofísicas (Liu et al, 2019, pág. 2).

También la metodología CORINE Land Cover, el cual es un inventario de coberturas terrestres que cuenta con 44 clases, permitiendo la clasificación y comparación de las características de la cobertura, teniendo como base las imágenes satelitales, este permite construir los mapas de cobertura a diferentes escalas (Minam, 2014). Podemos decir que la metodología CORINE Land Cover permite el rastreo de los procesos y evaluar los cambios generados en las coberturas terrestres.

El algoritmo Landtrendr utiliza el catálogo completo de imágenes Landsat, este algoritmo permite generar series temporales de reflectancia de un píxel específico involucrando el índice NDVI, permitiendo detectar zonas posiblemente afectadas por deforestación o por otra actividad desarrollada en la zona (Hurtado, 2019, p. 3).

Además, Yongjun Yang et al (2018, p. 4-8) indica que este algoritmo permite capturar la información sobre perturbación minera y la recuperación de vegetación, esta investigación nos permite comprender el proceso de cambio de la vegetación para una posterior rehabilitación, como también un factor importante es el NDVI quien hace referencia a la minera perturbada y hacer un seguimiento de la vegetación pérdida.

III.METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El tipo de investigación fue básica, el cual relato un fenómeno de la realidad con el fin de caracterizar rasgos importantes del mismo (Cabezas, 2018, pág. 56). Es decir, busco especificar las características, propiedades y cambios en la cobertura vegetal del lugar de estudio, además se explicaron de manera detallada lo que se ha venido suscitando en el caserío Shiracmaca producto de la expansión minera para posteriormente realizar la interpretación del mismo.

Diseño de investigación: La investigación tuvo un diseño metodológico no experimental, ya que no se manipularon las variables, basándose solamente en la observación de los fenómenos de su ambiente natural. Por otro lado, fue de corte longitudinal ya que se analizaron los cambios a través de periodos de tiempo, con el fin de obtener resultados más relevantes con respecto a la evolución minera y la pérdida de la cobertura vegetal que hace inferencias de las causas y efectos de sus estudios. (Hernández, 2014, p.159).

3.2. Variables y operacionalización

La variable dependiente es la consecuencia producida por la acción de la variable independiente y la variable independiente se relaciona con la causa que genera cambios en la variable dependiente (Espinoza, 2018, p. 2).

En la investigación se tuvo como variable dependiente la cobertura vegetal y como variable independiente expansión minera en el caserío Shiracmaca – Huamachuco. (Ver anexo 1).

No obstante, la operacionalización es el conjunto de actividades y procedimientos que permiten medir la variable teniendo en cuenta diferentes criterios, contexto, componentes para captar la variable, confiabilidad y validez (Prado, 2017, p. 30). (Ver anexo 2).

La herramienta básica se realizó en base a las imágenes satelitales, permitiendo determinar los cambios de cobertura vegetal en el caserío

Shiracmaca, basados en el tiempo y describir sus características, del mismo modo se emplearon los NDVI y el método Corine Land Cover para cumplir con los objetivos propuestos.

3.3. Población

La población fue conformada por el área total del caserío Shiracmaca con un total de 936.27 hectáreas, ubicado en la zona 17S, en las coordenadas: 830222.00 mE y 9132455.00 mS.

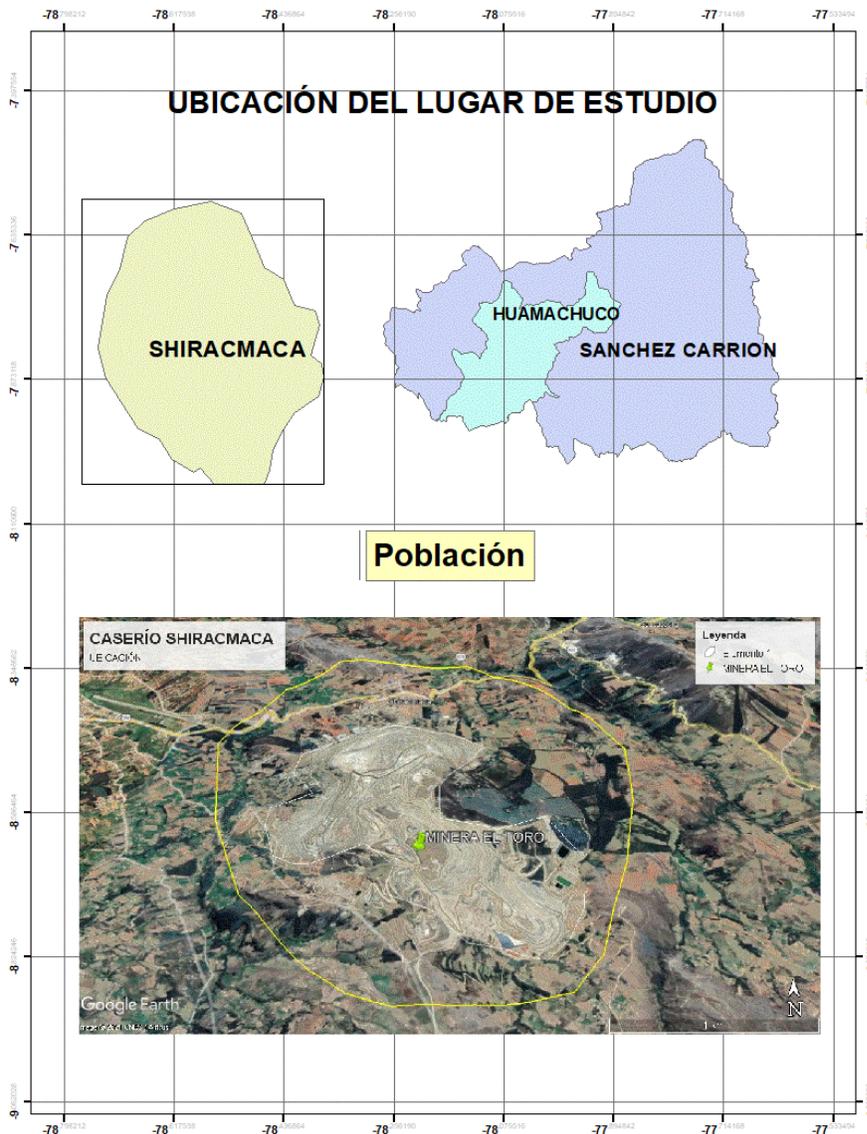


Figura 1: Ubicación del distrito Shiracmaca

Fuente: ArcGis

3.3.1. Unidad de análisis

La unidad de análisis fue cada celda de la imagen Landsat 7 y 8, contando con una resolución de 30 metros, es decir el pixel de cada cuadrado tiene un tamaño de 0.03 ha en un área total de 0.09 ha, sabiendo que cada celda debe ser lo suficiente pequeña para tener más detalles y realizar el análisis de manera eficiente de la imagen, estas celdas son almacenados en formato ráster.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se basó en la observación y la descarga de imágenes satelitales.

3.4.1. Técnica de recolección de datos

Como técnica se obtuvo la observación es decir la fotointerpretación, ya que se registraron los cambios de forma sistemática, ordenada y confiable que muestra la cobertura vegetal, también nos permite el análisis que se puede ver al instante y tomar nota de alguna circunstancia, con esta técnica ya no es necesario la toma de datos en campo, la aplicación de ecuaciones a las imágenes satelitales permitió monitorear como ha ido variando la cobertura vegetal en el tiempo estos procesos fueron recogidos para ser trabajados en la siguiente fase de la investigación.

Para la descarga de imágenes satelitales se consideró un intervalo de tiempo de 3 años, con el fin de identificar como ha ido variando la cobertura vegetal.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Se utilizó la ficha de observación para registrar los datos entre el observador y la realidad observada. En la investigación nos permitió registrar y almacenar los valores obtenidos del NDVI al momento de analizar las imágenes satelitales mediante los programas ENVI y ArcGis. (Ver anexo 3,4 y 5)

3.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento

3.4.3.1. Validez del instrumento

El instrumento a utilizar ha sido validado por distintos organismos internacionales, entre los instrumentos tenemos, la metodología CORINE Land Cover adaptado para Perú mediante el ministerio del ambiente (2014) (Ver anexo 6) y el NDVI que ha sido trabajado en diferentes investigaciones

con el fin de determinar la cobertura vegetal en diferentes actividades con el fin de reflejar sus características y su estado de crecimiento (Yang et al, 2019, pág. 3).

Para la validación del trabajo se realizó a través de las fichas de observación, denominados: recolección de imágenes satelitales (Anexo 3), metodología para calcular la cobertura vegetal mediante el NDVI (Anexo 4) y Metodología Corine Land Cover adaptada al lugar de estudio: Caserío Shiracmaca (Anexo 5).

Fue firmado por un docente y/o profesional especialista en el tema de investigación, como se detalla a continuación

Tabla 1: Validación de Instrumento

Apellidos y nombres del especialista	CIP	Promedio del Instrumento (I)	Promedio del instrumento (II)	Promedio del instrumento (III)
MSc. Ing. Marco Antonio Herrera Díaz	191151	90%	95%	90%

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3.2. Confiabilidad del instrumento

Los instrumentos permitieron recopilar la información necesaria con relación a la cobertura vegetal y la expansión minera para ello tendremos las imágenes satelitales en un período de tiempo 2000 hasta 2021.

3.5. Procedimientos

La técnica a desarrollar fue el procedimiento digital de imágenes Landsat 7 y Landsat 8, para ello se hizo una observación de aerografías las cuales estuvieron ortorectificadas, el procedimiento se desarrolló con la aplicación del sistema SIG quien obtuvo una data espacial, además se utilizó el método Corine Land Cover CLC, para analizar las estadísticas y categorías de vegetación, asimismo el cálculo del NDVI permitió identificar la cobertura vegetal de la zona.

Estos procedimientos de interpretación y aerofotografías de los años 2000 – 2021 fueron adquiridas del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) encargada de estudiar los recursos naturales, peligros y amenazas del mismo, también, se utilizó el software ENVI para corregir las imágenes y ArcGis para generar los mapas temáticos.

3.5.1. Descripción del procedimiento

Los procedimientos se desarrollaron de la siguiente manera:

➤ Paso 1: Descarga de las imágenes satelitales

En este paso, se realizó la descarga de las imágenes satelitales donde se hizo un análisis multiespectral, es decir con una recopilación de información espacial espectral y radiométrica de la zona de estudio.

Las imágenes espectrales pertenecen al satélite Landsat 7 y 8, las cuales fueron adquiridas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), pues son imágenes de libre acceso.

Además (Herrera, 2017, p. 4), señala que los archivos de la USGS de las imágenes Landsat 7 y 8 es material de información básica para realizar un monitoreo de la pérdida de cobertura vegetal, ya que el sensor cuenta con las características espectrales para dicho monitoreo.

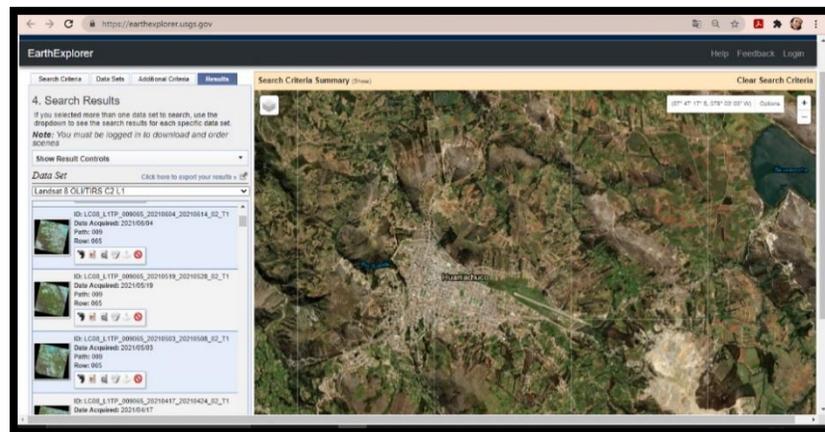


Figura 2: Plataforma USGS

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las imágenes obtenidas sufren ciertas distorsiones, por ello se utilizó el archivo ráster obteniendo una mejor precisión en la ubicación del mapa, aplicando el sistema de proyección cartográfica específica, de acuerdo al lugar de estudio: WGS 1984 UTM Zona 17S (Requelme, 2019, p. 45).

➤ **Paso 2: Composición de las imágenes satelitales:**

Se realizó la combinación de las bandas ya seleccionadas de los Landsat 7 y 8, haciendo uso de la metodología descrita por (Oliveira, 2019, p. 3), además, señala que las bandas multiespectrales con resolución espacial de 30 m y una resolución radiométrica de 16 bits aumenta la intensidad de cada píxel entre 0 y 65.535 niveles de gris, lo que significa un mayor grado de detalle de la información generada, permitiendo resaltar la vegetación sana, el recurso hídrico y otras composiciones. (Ver anexo 7 y 8).

➤ **Paso 3: Tratamiento de las imágenes satelitales**

Primero se hizo la calibración radiométrica, convirtiendo los píxeles de niveles digitales a niveles de reflectancia, esto disminuye los efectos de dispersión y absorción que se presenta en la imagen por la presencia de partículas en la atmósfera.



Figura 3: Landsat 8 Multiespectral

Fuente: Elaboración Propia

La corrección radiométrica permitió obtener las firmas espectrales, para ello se realizó la calibración radiométrica, trabajando con la imagen multiespectral.

Según Mohcine C. et al (2020, pág. 5), se tiene dos algoritmos:

- **FLAASH:** Más completo, viene incluido el MOOD que permite hacer simulaciones
- **QUICK:** Modelo atmosférico estándar, indiferente a la latitud.

Primero se trabajó con FLAASH_calibración por radiancia_bandas intercaladas por líneas_ruta donde guardar.

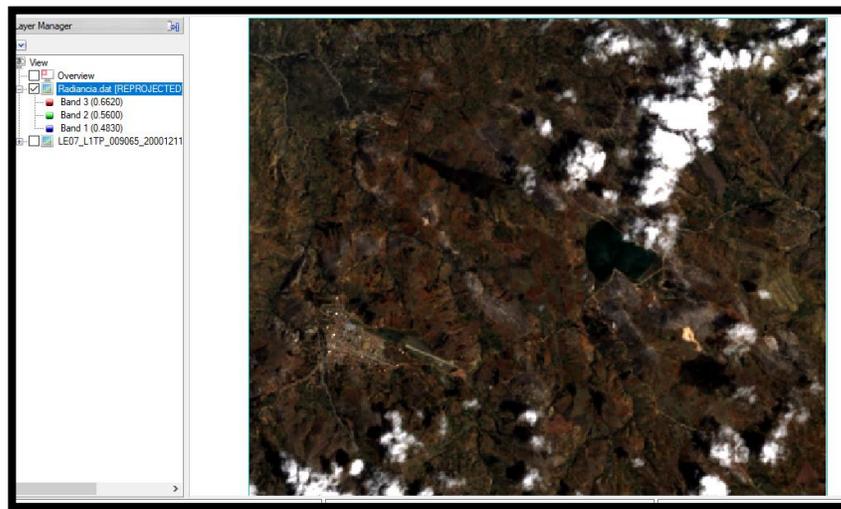


Figura 4: Corrección Radiométrica

Fuente: Elaboración Propia

Calibración atmosférica: Método FLAASH

La calibración atmosférica permitió corregir neblinas o nubes que se presentan en la imagen mejorando así los resultados finales.

Se trabaja con la imagen de RADIANCIA

Se tiene la coordenada central de la zona que se está trabajando, pero ello también se debe especificar el tipo de sensor a trabajar, en este caso Landsat 7 y 8, obteniendo las firmas espectrales

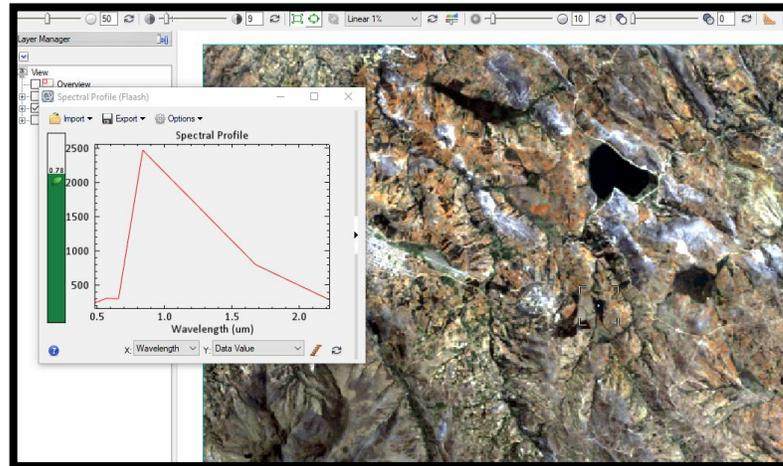


Figura 5: Ejemplo de firma espectral: Vegetación

El algoritmo FLAASH permitió realizar la calibración radiométrica multispectral, obteniendo las firmas espectrales del agua, suelo, nieve y vegetación de la imagen seleccionada para trabajar.

Calibración Radiométrica: Se aplicó la temperatura en base a toda la imagen.

Algoritmo: Reflectancia quick

Se trabajó con la imagen de reflectancia: conversión a reflectividad mediante el algoritmo QUICK, obteniendo las firmas espectrales del suelo, agua, vegetación, nieve.

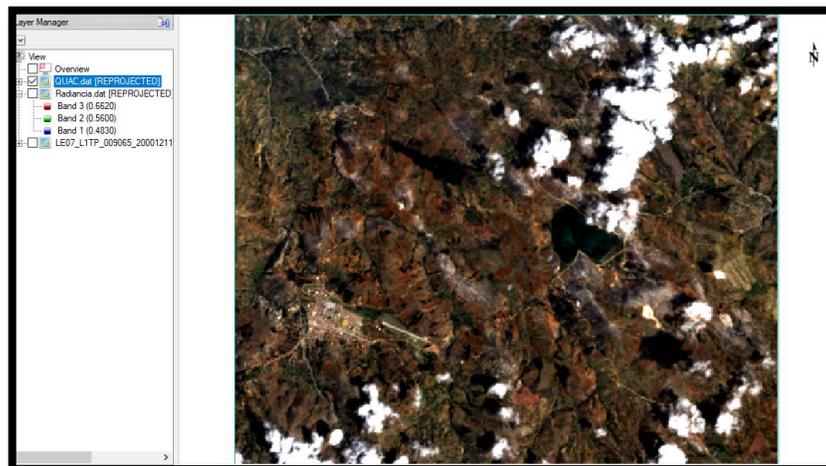


Figura 6: Reflectancia Quick

Fuente: Elaboración Propia, 2021

Calcular: NDVI: índice de vegetación

Para ello se hizo uso de imágenes Landsat 7 y 8 en diferentes épocas, con un total de 8 imágenes entre el año 2000 y 2021.

Para calcular el índice NDVI se aplicó de la siguiente fórmula

$$NDVI = \frac{NIR - Rojo}{NIR + Rojo}$$

Para Landsat 8:

- NIR (reflectancia infrarroja - Banda 5) y Rojo (Banda 4)

Para Landsat 7:

- NIR (Reflectancia infrarroja – Banda 4) y Rojo (Banda 3).

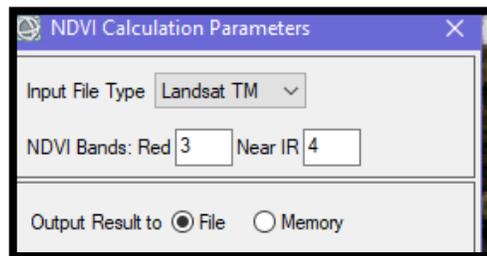


Figura 7: Combinación de bandas 3 y 4 cálculo del NDVI

Fuente: Elaboración Propia

En ello se observó que, donde existe presencia de vegetación es más brillante y tienen un valor mayor.

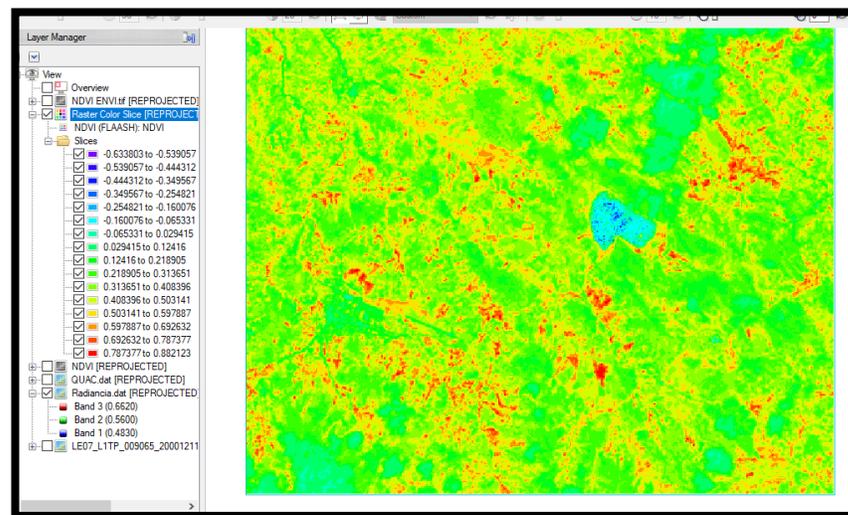


Figura 8: NDVI calculado

➤ **Paso 4: Generación de mapas temáticos**

En este paso, se elaboraron los mapas temáticos con el fin de visualizar los cambios que muestra la cobertura vegetal por la expansión minera, así mismo la clasificación de ella.

Los colores que se originan en los mapas son producto de las combinaciones de bandas, es decir para:

Tabla 2: *Combinación de bandas para la generación de mapas temáticos*

SATÉLITE	COMBINACIÓN	BANDAS
LANDSAT 7	URBANIZACIÓN	7, 5, 3
	AGRICULTURA	5, 4, 1
	BOSQUES	4, 3, 2
LANDSAT 8	URBANIZACIÓN	7, 6, 4
	AGRICULTURA	6, 5, 2
	BOSQUES	5, 4, 3

Fuente: PRADO (2017)

➤ **Paso 5: Clasificación Supervisada**

Se trabajó con las imágenes satelitales 7 y 8 en el software ArcGis, previo a ello se hizo las correcciones en el software Envi.

Para la clasificación se trabajó con la metodología Corine Land Cover adaptada al lugar de estudio.

La clasificación de coberturas fue: bosques, áreas artificializadas, cultivos transitorios y pastos.

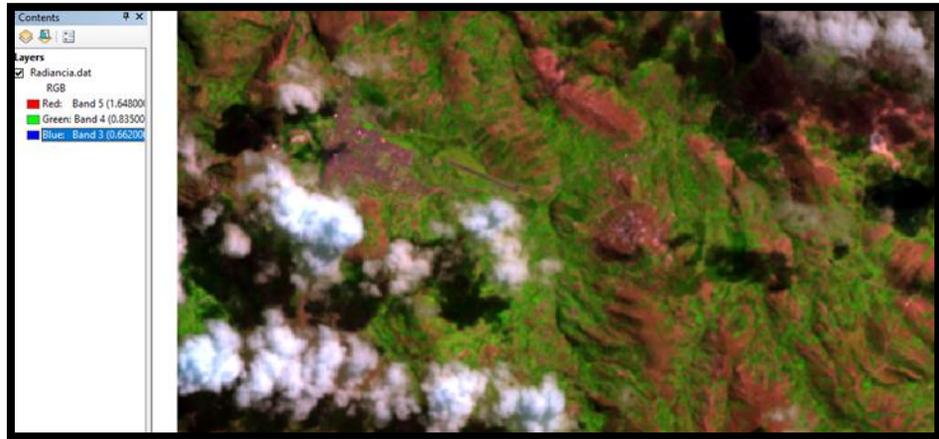


Figura 9: Combinación de bandas para el análisis de vegetación

Fuente: Elaboración Propia

➤ **Pao 6: Matriz de confusión y estadístico kappa**

Según Jaramillo, L. y Antunes, A. (2018, p. 10-12), la clasificación de imágenes satelitales, brinda resultados más precisos sobre la cobertura del territorio incorporando la matriz de confusión y el estadístico kappa.

La matriz se genera a partir de los pixeles que fueron tomados como muestras siendo estos aleatorios, comparando el resultado de la clasificación y como las encontró el clasificador. Es decir, en la parte diagonal se encuentran los aciertos o pixeles que el clasificador y el usuario ubicaron en la misma clase, la suma de los aciertos y el total establece cual es la precisión de la clasificación (Achicanoy, J., Rojas, R., Sánchez, J., 2018, p. 7).

También, la matriz cuenta con columnas que indican la clase de referencia y en las filas las deducidas por clasificación, mientras que los marginales supone los errores de asignación, esta disyuntiva nos permite reagrupar las categorías que están en una sola y absorber las confusiones. (Suarez, 2018, p.30).

Para el presente trabajo se hizo uso de imágenes satelitales del periodo 2000 – 2021 con un total de 8 imágenes teniendo en cuenta un intervalo de tiempo de tres años, tendrán puntos de referencia los cuales deben ser verificados y etiquetados en cada mapa generado. También permitió tener mejor resultado del NDVI, pues se obtuvo una lista de puntos de verificación tanto de cobertura real y la deducida por clasificación, a partir de estas matrices se calculó el coeficiente Kappa.

Con esta matriz se obtuvo la exactitud global, de usuario y de productor, estas exactitudes son resultados parciales, no aprovechan en su totalidad todos los datos es por ello que para corregir los tipos de exactitud se utiliza el coeficiente kappa.

Estadístico kappa

Sirvió para analizar la relación que existe en las distintas categorías, este es idóneo para el estudio global de la matriz de confusión, delimita el grado de ajuste teniendo en cuenta la exactitud de clasificación, también evalúa si la clasificación que se ha realizado discriminó correctamente las categorías de interés.

Como lo indica Tatsumi et al (2015, p. 4), el coeficiente kappa es una medida de confiabilidad que indica el porcentaje general cuando el estadístico kappa es igual a 1 indica que los evaluadores están de acuerdo, caso contrario si es 0 pues no existe un acuerdo entre ellos, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$kappa = \frac{(P(a) - (P(e)))}{1 - P(e)}$$

Los datos a reemplazar en la formula dependiendo de los datos obtenidos en la matriz de confusión:

P(a): Indica el porcentaje de precisión general, es decir la fracción de la relativa observada, este valor se obtiene con la siguiente fórmula

$$P(a) = \frac{\text{Píxeles diagonales}}{\text{Total de Píxeles}} * 100$$

P(e): Indica la probabilidad hipotética de cambio, fracción esperada entre los datos observados y predicciones, su fórmula es la siguiente:

$$P(e) = \frac{(VU * VP + \dots + VU * VP)}{\text{Total de píxeles}^2}$$

VU: Valor del usuario

VU: Valor del productor

Para la interpretación del índice kappa tenemos la siguiente escala:

Tabla 3: Valores del coeficiente kappa

Valores de K	Concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Fuente: Torre, 2019

3.6. Método de análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló mediante la aplicación de imágenes satelitales aplicando los índices de vegetación diferencia normalizada y el método CORINE Land Cover.

3.6.1. Recojo de datos

Para realizar el análisis multitemporal se utilizó fundamentalmente imágenes satelitales, estas cumplen con algunos criterios de exclusión e inclusión, es decir se excluirá las imágenes que fueron publicadas en el mismo año que las imágenes a utilizar, pero no reúnen las condiciones necesarias que contribuyan con el logro de los objetivos en investigación.

A continuación, se detalla cuáles fueron los criterios de exclusión de las imágenes satelitales:

- Deben ser representativas donde se visualice cambios notorios con el fin de observar diferencias en cada lapso de tiempo.
- Se debe verificar que tengan escasa cobertura nubosa casi nula, esto podría alterar los resultados
- No debe contener error implícito que modifique los resultados, estos pueden ser: line dropout, bandeo, ruido, entre otros.

3.6.2. Proceso de análisis de datos

Para el procesamiento, se hizo uso de los siguientes programas:

a) Envi

Las técnicas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Combinación de bandas
- Elaboración de máscaras
- Cocientes de bandas
- Elaboración de mapas
- Análisis de los componentes principales

b) ArcGis

Permitió visualizar, editar, crear y analizar diferentes datos geoespaciales, se puede analizar los datos dentro de otro conjunto de datos, recrear sus características y generar la creación de mapas, este programa cuenta con dos aplicativos la tabla de contenido y el marco de datos, permitiendo georreferenciar las imágenes satelitales.

También se clasificaron y analizaron los cambios de cobertura vegetal mediante los mapas temáticos y las tablas de descripción que se generaron indicando el área en hectáreas (ha) de las diferentes coberturas.

License type: Advanced

Version: 10.7.1

Se hizo uso del laboratorio virtual de la UCV ya que estos softwares cuentan con licencia corporativa.

c) Google Earth:

Este sirvió como apoyo visual para corroborar las características del territorio vistas mediante las imágenes satelitales.

d) Excel

Es un programa de informática que permitió realizar las figuras de tendencia que describen los cambios de cobertura en el Caserío Shiracmaca, además permitió evaluar la matriz de confusión y el índice de kappa para una mejor precisión del NDVI y los mapas temáticos.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación presenta objetivos reales estos se trabajaron durante el desarrollo de la investigación, los datos fueron de fuentes confiables, los cuales se procesaron por el investigador mismo quien cuenta con la capacidad suficiente para analizar e interpretar cada proceso descrito.

Así también, la presente investigación está orientada hacia la ética ambiental, esta es una reflexión racional y adecuada de los problemas que se vienen suscitando entre hombre y naturaleza, ya que la ética no solo está orientada a los valores y normas del hombre, sino también a su relación con todos los seres vivos y su conservación, es por ello que esta investigación está orientada a la conservación y protección del ambiente.

Finalmente, está orientada a una visión de buen profesional en ingeniería ambiental, tal como dice Condori, (2018, p.87), una visión permite identificar, analizar y solucionar problemáticas sobre los recursos naturales, consensuar y asumir actitudes para cuidar el bien común y del ambiente en el que vivimos. La investigación contribuirá a las investigaciones sobre monitoreo de la pérdida de cobertura vegetal producto de la expansión minera, los investigadores están comprometidos a respetar la exactitud de los resultados.

IV. RESULTADOS

Con respecto a la investigación los valores del NDVI permitió determinar suelos desnudos, suelos pertenecientes a áreas mineras, áreas urbanas, áreas agrícolas, pastos y bosques, esto se logró identificar mediante la combinación de bandas para análisis de vegetación:

Tabla 4: Combinación de bandas

LANDSAT	NDVI	CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS
<i>Landsat 7</i>	3,4	5,4,3
<i>Landsat 8</i>	4,5	6,5,4

Fuente: Elaboración Propia

Además, para la clasificación de coberturas se hizo uso de la metodología Corine Land Cover adaptada para Perú por el MINAM en el 2014.

Para desarrollar el objetivo principal se tuvo como base la clasificación de mapas de cobertura permitiendo estimar que la variación de cobertura vegetal fue principalmente por las áreas artificializadas como es la expansión minera y expansión urbana, ya que para el año 2000 el porcentaje de pérdida de cobertura vegetal producto de las áreas artificializadas fue de un 7.76 % del área total del caserío Shiracmaca, para el año 2012 aumentó a un 20.72 % y para el año 2021 alcanzó un 42.06 % del área total es decir que la explotación minera en el caserío ha tenido un gran aumento.

Considerando que el aumento de esta actividad ha generado indirectamente que los cultivos transitorios disminuyan de un 25.25 % del área total para el año 2000 a un 11.29 % para el año 2021.

Con respecto al objetivo específico, determinar el estado de cobertura vegetal mediante los índices de vegetación NDVI en el caserío Shiracmaca, se trabajó con las imágenes Landsat 7 y 8 respectivamente del mes de agosto cada tres años en el periodo 2000 al 2021, estas fueron trabajadas en el software ENVI y ArcGis.

Para la determinación de los índices de vegetación, se obtuvieron las firmas espectrales, de acuerdo a la metodología descrita por (Arteaga, 2018, p. 15) el NDVI es un índice no dimensional, pues sus valores fluctúan entre -1 a +1, los índices con valores negativos indican presencia de cuerpos de agua y tierra desnuda, mientras que los valores más altos son indicadores de la presencia de vegetación, puede ser bosques, matorrales y la actividad agrícola. Los valores fueron mostrados de acuerdo al procesamiento y el estado de vigorosidad que presenta la vegetación en el Caserío Shiracmaca.

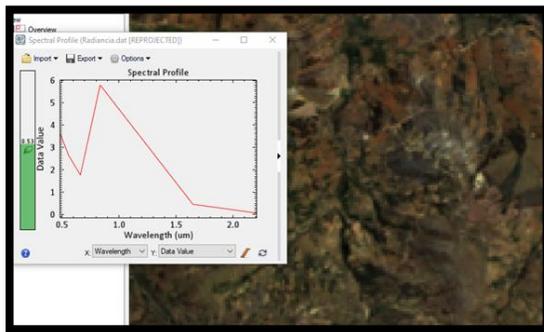


Figura (a)

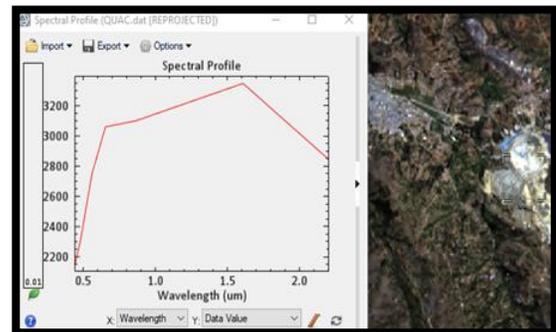


Figura (b)

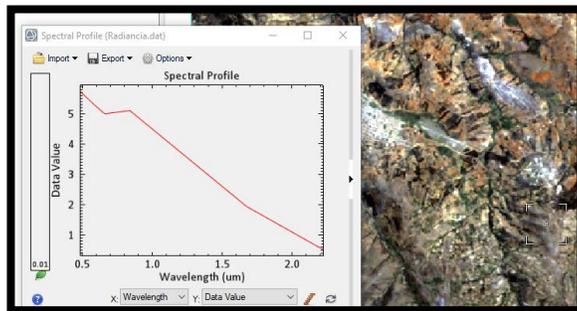


Figura (c)

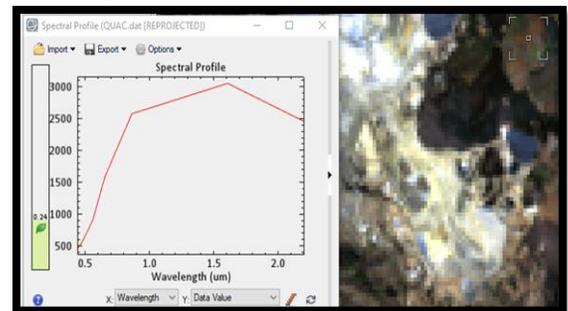


Figura (d)

Figura 10: Firmas Espectrales

Fuente: Software ENVI

La figura a, b, c y d, muestra las firmas espectrales de la vegetación, minería, suelo desnudo y suelo para agricultura respectivamente, lo cual permitió elaborar los mapas del NDVI, como se muestra a continuación:

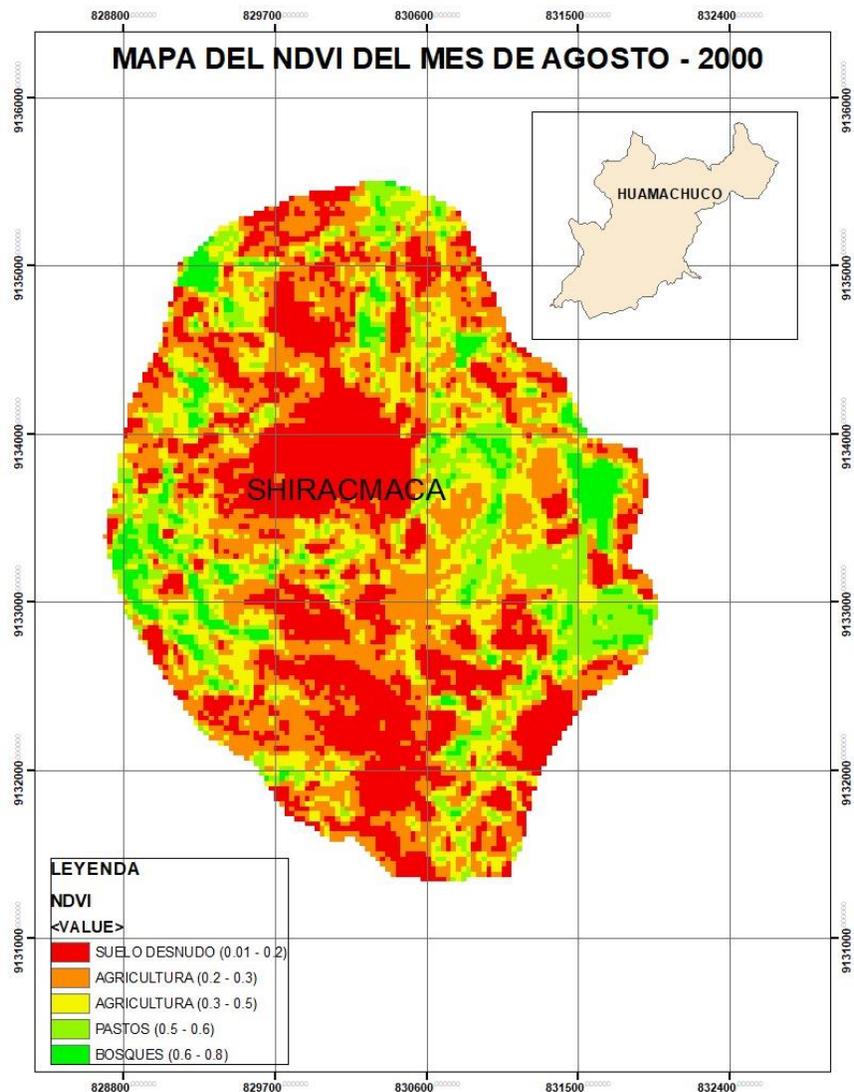


Figura 11: Mapa NDVI agosto 2000

Fuente: Elaboración propia, 2021

El NDVI para el año 2000 presentó una gran área de suelo desnudo debido a que el NDVI fluctúa entre 0.01 – 0.2 considerando áreas que son para agricultura, pero no están sembradas, áreas con afloramiento rocoso, por ende, no tiene desarrollo de vegetación, gran parte perteneciente al cerro el toro. Los valores que marcan un color amarillo pertenece a agricultura, y de color verde pertenece a pastos y bosques, teniendo un valor más alto consecuencia de la actividad fotosintética que se registra.

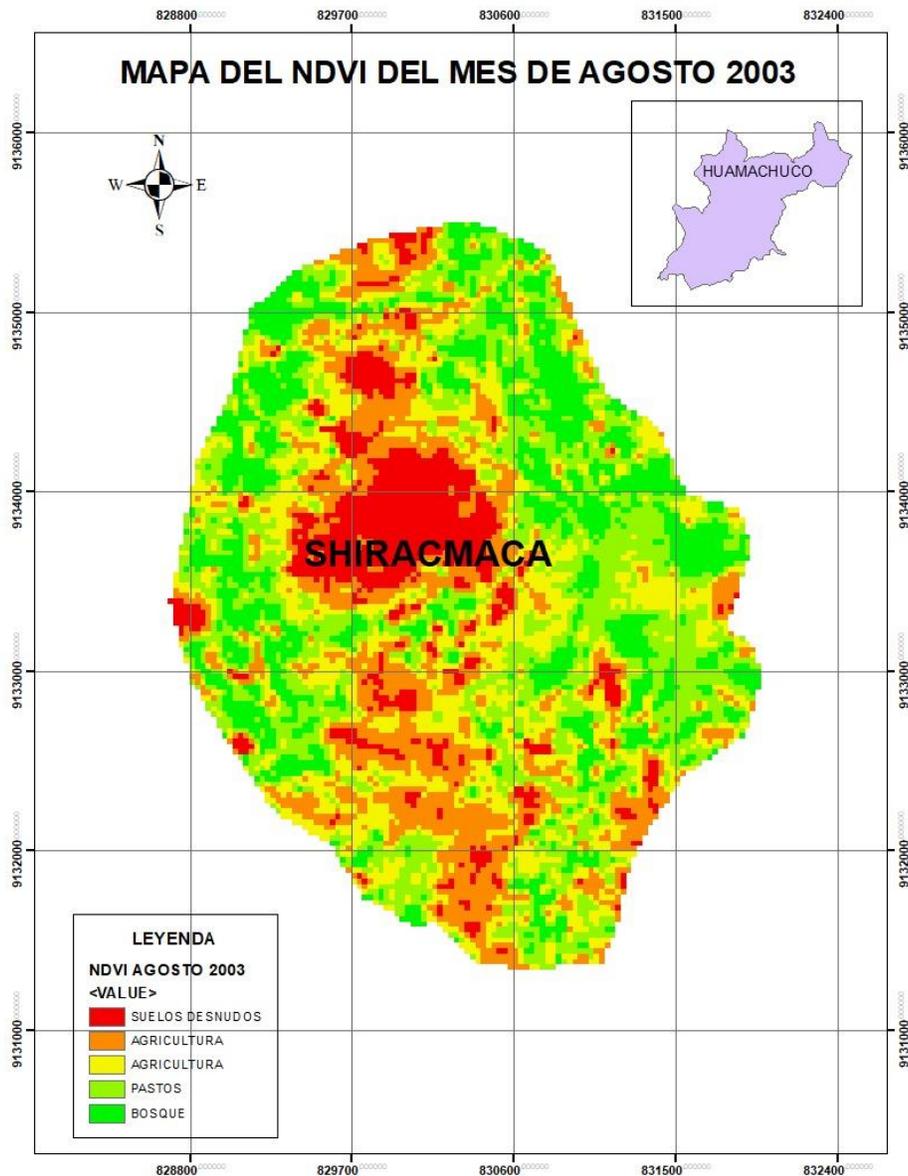


Figura 12: Mapa NDVI agosto 2003

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el año 2003 se registró una mayor cantidad de área de agricultura y pastos, generando actividad fotosintética, a diferencia de los suelos desnudos que solo marca el área donde se realiza explotación minera y parte de la zona urbana.

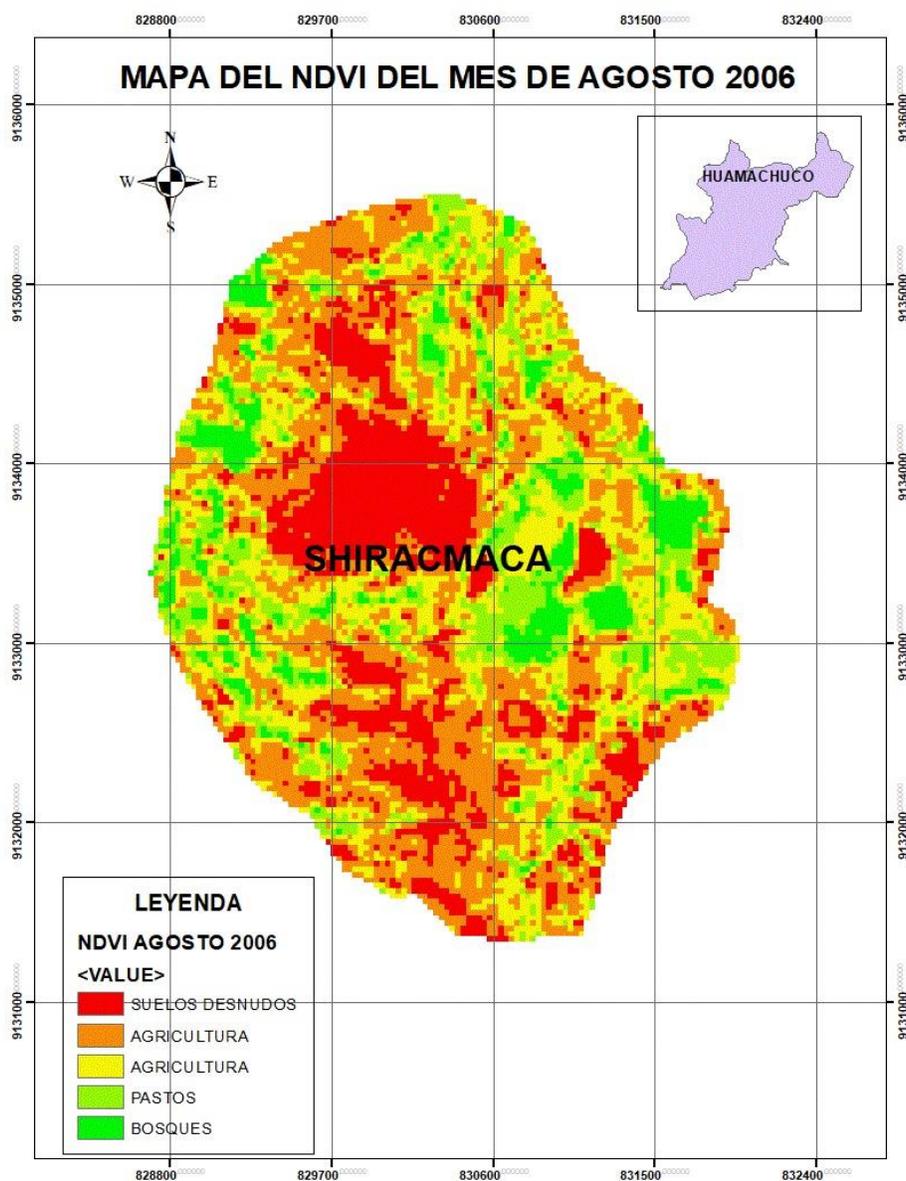


Figura 13: Mapa NDVI agosto 2006

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el año 2006 el NDVI varió, los suelos desnudos tenían un área mayor, ya que los valores del NDVI consideran suelos desnudos, áreas urbanas y zonas rocosas, agricultura y pastos tienen relación en el NDVI y sus valores, a diferencia de los bosques que siempre tienen un valor más alto.

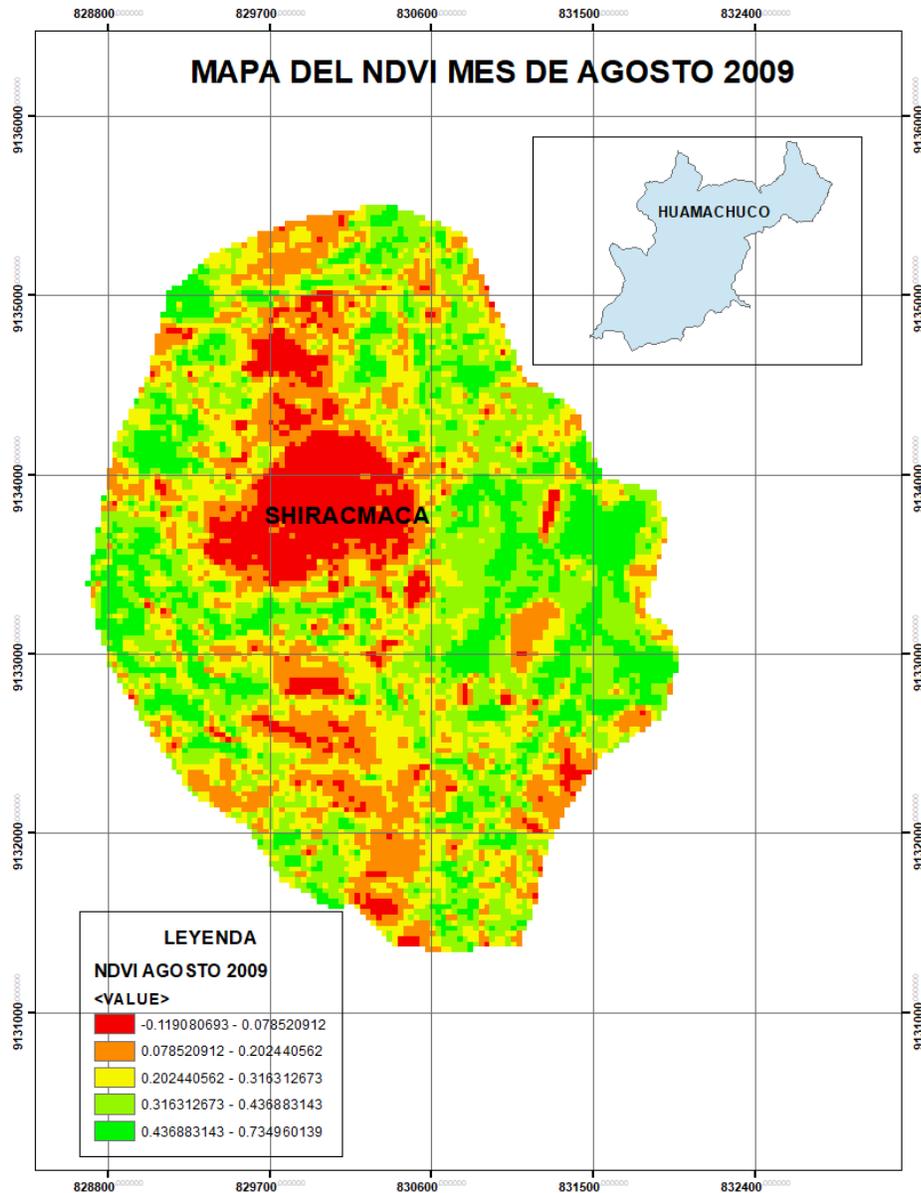


Figura 14: Mapa NDVI agosto 2009

Fuente: Elaboración propia, 2021

El NDVI para el mes de agosto del año 2009, fluctúa entre -0.1 a 0.7, ya que los valores que tienen color rojo y anaranjado pertenecen a suelos desnudos, como es área minera, zona urbana y parte de suelo que no tiene presencia de vegetación, el color amarillo pertenece a áreas de agricultura y el color verde hace referencia a pastos y bosques respectivamente.

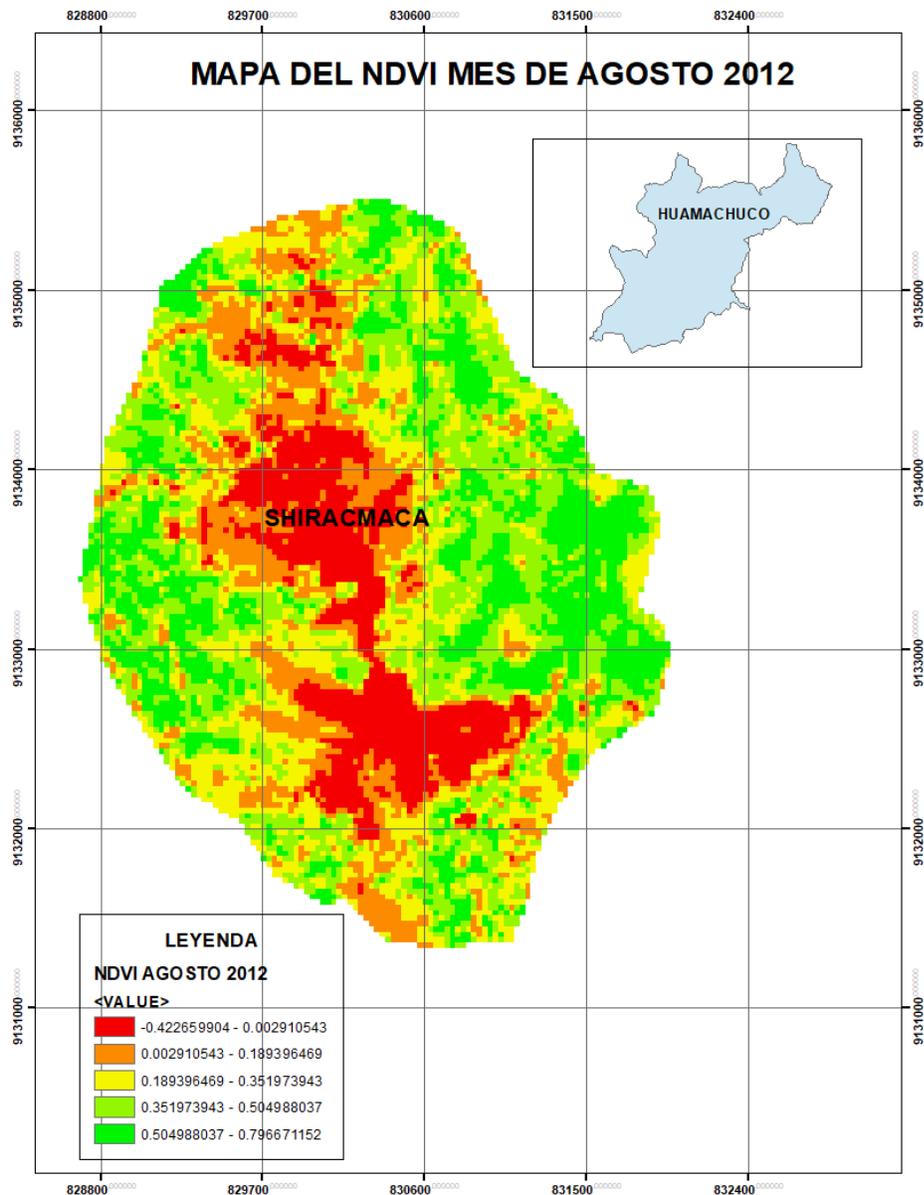


Figura 15: Mapa NDVI agosto 2012

Fuente: Elaboración propia, 2021

El NDVI para el año 2012 en suelos desnudos tuvo un rango entre -0.4 a 0.18, perteneciente a áreas urbanas, mineras y áreas que son para agricultura, pero no tiene vegetación, los valores 0.18 - 0.35 pertenece a vegetación que recién está emergiendo, los valores de 0.35-0.50 hace referencia a pastos y los valores de 0.50 – 0.79 hace referencia a bosques más densos.

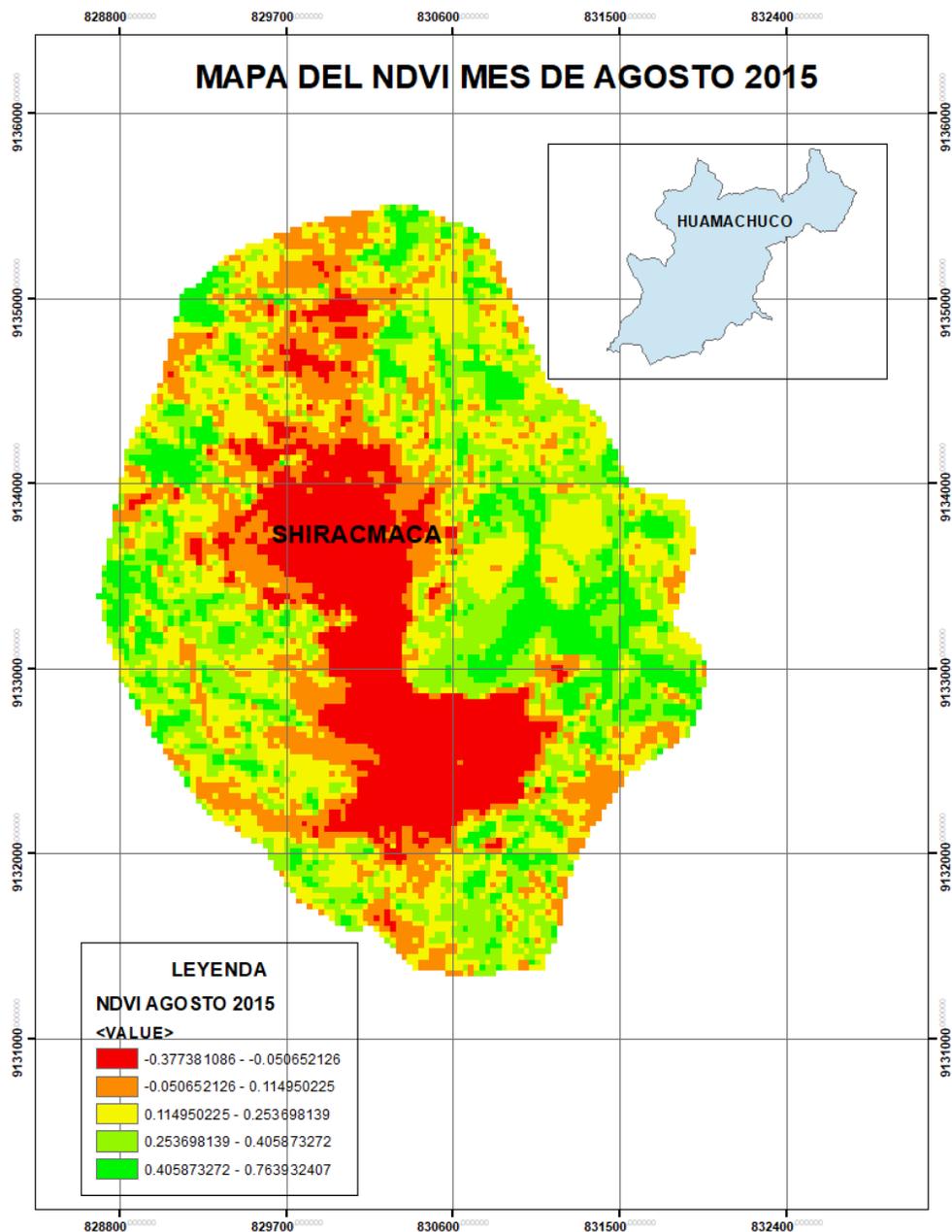


Figura 16: Mapa NDVI agosto 2015

Fuente: Elaboración propia, 2021

El NDVI para el año 2015, con respecto a suelos desnudos el área siguió aumentando consecuencia de las actividades mineras que han seguido ejecutándose generando la pérdida de vegetación por lo tanto los valores van hacer cercanos a 0.

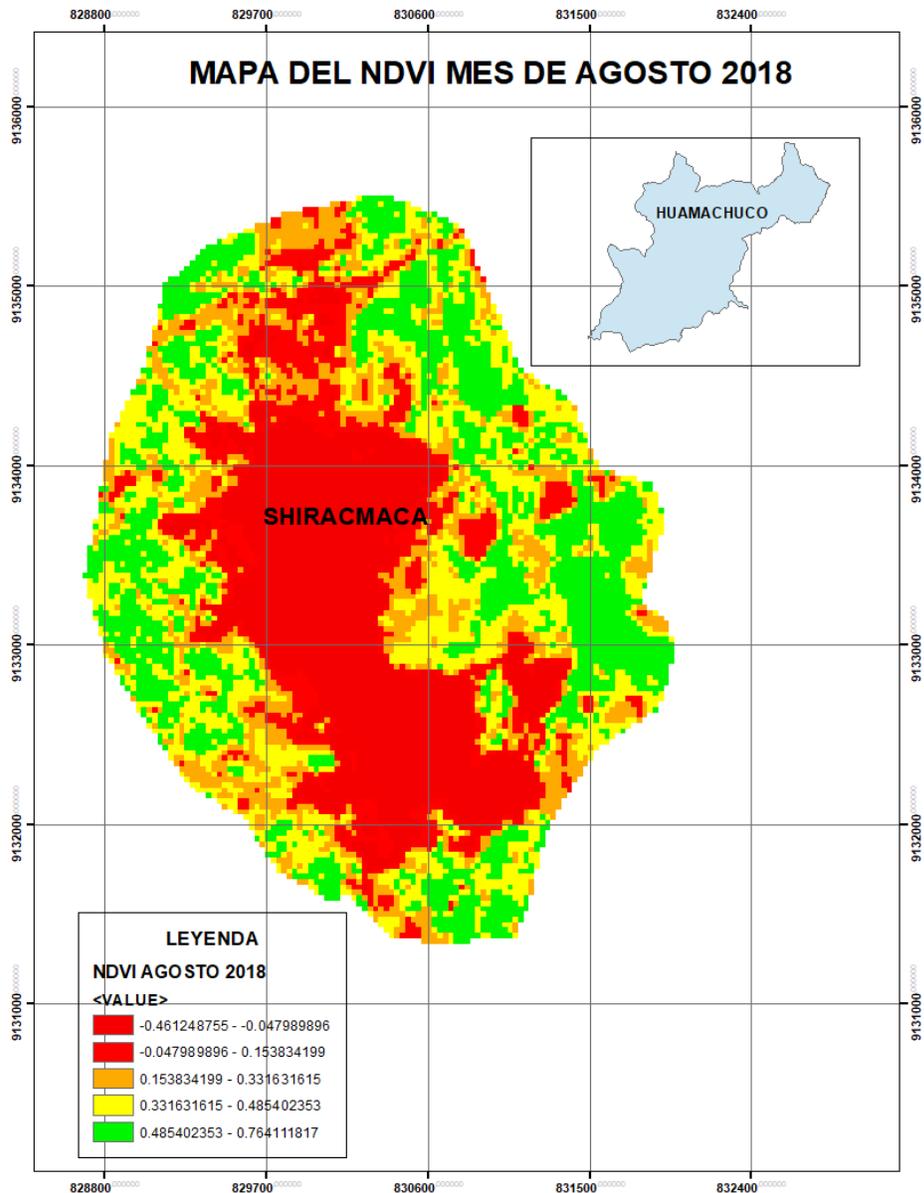


Figura 17: Mapa NDVI agosto 2018

Fuente: Elaboración propia, 2021

Los valores de -0.4 a 0.15 pertenecen a suelos desnudos no cuenta con presencia de vegetación, los valores de 0.15 a 0.33 hace referencia a suelos que tiene vegetación emergiendo o cultivos recién sembrados, los valores de 0.33 a 0.48 hace referencia a pastos y los valores de 0.48 a 0.76 a áreas boscosas, vegetación muy densa.

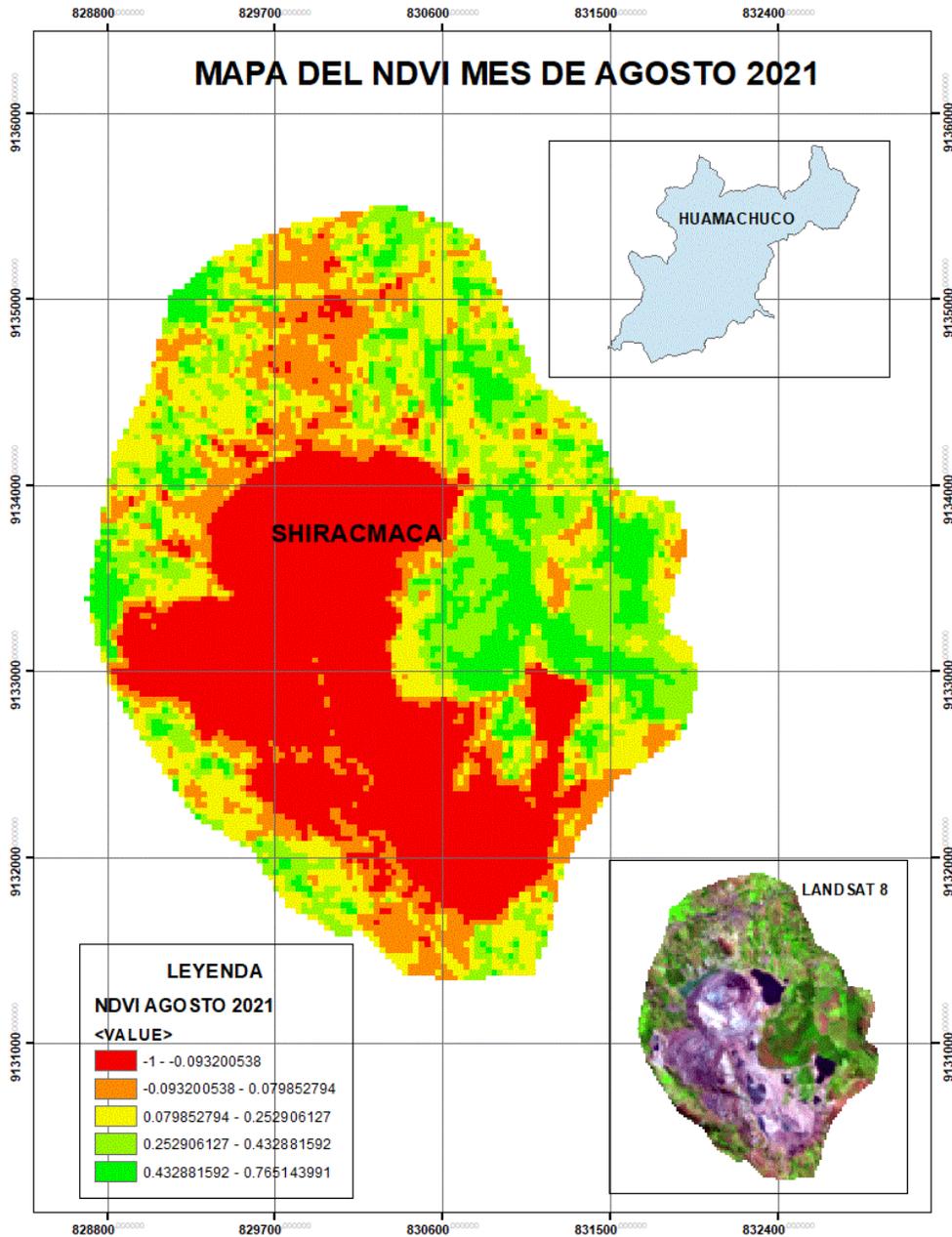


Figura 18: Mapa NDVI agosto 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

El NDVI para el año 2021 tuvo una gran relación con la clasificación de coberturas pues los píxeles que tienen un valor de -1 a 0.07 pertenece al área minera y la expansión urbana, data comparada con la imagen Landsat haciendo la combinación de bandas 6,5,4.

Para clasificar los tipos de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca a través del método corine land cover en el periodo 2000 – 2021, se hizo mediante la clasificación supervisada, lo cual requiere tener conocimiento previo del terreno como es, los tipos de cobertura que presenta el área de estudio, para ello se hizo un análisis de fotointerpretación (Mejía, 2016, p 11.).

Se realizó la clasificación de diferentes coberturas, esto se obtuvo a través del procesamiento y clasificación supervisada. Las imágenes del 2000 y del 2021 representan 4 categorías de clasificación de cobertura como (áreas artificializadas, bosques, cultivos transitorios y pastizales), las cuales han sido clasificadas en el Nivel III de Corine Land Cover adaptada para Perú.

Tabla 5: Clasificación de coberturas Caserío Shiracmaca

CLASIFICACIÓN SUPERVISADA	CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS	CÓDIGO	AREA DEL CUADRADO (ha)
1	Bosque	Bo	0.09
2	Áreas artificializadas	Au - Em	0.09
3	Cultivos Transitorios	Ct	0.09
5	Pastos	Pa	0.09

Fuente: Elaboración propia, 2021

Las coberturas que presenta Shiracmaca es:

- **Áreas artificializadas**

Se refiere a la infraestructura artificial que cubre el terreno, como son viviendas y áreas de explotación minera.

- **Cultivos transitorios**

Son los cultivos agrícolas, en el cual predomina el cultivo de maíz, trigo, la mayoría se desarrolla a menor escala, que es parte de su consumo o destinado para el mercado.

- **Bosques**

Cobertura típicamente arbustiva, predominando el cultivo de eucalipto.

- **Pastos**

Este comprende a herbazales que se desarrolla de manera natural, que en algunas ocasiones es utilizado como alimentación del ganado.

El objetivo anterior que fue clasificar los tipos de cobertura nos permitió representar gráficamente los cambios de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca para ello se utilizó el software ArcGis, aplicando diferentes herramientas para la clasificación de coberturas.

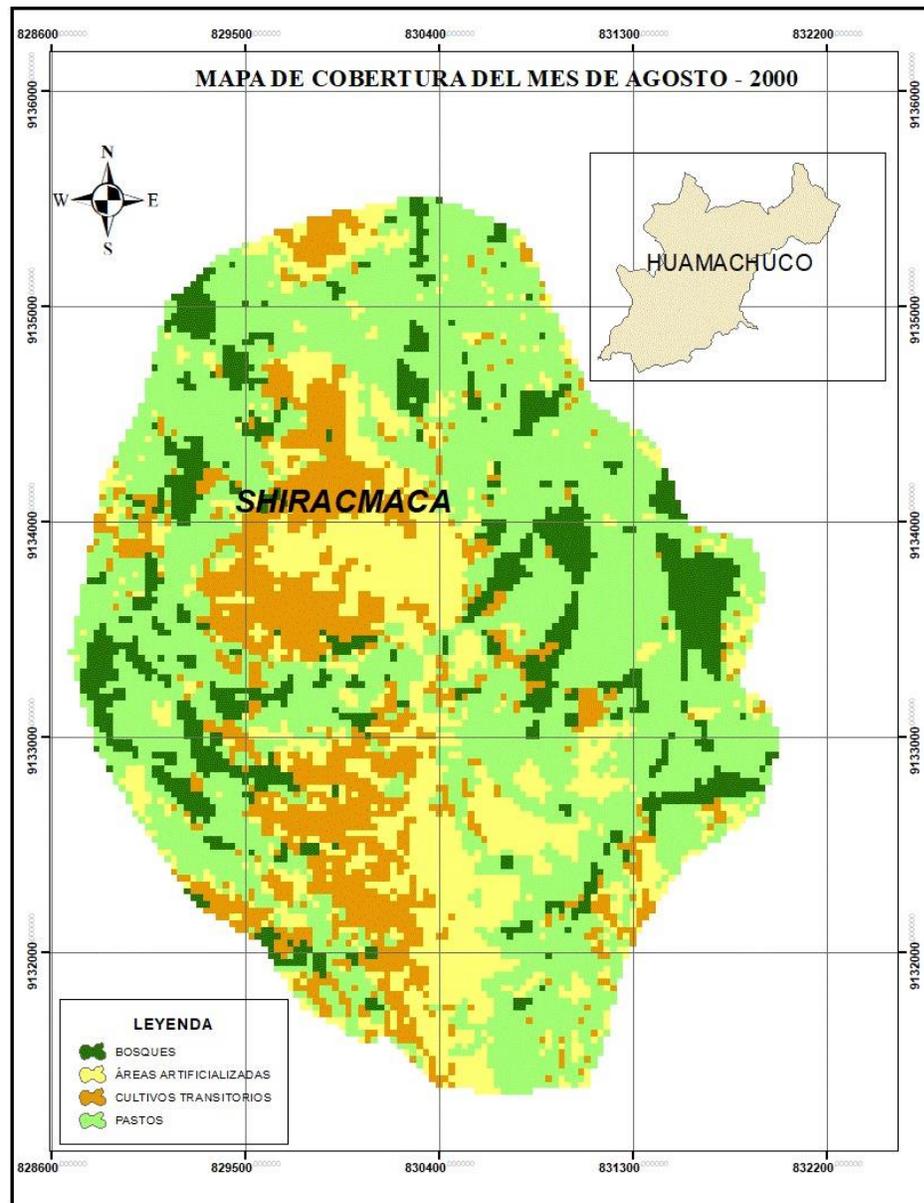


Figura 19: Mapa de cobertura agosto 2000

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo a los resultados obtenidos por cada categoría, la cobertura vegetal del caserío de Shiracmaca con un área total de 936.27 hectáreas, 530.55 hectáreas está cubierto por Pastos (Pa), 72.63 hectáreas está cubierto por Áreas artificializadas (Au, Em), 236.43 hectáreas está cubierto por Cultivos Transitorios (Ct) y 96.66 hectáreas está cubierto por Bosques.

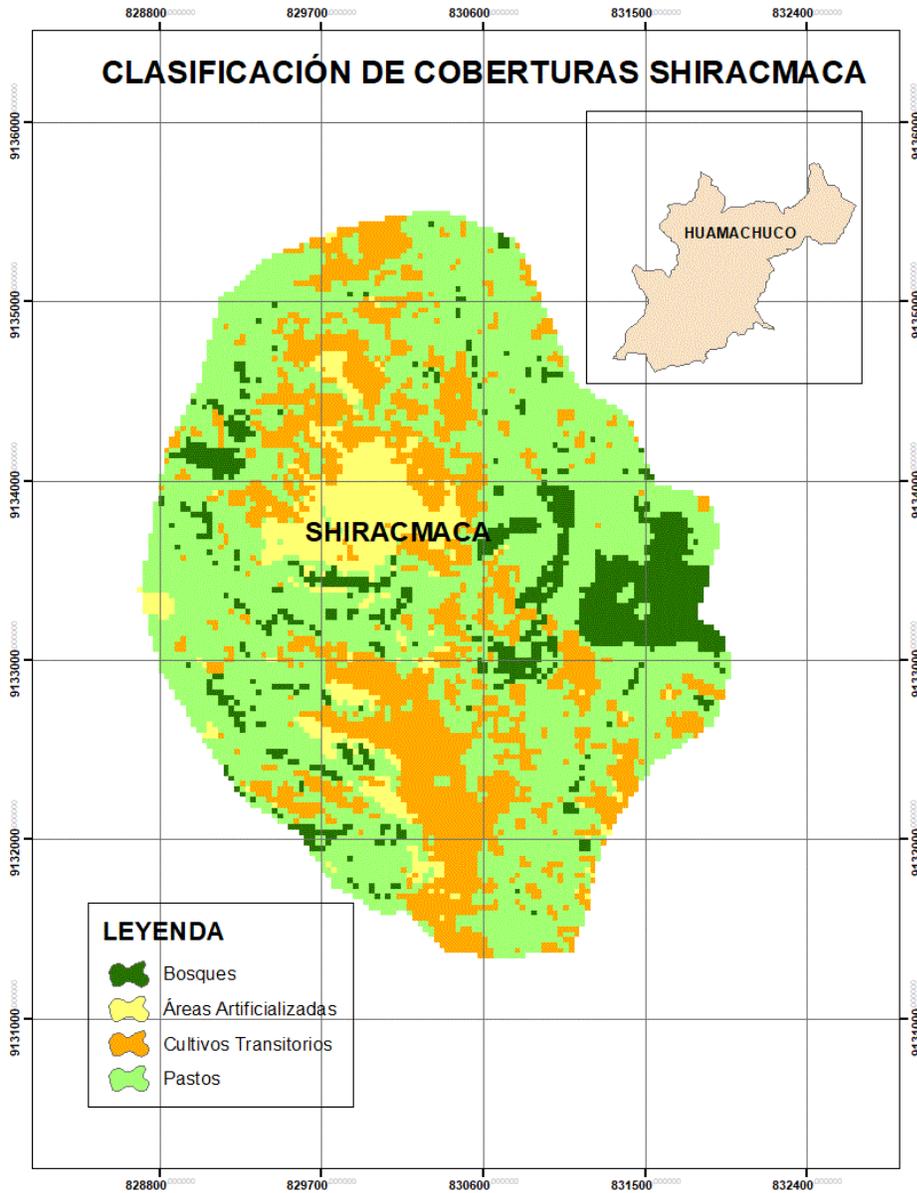


Figura 20: Mapa de cobertura agosto 2003

Fuente: Elaboración propia, 2021

La clasificación de coberturas para el año 2003, la hectárea de bosque siguió aumentando a 291.42 ha, las áreas artificializadas a 100.08 ha, los cultivos transitorios a 270.36 ha, a diferencia del área de pastos que disminuyó a 274.41

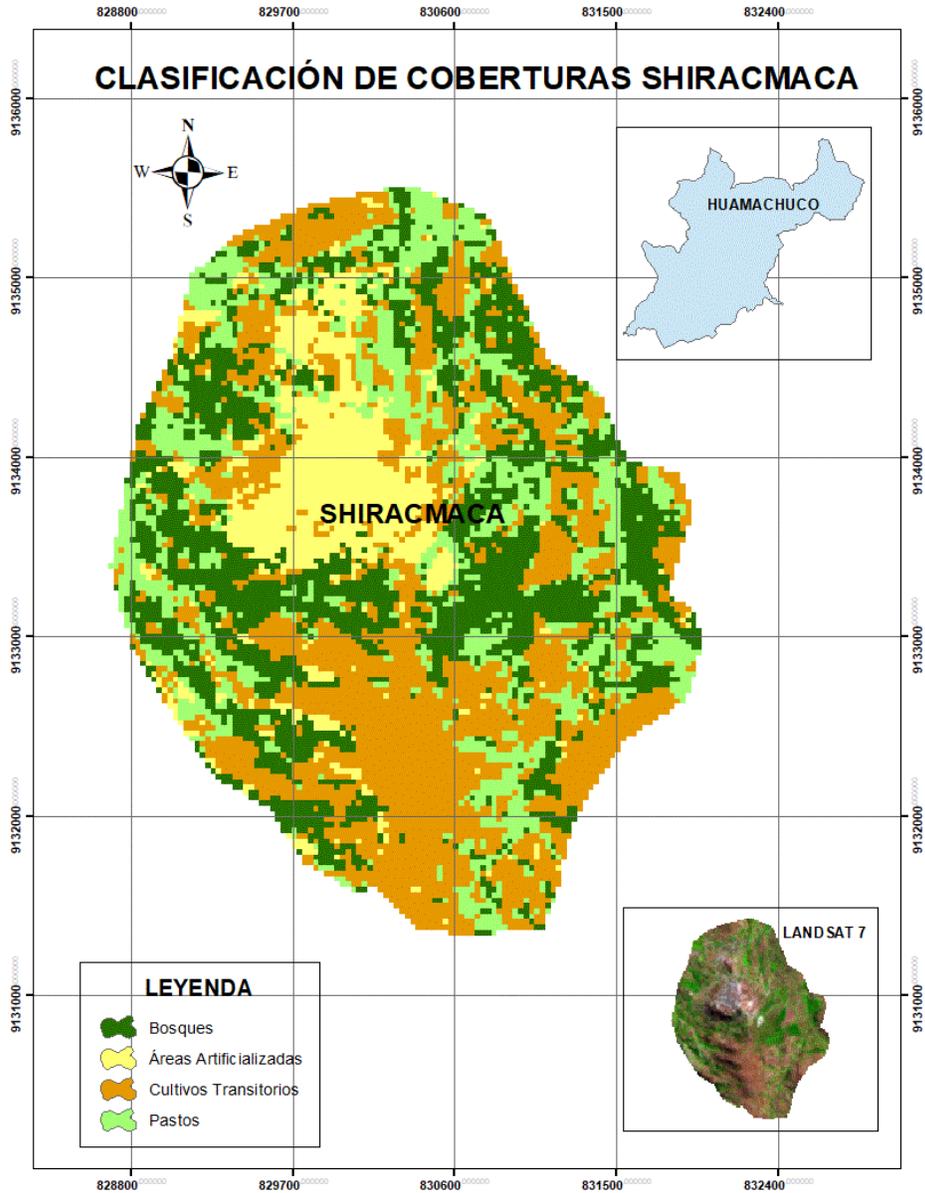


Figura 21: Mapa de cobertura agosto 2006

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el año 2006 el suelo perteneciente a áreas artificializadas tiende a seguir aumentando, mostrándose más pronunciada, aumentando los cultivos transitorios y disminuyendo el área para pastos.

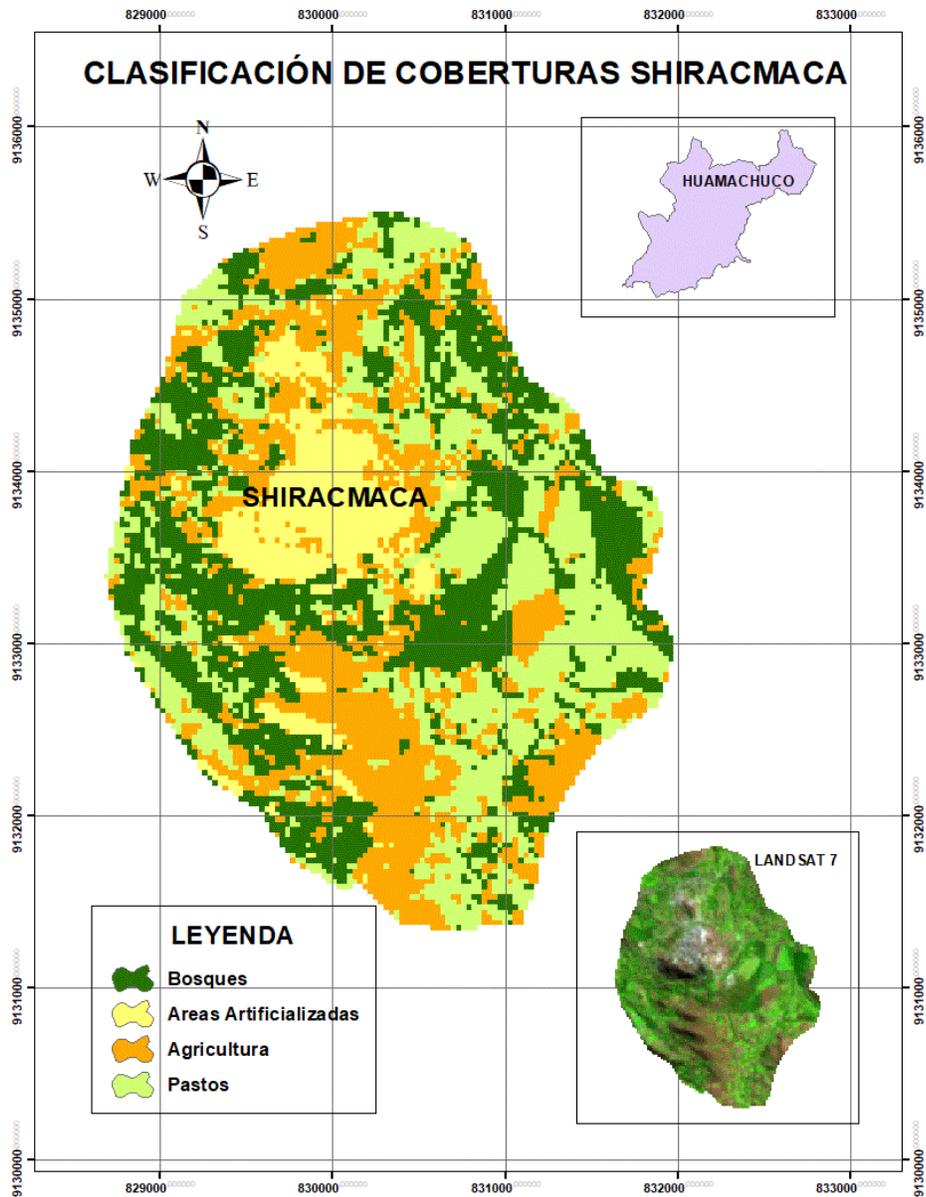


Figura 22: Mapa de cobertura agosto 2009

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para este año los cultivos transitorios se mantuvieron, no varió, a diferencia de las áreas artificializadas que siguieron expandiéndose, los bosques disminuyeron a 230.67 ha y los pastos a 176.94.

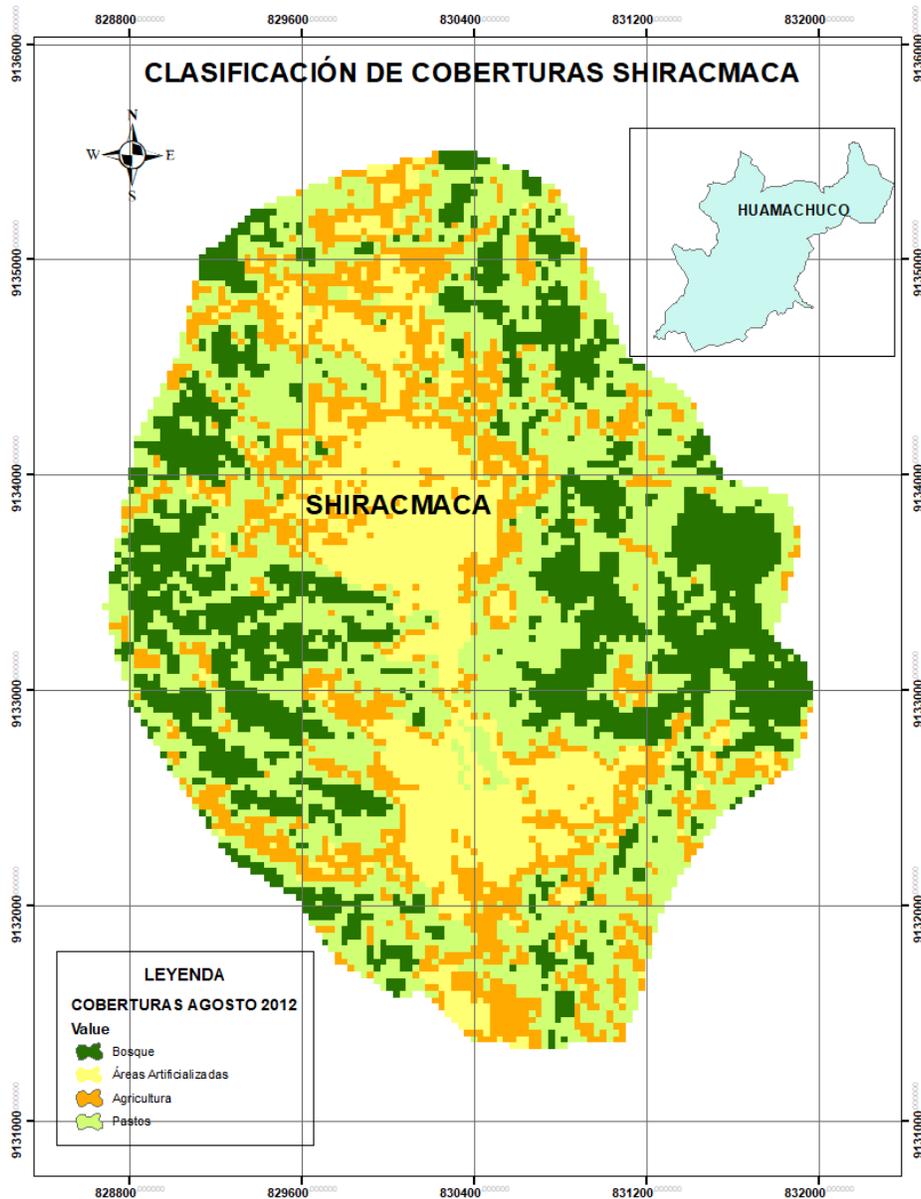


Figura 23: Mapa de cobertura agosto 2012

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo a los resultados obtenidos por cada categoría, la cobertura vegetal del caserío de Shiracmaca en el año 2012 con un área total de 936.27 hectáreas, 460.89 hectáreas está cubierto por Pastos (Pa), 193.95 hectáreas está cubierto por Áreas artificializadas (Au, Em), 163.17 hectáreas está cubierto por Cultivos Transitorios (Ct) y 118.26 hectáreas está cubierto por Bosques.

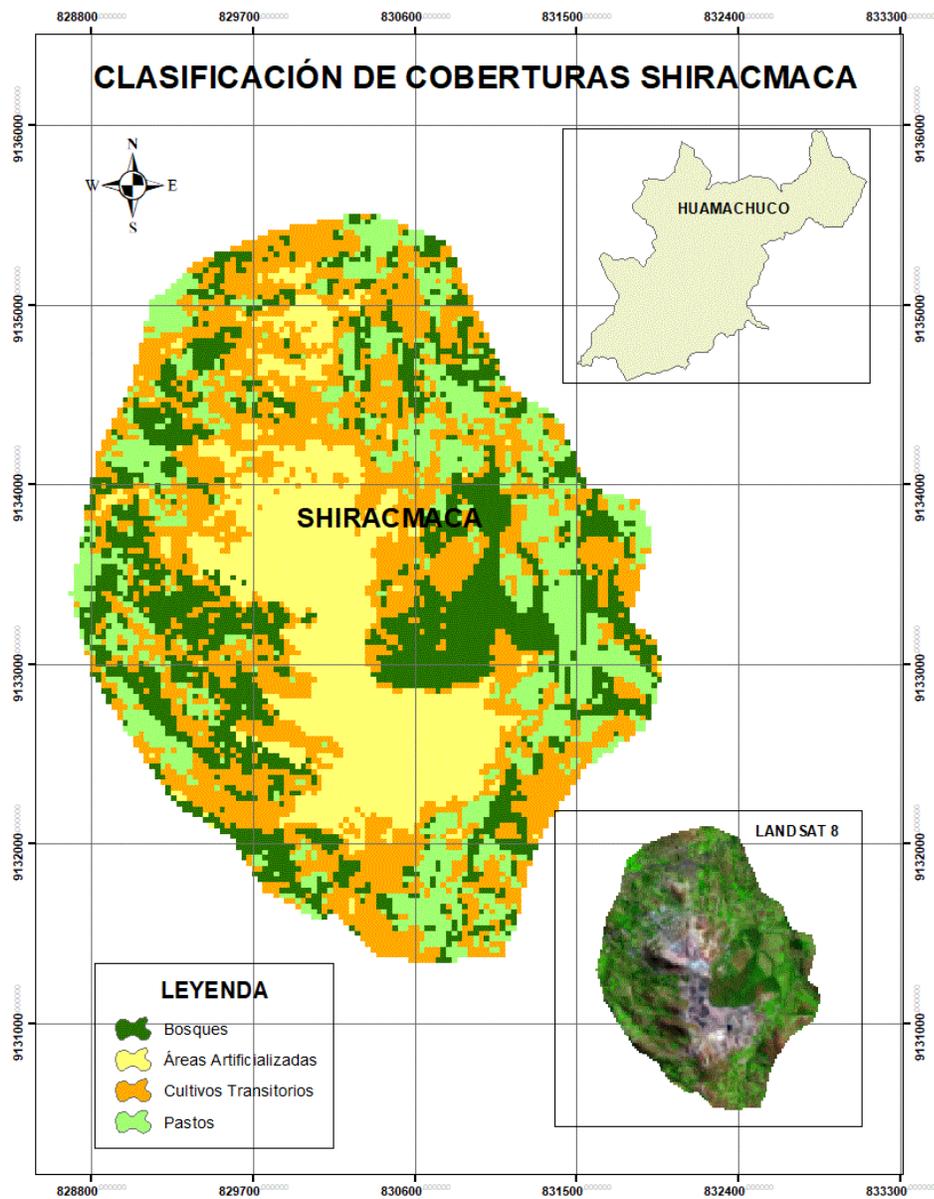


Figura 24: Mapa de cobertura agosto 2015

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el año 2015 las áreas artificializadas siguieron en aumento, estas áreas pertenecen a zonas urbanas y zonas donde se realiza actividades mineras, los cultivos transitorios aumentaron, a diferencia de los pastos y bosques que disminuyó dichas hectáreas.

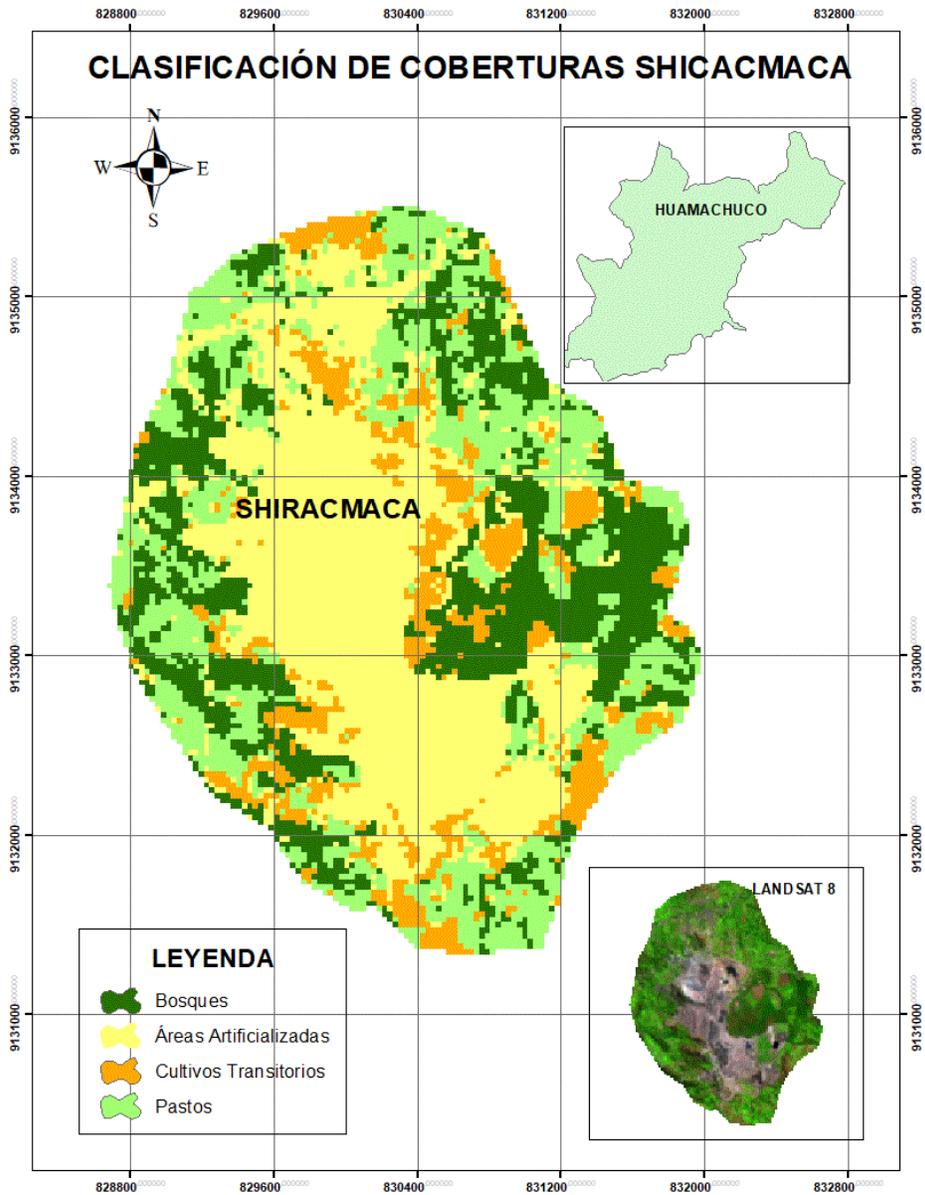


Figura 25: Mapa de cobertura agosto 2018

Fuente: Elaboración propia, 2021

Para el año 2018 las áreas artificializadas siguieron aumentando a un 356.22 ha, el área de bosques a 231.21 ha, los cultivos transitorios disminuyeron a 119.25 ha y los pastos a 229.59 ha.

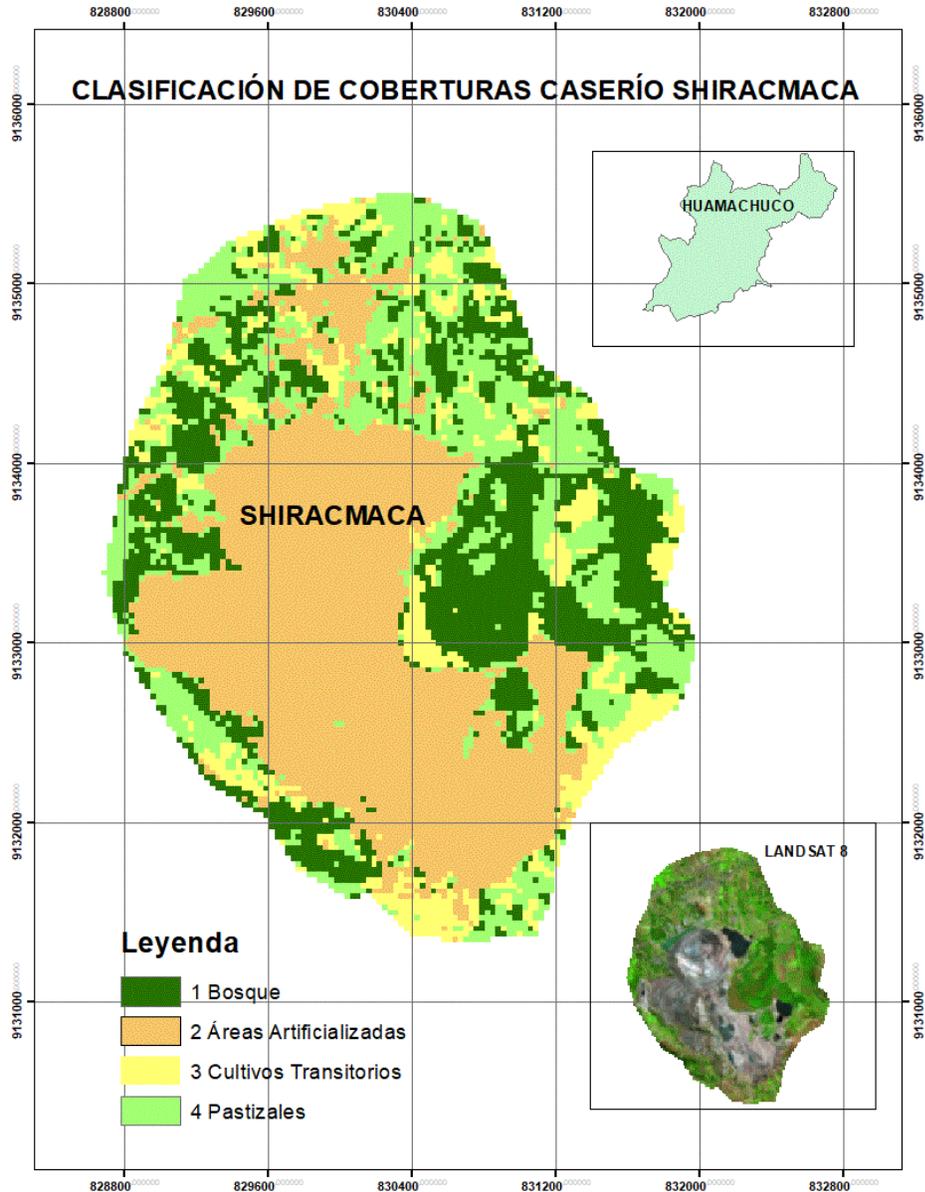


Figura 26: Mapa de cobertura agosto 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

De acuerdo a los resultados obtenidos por cada categoría, la cobertura vegetal del caserío de Shiracmaca para el año 2021 con un área total de 936.27 hectáreas, se determinó que 393.75 hectáreas está cubierto por Áreas Artificializadas (Au, Em), 226.55 hectáreas está cubierto por Bosques, 210.51 hectáreas está cubierto por Pastos (Pa) y 105.66 está cubierto por Cultivos Transitorios (Ct).

Validación de mapas

Se realizó mediante la matriz de confusión, esta matriz permitió identificar el grado de correlación que existe entre los datos de campo y los puntos dados por el programa, como se muestra a continuación:

Tabla 6: Matriz de Confusión

CLASIFICACION SUPERVISADA	1. BOSQUES	2. ÁREAS ARTIFICIALIZADAS	3. CULTIVOS TRANSITORIOS	4. PASTIZALES	PRECISIÓN USUARIO
1. BOSQUES	13	0	2	0	15
2. ÁREAS ARTIFICIALIZADAS	0	19	1	0	20
3. CULTIVOS TRANSITORIOS	0	0	1	0	1
4. PASTIZALES	0	1	1	7	9
PRECISIÓN PRODUCTOR (TOTAL)	13	20	5	7	45

Fuente: Elaboración Propia

Estadístico Kappa:

Promedio de precisión general de los mapas temáticos generados anteriormente en el período de tiempo 2000 - 2021 y el estadístico kappa.

Tabla 7: Precisión general de los mapas temáticos 2000 - 2021

Precision General	92.24%
Kappa	0.90

La tabla 7 muestra que la clasificación de los mapas temáticos tiene una precisión general de 92.24% y un estadístico Kappa de 0.90, señalando que tiene un grado de acierto muy bueno.

Finalmente, se calculó el área y porcentaje de la pérdida de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca, mediante los mapas de clasificación de coberturas, en los cuales se identificó que la pérdida de cobertura vegetal fue principalmente por las áreas artificializadas es decir expansión urbana y minera.

Tabla 8: Área y porcentaje de la clasificación de coberturas 2000 - 2021

Período	CLASIFICACIÓN DE COBERTURAS				ÁREA TOTAL	VARIACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL (%)				PRECISIÓN GENERAL	INDICE KAPPA
	Bo	Eu - Em	Ct	Pa		Bo	Eu -Em	Ct	Pa		
- Agosto											
2000	96.66	72.63	236.43	530.55	936.27	10.32	7.76	25.25	56.67	92.22 %	0.90
2003	291.42	100.08	270.36	274.41	936.27	31.13	10.69	28.88	29.31	93.44%	0.91
2006	272.52	119.88	350.19	193.68	936.27	29.11	12.80	37.40	20.69	89.58%	0.87
2009	230.67	187.29	341.37	176.94	936.27	24.64	20.00	36.46	18.90	95.23%	0.93
2012	118.26	193.95	163.17	460.89	936.27	12.63	20.72	17.43	49.23	90.01 %	0.89
2015	157.95	233.55	181.53	363.24	936.27	16.87	24.94	19.39	38.80	90.50%	0.89
2018	231.21	356.22	119.25	229.59	936.27	24.69	38.05	12.74	24.52	92.45%	0.90
2021	226.35	393.75	105.66	210.51	936.27	24.18	42.06	11.29	22.48	88.89%	0.83

Fuente: Elaboración Propia

Se identificó que la expansión minera y urbana aumentó de un 7.76 % en el año 2000 a un 42.06 para el año 2021, los cultivos transitorios disminuyeron de un 25.25 % a un 11.29 %, con respecto a los bosques aumentó en pequeña escala de un 10.32 % a un 24.18 % y finalmente pastos disminuyó a gran escala de un 56.67 a un 22.48 % todos estos porcentajes son parte del área total del caserío Shiracmaca que tiene un total de 936.27 ha.

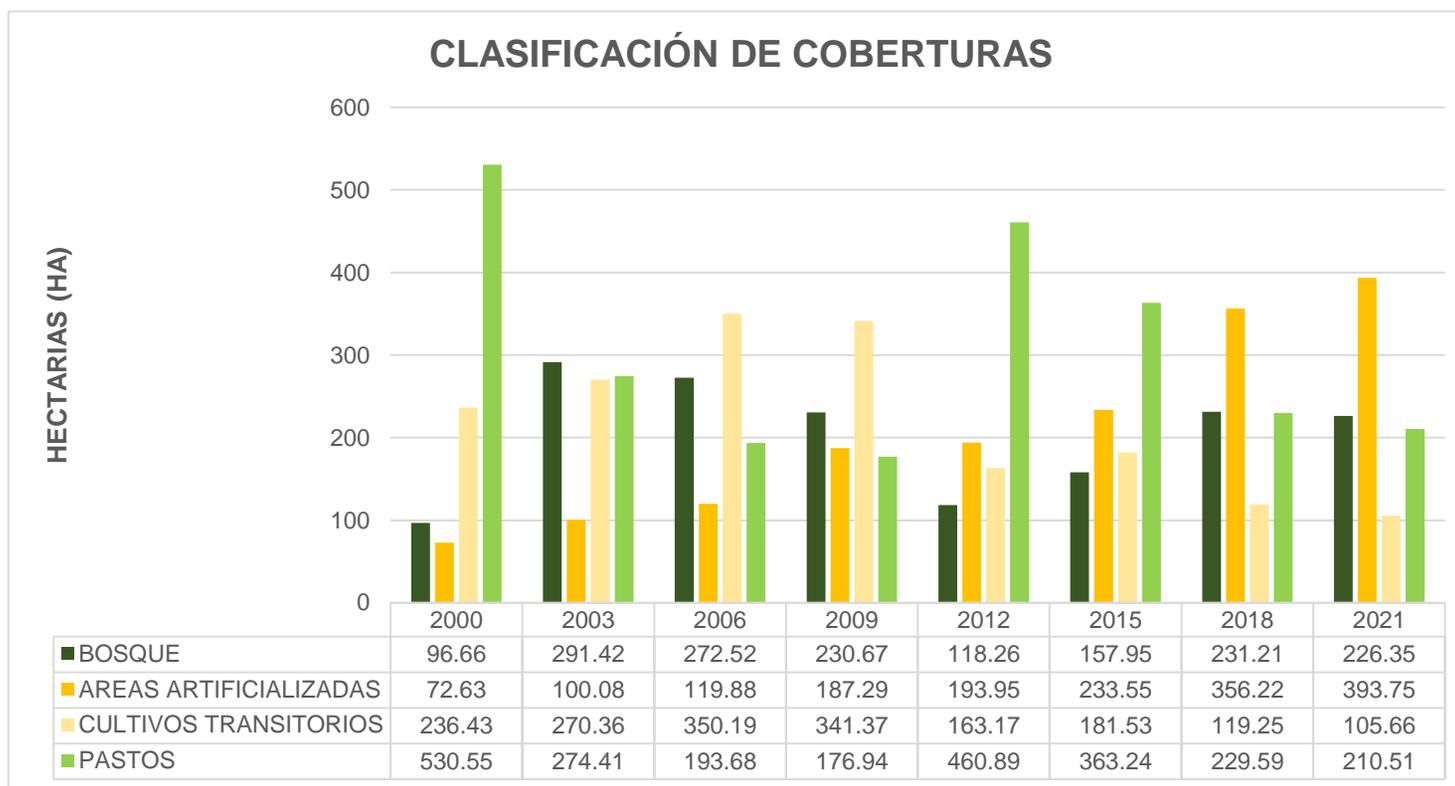


Figura 27: Clasificación de coberturas 2000 - 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

Después de clasificar las coberturas en el período de tiempo 2000 – 2021, podemos determinar que los bosques tuvieron un aumento de 96.66 ha a 226.35, las áreas artificializadas pertenecientes a la zona urbana y actividades mineras de 72.63 ha a 393.75, los cultivos transitorios disminuyeron de 236.43 ha a 105.66 ha y pastos de 530.55 ha a 210.51 ha.

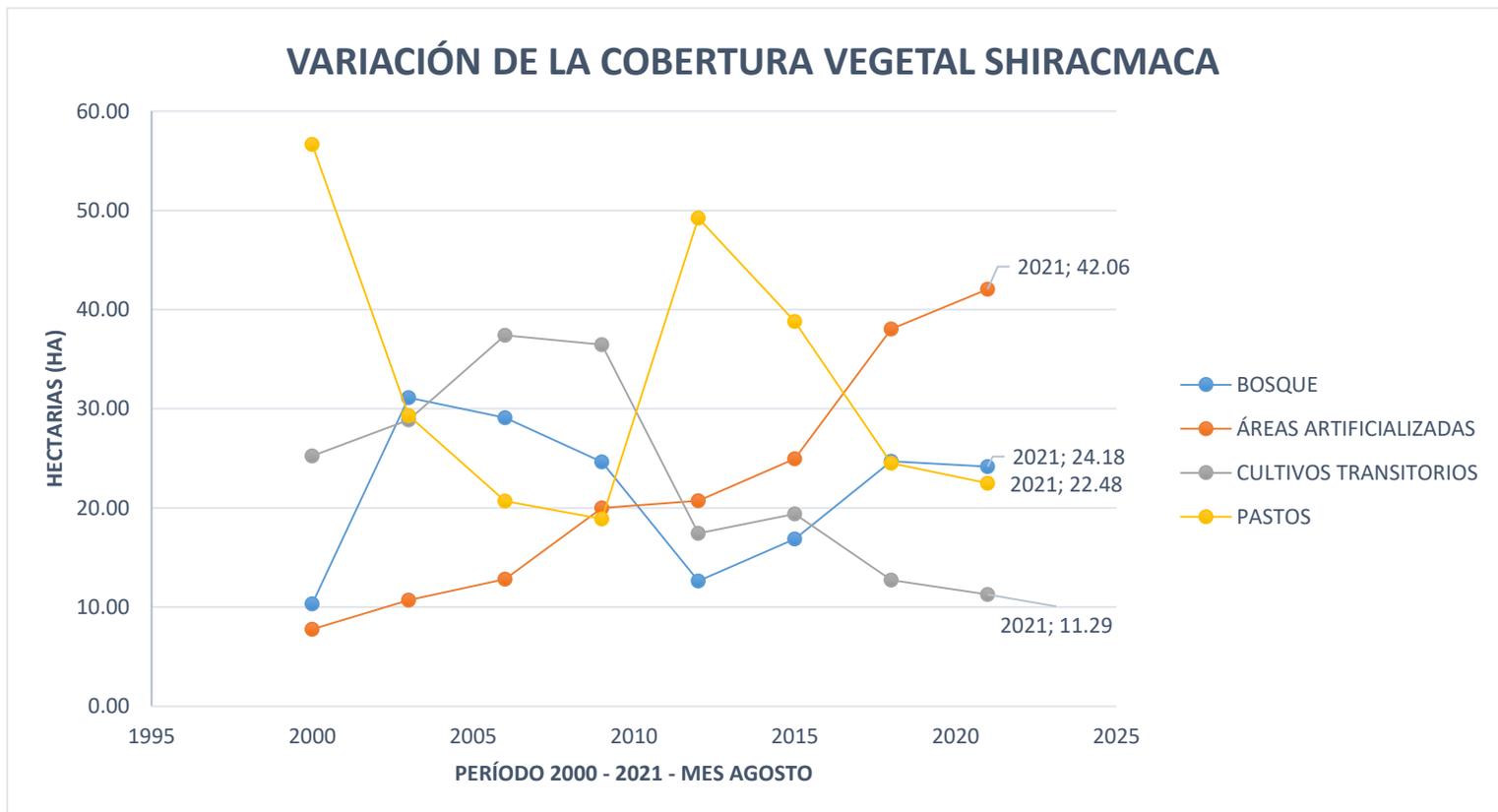


Figura 28: Variación de la cobertura vegetal 2000 - 2021

Fuente: Elaboración propia, 2021

La variación de la cobertura vegetal con respecto a las áreas artificializadas fue de un 42.06 % del área total del caserío Shiracmaca, un 24.18 % pertenece a bosques, el 11.29 % pertenece a cultivos transitorios y un 22.48 % pertenece a pastos.

V. DISCUSIÓN

En la investigación se estableció trabajar con el mes de agosto ya que es una época promedio para analizar el estado de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca, principalmente saber qué actividad ha sido lo que ha generado la pérdida de cobertura vegetal, para ello se consideró una imagen cada 3 años durante el período 2000 – 2021, como lo indica Escobedo Y. y Roque K. (2019, p. 2), que en el caserío Shiracmaca la actividad minera informal el Toro, inicio la extracción de mineral en el año 2000, destruyendo la parte central del cerro con socavones y la construcción de pozas de cianuro, poniendo en riesgo a la población y trabajadores de dicho lugar.

Los valores del índice de vegetación diferencia normalizada NDVI se mostró de acuerdo al procesamiento y el estado de vigorosidad que presenta la vegetación, es decir, hace referencia a suelo desnudo y suelo con vegetación, como se observa en la figura 11, 12 y 13, mapa del NDVI del año 2000, 2003, 2006, en los cuales el NDVI fluctúa entre 0.01 – 0.2, debido a la existencia de áreas que son para agricultura, pero no están sembradas, áreas con afloramiento rocoso por ende no tiene desarrollo de vegetación, esta área perteneciente al cerro el toro, los valores del NDVI que se acercan a 0.2 tienen presencia de pastos y bosques.

Para el año 2009 y 2012, los mapas mostrados en la figura 14 y 15, evidencia que el área perteneciente a suelos desnudos y suelos agrícolas, están en aumento, disminuyendo las áreas que tiene presencia de pastos y bosques, cabe resaltar que los suelos desnudos con NDVI cercano a 0, son áreas donde se realiza explotación minera, zona urbana y suelo que es para agricultura, pero aún no ha sido cultivado, como lo indica (Rojas, 2017, p.57) la reflectancia entre suelos desnudos y áreas de minería son similares, ya que estos son captados en las bandas del satélite perteneciente al infrarrojo cercano y medio.

Las figuras 16, 17 y 18, su NDVI fluctúa entre -0.1 a 0.79, el rango entre -0.1 a 0.18, pertenece a áreas urbanas, mineras, zonas para agricultura sin presencia de cultivos, los valores entre 0.18-0.50, hace referencia a vegetación que está

emergiendo, valores entre 0.35-0.50, presencia de pastos y los valores mayores 0.50 hace referencia a bosques ya que cuenta con una vegetación más densa.

Además, el NDVI para el año 2021 tuvo una gran relación con la clasificación de coberturas pues los píxeles que tienen un valor de -1 a 0.07 pertenece al área minera y la expansión urbana, data comparada con la imagen Landsat haciendo la combinación de bandas 6,5,4, los suelos desnudos siguieron en aumento desplazando a las áreas pertenecientes a pastos y vegetación, Yongjun et al (2017, p. 7), considera la existencia de perturbación minera cuando el NDVI es menor a 0.116, donde no existe áreas mineras o la presencia de vegetación el NDVI fluctúa entre 0.242 y 0.505.

Flores, N., Castro, I., Aponte, H. (2020, pág. 2), indica que el NDVI permite estimar y evaluar en qué estado se encuentra la vegetación a través de la radiación que emiten y reflejan las plantas, como también que los índices son medidas cuantitativas, en nuestra investigación se utilizó dos bandas para dividir los píxeles y mejorar la discriminación entre el suelo y vegetación y reducir el efecto de la pendiente y orientación de la imagen.

La determinación de las clases de coberturas mediante imágenes satelitales es una manera efectiva de obtener datos sin la necesidad de ir a campo, esto se hace mediante la clasificación supervisada o no supervisada, en el caserío Shiracmaca se representó 4 categorías de clasificación de coberturas como es áreas artificializadas, bosques, cultivos transitorios y pastizales, siendo clasificadas mediante la metodología Corine Land Cover, determinando que en el caserío de Shiracmaca con un área total de 936.27 hectáreas en el año 2021, 393.75 hectáreas está cubierto por Áreas Artificializadas (Au, Em), 226.55 hectáreas está cubierto por Bosques, 210.51 hectáreas está cubierto por Pastos (Pa) y 105.66 ha está cubierto por Cultivos Transitorios (Ct).

Además, la clasificación de mapas de cobertura permitió estimar que la variación de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca fue principalmente por las áreas artificializadas como es la expansión minera y expansión urbana, ya que se

identificó que la expansión minera y urbana aumentó de un 20.72 % en el año 2000 a un 42.06 % para el año 2021, los cultivos transitorios disminuyó de un 17.43 % a un 11.29 %, con respecto a los bosques aumentó en pequeña escala de un 12.72 % a un 24.18 % y finalmente el área de pastos disminuyó a gran escala de un 49.23 a un 22.48 % todos estos porcentajes son parte del área total del caserío Shiracmaca.

Con respecto al párrafo anterior la pérdida de cobertura vegetal fue principalmente por la actividad minera que se desarrolla en el cerro el Toro pues ocupa el 42.06 % del área total del caserío, esto ha generado la disminución de áreas para cultivo y pastos estos resultados se relacionan con lo que indica Corcuera (2015, p. 37) que en el caserío Shiracmaca las actividades mineras informales se desarrollan cerca de la población, perjudicando cultivos, trasgrediendo flora y fauna, las pozas existentes de cianuro dañan los suelos y ríos, además hizo un análisis costo beneficio de los impactos que se generan, identificando que el daño irreversible es para la calidad del medio ambiente y la salud de las personas.

En dicha minera también se identificó que existe pasivos ambientales como es las bocaminas y pozas de cianuración, deteriorando el suelo, áreas de cultivo, su topología, la utilización de insumos químicos genera impactos negativos a los ecosistemas y la salud humana.

También, Rivera, Carlos et al (2018, p. 15-16) indica que testimonios de la población, antes del año 2000, el cerro estaba cubierto de vegetación, actualmente en la zona existe muy poca vegetación viéndose así la gran pérdida de cobertura vegetal, la altura del cerro ha disminuido pues antes se necesitaba hasta medio día para llegar al lugar ahora solo demora un aproximado de 40 minutos. Se sabe que en época de invierno los relaves mineros, agua de las precipitaciones son arrastrados, contaminando la calidad del suelo y cuerpos de agua, las especies que sobreviven hasta la actualidad son maíz, ortiga, eucalipto, zarza, chocho, entre otros, pues el suelo es el componente más afectado poniendo en riesgo la calidad de vida de los ciudadanos y la vegetación.

Otra causa de la pérdida de vegetación se debe a la presencia de metales pesados pues Alarcón (2019, p.50-52), indica que la vegetación del caserío Shiracmaca está constituido en gran parte por hierbas ubicadas en áreas que están a mayor distancia del centro de explotación siendo irrigadas por aguas de la quebrada Shiracmaca y Chamis, en zonas que están ubicadas las pozas de lixiviación existe nula vegetación, demostrando que, a mayor concentración de metales, menor presencia de vegetación. Podemos identificar que la actividad minera viene afectando el ecosistema pues los metales pesados están ingresando a la cadena alimentaria mediante los herbívoros, se está acumulando en la capa superior del suelo afectando la actividad biológica deteriorando el suelo y áreas de cultivo.

Considerando que el aumento de la actividad minera ha generado indirectamente que los cultivos transitorios disminuyan de un 25.25 % del área total para el año 2000 a un 11.29 % para el año 2021, este análisis espacio-temporal permite evaluar los efectos de la minería y las actividades antropogénicas referente a la cobertura de la tierra, como indica Madasa (2021), los impactos de las actividades mineras que cubren áreas extensas no son de fácil acceso, para ello los datos de teledetección son eficientes para monitorear dichos impactos y la evolución que esta produce en la dinámica de la cobertura terrestre, ayudando así con las actividades de rehabilitación y restauración.

Este resultado se relaciona con lo expuesto por Alarcón, Narda (2019, p. 46-52) en el año 2019 Shiracmaca contaba con un área de 178 hectáreas para agricultura, también identificó que el suelo arenoso cerca de la mina, es de color amarillento y tiene vegetación dispersa, a mayor distancia presenta suelo franco arenoso arcilloso, con un color marrón oscuro, por ende, con presencia de vegetación, en la base del cerro presenta un suelo limoso arcilloso, esto suelo permite que los metales pesados se fijen en estas áreas, podemos decir que del 2019 el área para agricultura disminuyó a 105.66 ha en el año 2021.

También, se relaciona con lo expuesto por Cotrina Roger et al (2018, p.14-15), quien identificó que los cultivos se han visto afectados por esta actividad, pues para lograr su desarrollo se hace uso de fertilizantes y abonos, las personas que aún conservan

ganado lo llevan a caseríos cercanos a causa de que el caserío Shiracmaca ha perdido grandes hectáreas de pastos que servían como alimento, la minería está produciendo la pérdida de hectáreas de vegetación, debido a las explotaciones que se realizan y no cuenta con estrategias de manejo ambiental para minimizar los impactos significativos a los componentes ambientales que vienen afectando.

La matriz de confusión permitió la validación de la clasificación supervisada, la exactitud global del estudio 2000-2021, fue entre 92.22 % y 88.89 % respectivamente, con lo concerniente al estadístico kappa, los valores obtenidos fueron de 0.83 a 0.91. Escandon (2018) en su estudio indicó que la índice kappa tiene una exactitud aceptable cuando sus valores están entre 0.70 y 0.81, indicando que la clasificación de los mapas se ajusta a las condiciones reales del lugar de estudio (p. 15).

La metodología utilizada permitió el desarrollo de un análisis espacio-tecnología, es decir la fotointerpretación de los resultados, sin embargo, para una mayor veracidad se debe contrastar con datos tomados en campo, pues el uso de imágenes satelitales permite determinar impactos y generar alternativas para minimizarlo, teniendo una mejor perspectiva de las zonas que han sido afectadas por una determinada actividad, también favorece a las políticas públicas que deben tomar medidas con respecto a la conservación y manejo de nuestros ecosistemas, es decir estos estudios proporciona datos como referencia para el monitoreo de la actividad minera en el caserío Shiracmaca y verificar que debe cumplir con la legislación minera.

Debemos resaltar que la vegetación es un indicador importante con respecto a la vulnerabilidad ecológica existente en un lugar, nos permite realizar mapas de zonificación e identificar el impacto que se está generando al medio ambiente ecológico, en el caserío Shiracmaca no existe las medidas correspondientes para minimizar los impactos que está generando la actividad minera tanto al medio ambiente como la salud de las personas. Victorio, S. y Briceño, H. (2020, p.9-15) estableció que en el año 2006 se realizó un informe indicando que en el caserío Shiracmaca se produjo derrumbes producto del desmonte del cerro el toro,

afectando 28 hectáreas de cultivo y alrededor de 30 hogares, esto pone en evidencia que las actividades mineras que no cuentan con permiso para ejecutar labores son las que generan mayor impacto tanto en el ambiente como en la población, también realizó una encuesta a la población, identificando que el 90% de 50 personas encuestadas indican que en el caserío Shiracmaca existe contaminación, intoxicación debido a la presencia del cianuro, en la época de verano existe mayor contaminación debido a la actividad de voladura y la entidad que es responsable de mitigar la contaminación, no ha desarrollado acciones para mitigar dichos impactos.

Los hallazgos mencionados generan un horizonte en cuanto a la importancia y aplicabilidad de la geotecnología para evaluar impactos mejorando la eficiencia de la inspección y supervisión de las entidades competentes, reconociendo que muchos de los procesos de extracción minera se encuentran en áreas de difícil acceso, también va a permitir tomar medidas con respecto a la erosión de las áreas, desarrollando planes para la conservación del recurso suelo y agua.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró estimar que la variación de cobertura vegetal producto de la expansión minera fue de un 42.06 del área total del caserío Shiracmaca.
2. Se determinó el estado de cobertura vegetal mediante los NDVI, identificando que los valores entre -0.1 a 0.18, pertenece a áreas urbanas, mineras, zonas para agricultura sin presencia de cultivos, los valores entre 0.18-0.50, hace referencia a vegetación que está emergiendo, valores entre 0.35-0.50, presencia de pastos y los valores mayores 0.50 hace referencia a bosques ya que cuenta con una vegetación más densa.
3. En el caserío Shiracmaca se clasificó 4 categorías de coberturas, como es áreas artificializadas, bosques, cultivos transitorios y pastizales, mediante la metodología Corine Land Cover y un análisis de fotointerpretación de las imágenes satelitales.
4. Se representó gráficamente los cambios de cobertura obteniendo que para el año 2021, 393.75 hectáreas está cubierto por Áreas Artificializadas (Au, Em), 226.55 hectáreas está cubierto por Bosques, 210.51 hectáreas está cubierto por Pastos (Pa) y 105.66 está cubierto por Cultivos Transitorios (Ct).
5. El área de pérdida de cobertura vegetal por la expansión minera y urbana aumentó de un 20.72 % en el año 2000 a un 42.06 para el año 2021, los cultivos transitorios disminuyeron de un 17.43 % a un 11.29 %, con respecto a los bosques aumentó en pequeña escala de un 12.72 % a un 24.18 % y finalmente pastos disminuyó a gran escala de un 49.23 a un 22.48 % con una precisión general del 92.24 % y una índice kappa de 0.90.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para la obtención de las imágenes satelitales es importante tomarlas entre los meses de julio, agosto y septiembre, ya que en esas fechas las precipitaciones y la nubosidad son mínimas, logrando de esa manera tener una mejor visibilidad de la imagen a trabajar.
2. Se debe tener en cuenta que los programas ENVI y ArcGis genera errores en la corrección de imágenes, por el cual es recomendable realizar una previa calibración antes de determinar el NDVI y poder tener un mejor análisis.
3. Se recomienda trabajar con imágenes con mayor resolución, ya que esto facilita tener un mejor análisis con respecto a la cobertura vegetal.
4. La Teledetección debe ser empleada en diferentes estudios previos para de esta manera tener la idea más clara de la zona que se va a investigar; además identificar qué actividad está afectando más el ecosistema.
5. OEFA como ente rector fiscalizador, debe implementar la técnica de fotointerpretación con el fin llevar un control en las actividades que realizan las mineras y a la vez que cumplan con los parámetros de acuerdo como lo establecen las normativas, para que no se produzcan alteraciones en el ecosistema y se pueda desarrollar la sostenibilidad.

REFERENCIAS

ALBERCA, Cinthia y PINTADO, Gabby. Cambios de cobertura vegetal en el Santuario Nacional Tabaconas Namballe – San Ignacio – Cajamarca, mediante imágenes de satélite, periodo 1988 – 2018. Tesis (Ingeniero Ambiental). Jaén: Universidad Nacional de Jaén, Perú, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/245>

ACHICANOY, Jerson, ROJAS, Rosario y SÁNCHEZ, J. Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y sistemas de información geográfica en la localidad de Suba, Bogotá – Colombia. *Revista Gestión y Ambiente* [en línea]. Vol. 21(1), junio 2018, p. 41 – 58. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/68285>

ISSN: 2357-590

A historical and future impact assessment of mining activities on Surface biophysical characteristics change: A remote sensing – based approach for Mohammad, F. [et al]. *Ecological Indicators* [en línea]. Vol.122, march 2021. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20312036>

ISSN: 1470-160X

ALARCON, Narda. Estimación del potencial remediador de metales en plantas vasculares herbáceas en el “Cerro El Toro” Shiracmaca-Huamachuco, Perú, 2016. Tesis (Doctora en ciencias biológicas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2019.

Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15277>

Analysing the dynamic relationship of land surface temperature and landuse pattern: A city level analysis of two climatic regions in India for Dipenda, N. [et al]. City and

Environment Interactions [en línea]. Vol. 8, november 2020. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590252020300271>

ISSN: 2590-2520

An adaptive atmospheric correction algorithm for the effective adjacency effect correction of submeter-scale spatial resolution optical satellite images: Application to a WorldView-3 panchromatic image for Wang, T. [et al]. *Remote Sensing of Environment* [en línea]. Vol.259, june 2021. Pág. 112-412. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425721001309>

ISSN: 0034-4257

Assessment of eco-geo-environment quality using multivariate data: A case study in a coal mining area of Wester China for Yang [et al]. *Ecological Indicators* [en línea]. Vol.107, december 2019, pág. 105 - 651. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X19306442>

ISSN: 1470-160X

Assessment of the image-based atmospheric correction of multispectral satellite images for geological mapping in arid and semi-arid regions for Chakouri, M. [et al]. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* [en línea]. Vol.20, november 2020, pág. 100 - 420. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352938520304092>

ISSN: 2352-9385

BRAVO, Nino. Teledetección Espacial LANDSAT, SENTINEL2, ASTER L1T y MODIS. [en línea] 1ªed. Perú. Geomática ambiental S.R.L. 2017 [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2021]

Disponible en: https://acolita.com/wp-content/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf

BOCANEGRA [et al]. Teledetección de rotura de diques de relave en minería utilizando imágenes satelitales y Machine Learning. Proyecto de investigación para la fiscalización ambiental: Lima: OEFA, 2021.

Disponible en: <https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/159/Grupo%20N%C2%BA10.pdf?sequence=1>

Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morales, México por Escandón et al. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea]. Vol.9, n°46 abril 2018. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021].

Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322018000200027

ISSN: 2007-1132

CARRANZA, Jherson y TASILLA, Flor. Loss of vegetation cover in Morales district, San Martín, Perú (period 1987 - 2017). *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo (2020)* [en línea]. 6. N°1. [Fecha de consulta: 02 de mayo del 2021]. Lima. Perú.

Disponible en: https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/article/view/1400

ISSN: 2410-843x

CONDORI, Wilzon. Estimación de la pérdida de cobertura boscosa por actividades antrópicas en el distrito Nueva Requena, mediante análisis multitemporal de imágenes

satelitales, 2018. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2018.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20512>

CORCUERA, César. Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro El Toro-Huamachuco. Tesis (Grado académico de maestro en ciencias). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. Perú, 2015

Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2969>

CHI, Zhang, HUIFANG, Li, HUANFENG Shen. A scattering law based cirrus correction method for landsat 8 OLI visible and near infrared images. *Remote Sensing of Environment* [en línea]. Vol. 253, 2021, pág. 112-202. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425720305757>

ISSN: 0034-4257

Crop classification of upland fields using Random forest of time-series Landsat 7 ETM+ data for Tatsumi [et al]. *Computers and Electronics in Agriculture* [en línea]. Vol.115, marzo 2015, pág. 171-179. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169915001234?via%3Dihub>

ISSN: 0168-1699

ESCOBEDO, Yoela y ROQUE, Krystell. Condiciones laborales de la Minería Informal en el Cerro el Toro, Huamachuco en el año 2019. Tesis (Licenciada en Administración). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43362>

Influencia del *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca-Huamachuco, La Libertad por Cotrina, Roger et al. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2018.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32028>

Introducción a la metodología de la investigación Científica por Cabezas Edison [et al] [en línea]. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018. 137 pp. [Fecha de consulta: 09 de mayo del 2021].

Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>

ISBN: 9789942765444

Detecting the dynamics of vegetation disturbance and recovery in surface mining area via Landsat imagery and LandTrendr algorithm por Yongjun Yang [et al]. *Journal of cleaner production* [en línea]. Vol.178, 20 marzo 2018, pág. 353 - 362. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618300611?via%3Dihub>

Effect of natural conditions and mining activities on vegetation variations in arid and semiarid mining regions for Liu Shiliang [et al]. *Ecological Indicators* [en línea]. Vol.103, agosto 2019, pág. 331 - 345. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X19302808?via%3Dihub>

ISSN 1470-160X

Effect of check dams on riparian vegetation cover: A multiscale approach based on field measurements and satellite images for Leaf Area Index assessment for Ricci Giovanni [et al]. *Science of the total environment* [en línea]. Vol. 657, march 2019, p. 827 - 838. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718349210?via%3Dihub>

ISSN: 0048-9697

ESPINOZA, Friere. Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Parte I. *Revista Conrado* [en línea]. Vol. 14, N° 65, octubre 2018, pág. 39-49. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v14s1/1990-8644-rc-14-s1-39.pdf>

ISSN: 1990-8644

Evolução Espaço-Temporal do Risco de Degradação da Cobertura Vegetal de Petrolina-PE por Oliveira, Douglas [et al]. *Revista Brasileira de Meteorologia* [en línea]. v. 34, n. 1, pág. 89-99, 2019. [Fecha de Consulta: 19 de junio del 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/x4dw5wQfNjWzHSvyBySZSnQ/?lang=pt#>

ISSN: 1982-4351

FELICISIMO, Ángel y CUARTERO, Aurora. Rectificación y ortorrectificación de imágenes de satélite: Análisis comparativo y discusión. *Geofocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*. [en línea]. N°3, 2021, pág. 45-58. [Fecha de Consulta: 19 de junio del 2021].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28066306_Rectificacion_y_ortorrectificacion_de_imagenes_de_satelite_Analisis_comparativo_y_discusion

ISSN: 1578-5157

FLORES, Nathalie, CASTRO, Irene, APONTE, Héctor. Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. *Journal of the Museo de Historia Natural y Cultural ARNALDOA* [en línea]. Vol. 27, N°1, marzo 2020. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021].

Disponible en: <http://journal.upao.edu.pe/Arnaldoa/article/view/1506/1278>

eISSN: 2413-3299

GIRALDO, Ulises y VASQUEZ, Pedro. Evaluación y medición de la expansión territorial de la minería informal en la cuenca alta del Ramis, Puno, Perú, usando imágenes satelitales. *Espacio y Desarrollo* [en línea]. N°. 34, 2019, pág. 5-32. [Fecha de consulta: 05 de junio de 2021].

Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/22806>

ISSN: 1016-9148

HERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pila. Metodología de la Investigación [en línea]. 6.º ed. México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria, Reg. N° 736, 2014. [fecha de consulta: 08 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN: 9781456223960

HERRERA, Marco y ALAYA, Christian. Monitoreo de la calidad del agua del lago Chinchaycocha, mediante técnicas de teledetección espacial. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* [en línea], v. 2, n° 2, p, 23-31, 2019. [Fecha de Consulta: 20 de junio del 2021].

Disponible en: <https://ambientesustentabilidad.org/index.php/revista/article/view/46>

ISSN: 2697-3529

HURTADO, L., LIZARAZO, L. Identification of disturbances in the Colombian tropical reforestation from Landsat satellite image time series using the Landtrendr algorithm. *Revista de teledetección* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/12285/12184>

ISSN 1133-0953

JARAMILLO y ANTUANES. Detección de cambios en la cobertura vegetal mediante la interpretación de imágenes Landsat por redes neuronales artificiales (ANN). Estudio de caso: Región Amazónica Ecuatoriana. *Revista de Teledetección. España, 2018* [en línea]. [fecha de consulta: 04 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/8995>

ISSN: 1133-0953

Land use land cover dynamics and fragmentation-induced changes in woody plant community structure in a mining landscape, Ghana for Kumi, S. [et al]. *Trees, Forests and People* [en línea]. Vol.4, February 2021. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2021].

Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2666719321000091?token=B03A852577D5672DDEE79B883270980C47B935EC24367DC01573978BDD5671A1109CD7578A84643E3E594E23D9642CD5&originRegion=us-east-1&originCreation=20210623141737>

ISSN: 2666-7193

LIU, Nanfeng and TREITZ, Nanfeng. 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, October 2016, pp 445 - 456. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303243416301027?via%3Dihub>

ISSN 0303-2434

MADASA, A., ORIMOLOYE, I., OLALADE, O. Application of geospatial indices for mapping land cover/use change detection in a mining area. *Journal of African Earth Sciences* [en línea]. Vol. 175, marzo 2021. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X21000091?via%3Dihub>

ISSN 1464-343X

MINAM. Análisis de las dinámicas del cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. Direccional general de ordenamiento territorial. Lima, 2014. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>

MINAM. Protocolo Ortorectificación de imágenes satelitales Landsat. Dirección general de ordenamiento territorial. Lima, 2014. [Fecha de consulta: 16 de julio de 2021].

Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-ortorectificacion-imagenes-Landsat.pdf>

MIYASIRO, María y ORTIZ, Martín. 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: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú, 2016.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/5281>

PINTO, C., CHAMORRO, H. y MESÍAS J. 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* [en línea]. Enero 2015, n°16. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2021].

Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289529568_ANALISIS_DE_LA_PERDIDA_DE_COBERTURA_VEGETAL_Y_LOS_IMPACTOS_AMBIENTALES_HACIA_LAS_COMUNIDADES_UTILIZANDO_IMAGENES_SATELITALES_MINERIA_DE_CARBON_EN_CERREJON_Y_LA_LOMA

PRADO, Jean. Dinámica de cobertura vegetal debido al cambio de uso del suelo, a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales del distrito de Yurimaguas. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2017.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23305>

Proximal and remote sensing techniques for mapping of soil contamination with heavy metals for Shi Tiezhu [et al]. *Applied Spectroscopy Reviews* [en línea]. Vol.53, march 2018, pág. 12 - 77. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/05704928.2018.1442346>

ISSN 0570 - 4928

Remoción de metales pesados con *Urtica Urens L.* en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La Libertad por Rivera, Carlos et al. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2018.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32883>

REQUELME, José. Análisis de la pérdida de cobertura boscosa y cambio de uso de suelo, mediante el análisis de imágenes satelitales, período 2000 al 2018; en el distrito de Chadín, Chota. Tesis (Ingeniero Forestal). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Perú, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3538>

ROJAS, Jason. 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. Tesis (Licenciado en Física). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú, 2017.

Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7367>

SÁNCHEZ, José Manuel. Quality Cartographic analysis by studying Confusion Matrix. *Revista de Investigación* [en línea]. Vol. 6 n.º 2. 1 de octubre, 2016. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5998855>

ISSN-e: 2174-0410

Sistema de Información Geológico y Catastral Minero (GEOCATMIN) [en línea]. [Fecha de consulta: 16 de julio de 2021].

Disponible en: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

SUAREZ, Leo. Evaluación de la deforestación utilizando imágenes de satélite Landsat en las comunidades nativas de Pitocuna y Huantashiri. Tesis (Ingeniero en Ciencias Agrarias). Satipo: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2018.

Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4881>

TORRE, Pillpa. Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo – Satipo – Junín, durante los años 2015 – 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo. 2019.

Urge que Ministerio Público investigue daños en redes de agua en caserío de Huamachuco en la Libertad [en línea]. *Defensoría del pueblo* Perú. 27 de noviembre del 2020. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2021].

Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/defensoria-del-pueblo/noticias/318229-defensoria-del-pueblo-urge-que-ministerio-publico-investigue-danos-en-redes-de-agua-en-caserio-de-huamachuco-en-la-libertad>

VARGAS, Daniela y CAMPOS, Carlos. Sistema multi-algoritmo para la clasificación de coberturas de la tierra en el bosque seco tropical del Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* [en línea]. Vol. 3, N° 1. Enero Marzo, 2018, pág. 58-69. [fecha de consulta: 07 de junio del 2021].

Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-58.pdf>

ISSN: 0379 - 3982

VARGAYA, Yordy. Identificación de peligros antropogénicos en la minería en Madre de Dios, Ananea y la Oroya. *UNAP- Institucional* [en línea]. Noviembre. 2019. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14984>

VICTORIO, Santos y BRICEÑO, Herson. Aplicación Web Basada en Big Data Para Mejorar el Monitoreo del Nivel de Contaminación del Aire en el Cerro El Toro Huamachuco. Tesis (Ingeniero de Sistemas). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2020.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47068>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	INSTRUMENTO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Vd: Cobertura vegetal	Pérdida de cobertura vegetal	Firmas espectrales	Valores numéricos	Imágenes Satelitales
¿En qué medida ha contribuido la actividad minera a la variación de cobertura vegetal en el caserío de Shiracmaca, Huamachuco 2000 - 2021?	Estimar la variación de cobertura vegetal por la actividad minera en el caserío Shiracmaca mediante imágenes satelitales 2000 – 2021	La actividad minera ha contribuido en un 70 % sobre la variación de cobertura vegetal en el caserío de Shiracmaca, Huamachuco 2000 - 2021			Cálculo del NDVI		
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS					
¿Cuál será el estado de la cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca, Huamachuco 2000 - 2021?	Determinar el estado de cobertura vegetal mediante los índices de vegetación NDVI en el caserío Shiracmaca	Los índices de vegetación NDVI son los adecuados para la determinación del estado de cobertura vegetal		Características de la cobertura vegetal	Escala de colores		Leyenda Corine Land Cover

¿Se logrará clasificar los tipos de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca a través del método corine land cover en el periodo 2000 - 2021?	Clasificar los tipos de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca a través del método corine land cover en el periodo 2000-2021	El método corine land cover es el adecuado para clasificar los tipos de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca					
¿Cómo se puede representar gráficamente los cambios de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca?	Representar gráficamente los cambios de cobertura vegetal del caserío Shiracmaca	Los cambios de cobertura vegetal serán representados mediante mapas temáticos.	Vi: Área de Expansión minera		Coordenadas UTM	ha	Imágenes Satelitales
¿Cómo se logra calcular el área y porcentaje de la pérdida de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca?.	Calcular el área y porcentaje de la pérdida de cobertura vegetal en el caserío Shiracmaca	El área y el porcentaje se logra determinar mediante la interpretación de los mapas temáticos					

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Matriz de operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	UNIDADES DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Vd: Cobertura Vegetal	"La cobertura vegetal es definida como una capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, el cual constituye una herramienta de gestión de los recursos naturales y de los servicios ecosistémicos en el marco de la política nacional del ambiente, así mismo está conformado por unidades espaciales definidas y clasificadas en base a criterios geográficos, fisonómicos, condición de humedad y excepcionalmente florísticos". (MINAM, 2016)	Es una capa de la vegetación, en la cual constituye los atributos biofísicos de la superficie terrestre, en general es considera un ecosistema que abarca superficies iguales o mayores de un determinado espacio geográfico.	Pérdida de cobertura vegetal	Firmas espectrales Cálculo del NDVI	Valores numéricos	Imágenes Satelitales	Ordinal
			Características de la cobertura vegetal	Escala de colores		Leyenda Corine Land Cover	
Vi: Área de Expansión Minera	"La expansión minera ha provocado impactos acumulativos y una situación de estrés social y ambiental en varias regiones del planeta". (OSINERMIN, 2017, pág. 66)	La expansión acelerada de las actividades mineras ha ocasionado impactos socioambientales severos y en muchas de ellas no son supervisadas por el ente fiscalizador.		Coordenadas UTM	ha	Imágenes Satelitales	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3

Instrumento 1: Recolección de imágenes satelitales

PRESENCIA DE VEGETACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela Profesional de
Ingeniería Ambiental

Responsable	Caballero Vásquez, Julissa Espinal Monsefú, Fátima		
Fuente	Imágenes Satelitales	Años	Cantidad de Imágenes
Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGSS)	Landsat 7 y 8	2000 - 2021	Total: 8 (1 imagen cada 3 años).

Fuente: Elaboración Propia

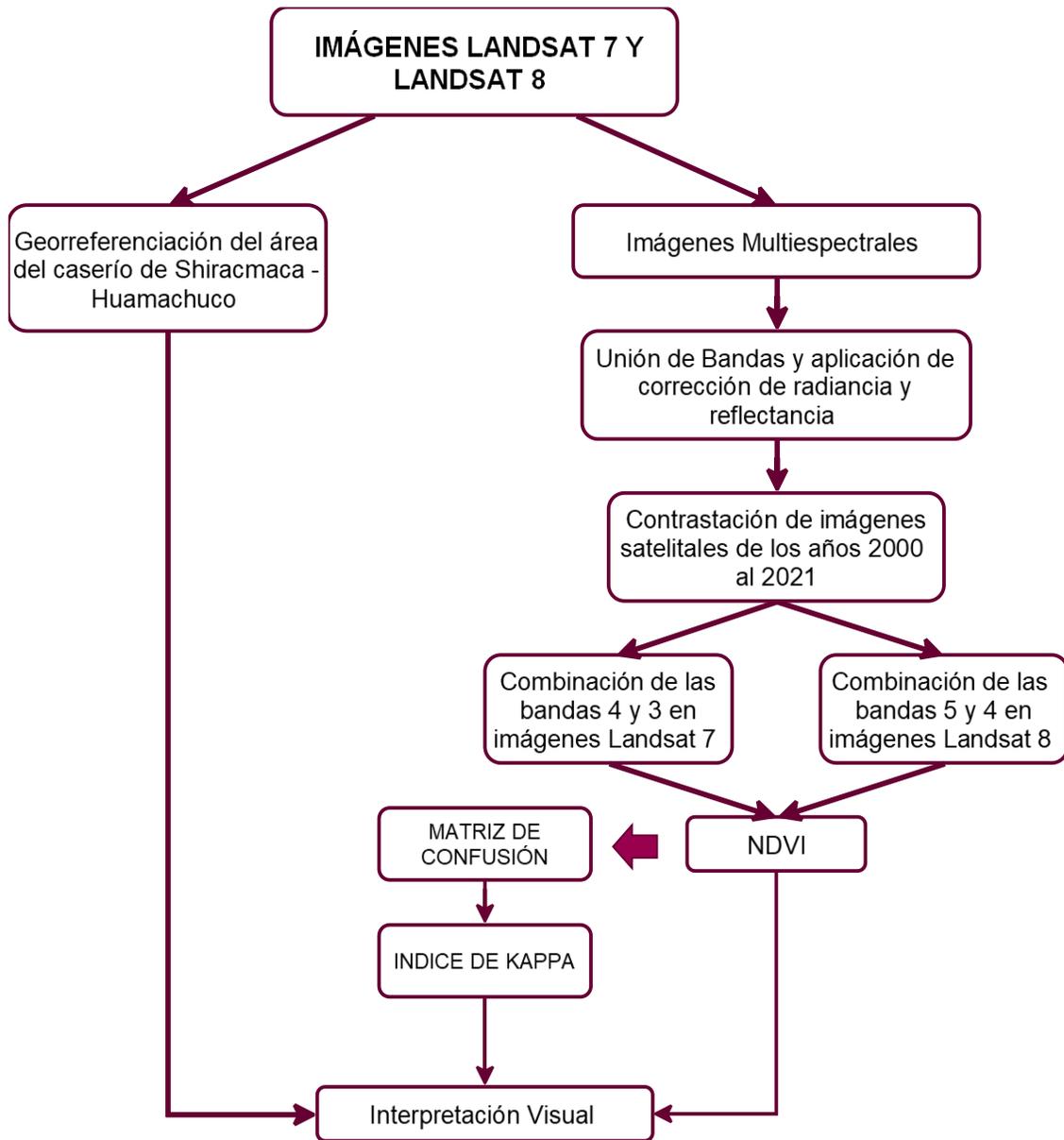
Recopilación de imágenes satelitales

MES	AÑO							
	2000	2003	2006	2009	2012	2015	2018	2021
Agosto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4

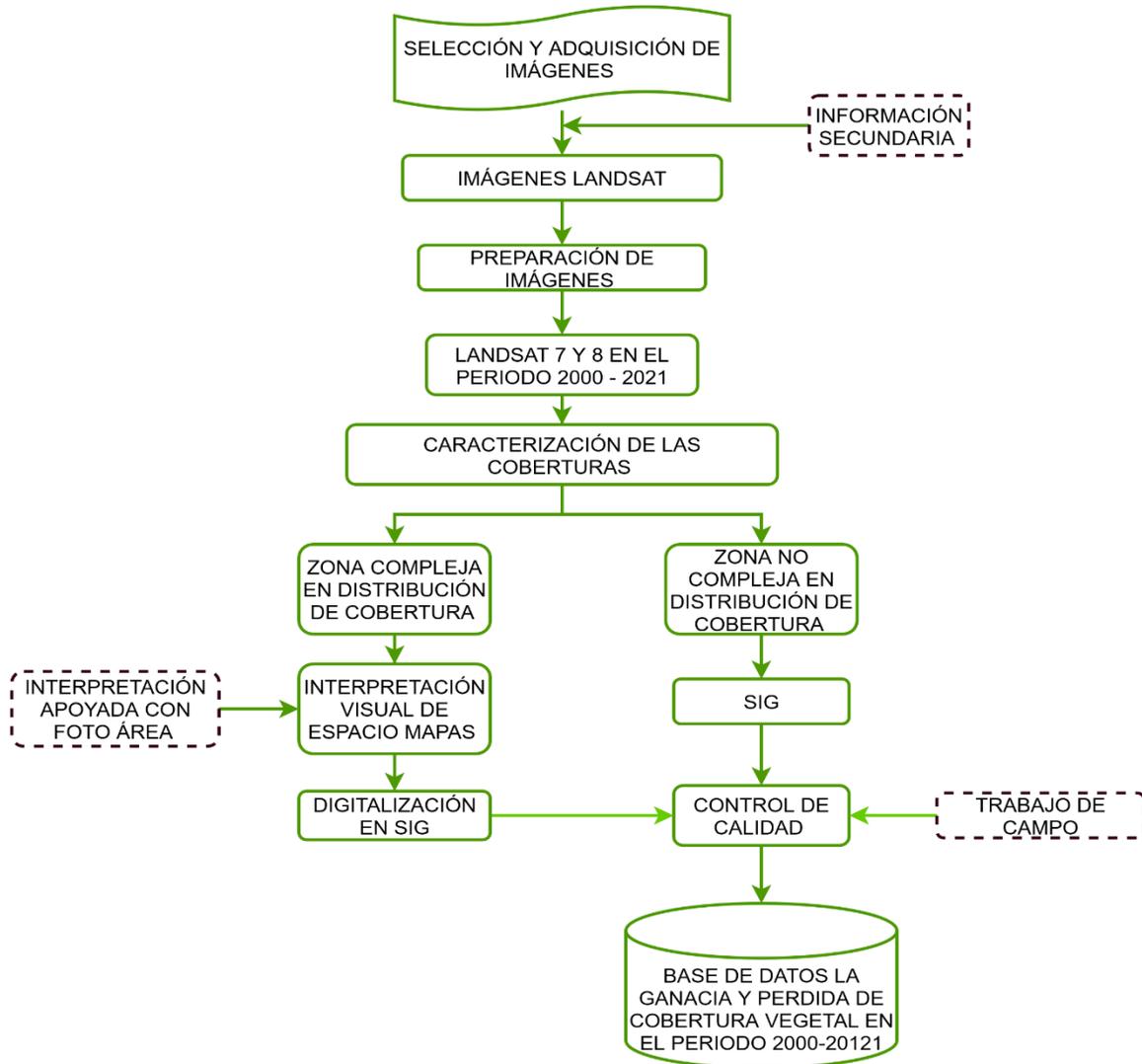
Instrumento 2: Flujograma para determinar la cobertura vegetal mediante el NDVI



Fuente: Elaboración propia, 2021

Anexo 5:

Instrumento 3: Registrar las clases de coberturas existentes en la zona



Fuente: Elaboración propia, 2021

Anexo 6:

Metodología Corine Land Cover adaptada al lugar de estudio: Caserío Shiracmaca

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III	CÓDIGO
	1.2. Áreas Urbanizadas		Au
1. ÁREAS ARTIFICIALIZADAS	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Em
2. ÁREAS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos Transitorios		Ct
	2.3. Pastos		Pa
3. BOSQUES Y ÁREAS MAYORMENTE NATURALES	3.1. Bosque		Bo

Fuente: MINAM, 2014

Anexo 7:

Características de la imagen Landsat 8

Bandas	Nombre	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
1	Costera – Aerosoles	0.435 – 0.451	30
2	Azul	0.452 – 0.512	30
3	Verde	0.533 – 0.590	30
4	Rojo	0.636 – 0.673	30
5	Infrarrojo Cercano (NIR)	0.851 – 0.879	30
6	Infrarrojo de onda corta 1 (SWIR 1)	1.566 – 1.651	30
10	(TIR 1)	10.60 – 11.19	100
11	(TIR 2)	11.50 – 12.51	100
7	Infrarrojo de onda corta 2 (SWIR 2)	2.107 – 2.294	30
8	Pancromática	0.503 – 0.676	15
9	Cirrus	1.363 – 1.384	30

Fuente: Bravo (2017)

Anexo 8:

Características de la imagen Landsat 7

Bandas	Nombre	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
1	Azul	0.45 – 0.52	30
2	Verde	0.52 – 0.60	30
3	Rojo	0.63 – 0.69	30
4	Infrarrojo Cercano (NIR)	0.77 – 0.90	30
5	Infrarrojo de onda corta 1 (SWIR 1)	1.55 – 1.75	30
6	Thermal	10.40 – 12.50	60*(30)
7	Infrarrojo de onda corta 2 (SWIR 2)	2.09 – 2.35	30
8	Pancromática	0.52 – 0.90	15

Fuente: Bravo (2107)

“AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA”

SOLICITO: Validación de instrumento para la recolección de información.

Ing. Marco Antonio Herrera Diaz

Yo, Caballero Vasquez, Julissa con DNI N° 77170262 y Espinal Monsefú, María de Fátima con DNI N° 74242633 alumnas de la EAP de Ingeniería Ambiental, nos presentamos ante Ud. para manifestar lo siguiente.

Que siendo requisito indispensable la recolección de datos necesarios para el proyecto de investigación: “Determinación de la variación de cobertura vegetal mediante imágenes satelitales en el caserío Shiracmaca Huamachuco por la expansión minera 2000- 2021”; solicitamos a Ud.

Validar el instrumento que se adjunta bajo los criterios académicos correspondientes:

- Recolección de imágenes satelitales
- Metodología para calcular la cobertura vegetal mediante el NDVI
- Metodología Corine Land Cover adaptada al lugar de estudio: Caserío Shiracmaca

Por tanto:

Rogamos a Ud. acceder nuestra petición.

Trujillo, 24 de septiembre del 2021



Caballero Vasquez, Julissa
DNI: 77170262



Espinal Monsefú, María de
Fátima
DNI: 74242633

VÁLIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Marco Antonio Herrera Díaz
 1.2. **Cargo e Institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Modelamiento y simulación ambiental
 1.4. **Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:** Recolección de imágenes satelitales
 1.5. **Actor(A) de Instrumento:** Julissa Caballero Vasquez y María de Fátima Espinal Monsefú

II. ASPECTOS DE VÁLIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

IV.

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

X



V. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

MSc. Ing. Marco Herrera Díaz
CIP: 191151
DNI: 44553815

VÁLIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Marco Antonio Herrera Díaz
- 1.2. **Cargo e Institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
- 1.3. **Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:** Metodología para calcular la cobertura vegetal mediante el NDVI
- 1.4. **Especialidad o línea de investigación:** Modelamiento y simulación ambiental
- 1.5. **Actor(A) de Instrumento:** Julissa Caballero Vasquez y María de Fátima Espinal Monsefú

II. ASPECTOS DE VÁLIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

95%

MSc. Ing. Marco Herrera Díaz
CIP: 191151
DNI: 44553815

VÁLIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ing. Marco Antonio Herrera Díaz
- 1.2. **Cargo e Institución donde labora:** Docente de la Universidad Cesar Vallejo.
- 1.3. **Nombre del Instrumento motivo de Evaluación:** Metodología Corine Land Cover adaptada al lugar de estudio: Caserío Shiracmaca
- 1.4. **Especialidad o línea de investigación:** Modelamiento y simulación ambiental
- 1.5. **Actor(A) de Instrumento:** Julissa Caballero Vasquez y María de Fátima Espinal Monsefú

II. ASPECTOS DE VÁLIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

MSc. Ing. Marco Herrera Díaz
CIP: 191151
DNI: 44553815



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Siendo las 07:00 horas del 06/12/2021, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulada: "DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN EL CASERÍO SHIRACMACA HUAMACHUCO POR LA EXPANSIÓN MINERA 2000 - 2021", presentado por los autores CABALLERO VASQUEZ JULISSA, ESPINAL MONSEFU MARIA DE FATIMA estudiantes de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
JULISSA CABALLERO VASQUEZ	Unanimidad

Firmado digitalmente por:
MVILLACORTAG el 17 Dic 2021
12:06:04

MISAEEL YDILBRANDO
VILLACORTA GONZALEZ
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: EMINANOM02 el
22 Dic 2021 19:13:05

ELVAR RENATO MIÑANO MERA
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: MAQUEZADAA el 20
Dic 2021 23:31:51

MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ
VOCAL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CABALLERO VASQUEZ JULISSA, ESPINAL MONSEFU MARIA DE FATIMA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES EN EL CASERÍO SHIRACMACA HUAMACHUCO POR LA EXPANSIÓN MINERA 2000 - 2021", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
CABALLERO VASQUEZ JULISSA DNI: 77170262 ORCID 0000-0002-6472-0475	Firmado digitalmente por: CCABALLEROVA7 el 17-12-2021 08:00:13
ESPINAL MONSEFU MARIA DE FATIMA DNI: 74242633 ORCID 0000-0003-0613-9866	Firmado digitalmente por: DESPINALMO11 el 02-12-2021 22:03:02

Código documento Trilce: INV - 0567569

