



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

IMPACTO DE LA MINERÍA EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL
DISTRITO Y PROVINCIA DE PATAZ - LA LIBERTAD

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor (a):

Mendieta Escandon, Sulma Evelin

Asesor (a):

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

Jurado:

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Mendoza García, José Tomas

Cesar Minga, Julio

Lima - Perú

2021

Referencia:

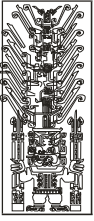
Mendieta, S. (2021). *Impacto de la minería en la cobertura y uso de la tierra del Distrito y Provincia de Patate - La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/5565>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

IMPACTO DE LA MINERÍA EN LA COBERTURA Y USO DE LA TIERRA DEL
DISTRITO Y PROVINCIA DE PATAZ - LA LIBERTAD

Línea de investigación:

Procesamiento digital de imágenes y señales

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo

Autor(a):

Mendieta Escandon, Sulma Evelin

Asesor(a):

Rojas León, Gladys

Jurado:

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Mendoza García, José Tomas

Cesar Minga, Julio

Lima – Perú

2021

Dedicatoria

A Dios por darme salud y porque sin él no sería posible que haya terminado la tesis.

A mis padres: Roque y Exalta por su confianza, apoyo y amor incondicional.

A mis hermanos Janeth, Freddy, Eliana y Cristhian porque en todo momento
estuvieron alentándome.

A mi abuela Silveria que siempre estuvo pendiente de mis metas ahora junto a mi
padre son dos ángeles guiando mis pasos.

Agradecimientos

A mi casa de estudios a la Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica por haberme brindado la oportunidad de formarme a nivel profesional.

A mi asesora de Tesis Mg. Gladys Rojas León por su tiempo incondicional, dedicación, orientación, por sus recomendaciones en el proceso de elaboración de la tesis.

A mi coasesor Ing. Dennis Alvarino Cieza Tarrillo por sus conocimientos impartidos, orientación, por su tiempo, apoyo y amistad.

A mis compañeros del trabajo CTDS por apoyarme en todo momento en la información requerida para el trabajo de investigación.

Índice

Índice de tablas	8
Índice de figuras.....	10
Resumen.....	13
Abstract.....	14
I. Introducción.....	15
1.1. Descripción y formulación del problema	16
1.1.1. Descripción del Problema.....	16
1.1.2. Formulación del problema.....	17
1.2. Antecedentes	17
1.2.1. Antecedentes nacionales.....	17
1.2.2. Antecedentes internacionales	23
1.3. Objetivos	27
1.3.1. Objetivo General	27
1.3.2. Objetivos Específicos	27
1.4. Justificación.....	27
1.4.1. Importancia.....	28
1.5. Hipótesis.....	29
1.5.1. Hipótesis General	29
1.5.2. Hipótesis Específica	29
II. Marco teórico.....	30
2.1. Base Teórica.....	30
2.1.1. Pequeño Productor Minero y Productor Minero Artesanal	30
2.1.2. El proceso de formalización minera en el Perú	31
2.1.3. Minería ilegal-informal	32

2.1.4. Minería artesanal de oro en el Perú	35
2.1.5. Regiones de explotación.....	37
2.1.6. Actividad minera artesanal en la Libertad - Pataz.....	39
2.1.7. Minería en el mundo.....	39
2.1.8. Minería en América Latina.....	41
2.1.9. Minería en el Perú	41
2.1.10. Definiciones relacionadas con el cambio de cobertura y uso de la tierra.....	41
2.3. Base Legal.....	60
III. Método.....	64
3.1. Tipo de investigación	64
3.2. Ámbito temporal y espacial	64
3.2.1. Ámbito temporal.....	64
3.2.2. Ámbito espacial	64
3.3. Variables	69
3.3.1. Variable dependiente	69
3.3.2. Variable Independiente.....	69
3.4. Población y Muestra.....	70
3.4.1. Población	70
3.4.2. Muestra	70
3.5. Instrumentos	70
3.5.1. Equipo y software.....	70
3.5.2. Materiales	71
3.6. Metodología	71
3.7. Procedimientos.....	71
3.7.1. Fase inicial de gabinete	73

3.7.2. Fase de campo (Etapa IV)	76
3.7.3. Fase final de gabinete (Etapa V)	76
3.8. Análisis de datos	77
3.8.1. Data Alfanumérica.....	77
3.8.2. Data gráfica	77
IV. Resultados.....	78
4.1. Categorías de la cobertura y uso de la tierra determinadas en Santa María y Marañón-La Libertad, periodos 1987-2003-2020.....	78
4.2. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 1987	83
4.2.1. Matriz de confusión.....	83
4.2.2. Índice Kappa.....	85
4.2.3. Porcentaje correctamente clasificado	86
4.3. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2003	90
4.3.1. Matriz de confusión.....	90
4.3.2. Índice Kappa.....	92
4.3.3. Porcentaje correctamente clasificado	93
4.4. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2020.....	97
4.4.1. Matriz de confusión.....	97
4.4.2. Índice Kappa.....	99
4.4.3. Porcentaje correctamente clasificado	100
4.5. Análisis del cambio de la cobertura de la tierra	104
4.5.1. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003.....	105
4.5.2. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020.....	109
4.5.3. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020.....	113
4.6. Análisis de la transición de la cobertura y uso de la tierra. 1987-2003-2020	117

4.6.1. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003	117
4.6.2. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020	121
4.6.3. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020	125
4.7. Matriz de Identificación de impactos ambientales.....	129
4.7.1. Identificación de actividades del estudio.....	129
4.7.2. Desarrollo de identificación de impactos	129
V. Discusión de Resultados.....	132
5.1. Periodo de análisis empleado imágenes satelitales para evidenciar los cambios de cobertura y uso de la tierra	132
5.2. La clasificación de los cambios de cobertura y uso de la tierra realizado con la metodología CLC obtenida del MINAM	132
VI. Conclusiones.....	134
VII. Recomendaciones	136
VIII. Referencias.....	137
IX. Anexos.....	142
Anexo A: Matriz de consistencia.....	143
Anexo B: Edición.....	144
Anexo C: Panel Fotográfico.....	148
Anexo D: Presupuesto.....	149

Índice de tablas

Tabla 1 Principales provincias de La Libertad que presentan minería artesanal	38
Tabla 2 Fechas de lanzamientos de los satélites Landsat	45
Tabla 3 Características de Landsat8	46
Tabla 4 Características de Landsat5	47
Tabla 5 Escala de valores Índice Kappa	55
Tabla 6 Valor del índice de Kappa	55
Tabla 7 CLC adaptada para Perú	56
Tabla 8 Vías de acceso al área de estudio	66
Tabla 9 Operacionalización de variables	69
Tabla 10 Datos de las imágenes descargadas	73
Tabla 11 Valores obtenidos de la segmentación.....	74
Tabla 12 Coberturas de la tierra identificadas en los sectores	78
Tabla 13 Matriz de confusión sobre la clasificación de la imagen satelital, 1987.....	84
Tabla 14 Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 1987.....	86
Tabla 15 Matriz de confusión de la imagen satelital, 2003	91
Tabla 16 Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2003	93
Tabla 17 Matriz de confusión de la imagen satelital, 2020	98
Tabla 18 Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2020	100
Tabla 19 Ganancia y pérdida de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003.....	106
Tabla 20 Ganancia y pérdida de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020.....	110
Tabla 21 Ganancia y pérdida de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020.....	114
Tabla 22 Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003.....	117
Tabla 23 Transición de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020.....	121
Tabla 24 Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020.....	125

Tabla 25 Etapa de construcción y operación	129
Tabla 26 Matriz de identificación de impactos ambientales.....	130
Tabla 27 Matriz de consistencia	143
Tabla 28 Presupuesto	149

Índice de figuras

Figura 1 El proceso de formalización minera en el Perú	31
Figura 2 Prioridad de mineros conglomerados	32
Figura 3 Mapa de minería ilegal e informal en el Perú.....	34
Figura 4 Principales zonas de actividad Minera	36
Figura 5 Concesiones y declaraciones de compromiso en la región de La Libertad.....	38
Figura 6 Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera 2020	40
Figura 7 Mapa de ubicación política y geográfica del área	65
Figura 8 Mapa del área de estudio	67
Figura 9 Mapa de hidrografía del área de estudio.....	68
Figura 10 Proceso de clasificación para la representación cartográfica	72
Figura 11 Tejido urbano continuo, distrito de Pataz.....	79
Figura 12 Áreas de extracción de minería, en el sector de Santa Maria.....	79
Figura 13 Áreas de cultivos transitorios, en el sector de Santa María.....	79
Figura 14 Áreas de pastos, en el sector de Marañón.....	80
Figura 15 Áreas agrícolas heterogéneas, en el sector de Santa Maria	80
Figura 16 Áreas de bosque fragmentado, en el sector de Santa María	80
Figura 17 Áreas de bosque plantados, en el sector de Santa María.....	81
Figura 18 Áreas de herbazal, en el sector de Marañón	81
Figura 19 Áreas de arbustal, en el sector de Santa María.....	81
Figura 20 Áreas de vegetación arbustiva, en el sector de Santa María.....	82
Figura 21 Áreas de tierras desnudas, en el Sector de Santa María	82
Figura 22 Categoría río, Quebrada Hualanga	82
Figura 23 Laguna, en el sector de Santa María.....	83
Figura 24 Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 1987.....	87

Figura 25 Mapa de cobertura y uso de la tierra, 1987	89
Figura 26 Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 2003.....	95
Figura 27 Mapa de cobertura y uso de la tierra, 2003	96
Figura 28 Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 2020.....	102
Figura 29 Mapa de cobertura y uso de la tierra, 2020	103
Figura 30 Dinámica de cambio de la cobertura de la tierra, 1987-2003-2020	104
Figura 31 Representación porcentual del cambio, 1987-2003.....	107
Figura 32 Mapa de cambio y no cambio, 1987-2003	108
Figura 33 Representación porcentual del cambio, 2003-2020.....	111
Figura 34 Mapa de cambio y no cambio, 2003-2020	112
Figura 35 Representación porcentual del cambio, 1987-2020.....	115
Figura 36 Mapa de cambio y no cambio, 1987-2020	116
Figura 37 Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 1987- 2003.....	118
Figura 38 Mapa de transición. 1987-2003	120
Figura 39 Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 2003- 2020.....	122
Figura 40 Mapa de transición, 2003-2020	124
Figura 41 Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 1987 - 2020.....	126
Figura 42 Mapa de transición, 1987-2020	128
Figura 43 Selección de imagen Landsat para el área de estudio.....	144
Figura 44 Área de referencia.....	144
Figura 45 Segmentación del área de estudio.....	145
Figura 46 Digitalización de áreas de entrenamiento.....	145

Figura 47 Aplicación de ModelBuilder	146
Figura 48 Resultados de la ejecución del ModelBuilder	146
Figura 49 Ejecución del script Random Forest.....	147

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal identificar el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra, analizando los cambios de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020. Para ello, se utilizó la metodología Corine Land Cover, desarrollado por el Ministerio del Ambiente (MINAM). Se obtuvo como resultado 13 categorías: áreas de extracción de minería, cultivos transitorios, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque fragmentado, bosques plantados, herbazal, arbustal, vegetación arbustiva/ herbáceas, tierras desnudas, río y lagunas naturales. En el periodo de 1987-2003, se encontró al cambio de herbazal (He) a áreas de extracción de minería (Am) el cual representa el 0.24% de cambio, en el periodo 2003 - 2020. Se encontró el cambio de vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a áreas de extracción de minería (Am), dicho cambio representa el 0.47%, asimismo, se encontró los arbustal a áreas de extracción de minería (Am) la cual representa el 0.41% de cambio y en el periodo de 1987-2020, se encontró el cambio de vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a áreas de extracción de minería (Am) representan el 0,56% y asimismo, se encuentra el paso de arbustal (Ar) a áreas de extracción de minería (Am) la cual representa el 0.51%. Para finalizar, se concluye que, si hay superficie degradada por el avance de la actividad minera sobre la cobertura vegetal y uso de tierra e incrementándose exponencialmente.

Palabras claves: cobertura vegetal y uso de la tierra, imágenes satelitales Landsat, categorías.

Abstract

The main objective of this research is to identify the impact of mining activity on vegetation cover and land use, analyzing the changes in the sectors of Santa María and Marañón in the district and province of Pataz in La Libertad, in the time frame 1987-2003-2020. For this, the Corine Land Cover methodology was used, developed by the Ministry of the Environment (MINAM). As a result, 13 categories were obtained: mining extraction areas, temporary crops, pastures, heterogeneous agricultural areas, fragmented forest, planted forests, grasslands, shrubs, shrub / herbaceous vegetation, bare lands, river and natural lagoons. In the period 1987-2003, the change from grassland (He) to mining extraction areas (Am) was found, which represents 0.24% of change, in the period 2003 - 2020. The change of shrub vegetation / herbaceous (Va-He) to mining extraction areas (Am), said change represents 0.47%, likewise, shrubs were found to mining extraction areas (Am) which represents 0.41% of change and in the period From 1987-2020, the change of shrub / herbaceous vegetation (Va-He) to mining extraction areas (Am) was found to represent 0.56% and also, the passage of shrubland (Ar) to extraction areas of mining (Am) which represents 0.51%. Finally, it is concluded that, if there is a degraded surface due to the advance of mining activity on the vegetation cover and land use and increasing exponentially.

Keywords: vegetation cover and land use, Landsat satellite images, categories.

I. Introducción

En el mundo entero, La industria minera continuará siendo una importante fuente de ingreso. En América Latina, atrae gran parte de la inversión y explotación a nivel mundial, el Perú está entre los primeros productores de oro y se desarrolla principalmente en seis regiones en el país: Madre de Dios, Puno, Ica, Ayacucho, Arequipa y La Libertad.

En la región de la Libertad la actividad minera artesanal se desarrolla más en el distrito de Pataz, en los sectores de Santa María y Marañón, donde los mineros informales e ilegales están alrededor de la compañía minera PODEROSA.

Ubicada en los sectores de Marañón y Santa María, en el distrito y provincia de Pataz, en la Región de la Libertad, dentro de la zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del río Abiseo.

En la presente investigación se busca analizar la superficie degradada por el avance de la actividad minera, cuantificando la ganancia, pérdida y la transición con la metodología *Corine Land Cover*, haciendo una comparación en el marco temporal para los años de 1987, 2003 y 2020. El área de estudio comprende una extensión de 8 140.36 ha, Para ello, se utiliza la interpretación de imágenes satelitales LANDSAT, en las cuales se identificaron y clasificaron 13 categorías: áreas de extracción de minería, cultivos transitorios, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque fragmentado, bosques plantados, herbazal, arbustal, vegetación arbustiva/ herbáceas, tierras desnudas, río y lagunas naturales.

En el año 1987, la clasificación de cobertura y uso de la tierra “áreas de extracción de minera” eran de (5.52 ha), según los resultados obtenidos corresponde al 0.07% del área de estudio, a diferencia del año 2020 donde las áreas de extracción de minera eran de (119.31 ha) que corresponde al 1.47% del área de estudio.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del Problema

En el mundo entero, La industria minera es una de las actividades más antiguas de la humanidad, es y continuará siendo una importante fuente de ingreso en el mundo en desarrollo.

En América Latina, atrae gran parte de la inversión y explotación a nivel mundial. Chile es el principal productor de cobre, Brasil el tercero de hierro, México el mayor productor de plata y Perú está entre los primeros productores de plata, cobre, oro y plomo.

La minería artesanal en el Perú explota casi exclusivamente el oro, y se desarrolla principalmente en seis regiones en el país: Madre de Dios, Puno, Ica, Ayacucho, Arequipa y La Libertad. (Zevallos, 2017, p. 25)

En la región de la Libertad, la actividad minera artesanal es donde se desarrolla más, especialmente en la provincia y distrito de Pataz, donde los mineros informales, ilegales, artesanales, están ubicados alrededor de la compañía minera PODEROSA.

La principal actividad económica de los mineros artesanales, es la explotación del oro, que atrae a otros migrantes de otros lugares como trabajadores o como inversionistas.

Los mineros artesanales contratan trabajadores sin respetar las normas laborales, involucrando incluso a menores de edad. Emplean métodos inadecuados de explotación sin tener en cuenta medidas de seguridad y tampoco la conservación del medio ambiente, generando contaminación, eliminación de la cobertura vegetal y perjudicando la subsistencia de especies, animales, así como la salubridad humana (Pacheco, 2014)

Dejo constancia que el presente estudio no corresponde a la identificación y evaluación de **impactos ambientales**, la investigación se centra en la aplicación del modelo Corine Land Cover dando resultado: ganancia, pérdida y transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra, por la actividad económica de la minería.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general.

¿La actividad minera impactará en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020?

1.1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Con la metodología Corine Land Cover se determinará y cuantificará la ganancia y pérdida de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020?
- ¿Con la clasificación Corine Land Cover se analizará la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes nacionales

Murillo (2017) en su tesis titulada, *Análisis de cambios de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanora, periodo 2001-2016*.

La finalidad de su trabajo fue generar información básica y analizar los cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Llacanora a través de la fotointerpretación de imágenes satelitales LANDSAT, la clasificación se realizó con la metodología Corine Land Cover (CLC) obtenida del Ministerio del Ambiente (MINAM). Se analizaron los cambios de cobertura y uso actual de la tierra en el distrito de Llacanora, llegándose a identificar las siguientes categorías de cobertura: tejido urbano continuo, cultivos transitorios, pastos, áreas, bosques plantados, herbazal, arbustal, herbazal - arbustal, afloramiento rocoso. En el año 2001 la categoría predominante fue cultivos transitorios

con un área de 2135.35 ha equivalente al 41.69% del área total y con menor área la categoría tejido urbano continuo con un área de 1.56 ha equivalente al 0.03%. En el año 2016 la categoría predominante fue cultivos transitorios con un área de 2073.73 ha equivalente al 40.48% y con menos área la categoría Laguna con un área de 19.17 ha equivalente al 0.37 %.

Gamarra (2017) en su tesis titulada, *Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramon – Chanchamayo - Junín – Perú.*

Se muestra una contribución a la planificación y ordenamiento del territorio del distrito de San Ramón, mediante el conocimiento de la cobertura y uso de la tierra, utilizando imágenes Landsat8, sensor pasivo de resolución espacial media del año 2016, con el propósito de determinar, cuantificar y visualizar, las coberturas y usos de la tierra. La metodología empleada muestra resultados eficientes con un sobresaliente aporte del algoritmo Random Forest en el proceso de clasificación, con un 97.2% de confiabilidad. Se usó como base la leyenda CORINE Land Cover, alcanzando 3 niveles de detalle y 13 clases; así mismo, se empleó el software ENVI EX para la segmentación que más se ajuste a la imagen. La consistencia del mapa muestra resultados eficientes con un 95.33% de precisión global del mapa y un valor del índice Kappa de 0.922. De acuerdo a los resultados de la investigación, la clasificación supervisada utilizando el algoritmo Random Forest puede ser una alternativa eficiente y precisa a implementar para clasificar imágenes satelitales de sensores pasivos, cuando se requiere delimitar la cobertura y uso de la tierra en la amazonía peruana, con posibilidad de aplicación en otras zonas del país.

Cieza (2017) en su tesis titulada, *Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991 –2003 – 2016.*

El propósito de este trabajo fue realizar el análisis cuantitativo y cualitativo de cambio y uso actual de la tierra en el distrito de Matara, la clasificación se realizó con la metodología CLC obtenida del MINAM, se clasificó en un Nivel III de la metodología CLC en donde se obtuvieron las siguientes categorías: tejido urbano continuo, arbustal, herbazal, lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes, cultivos transitorios y pastos. En donde para el año 1991 la categoría predominante fue cultivos transitorios con una área de 2334.07 ha equivalente al 40.30% del área total y con menor área la categoría lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 2.88 ha equivalente al 0.05%, en el año 2003 la categoría predominante fue cultivos transitorios con una área de 2639.64 ha equivalente al 45.58% y con menos área a la categoría lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 3.14 ha equivalente al 0.05%, para el año 2016 la categoría predominante fue cultivos transitorios con un área de 3023.15 ha equivalente al 52.21% y la categoría con menor área fue Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes con una área de 4.73 ha equivalente al 0.08%.

Alata (2018) en su tesis titulada, *Análisis multitemporal de la explotación minera con aplicación de percepción remota y SIG en los distritos de Ananea y Cuyocuyo-Puno, entre 1975-2017*.

El estudio se desarrolló en los distritos de Ananea y Cuyocuyo en la cuenca alta del naciente de cuatro principales cuencas hidrográficas: Ramis, Inambari, Huancané y Suches entre 3794 y 5262 msnm, situada en la unidad morfoestructural de la cordillera oriental. El objetivo general de esta tesis fue realizar análisis multitemporal con técnicas de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG) del degradamiento del uso de suelo por la actividad minera ilegal-informal en los distritos de Ananea y Cuyocuyo entre los años 1975 y 2017. Los objetivos específicos fueron: a) Cuantificar la superficie degradada por el avance de la explotación minera informal entre 1975 -

2017 mediante procesamiento digital de imágenes satelitales. b) Evaluar el nivel de exactitud temática de los mapas a partir del empleo con campos de entrenamiento distribuido de manera aleatoria estratificada y c) Obtener imágenes del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Modificado (MSAVI) de los sensores Landsat 8 y Sentinel 2 en los distritos Ananea y Cuyocuyo. Para ello se emplearon imágenes satelitales multiespectrales de nueve fechas temporales de Landsat 2, 5, 7, 8 y Sentinel-2. Se utilizó el método de clasificación supervisada basado en información espectral de la imagen satelital, modelo de regresión lineal y operaciones a partir de los valores reflectividad de la banda roja e infrarroja cercana. La superficie degradada por la actividad minería ilegal-informal asciende a 8064.32 has que representa el 5.47% de la extensión total del territorio, con un avance de cambio promedio de 131.1 ha por cada año, la obtención de mapas temáticos alcanzó niveles altamente aceptables, el coeficiente de Kappa obtenido fue de 0.91 a 0.98 y la precisión global entre 94.67% a 97.48%, la obtención de imágenes del MSAVI con Landsat 8 fue de: (-0.26 a 0.69) y con Sentinel 2 (-0.16 a 0.57) respectivamente, éstos coeficientes indican desde áreas sin vegetación hasta coberturas de vegetación óptima.

Ochochoque (2017) en su tesis titulada, *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera, centro poblado de Malenowsk distrito de Mazuco, región de Madre de Dios.*

Se centró en el monitoreo de avance espacial de la explotación minera, mediante el mapeo y procesamiento digital multi-temporal de imágenes de satélite con principios de Teledetección espacial, con ayuda de la plataforma Google Earth Engine (GEE) y pos procesamiento en software SIG ArcGis, se realizó en el Centro Poblado de Malenowski, distrito de Mazuco, región de Madre De Dios, frontera con la región Puno, entre las coordenadas UTM-WGS84-19S Este-355099.99 a 375005.44 y Norte-

8544399.48 a 8557760.96. Se utilizó las imágenes de satelitales Landsat y Sentinel. Se logró identificar de manera indirecta las zonas de laboreo en la explotación minera. Para la clasificación de coberturas se utilizó el algoritmo “Random Forest” con la cual se obtuvo el mapa de cobertura de uso de tierras. De acuerdo a los objetivos los resultados muestran que las técnicas aplicadas son muy efectivas y aplicables en estudios multi-temporales. Según el mapa de cobertura de uso de tierras elaborado, la pérdida de bosque amazónico por causa de la minería es más de 33 km² en el periodo de 1990 a 2016. Se validó y calculo la precisión del clasificador mediante la matriz de confusión, indica que el análisis estadístico tiene una exactitud mayor al 95%.

Gallegos y Barriga (2018) en su tesis titulada, *Variabilidad temporal de la vegetación en cuatro zonas impactadas por la minería aurífera mediante el EVI en el Periodo 1985-2017*.

Constituyó la evaluación de la variabilidad temporal de la vegetación a través del Índice de Vegetación Mejorado (EVI), el cual permitirá determinar los estadios sucesionales en cuatro zonas impactadas por la actividad minera aurífera en la región de Madre de Dios, utilizando imágenes satelitales del sensor Landsat TM 5, ETM+ 7 y OLI 8 y datos de Precipitación adquiridos del sensor CHIRPS de la NASA en su servidor libre CLIMATE ENGINE, así como la correlación entre el índice y la precipitación durante el periodo 1985 – 2017. La tendencia de la vegetación a través del EVI fue analizada con el método no paramétrico de Mann- Kendall (MK), su magnitud con el método Theil – Sen (TS) y la correlación del EVI y la precipitación a través del coeficiente de Pearson. Se determinó a través de métodos MK y TS, Huepetuhe presenta una superficie con deforestación de 6 404.8 ha de los cuales el 34.8% son superficies con tendencia positiva de regeneración, Delta posee una superficie deforestada de 6 764.3 ha de los cuales el 53.8% son áreas con tendencia positiva a regenerarse, Dos de Mayo tiene una superficie deforestada de 1 921.2 ha de los cuales el 50.8% presenta tendencia

a regenerarse y La Pampa con una superficie deforestada de 4 280.1 ha de los cuales del 9.8% de su superficie poseen tendencia positiva a regenerarse; la correlación entre las variables EVI y Precipitación en las cuatro zonas de estudio fue un promedio de 0.5, lo cual indica que la vegetación aumenta independientemente de la cantidad de precipitación recibida. Los estadios sucesionales tienen un comportamiento diferenciado en el EVI, siendo los valores superiores a 0.2 áreas con cobertura vegetal. La validación del modelo presenta un nivel de concordancia (índice de Kappa) de 89% siendo esta un modelo casi perfecto.

Zevallos (2017) en su tesis titulada, *Instrumento de gestión ambiental correctivo aplicado a la exploración y explotación minero artesanal informal: Río Grande, Condesuyos – Región Arequipa*.

El Estado peruano en la actualidad cuenta con un ritmo de crecimiento económico aun lento, esto debido a los conflictos sociales, informalidad, corrupción, desgobierno y al desconocimiento de nuestra realidad por parte de funcionarios del sector público. En los últimos 25 años han aplicado políticas públicas que han generado que nuestros recursos naturales hayan sido explotados de una forma irracional; afectando y deteriorando el medio ambiente. Además, sus planes de desarrollo no han contado con un soporte técnico para generar riqueza en el futuro. El Estado necesita de herramientas técnicas que puedan servir de soporte para generar planes de desarrollo en las zonas de pobreza y extrema pobreza. Es ahí, donde el ingeniero geógrafo cuenta con herramientas técnicas que son de utilidad para generar desarrollo sostenible para las futuras generaciones dentro un orden territorial. Esta tesis pretende elaborar un instrumento de gestión ambiental correctivo, con el objetivo de que cumpla con el proceso de formalización de actividades de pequeña minería y minería artesanal, de acuerdo a la normativa vigente; para controlar y remediar los impactos ambientales

generados por la pequeña minería en curso y establecer medidas permanentes para lograr que dichas actividades sean sostenibles en el tiempo. Asimismo, para identificar el área de influencia directa e indirecta, definir el área de explotación y su cobertura y conocer el volumen de producción de esta actividad. Los principales métodos que se utilizaron en la investigación fueron: deductivo, inductivo, análisis y síntesis. Este trabajo fue realizado entre los meses de noviembre del 2015 a abril del 2016, en el centro poblado de Alto Molino, perteneciente al distrito de Río Grande, Provincia de Condesuyos, región de Arequipa. El resultado de este trabajo es una afirmación de la voluntad y disposición que tiene la población del distrito de Río Grande en realizar su IGAC para gestionar su formalización como un pequeño productor minero artesanal ante la Gerencia de energía y minas del gobierno regional de Arequipa.

1.2.2. Antecedentes internacionales

Rosero (2017) en su tesis titulada, *Análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Tahuando y proyección de cambios al año 2031, en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura, Ecuador.*

Se realizó un análisis multitemporal para evidenciar tales cambios, usando imágenes satelitales Landsat de los años 1991, 2017 y Aster del año 2001. El objetivo general fue analizar las variaciones en el cambio de uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Tahuando. Para identificar estas variaciones se aplicaron técnicas de teledetección a las imágenes satelitales de los años 1991, 2001 y 2017. Además, se establecieron cinco categorías que son las razones principales que intervienen en el cambio de uso del suelo, tales como: agricultura, ganadería, zonas pobladas, cuerpos de agua y cobertura vegetal que fueron cuantificadas para cada imagen satelital. En el año 2017 con la imagen satelital OLI se obtuvo con el método de clasificación supervisada, que la agricultura ocupó 16.826 ha; la ganadería ocupó una superficie de

2.479 hectáreas; en las zonas pobladas se evidenció 3.719 ha, los cuerpos de agua ocuparon 232 hectáreas, y la cobertura vegetal 11.801 ha. Además, se estimó el cálculo de la tasa de deforestación en -0.12% para el periodo 1991-2017, disminuyendo 15 ha/año por el cambio de uso del suelo o pérdida de cobertura vegetal. Para entender los cambios que experimentará la cuenca hidrográfica se realizó una predicción a partir del año 2017 hasta el año 2031, donde se evidenció que en los próximos 14 años la cobertura vegetal de la cuenca tendrá cambios positivos y negativos. Estos se ven reflejados con la pérdida de 17 ha/año respecto a agricultura, 18 ha/año de cobertura vegetal. De igual forma, se producirá un incremento de 0.35 ha/año en áreas para ganadería y 32 ha/año para zonas urbanas.

Fernández (2019) en su tesis titulada, *Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del río Chambo-Ecuador*.

Tuvo como objetivo principal evaluar el cambio de cobertura y uso de suelo en espacios multitemporales y la determinación de los efectos del cambio de uso de suelo en las propiedades fisicoquímicas de la zona de estudio. Para el análisis del cambio de cobertura se utilizaron imágenes Landsat 5 del año 1998 y Landsat 7 del año 2016; procesadas mediante software especializado y sometidas a una clasificación supervisada validados con un porcentaje de precisión global y el coeficiente Kappa. La evaluación del cambio se realizó mediante el módulo Land Change Modeler, cuyos cambios fueron representados en pérdidas, ganancias y persistencias de las coberturas vegetales que posterior fueron ilustradas en mapas temáticos. Los resultados indican que los cambios de cobertura favorecen al páramo con una ganancia del 26.76% mientras que el bosque perdió 25.49%, así también la frontera agrícola tuvo una ganancia del 10.48% y el suelo sin cobertura el 3%. Adicionalmente se han sometido 50 muestras de suelo de cuatro diferentes usos (bosque, páramo, cultivos y sin

cobertura) a análisis físico – químico, sin existir diferencia significativa entre los parámetros, más estos tienden a formar componentes que los correlacionan. La influencia de aspectos naturales, como es la erupción del volcán Tungurahua, y las actividades antropogénicas derivadas de esta; nos permitió apreciar la vulnerabilidad de los bosques y el avance de la frontera agrícola; así como una competencia ecosistémica y tendencias de cambio por intromisión agropecuaria que aceleran los procesos de cambios de cobertura y uso de suelo. Se recomienda un análisis elemental de los suelos agropecuarios por cuanto los metales pesados procedentes de la actividad volcánica que afectan la calidad del suelo y presentan una amenaza para la seguridad alimentaria.

Camacho (2019) en su tesis titulada, *Análisis multitemporal de las zonas mineras de los municipios de Lenguaque y Guachetá para evidenciar impactos ambientales y cambios en la cobertura de suelos-Colombia*.

Tuvo como objetivo realizar un análisis multitemporal tanto a nivel regional como local de los municipios de Lenguaque y Guachetá en relación con el comportamiento de las coberturas presentes, mediante el uso de herramientas como los vehículos aéreos no tripulados (UAV) e imágenes satelitales Sentinel 2A. El proyecto busca determinar cambios en las coberturas y morfología de las zonas de estudio, debido principalmente a actividades antropogénicas (minería, agricultura, ganadería entre otras) y régimen climático; para así, identificar tanto cualitativamente como cuantitativamente el estado de las coberturas y la salud de la vegetación con relación a los procesos anteriormente mencionados. Teniendo en cuenta lo anterior, se registraron fotografías aéreas mediante dron (con una diferencia aproximada de dos meses) en minas de carbón en el municipio de Lenguaque, en las cuales simultáneamente se llevan a cabo actividades como agricultura y ganadería. Las fotografías aéreas permitieron generar productos tales

como: Ortofotomosaicos, Modelos Digitales de Terreno (DTM), Modelos Digitales de Superficie (DSM), funciones de pendiente y curvatura, perfiles topográficos e índice de vegetación TGI. Lo que permitió evidenciar cualitativamente cambios en las coberturas y topografía (asentamiento o levantamiento) de la zona. Por otro lado, se realizaron clasificaciones no supervisadas (análisis cuantitativo) para los municipios de Lenguazaque y Guachetá a partir de imágenes satelitales Sentinel 2^a con 3 años de diferencia (2016-2019) complementando con el índice de vegetación NDVI.

Pérez (2018) en su tesis titulada, *Análisis multitemporal de la zona de explotación minera a cielo abierto en el municipio de Duitama a partir de imágenes Landsat 7 y Sentinel-2A – Colombia*.

La información derivada del monitoreo de los impactos ambientales producidos por las explotaciones mineras a cielo abierto, es fundamental para estimar cuantitativamente los cambios ocurridos en los terrenos afectados por esta actividad. El Análisis multitemporal realizado a partir de imágenes satelitales ópticas de libre adquisición Sentinel-2 y Landsat 7, es una alternativa de bajo costo para monitorear cambios de coberturas de terrenos alterados por actividades mineras. Este artículo muestra la utilidad del análisis de cambios en áreas de coberturas, mediante el método de clasificación supervisada, y mediante el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) para dos tiempos diferentes, en el sector de explotación de caliza en el municipio de Duitama, Boyacá. El cambio en las diferentes categorías definidas en la clasificación supervisada, mostró un aumento del 62.3% del área de la cantera en el periodo 2000 – 2018. La detección de cambios con el Índice de Vegetación permitió identificar y cuantificar el área donde se ha restaurado el terreno mediante la revegetalización como medida de mitigación por parte de los titulares mineros. El análisis multitemporal en áreas mineras utilizando imágenes de mediana resolución de

acceso libre, es una herramienta rápida, de bajo costo para el monitoreo de impactos ambientales en áreas mineras.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Identificar el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra, analizando los cambios de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar y cuantificar la ganancia y perdida utilizando la metodología Corine Land Cover en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.
- Analizar la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra según la clasificación Corine Land Cover de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.

1.4. Justificación

Este estudio cuenta con una justificación teórica porque resume el aporte teórico de los autores más importantes que hacen referencia a las variables en estudio.

Así mismo tiene una justificación práctica en la medida que ayuda a prevenir este problema actual de la minería en la cobertura vegetal y uso de la tierra.

De igual manera, presenta una justificación económica puesto que colabora con el ahorro o evita gastos económicos a las entidades regionales, locales o empresas privadas que realizan estudio de Santa María y Maraón en la Libertad.

Igualmente presenta una justificación social en razón que se está trabajando con personas que se encuentran envueltas en una problemática social, problema de salud a raíz de la minería ilegal en los sectores de Santa María y Marañón.

También cuenta con una justificación metodológica del MINAM, se dará mediante la clasificación de Corine Land Cover.

También con una justificación legal en cuanto a Reglamento de Protección y gestión ambiental, Plan de cierre de minas, Ley general del ambiente. Ya que el estudio se ubica dentro de la zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del río Abiseo.

Además de una justificación investigativa pues los resultados darán pie a que se continúen los estudios en este campo y quizá se puedan estudiar otras variables que acá no se han considerado y con otros tipos de clasificación.

1.4.1. Importancia

La importancia que conlleva la presente investigación es, identificar el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra en la zona de Santa María y Marañón ubicado en la región de la Libertad, aplicando el modelo Corine Land Cover donde se centra en el análisis cuantitativo y cualitativo de la superficie degradada por la actividad minera analizando la ganancia, pérdida y transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra.

La información generada de la ganancia o pérdida y transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra para los años 1987, 2003 y 2020 será un insumo que contribuye a tomar decisiones acertadas en la planificación del manejo sostenible del territorio, dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional del río Abiseo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

La actividad minera impacta en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.

1.5.2. Hipótesis Específica

- Con la metodología Corine Land Cover se determina y cuantifica la ganancia y pérdida de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón e el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.
- Con la clasificación Corine Land Cover se analiza la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.

II. Marco teórico

2.1. Base Teórica

2.1.1. *Pequeño Productor Minero y Productor Minero Artesanal*

Para obtener y renovar la constancia que lo califique como PPP o PMA, se debe de cumplir lo siguiente:

Pequeño Productor Minero (PPM).

- Dedicarse habitualmente a la explotación y/o beneficio directo de minerales, ya sea de forma personal o como conjunto de personas naturales, o personas jurídicas conformadas por personas naturales o cooperativas mineras o centrales de cooperativas mineras
- Posean, por cualquier título, hasta 2,000 ha, entre denuncios, petitorios y concesiones mineras.
- Posean, por cualquier título, una capacidad instalada de producción y/ o beneficio no mayor de trescientas cincuenta (350) toneladas métricas por día (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2020).

Productor Minero Artesanal - PMA

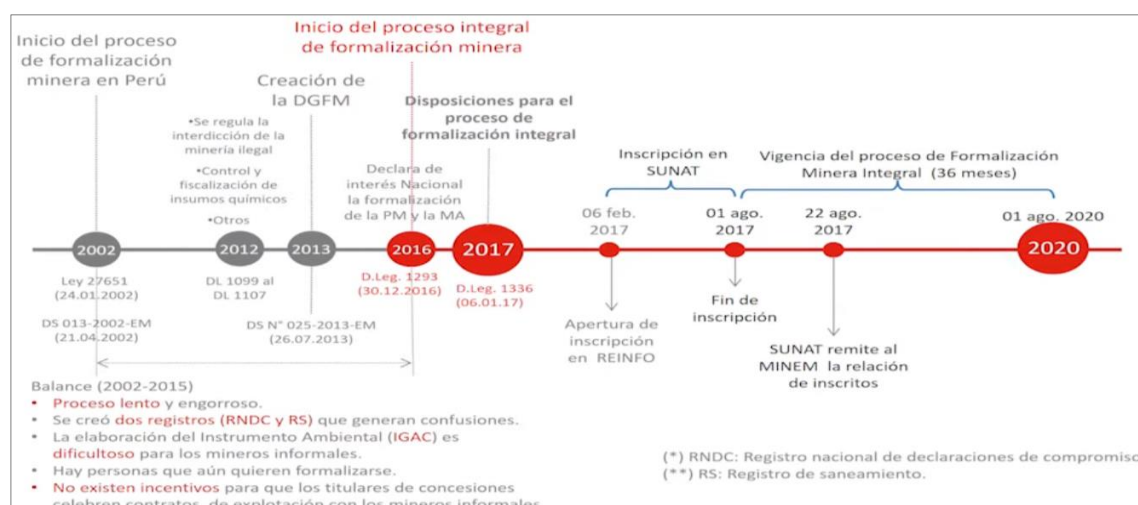
- Dedicarse habitualmente a la exploración y/o beneficio directo de minerales, realizando sus actividades con métodos manuales y/o equipos básicos, ya sea en forma personal o como conjunto de personas naturales o personas jurídicas conformadas por personas naturales, o cooperativas mineras o centrales de cooperativas mineras.
- Posean, por cualquier título, hasta 1,000 ha, entre denuncios, petitorios y concesiones mineras.
- Posean, por cualquier título, una capacidad instalada de producción y/o beneficio no mayor de veinticinco (25) toneladas métricas por día (MINEM, 2020).

2.1.2. El proceso de formalización minera en el Perú

Los primeros decretos supremos que se dieron fueron en el año 2002 y hasta el año 2012 no había mineros formalizados, el enfoque del gobierno estaba en la lucha contra la minería ilegal más no en la formalización de los mineros ya que eran procesos lentos y engorrosos. A partir del año 2012 se inicia con el empadronamiento de los mineros, en el año 2013 todo este proceso fue realizado en el MINEM en la Dirección general de formalización, de tal manera que abarque todo el sector de la pequeña minería. El año 2016 y 2017 se dieron los decretos legislativos (1293 y 1336) que simplifica el procedimiento con el sistema de instrumento ambiental IGAFOM hasta el momento, teniendo un límite de fecha de formalización hasta el 2020 como plazo máximo (Arcos, 2017). (ver Figura 1)

Figura 1

El proceso de formalización minera en el Perú



Nota. En el año 2016 se dio inicio al proceso integral de formalización minera. Adaptada de *La Minería Artesanal en el Perú*, [conferencia], por Arcos F, INGEMMET, viernes geo científico, 21 julio 2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=mBXw9ImEqaE&t=824s>)

Figura 2*Prioridad de mineros conglomerados*

Nota. 9 conglomerados mineros en todo el Perú, problemática concreta en función de cada realidad. Adaptada de *Nuevo proceso de formalización minera integral*, [conferencia], por Gallo, MINEM, Jueves Minero, 09 de noviembre 2017 (<https://youtu.be/1JCEsvSO9pw>)

2.1.3. Minería ilegal-informal

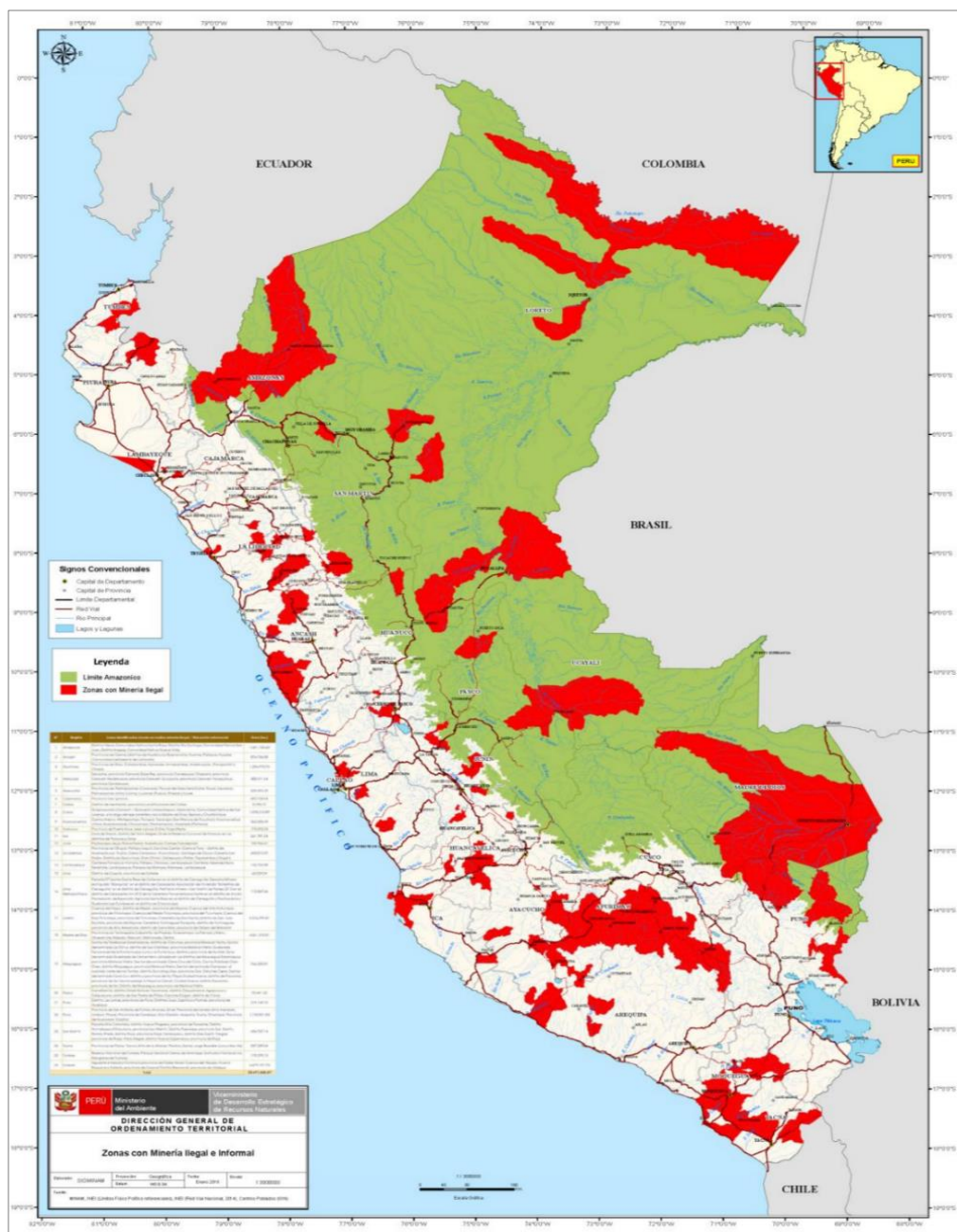
2.1.3.1. Minería ilegal. Para el Decreto Legislativo, la actividad minera es ilegal sí: Es ejercida por persona natural o personas jurídica, o grupo de personas organizadas, si se realiza dicha actividad utilizando equipos y maquinarias incompatibles con la actividad minera que se

está desarrolla (PPM o P MA) o también cuando no cumple con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medio ambiental que rigen dichas actividades, o que se realiza en zonas en las que esté prohibido su práctica (Alata, 2018, p. 44).

Minería informal. Para el Decreto Legislativo, la actividad minera es informal sí: La actividad minera se realiza usando equipo y maquinaria que no corresponde a las características de la actividad que se desarrolla (PPM o PMA) sin cumplir con las exigencias de las normas de carácter administrativo, técnico, social y medio ambiental que rigen dichas actividades, en zonas no prohibidas para la actividad minera y por persona, natural o jurídica, o grupo de personas organizadas para ejercer dicha actividad que hayan iniciado un proceso de formalización (Alata, 2018, p. 44). (ver Figura 3)

Figura 3

Mapa de minería ilegal e informal en el Perú



Nota. Minería ilegal e informal representada de color rojo y verde el límite amazónico. De “Zonas con minería ilegal e informal”, por Dirección general de ordenamiento territorial, MINAM, 2015

2.1.4. Minería artesanal de oro en el Perú

La minería artesanal en el Perú para Manzanedo (2005), se explota casi exclusivamente el oro, y se desarrolla principalmente en seis regiones en el país: Madre de Dios, Puno, Ica, Ayacucho, Arequipa y La Libertad. En las regiones de Ica, Ayacucho y Arequipa, la explotación minera artesanal se concentra en el territorio denominado eje Nazca – Ocoña.

En la región de Madre de Dios, por ejemplo, las operaciones mineras se ubican principalmente en las localidades de la Llanura y el tipo de yacimiento es aluvial principalmente. En Puno, existen yacimientos primarios de tipo veta y mantos, y yacimientos secundarios denominados placeres. Finalmente, en La Libertad, los yacimientos son de tipo filoniano o aluviales (Zevallos, 2017, p. 25).

La Compañía minera Poderosa es una empresa donde sus laboreos se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional río Abiseo y a su alrededor hay gran cantidad de mineros informales, ilegales y artesanales, Compañía minera Poderosa S.A. (Pacheco, 2014).

Los métodos manuales de los mineros artesanales involucran fuerza física, habilidad manual y destreza personal, para la extracción y escogido de minerales en pequeña escala.

Los aspectos que se ven del minero artesanal que su nombre está asociado a caos, desorden, falta de método y reñidos con el medio ambiente. La minería informal, se encuentra registrado en el registro de saneamiento con declaración de compromiso vigente y la minería ilegal, aún no se encuentran registrados (Arcos, 2017). (ver Figura 4)

Figura 4

Principales zonas de actividad Minera



Nota. En La Libertad la provincia de Patate está considerada como una de las principales zonas de actividad minera. Adaptada de *La minería artesanal en el Perú*, [conferencia], por Arcos F, INGEMMET, viernes geo científico, 21 julio 2017 (<https://www.youtube.com/watch?v=mBXw9ImEqaE&t=824s>)

2.1.5. Regiones de explotación

Madre de Dios. Ubicado en la selva sur este del Perú, limítrofe con Brasil y Bolivia (Manzanedo, 2005).

Es una zona con abundante vegetación y concentra mayoritariamente comunidades indígenas que mantienen costumbres ancestrales. El tipo de explotación es aluvial. Si bien la explotación aurífera data de la época colonial, desde 1977 se explotan los antiguos cauces de los ríos, denominados “terrazas de los bosques”. Los lavaderos se encuentran por lo general en los cauces de los ríos Huaypetuhe, Madre de Dios y Malinowski (Zevallos, 2017, p. 27).

Eje Nazca-Ocoña. En 1994, se estimaba en cerca de 6,800 el número de personas dedicadas a la actividad minera artesanal, en el eje Nazca – Ocoña (Manzanedo, 2005).

En la actualidad, no es posible estimar cuántas personas realizan la práctica minera artesanal, pues la informalidad en esta zona es bastante frecuente y la movilidad de los mineros es bastante alta, desplazándose de acuerdo a los “reventazones” (descubrimientos de vetas que atraen a los mineros). En este territorio, las minas se encuentran en la parte alta de las cuencas, por lo general son lugares bastante áridos y es frecuente la escasez de agua (incluso para beber). Es frecuente encontrar instalaciones para el procesamiento y recuperación del mineral (quimbaletes y plantas de beneficio) en las partes bajas (donde si es posible encontrar agua) (Zevallos, 2017, p. 28).

La Libertad. La región La Libertad es ampliamente conocida por su actividad minera artesanal, la misma que data desde principios de siglo (Manzanedo, 2005).

La concentración de dicha actividad se centra básicamente en la Cordillera Oriental en la provincia de Pataz (distritos de Pataz, Parcoy, Buldibuyo y Tayabamba). Mientras que hacia el sector de la Cordillera Occidental se sitúa en las provincias de Sánchez Carrión, Otuzco y Gran Chimú (distritos de Huamachuco, Salpo y Sayapullo). En estas provincias, se cuenta con

el 84.90% de las declaraciones de compromiso a nivel regional, lo cual significa la importancia de la minería para el desarrollo de estas (Zevallos, 2017, p. 28). (ver Tabla 1 y ver Figura 5)

Tabla 1

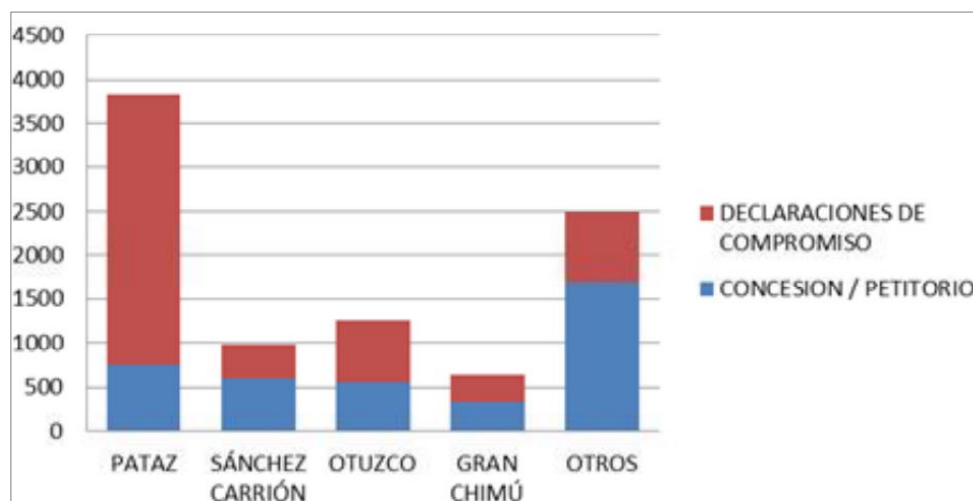
Principales provincias de La Libertad que presentan minería artesanal

Provincia	Concesión/Petitorio	Hectáreas	Declaraciones de compromiso
Pataz	755	352360	3081
Sánchez Carrión	599	324115	385
Otuzco	553	206269	700
Gran Chimú	337	130395	303
Otros	1693	5840201	797
Total	3937	1597160	5266

Nota. Esta tabla muestra, las principales provincias de la Libertad que presentan minería artesanal y la provincia de Pataz tienen el mayor número de declaraciones de compromiso. De “Actividad minera artesanal en las regiones de Apurímac y La Libertad”, por INGEMMET, 2017, p. 73 (<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1010>)

Figura 5

Concesiones y declaraciones de compromiso en la región de La Libertad



Nota. Esta figura muestra, concesiones mineras y declaraciones de compromiso de las principales provincias con minería artesanal de la región de La Libertad. De “Actividad Minera Artesanal en las Regiones de Apurímac y La Libertad”, por INGEMMET, 2017, p. 73 (<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1010>)

A diferencia de otras regiones, La Libertad lleva un paso adelante en materia de la formalización minera debido a que las grandes empresas mineras, como La Cía. Minera Poderosa (Pataz) y Barrick Misquichilca S.A. (cuenca del Perejil-Santiago de Chuco) han implantado un sistema de acopio de mineros artesanales para apoyarlos en la sustentación de los pasos para la obtención del “Certificado de PPM y PMA” el mismo que además incluye apoyo técnico y de seguridad en cada una de las labores mineras que representen materia de explotación (Pacheco, 2014).

2.1.6. Actividad minera artesanal en la Libertad - Pataz

Se han registrado 6 zonas de mayor importancia, las que han sido clasificadas por el número de pequeños productores mineros y mineros artesanales, que corresponden a: zona de Tayabamba, Parcoy, Pataz, Huamachuco, Salpo, Huaranchal (Arcos, 2017).

Zona Pataz, La minería artesanal en esta zona se ha desarrollado desde los siglos XV y XVI continuando durante la época colonial hasta la creación del distrito minero de Pataz en el año 1770. En un principio las labores fueron ejecutadas por la empresa minera Northern Perú Mining Company hasta los años 1947, posteriormente, y hasta la actualidad PODEROSA tiene concesionado en su totalidad esta zona. Los mineros artesanales se encuentran agrupados bajo la Asociación de Mineros Artesanales (AMA) del distrito de Pataz y en los últimos años y debido al proceso de formalización minera, se ha fortalecido el rol de la Cía. Minera Poderosa en el apoyo a los mineros artesanales a través del Programa “Formalización de la minería artesanal en el distrito de Pataz” (Arcos, 2017).

2.1.7. Minería en el mundo

En los últimos años, hemos visto florecer y dar frutos a los proyectos de larga maduración que se iniciaron en el último quinquenio como son: Manzanedo (2005).

Toromocho, Constanza, Inmaculada, Las Bambas, Antapaccay, Pucamarca, entre otros proyectos que favorecieron el crecimiento nacional a nivel de PBI, de balanza comercial, de

inversiones y empleo; así como también de renta fiscal y aporte económico a las regiones del país (Zevallos, 2017, p. 30).

A nivel mundial y latinoamericano, el Perú se ubica entre los primeros productores de diversos metales como (Cu, Au, Ag, Pb, Zn, Fe, Sn, Mo, entre otros), lo cual es el reflejo de la abundancia de sus recursos y la capacidad de producción de la actividad minera peruana; así como de la estabilidad de sus políticas económicas.

Hoy la actividad minera se desarrolla en 23 de las 25 regiones del Perú y ha asumido el reto de ser el agente promotor del proceso de descentralización productiva que requiere el país para cerrar las brechas sociales y económicas (Zevallos, 2017, p. 30). (ver Figura 6)

Figura 6

Posición del Perú en el ranking mundial de producción minera 2020

PRODUCTO	LATINOAMÉRICA	MUNDO
Oro	1	8
Cobre	2	2
Plata	2	2
Zinc	1	3
Plomo	1	4
Estaño	1	4
Molibdeno	2	4
Cadmio	2	8
Roca Fosfórica	2	10
Diatomita	1	5
Indio	1	6
Andalucita y minerales relacionados	1	4
Selenio	1	10

Nota. Esta figura muestra, A nivel mundial y Latinoamérica, la posición del Perú entre los primeros productores de diversos metales como el oro. De “Anuario minero 2020”, por MINEM, 2020, p. 50 (<http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2020/AM2020.pdf>)

2.1.8. Minería en América Latina

El Perú se ubica en Latinoamérica como líder en reservas de Au, Pb, Ag y Zn; y ostenta el segundo lugar en Cu y Mo (Zevallos, 2017).

A nivel global, el Perú cuenta con la mayor cantidad de reservas de plata al concentrar el 21% de las reservas mundiales de este precioso metal y ocupa el tercer lugar en cuanto a las reservas de cobre con una participación de 11.4 % total. El Perú es una de las economías con mayor crecimiento en América Latina, lo cual es complementado con solidez macroeconómica: bajas tasas de inflación, superávit fiscal y comercial, y fuertes reservas internacionales netas. (p. 31)

2.1.9. Minería en el Perú

El Perú es un país de antigua tradición minera, tradición que mantiene y cultiva gracias a la presencia de empresas líderes a nivel internacional (Zevallos, 2017).

Contamos con un enorme potencial geológico, la presencia de la Cordillera de los Andes a lo largo del territorio, constituye nuestra principal fuente de recursos minerales. Los minerales producidos en el Perú son de gran demanda en el mercado mundial actual, cuyo desarrollo se basa en la producción y la industria. Estados Unidos, China, Suiza, Japón, Canadá y la Unión Europea son los principales demandantes: fortaleza económica y confiable clima de inversión, reconocimiento Internacional, oportunidades de inversión, efectiva protección al inversionista, destacados de la industria minera y potencial no-metálico. (p. 32)

2.1.10. Definiciones relacionadas con el cambio de cobertura y uso de la tierra

2.1.10.1. Tierra. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 1995), afirma que: La tierra es un área de la superficie del globo terrestre que se puede delinear, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por encima y por debajo de su superficie, incluyendo el clima en la zona cercana a la superficie, el suelo y

las formas del terreno, la superficie hidrológica incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de aguas subterráneas asociadas a las mismas, las poblaciones de la flora y la fauna, las formas de colonización de la población humana y los resultados físicos de la actividad humana anterior y actual, terrazas, estructuras para reserva o drenaje de aguas, caminos, construcciones, etc. Por lo tanto, tierra, de acuerdo a la definición de la FAO, incluye el clima, mientras que suelo incluye propiedades de la superficie de la tierra excluyendo los datos de clima (Murillo, 2017, p.7).

2.1.10.2. Uso de la Tierra. Herrera et al. (2009) afirma que: El uso de la tierra está caracterizado por las funciones que se desarrollan sobre la cobertura del suelo, actividades realizadas por el hombre para producir, cambiarla o mantenerla con la finalidad de obtener beneficios mediante la producción de bienes y servicios (Gamarra, 2017, p. 2).

2.1.10.3. Cobertura Vegetal. El municipio de Miranda (2000) afirma lo siguiente: Comprende la vegetación que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema, cumple funciones de gran importancia como la captación y almacenamiento de energía, refugio de la fauna, agente antierosivo del suelo, medio regulador del clima local, atenuador y reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima y bienestar para el hombre (Murillo, 2017, p. 7).

2.1.10.4. Causas directas del cambio de cobertura vegetal. La FAO (2008) afirma que:

Agricultura y ganadería intensiva. La deforestación se inicia con la construcción de carreteras que atraviesan los bosques y los abren a la tala y la minería. Una vez desbrozado el bosque a lo largo de la carretera, llegan los agricultores comerciales o de subsistencia y comienzan a producir cultivos. Sin embargo, el suelo de los bosques tiene muy pocos nutrientes y es demasiado frágil para sustentar los cultivos durante mucho tiempo. Al cabo de dos o tres

años, los suelos se han agotado, la producción disminuye y los agricultores dejan crecer la hierba y se van a otra parte (Murillo, 2017, p. 7)

Minería. Productos químicos peligrosos utilizados en las distintas fases de procesamiento de los metales, como cianuro, ácidos concentrados y compuestos alcalinos terminan en el sistema de drenaje. La alteración y contaminación del ciclo hidrológico tiene efectos muy graves que afectan a los ecosistemas cercanos, de manera especialmente agravada a los bosques, y a las personas (Murillo, 2017, p. 8)

Deforestación. El hombre en su búsqueda por satisfacer sus necesidades personales o comunitarias utiliza la madera para fabricar muchos productos, como combustible o leña para cocinar y calentar. Por otro lado, las actividades económicas en el campo requieren de áreas para el ganado o para cultivar diferentes productos, generando una gran presión sobre los bosques y agravándose por la lluvia ácida, la desertificación, y los incendios forestales (Murillo, 2017, p. 9)

2.1.10.5. Sistemas de información geográfica. Alonso (2005) indica lo siguiente: Este término suele aplicarse a sistemas informáticos orientados a la gestión de datos espaciales que constituyen la herramienta informática más adecuada y extendida para la investigación y el trabajo profesional en ciencias de la tierra y ambientales. Se trata de herramientas complejas, como del objeto de estudio de estas ciencias, fruto de la evolución y fusión de programas de muy distinto tipo que anteriormente se habían utilizado de forma independiente (Murillo, 2017, p. 10).

2.1.10.6. Teledetección. Alonso (2005) lo define como: La técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material. Para ello es necesario que, exista algún tipo de interacción entre los objetos observados; situados sobre la superficie terrestre, marina o en la atmósfera; y un sensor situado en una plataforma (satélite, avión, etc.).

La interacción que se produce va a ser un flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor, en cuanto a su origen puede ser de tres tipos:

- radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo reflejado),
- radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico),
- radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar).

Las técnicas basadas en los dos primeros tipos se conocen como teledetección pasiva y la última como teledetección activa. El análisis de esta información permite el reconocimiento de las características de los objetos observados y de los fenómenos que se producen en la superficie terrestre, oceánica y en la atmósfera (Murillo, 2017, p. 10)

2.1.10.7. Imágenes satelitales. Diaz (2000) indica lo siguiente: Una imagen satelital es una matriz digital de puntos, como una fotografía digital, capturada por un sensor montado a bordo de un satélite que órbita alrededor de la tierra. A medida que el satélite avanza en su órbita, “barre” la superficie con un conjunto de detectores que registran la energía reflejada, dicha imagen de satélite, se encuentran en formato ráster, el cual consiste en una matriz de miles de píxeles, en donde cada píxel tiene un valor digital o de reflectancia; ejemplificando, si la resolución de la imagen es de 30 metros, cada píxel muestra un área en la superficie terrestre de 30x30 metros (900m²), con esto, la firma espectral o reflectancia de todos los objetos existentes en una superficie de 900 m² y será promediada para darle su valor digital al píxel (Murillo, 2017, p. 11). (ver Tabla 2)

Tabla 2*Fechas de lanzamientos de los satélites Landsat*

Satélite	Lanzamiento	Condición	Sensores
Landsat 1	23 Julio 1972	Dado de baja el 06 enero 1978	MSS/RBV
Landsat 2	22 enero 1975	Dado de baja el 27 julio 1983	MSS/RBV
Landsat 3	05 marzo 1978	Dado de baja el 07 setiembre 1983	MSS/RBV
Landsat 4	16 julio 1982	Dado de baja el 15 junio 2001	MSS/TM
Landsat 5	01 marzo 1984	Dado de baja el 2013	MSS/TM
Landsat 6	05 octubre 1993	No entro en órbita. Perdido	ETM
Landsat 7	15 abril 1999	Operacional con defectos en sensores	ETM+
Landsat 8	11 febrero 2013	Operacional	OLI/TIRS

Nota. Esta tabla muestra fechas de lanzamiento de los diferentes tipos del satélite Landsat. De “Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramon - Chanchamayo”, por Gamarra p. 6 (<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>)

2.1.10.8. Aspectos técnicos de las imágenes Landsat.

Landsat8. Se muestra las características, según Ariza (2013) que afirma lo siguiente: Las imágenes Landsat8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul- profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km) (Cieza, 2017, p. 15). (ver Tabla 3)

Tabla 3*Características de Landsat8*

Landsat	Banda	Longitud de onda (micrometros)	Espacial (m)
Landsat8 Operational Land Imager (OU) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4- Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6- SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9-Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Nota. Esta tabla muestra las características por bandas, longitud de onda y resolución espacial de la imagen satelital Landsat8. De “Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991–2003– 2016”, por Cieza p. 16 (<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1675>)

Landsat5. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013) afirma lo siguiente: Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 185 km (Cieza, 2017, p. 15). (ver Tabla 4)

Tabla 4*Características de Landsat5*

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Resolución espectral (micras)	Resolución radiométrica	Resolución temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul: 0.45-0.52 Banda 2 verde: 0.52-0.60 Banda 3 roja: 0.63-0.69 Banda 4 infrarrojo cercano 1: 0.76 - 0.90 Banda 5 infrarrojo cercano 2: 1.55-1.75 Banda 7 infrarrojo medio 2: 2.08-2.35	8 bits	16 bits
Termal	120	Banda 6 infrarrojo térmico 10.4-12.5		

Nota. Esta tabla muestra las características por resoluciones de la imagen satelital Landsat5. De “Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con Imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991–2003– 2016”, por Cieza p. 15 (<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1675>)

2.1.10.9. Tipos de sensores. Son instrumentos que transforman la radiación electromagnética en información perceptible y analizable. Existen sensores pasivos y activos, como se explica (Sánchez, 2012) a continuación:

Sensores Pasivos. Detectan la radiación electromagnética emitida o reflejada de fuentes naturales. Muchos sensores pasivos tienen sensibilidad multispectral, lo cual significa que recogen simultáneamente datos de diferentes bandas espectrales. Las mediciones sobre diferentes zonas del espectro electromagnético aportan una amplia información sobre distintos aspectos del medio ambiente. Por ejemplo, las bandas visibles e infrarrojas permiten determinar la salud de la cubierta vegetal (cultivos, bosques) (Gamarra, 2017, p. 3).

Sensores Activos. Tienen fuentes internas que generan radiación artificialmente, se distingue dos tipos, el radar y el lidar. El radar trabaja en una banda del espectro comprendida entre 1 mm y 1 m, se basa en el principio de que las microondas artificiales enviadas en una dirección determinada chocan con los objetos y son dispersadas, la energía dispersada se recibe,

se amplifica y se analiza para determinar la localización y las propiedades de los objetos, puede conocerse la distancia recorrida y generar así modelos digitales de elevaciones. El radar es insustituible en zonas con cobertura nubosa persistente, debido a su capacidad para atravesar las capas nubosas. El uso de longitudes de onda mayores, que no se encuentran en los espectros solar o terrestre, implica la necesidad de utilizar sensores activos, generando su propio flujo de radiación, debido a su elevada longitud de onda (muy superior al tamaño de las gotas de agua en la atmósfera) no resulta absorbida por esta; además puede manipularse la forma en que se emite para, así, obtener el máximo de información (Gamarra, 2017, p. 3).

2.1.10.10. Resolución de un sensor. En los sistemas sensores de teledetección se habla de cinco resoluciones distintas (Pérez et al, 2006), dichas resoluciones son:

Resolución espacial. Este concepto describe la capacidad del sistema para distinguir objetos en función de su tamaño. Dicho de otro modo, la resolución espacial suele interpretarse como el tamaño del objeto más pequeño que puede ser distinguido en una imagen: tamaño del píxel sobre el terreno (Cieza, 2017, p. 16).

Resolución radiométrica. Se refiere a la capacidad del sensor para discriminar niveles o intensidades de radiancia. La energía electromagnética recibida por el sensor debe de estar en un formato binario (número de bits) para codificarse. A mayor número de bits reservados para almacenar el valor de la reflectividad de un píxel, mayor resolución radiométrica. De este modo el sensor TM de LANDSAT tiene una resolución radiométrica de 8 bits con lo que pueden registrarse valores decimales equivalentes en un rango de 0 a 255, es decir 256 (Cieza, 2017, p. 17).

Resolución espectral. Se refiere al número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor. Un sensor tendrá una resolución espectral más grande cuanto mayor sea el número de bandas que se proporcione. Conviene que estas bandas sean suficientemente estrechas con objeto de recoger el serial sobre regiones coherentes del

espectro. Bandas muy amplias suponen registrar un valor promedio que puede encubrir la diferenciación espectral entre cubiertas de interés (Cieza, 2017, p. 17).

Resolución temporal. Mide el tiempo de paso del satélite sobre el mismo punto. Con ello se determina la periodicidad de adquisición de imágenes de una misma zona. Se puede cuantificar la capacidad que tiene un sistema sensor para registrar los cambios temporales acaecidos sobre una determinada cubierta, lo cual es de vital importancia a la hora de abordar estudios evolutivos y está condicionada por el tipo de órbita, el ángulo de barrido y la velocidad del satélite (Cieza, 2017, p. 17).

Resolución angular. Capacidad que tiene un sensor para tomar imágenes oblicuas. Esta propiedad permite no solamente acortar los ciclos temporales de recubrimiento, sino que posibilita la generación de imágenes estereoscópicas y por tanto la reconstrucción del relieve. En un análisis general de las diferentes resoluciones de los satélites llega a la conclusión de que un satélite no es mejor ni peor que otro debido a su resolución (Cieza, 2017, p. 18).

2.1.10.11. Pre procesamiento de imágenes satelitales.

Correcciones geométricas – georreferenciación.) indica lo siguiente Es la modificación de la geometría de la imagen en relación a la geometría de la superficie terrestre (Pérez et al., 2006). La georreferenciación se adapta a un sistema geodésico de referencia (por ejemplo, ED50 o ETRF 89) y proyecciones geográficas determinada (ejemplo la Universal Transversal Mercator). Los procedimientos matemáticos para resolver este problema y las metodologías usadas para su implementación, mediante algoritmos en las aplicaciones informáticas de teledetección son muy variados (Cieza, 2017, p. 19)

Correcciones radiométricas. Una vez que la radiación electromagnética es generada y se propaga, interactúa con la atmósfera afectando a la radiación en su longitud de onda, intensidad, distribución espectral y/o su dirección (Cieza, 2017, p. 19)

Correcciones atmosféricas. Los procedimientos para abordar las correcciones atmosféricas con exactitud son muy laboriosos y requieren datos sobre las condiciones atmosféricas en el momento de tomar la imagen (Chuvieco, 2002), que no suelen estar disponibles y el efecto de la atmósfera no es constante en la imagen, algunas zonas pueden estar afectadas más que otras, en función de la diversa presencia de aerosoles o vapor de agua (Cieza, 2017, p. 20)

2.1.10.12. Combinación de bandas. Las imágenes de satélite se distribuyen en bandas espectrales separadas, las cuales se pueden combinar para crear otras imágenes, (Orozco et al., 2002) indica lo siguiente:

Para dar inicio al procedimiento, los programas de interpretación de imágenes traen comandos especiales que permiten combinar bandas y asignar a cada una un color de visualización específico. La combinación de las bandas espectrales correspondientes al azul, verde y rojo, que permiten preparar una imagen en color verdadero, la cual es semejante a una fotografía aérea en colores. En el caso de las imágenes Landsat para construir esta imagen se combinan las bandas 1-2-3 y se asigna a cada banda el color; azul, verde y rojo, respectivamente, y para un falso color no se sigue este patrón, sino que los colores se asignan a diferentes bandas espectrales.

Una imagen de falso color muy utilizada en interpretación de imágenes de satélite se obtiene al combinar las bandas Landsat 2-3-4. y asignando a cada una un color. El color azul se asigna a la banda 2 (la que registra la radiación verde), el color verde a la banda 3 (la que registra la radiación roja), y el color rojo a la banda espectral 4 (la que registra la radiación infrarroja cercana). El resultado es una imagen de falso color, en donde la vegetación en áreas boscosas se verá de color rojo intenso, dado que la vegetación activa refleja una gran proporción de la radiación infrarroja cercana incidente, y en donde la vegetación bajo estrés (por enfermedad o sequía) se verá de color amarillo claro. Asimismo, los ríos de agua limpia

se verán negros, y los ríos con alto contenido de sedimentos se verán de color azul. Finalmente, en esta imagen los terrenos sin cobertura vegetal se verán de color gris-azulado, mientras que los pastos y terrenos con cultivos agrícolas se mostrarán de color rojo claro (Cieza, 2017, p. 21)

2.1.10.13. Ortorrectificación. Según SRGIS (2010) indica que: La Ortorrectificación es un proceso computacional que elimina la distorsión horizontales y verticales de las imágenes, principalmente debidas al relieve. Este proceso mejora de forma espectacular la calidad y utilidad de la imagen porque le otorga las mismas cualidades que posee un mapa (Murillo, 2017, p. 13).

2.1.10.14. Índice de vegetación de diferencia normalizada. El NDVI mide la relación entre la energía absorbida y emitida por los objetos terrestres (Meneses, 2011) quien indica lo siguiente:

Aplicando a las comunidades de plantas, el índice arroja valores de intensidad del verdor de la zona, y representa la cantidad de vegetación presente en una superficie y su estado de salud o vigor vegetativo. El NDVI es un índice no dimensional, y por lo tanto su rango de valores van de -1 a +1. En la práctica, los valores que están por debajo de 0.1 corresponden a los cuerpos de agua y la tierra desnuda, mientras que los valores más altos son indicadores de la actividad fotosintética de las zonas de matorral, el bosque templado, la selva y la actividad agrícola (Rosero, 2017, p. 28).

2.1.10.15. Modelo de elevación digital (DEM). Llamado modelo de elevación digital porque, es representado a través de algoritmos matemáticos (Felicísimo, 1994), donde los datos espaciales de la altitud pueden ser modelados automáticamente en una computadora y lograr analizar la superficie terrestre en un modelo en tres dimensiones (Cieza, 2017, p. 22).

2.1.10.16. Ramdom Forest. Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite identificar patrones en los datos que se incorporan como entrada de información (Breiman,

2012). Utiliza un sistema de “votos” entre el conjunto de árboles para “decidir” la clase. Cada árbol calibrado tiene un voto, y se asigna la clase en función de cuántos votos obtiene cada una de las unidades a ser clasificadas, la clase más popular.

Random Forest incrementa la diversidad de los árboles de decisión haciéndolos crecer a partir de diferentes subconjuntos de datos creados mediante un procedimiento denominado bagging. Esta es una técnica diseñada para la creación de datos de entrenamiento que remuestra aleatoriamente el conjunto de datos originales con reemplazamiento, es decir, sin eliminar el conjunto de datos seleccionados de forma previa a la elección del siguiente subconjunto. Por tanto, algunos datos pueden ser usados más de una vez en el entrenamiento de los clasificadores individuales (Gamarra, 2017, p. 19)

2.1.10.17. Matriz de confusión. La matriz de confusión, también llamada matriz de contingencia (Rodríguez 2011).

La matriz permite comparar dos clasificaciones: una definida por el usuario como base y la otra, la que se desea evaluar. Se construye una comparación matricial de clases realizadas de la clasificación, ubicada generalmente en diferentes sectores o en la totalidad del mapa, confrontando las clases de cada clasificación.

Con la matriz de confusión se generan tres tipos de exactitud: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor (Murillo, 2017, p. 15).

Exactitud Global (EG). Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar.

$$EG = \frac{\sum_i^r = 1X_{ii}}{N}$$

Xii: diagonal mayor que C

N: número total de áreas de entrenamiento

r: número de filas de la matriz

Exactitud de Usuario (EU). Es el acertamiento de una clase en particular respecto a toda la clasificación.

$$EU = \frac{X_{ii}}{X + i} \times 100$$

Donde:

Xii: diagonal de dicha fila

X+i: totales marginales de la fila i

Exactitud de Productor (EP). Es el acercamiento de una clase en particular, respecto a la clasificación a evaluar.

$$EP = \frac{X_{ii}}{X + i}$$

Donde:

Xii: diagonal de dicha columna

X+i: totales marginales de la columna i

Las medidas de exactitud mencionadas, solo se basan en resultados parciales de la matriz, por lo tanto, no aprovechan todos los datos en su totalidad, a su vez se toman resultados aleatorios, que pueden llevar a interpretaciones sesgadas del método. Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el Coeficiente Kappa (Murillo, 2017, p. 16).

2.1.10.18. Índice kappa. Este índice indica el grado de precisión en el proceso de la clasificación supervisada y también menciona que las clasificaciones sean del tipo que sean, no son 100% precisas (Chuvieco, 1990). (ver Tabla 5)

Refleja la concordancia inter-observador y puede ser calculado en tablas de cualquier dimensión, siempre y cuando se contrasten dos observadores. El coeficiente Kappa puede tomar valores entre -1 y +1. Mientras más cercano al +1, mayor es el grado de concordancia inter-observador, por el contrario, mientras más cercano al -1, mayor es el grado de discordancia inter-observador (Cerde y Villarroel, 2008).

Índice kappa, se define como:

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Donde:

P0: Proporción de acuerdos observados

Pe: la proporción de acuerdos esperados

La máxima concordancia posible, (López 2011) corresponde a $k = 1$. El valor $k = 0$ se obtiene cuando la concordancia observada es precisamente la que se espera a causa exclusivamente del azar. Si la concordancia es mayor que la esperada simplemente a causa del azar, $k > 0$, mientras que, si es menor, $k < 0$, el mínimo valor de k depende de las distribuciones marginales.

A la hora de interpretar el valor de k es útil disponer de una escala, a pesar de su arbitrariedad (Murillo, 2017, p. 17). (ver Tabla 5)

Tabla 5

Escala de valores Índice Kappa

Kappa	Grado de acuerdo
< 0.00	Sin acuerdo
> 0.00 - 0.2	Insignificante
0.21 - 0.40	Discreto
> 0.41 - 0.60	Moderado
0.61 - 0.80	Sustancial
0.81 - 1.00	Casi perfecto

Nota. Esta tabla muestra la escala de valores del índice Kappa y grado de acuerdo según se acerca o aleja del número 1. De “Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con Imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991–2003– 2016”, por Cieza p. 23 (<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1675>)

Tabla 6

Valor del índice de Kappa

Valor de K	Fuerza de la concordancia
< 0.2	Pobre
0.21 - 0.40	Débil
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Buena
0.81 - 1.00	Muy buena

Nota. Esta tabla muestra la escala de valores del índice Kappa y fuerza de la concordancia según se acerca o aleja del número 1. De “Análisis de cambios de cobertura y uso actual de la tierra Con imágenes satelitales del distrito de Llacanora, periodo 2001-2016”, por Murillo p. 17 (<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1687>)

2.1.10.19. CLC adaptada para Perú.

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de ordenamiento territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 1352013-MINAM.

Esta resolución aprueba la guía metodológica para elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el ordenamiento territorial. Se menciona al estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de CLC.

La clasificación del CLC adaptada para el Perú, cuenta con 5 clasificaciones en el nivel I, en esta investigación se clasificará en el nivel III (Murillo, 2017, p. 19). (ver Tabla 7)

Tabla 7

CLC adaptada para Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo 1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales 1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados 1.2.3. Áreas portuarias 1.2.4. Aeropuertos 1.2.5. Obras hidráulicas
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos 1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas 1.4.2. Instalaciones recreativas
	2. Áreas Agrícolas	2.1 Cultivos transitorios
2.2 Cultivos permanentes		
2.3 Pastos		
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas		2.4.1. Mosaico de Cultivos 2.4.2. Mosaico de Pastos y Cultivos 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
		3.1.4. Bosque abierto alto

Nivel I	Nivel II	Nivel III
		3.1.5. Bosque fragmentado
	3.2 Bosques plantados	
	3.3 Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1 Herbazal 3.3.2 Arbustal 3.3.3 Vegetación secundaria o en transición 3.3.4 Vegetación arbustiva / herbácea 3.3.5 Arbustal / área intervenida 3.3.6 Herbazal / área intervenida 3.3.7 Arbustal- Herbazal / área intervenida
	3.4 Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales 3.4.2 Afloramientos rocosos 3.4.3 Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas) 3.4.4 Áreas quemadas 3.4.5 Glaciares 3.4.6 Salares
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Áreas Pantanosas 4.1.2. Turberas y bofedales 4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	4.2 Áreas húmedas costeras	4.2.1. Pantanos costeros 4.2.2. Salitral 4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m) 5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes 5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales 5.1.4. Canales 5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
	5.2 Aguas costeras	5.2.1. Lagunas costeras 5.2.2. Mares y océanos 5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Nota. Esta tabla muestra las Nomenclaturas estandarizada CLC, para construir mapas de cobertura de la tierra. De “Clasificación de cobertura y uso de la tierra, utilizando Imágenes satelitales Landsat como herramienta para el Ordenamiento territorial”, por MINAM (<http://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>)

2.2. Clasificación de cobertura y uso de la tierra en el área de estudio

Tejido urbano continuo. Este tipo de cobertura está conformado por todas aquellas espacios ocupados por áreas urbanas, mismas que se han incrementado considerablemente, lo cual ha ocasionado una serie de transformaciones sobre la cobertura terrestre (López-Espinoza

et al., 2012). La urbanización acelerada cambia la estructura de las ciudades y afecta su climatología y la de su área circundante (Tang et al., 2008).

Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras. Esta categoría corresponde a aquellas áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividades mineras (MINAM, 2014), capaces de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas y los suelos, agotamiento de recursos naturales y su degradación (Suárez y Molina, 2014).

Cultivos transitorios. Su característica principal de esta cobertura es que después de cada cosecha se vuelve a sembrar, generalmente obteniendo productos para el consumo en el hogar. Según Alcántara (2012), las áreas agrícolas en la sierra peruana, la gran parte de ellas se encuentran en unidades relativamente pequeñas y de manera aislada.

Pastos. Este tipo de cobertura generalmente está dominada por gramíneas la cual desempeña un papel crucial en el mantenimiento y funcionalidad del ecosistema, sobre todo en aquellos hábitats donde no pueden establecerse comunidades arbóreas debido a las limitaciones ambientales (Álvarez et al. 2016). Estos son destinados a la producción pecuaria la cual es una actividad económicamente retribuyente en una comunidad (Rzedowski, 1981).

Áreas agrícolas heterogéneas. Son unidades que se reúnen dos o más clases coberturas agrícolas y naturales que se encuentran dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales (MINAM, 2014).

Bosque fragmentado. Son aquellas áreas de bosque producto de la intervención antrópica conllevando al deterioro de los bosques debido a la expansión de la frontera agrícola, la ganadería, la infraestructura y la minería; y otras causas indirectas asociadas a los cambios sociales, políticos y económicos, como lo son el crecimiento demográfico, la tenencia de la tierra y políticas sectoriales (Armenteras y Rodríguez, 2014).

Bosques plantados. Este tipo de cobertura está constituida por especies forestales maderables, bajo la intervención directa del hombre. Generalmente las áreas de esta cobertura se encuentran en terrenos marginados por el sector agrícola (Vergara et al., 2019), por lo general en la sierra del Perú estas áreas son pequeñas y son manejados directamente por pobladores de las comunidades campesinas (Guariguata et al., 2017).

Herbazal. Las áreas ocupadas por este tipo de cobertura generalmente son de forma natural, las cuales se encuentran fragmentadas debido a intervención antrópica, generando consigo la destrucción de los ecosistemas que lo conforman (Tarrillo, 2010).

Arbustal. Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos (MINM, 2014), según Alcántara (2012), en su mayor parte se encuentran ocupando áreas de laderas y colinas de diferentes cerros.

Vegetación arbustiva/ herbáceas. El área conformada por este tipo de cobertura natural se debe a la mezcla tanto de vegetación arbustiva y herbácea (MINAM, 2014).

Tierras desnudas. Comprende aquellas áreas sin vegetación la mayor parte del año, con la presencia de algunas herbáceas esporádicas, efímeras (Zorogastúa et al., 2011), la existencia de estas áreas se debe a la degradación del suelo y la pérdida de productividad por factores ambientales y antrópicos (Rojas et al., 2018).

Río. En los sectores de Santa María y Marañón, este tipo de cobertura ha incrementado su área durante el periodo de estudio

Lagunas naturales, lagos y ciénagas. Este tipo de cobertura es la que menor área ocupa en los sectores de Santa María y Marañón en la que se determinó que las áreas no variaron durante el periodo de estudio.

2.3. Base Legal

El MINAM en cumplimiento a sus funciones y competencias asignadas en materia de ordenamiento territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 135 2013-MINAM, que aprueba la guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el ordenamiento territorial. en esta guía se menciona al estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y a la actualidad vienen elaborando las guías de procedimiento metodológico que incluirá el uso de CLC (USAID, 2014).

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente.

Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales, Promueve y regula el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento a la inversión, procurando un equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente, así como el desarrollo integral de la persona humana.

En el art. 5° establece que los ciudadanos tienen derecho a ser informados, y a participar en la definición y adopción de políticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Se les reconoce el derecho de formular peticiones, y promover iniciativas de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes, de conformidad con la ley de la materia.

Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Crea el Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental - SINEFA, el cual está a cargo del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA como ente rector.

Código Penal – Título XIII, Delitos ambientales, que tipifica las conductas delictivas vinculadas a la gestión de medio natural y los recursos naturales con el objeto de proteger la estabilidad del ecosistema.

D.S. N° 040-2014-EM, Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero establece en el artículo N° 16, que el titular de la actividad minero-metalúrgica, es responsable por las emisiones, vertimientos y disposición de desechos al medio ambiente, que se produzcan como resultados de los procesos efectuados en sus instalaciones. Asimismo, en su artículo N° 18 señala que es obligación del titular minero, El monitoreo y control permanente de sus operaciones para verificar el cumplimiento de las obligaciones y compromisos a su cargo, así como, la calidad ambiental, considerando la frecuencia definida en el instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Los registros de monitoreo deben conservarse por un periodo de cinco (05) años, los mismos que deberán ser remitidos al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y estar a disposición de las autoridades competentes en caso lo soliciten.

R.M. N° 270-2011-MEM-DM, Sistema de Evaluación Ambiental en Línea–SEAL para la presentación, evaluación y otorgamiento de certificación ambiental para la mediana y gran minería, regula el sistema SEAL, a cargo de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del MINEM a efecto de uniformizar los procedimientos de evaluación y certificación ambiental a través de la presentación vía internet de los instrumentos de gestión ambiental aplicables a la mediana y gran minería.

Ley N° 28090, Ley que Regula el Cierre de Minas, modificada por la Ley N° 28234, Ley N° 28507 y su reglamento D.S. N° 033-2005-EM, esta Ley tiene por objeto regular las obligaciones y procedimientos que deben cumplir los titulares de la actividad minera para la elaboración, presentación e implementación del Plan de Cierre de Minas; así como la

constitución de las garantías ambientales correspondientes, que aseguren el cumplimiento de las inversiones que comprende, con sujeción a los principios de protección, preservación y recuperación del medio ambiente y con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad.

Ley N° 28271, Ley que Regula los Pasivos Ambientales de la Actividad Minera y su Reglamento (D.S. N° 059-2005-EM), tiene por objetivo regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por éstos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, al ecosistema circundante y a la propiedad.

Establecen los mecanismos que aseguran y regulan la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por estos, destinados a su reducción y/o eliminación, con la finalidad de mitigar sus impactos negativos a la salud de la población, ecosistema circundante y propiedad.

D.S. N° 010-2010-MINAM, Aprueban los Niveles Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero – Metalúrgicas, establece los criterios de calidad de los efluentes para descargas líquidas de la actividad minero-metalúrgica.

R.M. N° 315-96-EM/VMM, Niveles Máximos Permisibles de Elementos y Compuestos presentes en Emisiones procedentes de Unidades Minero-Metalúrgicas, niveles máximos permisibles de Anhídrido Sulfuroso, partículas Plomo y Arsénico presentes en las emisiones gaseosas provenientes de Unidades Minero-Metalúrgicas.

Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica y su reglamento (D.S. N° 068-2001-PCM), Norma legal que regula la conservación y promoción de la biodiversidad, así como la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad

Biológica. En el art. 20° establece que los sectores y los distintos niveles de gobiernos, velarán porque las actividades que se realicen en las zonas adyacentes o Zonas de Amortiguamiento de las Áreas Naturales Protegidas, no pongan en riesgo el cumplimiento de los fines de aquéllas.

D.S. N° 042-2003-EM, Establecen compromiso previo como requisito para el desarrollo de actividades mineras y normas complementarias Modificación de artículos por D.S. N° 052- 2010–EM, establece el compromiso ambiental y social, previo al desarrollo de las actividades mineras, que deben tener las personas naturales o jurídicas que desarrollen las mismas, en el marco de una política que busca la excelencia ambiental.

Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

III. Método

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo no experimental, porque no va a producir cambios sobre la zona de estudio. Es una investigación explicativa ya que vamos a desarrollar el análisis del impacto de la minería sobre la cobertura y uso de la tierra, con enfoque netamente cuantitativo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

El espacio temporal del presente estudio se da entre los años 1987, 2003 y 2020.

3.2.2. Ámbito espacial

El ámbito espacial son los sectores de Santa María y Marañón ubicado en la provincia de Pataz en La Región de la Libertad con una extensión de 8 140.36 ha.

3.2.2.1. Ubicación

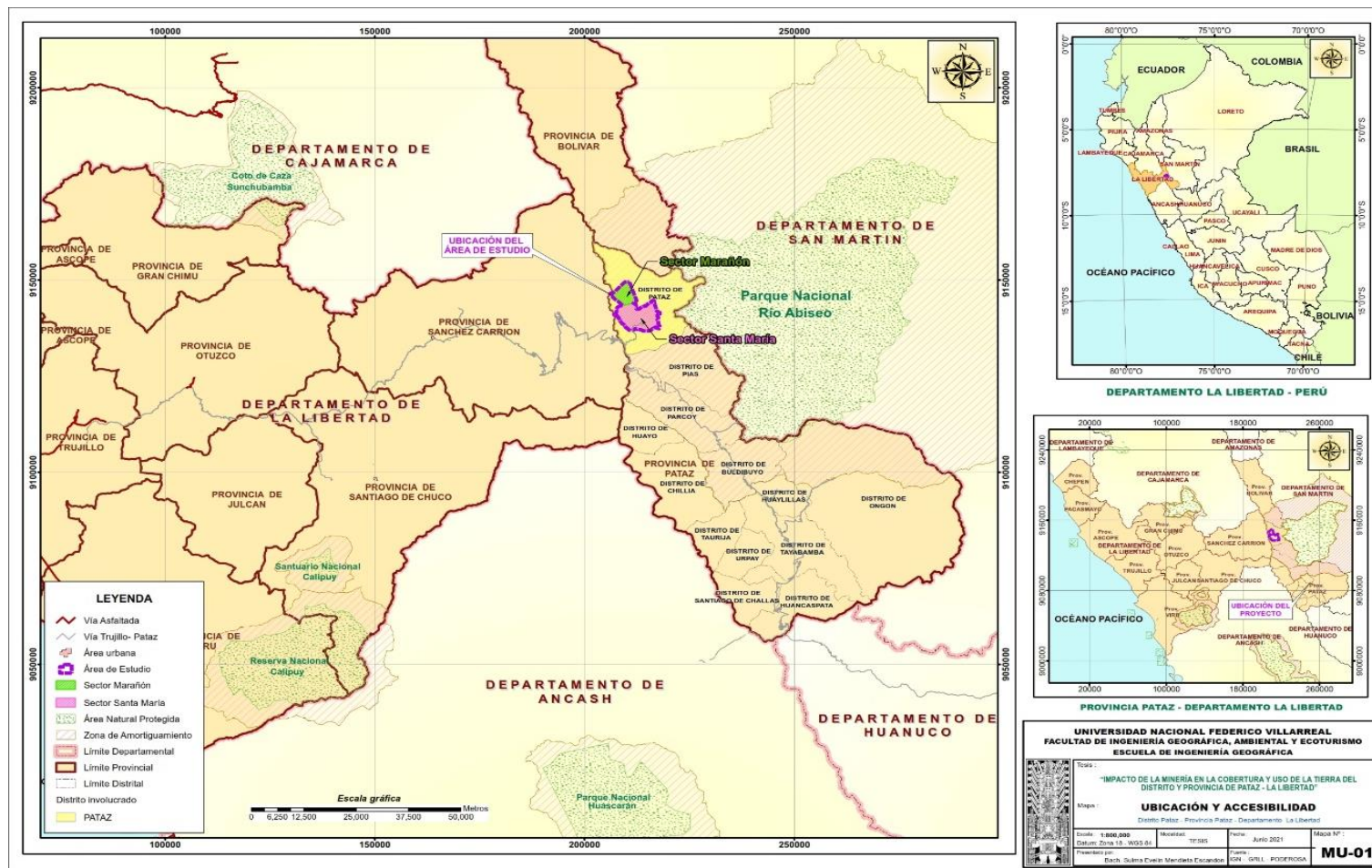
Política. Políticamente se encuentra en la Región de La Libertad, en el departamento de La Libertad en la Provincia de Pataz en el distrito de Pataz y en los Sectores de Santa María y Marañón

La Figura 7, muestra la ubicación a nivel departamental y provincial, también la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida del Parque Nacional Río Abiseo.

La Figura 8, muestra el área de estudio diferenciados en Sector Marañón y Santa María dentro del distrito de Pataz.

Figura 7

Mapa de ubicación política y geográfica del área



Nota. Se muestra el mapa de ubicación y accesibilidad al área de estudio, también la zona de amortiguamiento del parque nacional del río Abiseo.

Geográfica. Geográficamente, se ubica al lado sur de la zona de Amortiguamiento del Área Natural Protegida del Parque Nacional río Abiseo, dicha área se encuentra dentro de La Reserva de Biosfera Gran Pajatén, cuya creación fue oficializada el día 20 de marzo de 2016. (ver Tabla 8)

Hidrográfica. Se ubica en la vertiente del Atlántico y en la Intercuenca Alto Marañón V. (ver Figura 9)

3.2.2.2. Accesibilidad Las vías de acceso desde la ciudad de Trujillo al área de estudio, distancias, vías terrestres, vía aérea. (ver Tabla 8)

Tabla 8

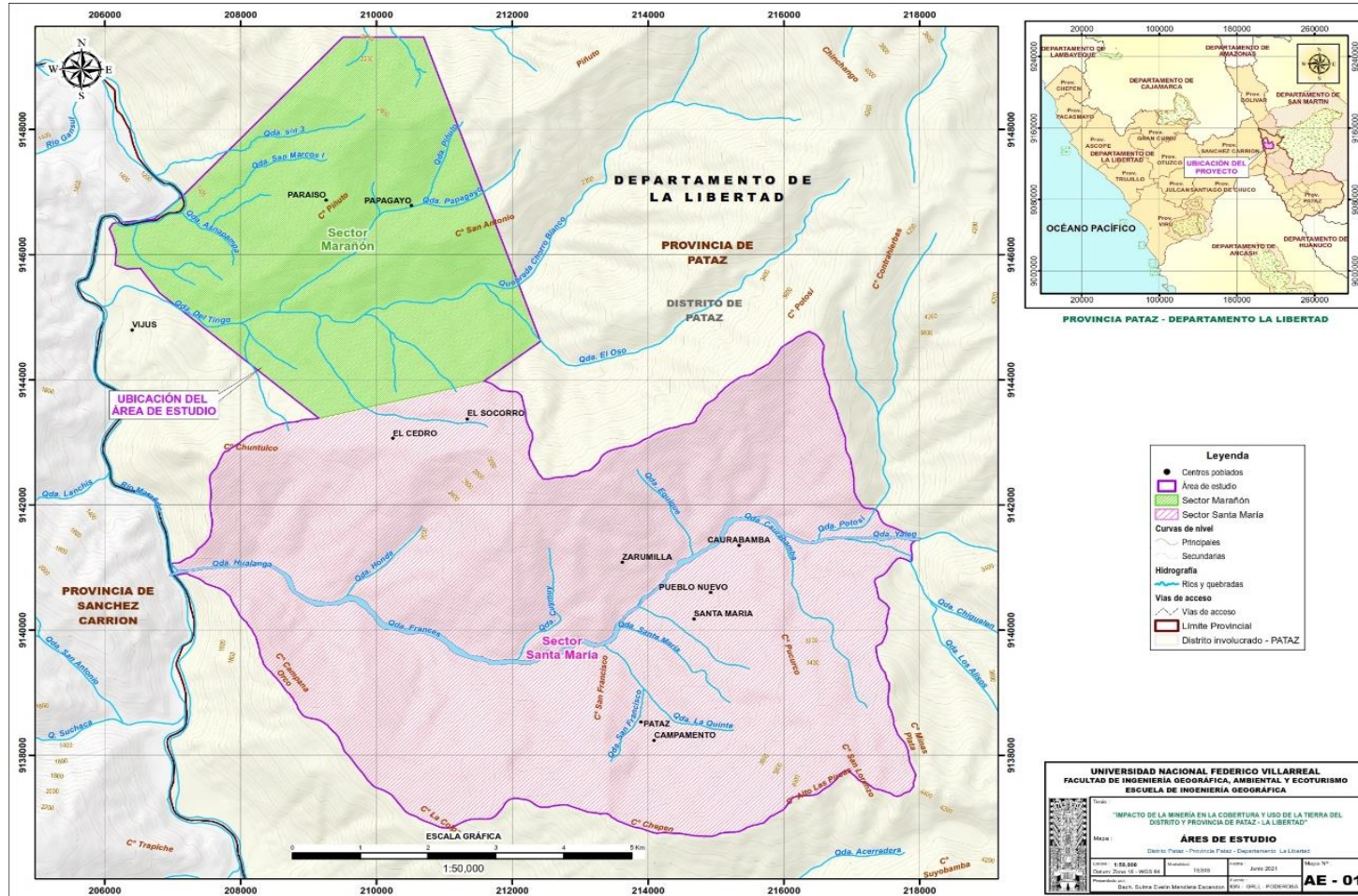
Vías de acceso al área de estudio

Via terrestre desde Trujillo			
De	Hasta	Distancia (km)	Ruta
Trujillo-Otuzco	Desvio hacia Agallpampa	55.4	Asfaltado
Desvio hacia Agallpampa	Desvio hacia Quiruvilca	65.2	Afirmado
Desvio hacia Quiruvilca	Huamachuco	61.1	Afirmado
Huamachuco	Pampa de Huaguil	86.4	Afirmado
Pampa de Huaguil	Chagual	70.9	Trocha carrozable
Chagual	Vijus	22.6	Trocha carrozable
Vijus	Area de estudio — Zona Norte	3.3	Trocha carrozable
	Area de estudio - Zona Sur	3.6	Trocha carrozable
Via Area desde Trujillo			
Por Via Area desde Trujillo a Chagual y luego por trocha carrozable de Chagual al Proyecto			

Nota. Esta tabla muestra, las vías de acceso hacia la zona del proyecto desde la ciudad de Trujillo, diferenciándolo por tipo de vía y km.

Figura 8

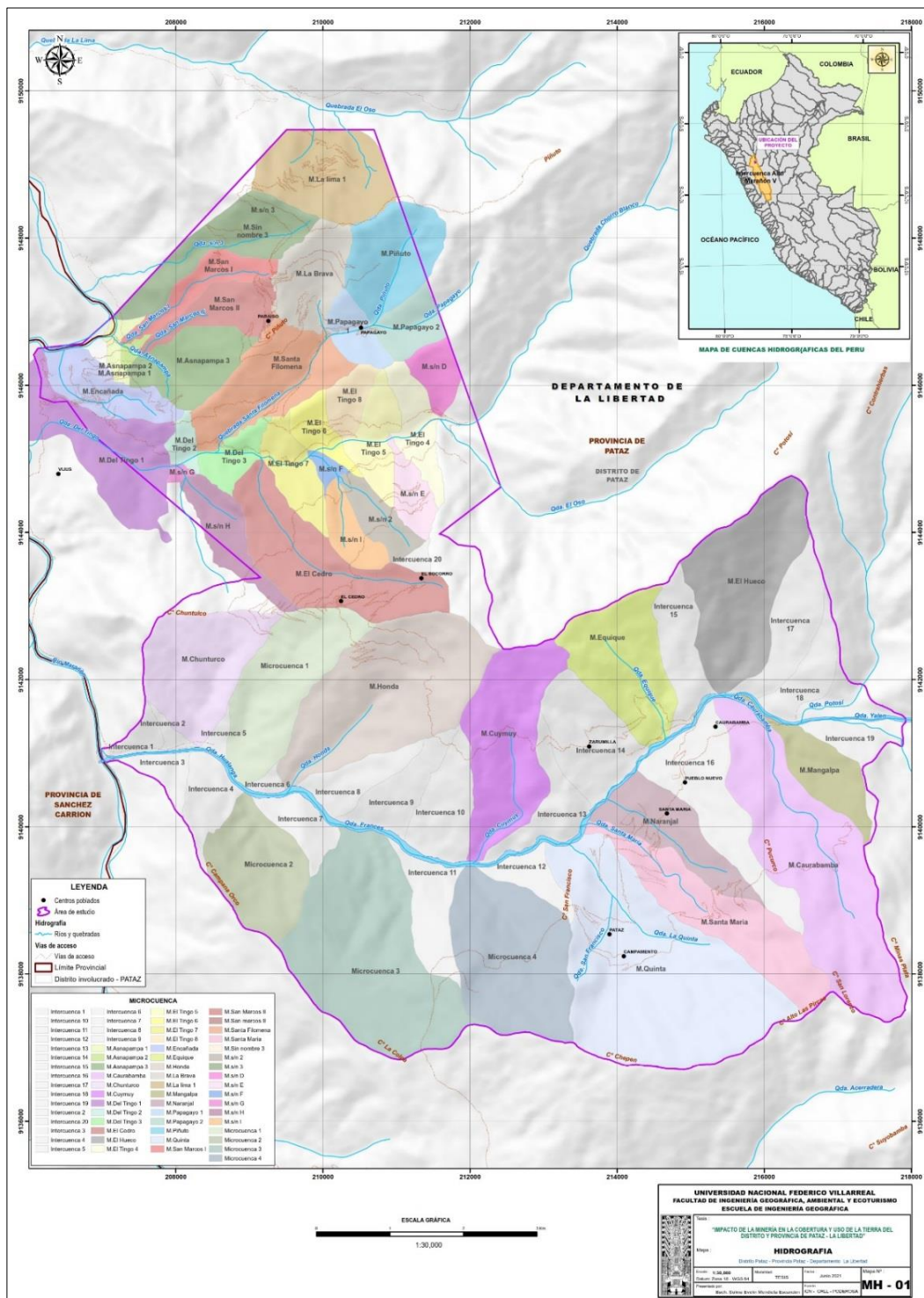
Mapa del área de estudio



Nota. Se muestra la ubicación del área de estudio a nivel distrital, donde el de color verde es el sector de Marañón y el de color rosado el sector de Santa María, en conjunto el área de investigación.

Figura 9

Mapa de hidrografía del área de estudio



Nota. Se muestra la hidrografía del área de estudio, microcuencas, y la ubicación a nivel de cuencas hidrográficas del Perú.

3.3. Variables

La variable dependiente es afectada por la variable independiente.

3.3.1. Variable dependiente

Cobertura y uso de la tierra

3.3.2. Variable Independiente

Minería

Tabla 9

Operacionalización de variables

Variable Dependiente	Variable Independiente	Dimensiones		Indicadores	Instrumentos		
Análisis de la Cobertura y Uso de la Tierra en relación con la minería	Identificar el impacto de la actividad minería en la cobertura y uso de la tierra en Pataz	1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas 1.3. Áreas de extracción de minería	1.1.1. Tejido urbano 1.3.1. Áreas de extracción de minería	Superficie en ha	Imágenes Satelitales: Imagen LANDSAT	
		2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios 2.3. Pastos 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas				
		3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque 3.2. Bosques plantados 3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo 3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.1.5. Bosque fragmentado 3.3.1. Herbazal 3.3.2. Arbustal 3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbáceas 3.4.3. Tierras desnudas			
		5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río 5.1.2. Lagunas y lagos			

Nota. Se muestra la operacionalización de las variables, en las dimensiones se identificó 4 categorías en el nivel I, 10 en el nivel II y 9 en el nivel III.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

El universo de la presente investigación es el distrito de Pataz, ubicado en la provincia de Pataz en la región de La Libertad, con una extensión de 39 514.84 ha. Donde se desarrolla la minería de tipo artesanal e impacta en el distrito de Pataz. (ver Figura 7)

3.4.2. Muestra

La muestra, está conformado por los sectores de Santa María y Marañón, ubicadas en el distrito de Pataz con una extensión de 8 140.36 ha. Donde se desarrolla la minería de tipo artesanal y materia del estudio específico. (ver Figura 8)

El estudio se centró tres años, 1987 porque la minera PODEROSA inicia sus actividades en los años 80, el año 2003 por ser un punto medio del año 1987 y 2020, por último, el año 2020 ya que se tiene información más detallada de la zona, ortofoto, imágenes drones de algunas zonas y donde se validó la información de gabinete. (ver Anexo 3)

3.5. Instrumentos

3.5.1. Equipo y software

Los equipos y software usados para la presente tesis fueron los siguientes:

- Laptop Toshiba Core i7
- Celular marca HUAWEI modelo P10
- Software AutoCAD 2018
- Software ArcGIS 10.4.1
- Software Google Earth Pro
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016
- Envi 4.8
- RStudio 3.6.2

- Imagen satelital Lansat5 y Lansat8
- Orthofoto

3.5.2. Materiales

Los materiales que se emplearon en la presente tesis son los siguientes:

- carta nacional del Perú, Escala 1:100 000
- base de datos de consultoría CTDS
- útiles de escritorio

3.6. Metodología

El análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra, periodos 1987 - 2003 - 2020 se realizó en los sectores de Santa María y Marañón, distrito y provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

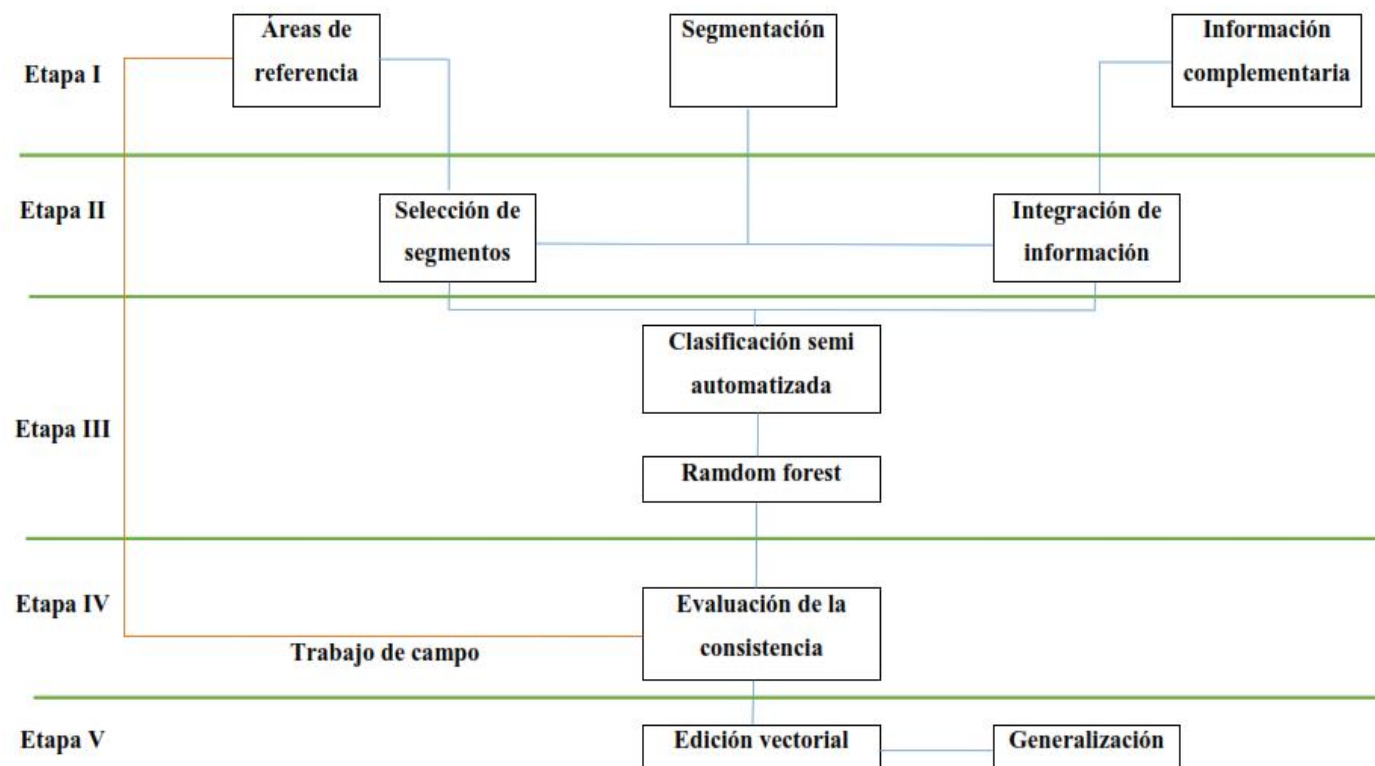
La metodología se basó en la obtención de imágenes satelitales de landsat5 y landsat8, luego se trabajó en cinco etapas de clasificación, la clasificación se realizó con la leyenda CLC en un nivel III, desarrollado por el MINAM. Para la generación de la base de datos de cobertura y uso de la tierra, se utilizó la metodología del MINAM (2014). (ver Figura 10)

3.7. Procedimientos

Los procedimientos son los pasos que se debe seguir y desarrollar para lograr el objetivo propuesto de la investigación. El procedimiento del presente estudio consistió básicamente de 5 etapas. (ver Figura 10)

Figura 10

Proceso de clasificación para la representación cartográfica



Nota. Se muestra las 5 etapas a seguir según la metodología CLC, para la representación cartográfica. De “Clasificación de cobertura y uso de la tierra, utilizando Imágenes satelitales Landsat como herramienta para el Ordenamiento territorial”, por MINAM (<http://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>)

3.7.1. Fase inicial de gabinete

3.7.1.1. Recopilación, selección de información bibliográfica, cartográfica y elaboración de mapas base de los años 1987-2003-2020. Consistió en la recopilación y análisis del mayor número de información relacionada con el uso de las tierras en el distrito de Pataz, base de datos cartográficos, mapas temáticos de ministerios e imagen satelitales.

Instituciones visitadas.

- Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- MINAM.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- MINEM.

Descarga del modelo de elevación digital DEM. Se realizó a través del geo servidor del MINAM de la zona 18 S.

Selección y descarga de imágenes Landsat. Imágenes Landsat para los sectores de Maraón y Santa María, estas fueron adquiridas del servidor de <https://earthexplorer.usgs.gov/> vía internet lo cual constituyó la base para el análisis de los cambios de cobertura y uso actual de la tierra. La corrección atmosférica se realiza en el software ENVI 4.8, donde se corrige el ángulo de toma de imagen (Murillo, 2017, p.29). (ver Tabla 10)

Tabla 10

Datos de las imágenes descargadas

ID	Satélite	Fecha
LT50080651987151XXX02	Landsat5	31/05/1987
LT50080652003195CUB00	Landsat5	14/07/2003
LC80080652020162LGN00	Landsat8	10/06/2020

Nota. Fecha de descarga de las imágenes satelitales Landsat 5 para el año 1987 y 2003, Landsat 8 para el año 2020.

3.7.1.2. Etapa I

Áreas de referencia. Se creó un shapefile en el software ArcGIS de forma geométrica (polígono) de nombre “Margen” para poder delimitar y hacer posterior el corte de la imagen Landsat 5 y Landsat 8 en forma de rectángulo, que cubra el área de estudio, obteniendo como resultado un archivo con formato raster (Murillo, 2017, p.32).

Segmentación. Para realizar el proceso de segmentación se utilizó el software Envi Zoom 4.8, con la finalidad de dividir en segmentos por medio de una agrupación de píxeles vecinos cuyas características (Brillo, textura, color) tienen valores similares, se consideró los siguientes parámetros (Murillo, 2017, p.32).

Escale. Para segmentar las imágenes se requiere solo un parámetro (scale level), este parámetro puede variar entre 0 y 100, donde los valores más cercanos a 100 generan pocos segmentos (Murillo, 2017, p.32). (ver Tabla 12)

Merge. Es un parámetro opcional, tiene un rango de 0 a 100 se utiliza para integrar segmentos muy pequeños a segmentos más grandes (Murillo, 2017, p.32). (ver Tabla 11)

Tabla 11

Valores obtenidos de la segmentación

Segmentación	Landsat 5	Landsat 8
Escale	20	25
Merge	30	40

Nota. Esta tabla muestra los valores que se usaron en la segmentación del área de estudio para las imágenes Landsat 5 y 8.

Información complementaria. Se utilizó el ModelBuilder “Coberturas_tablas para R” obtenido del MINAM, que nos permite la generalización de la selección de segmentos que posteriormente son utilizados para el análisis en el proceso de clasificación de categorías, proceso mediante el cual se selecciona los segmentos que se intersectan con las áreas de

entrenamiento, haciendo una interrelación entre ambos asignando así las clases en el nivel III ya definidas en las áreas de entrenamiento digitalizadas. (Murillo, 2017, p.33).

3.7.1.3. Etapa II

Selección de segmentos (áreas de entrenamiento). Se creó un shapefile con el nombre de “aeita_1” con el software ArcGIS, que nos permite reconocer los segmentos que se muestran consistentes, constituye el conjunto de información de entrada que alimentará el proceso de clasificación automática (Murillo, 2017, p.33).

Integración de información. La información complementaria se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “recogiendoInfoRaster” obtenido del MINAM, consiste en unir la información obtenida del Modelo de Elevación Digital (DEM) y las imágenes satelitales Landsat como son:

- **Brightness.** Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de brillo generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat5 y 8.
- **Greenness.** Archivos en formato ráster que contiene datos sobre índice de verdor generado a partir de las imágenes satelitales de Landsat 5 y 8.
- **Slope.** Archivo en formato ráster que contiene datos sobre altitud, generados a partir del Modelo de Elevación digital (DEM).
- **Curvatura.** Describe las características físicas de una cuenca de drenaje para intentar entender los procesos de erosión y escorrentía.

La pendiente afecta la tasa general de movimiento descendente, la orientación define la dirección del flujo, la curvatura del perfil afecta la aceleración y desaceleración del flujo y, por lo tanto, influye en la erosión y la sedimentación. La curvatura de la plataforma influye en la convergencia y divergencia del flujo, en donde se genera una tabla llamada “Todo seg” en formato .dbf y Rdata. (Murillo, 2017, p.34).

3.7.1.4. Etapa III

Clasificación semi automatizada. La clasificación semi automatizada se obtuvo con el software RGui 2.15 y el algoritmo “filtrar.tabla.todo.rf.2” obtenido de MINAM, consiste en procesar los archivos “Todseg, aeita_1, y el archivo obtenido de la información complementaria”, en donde se obtiene un mapa preliminar de las coberturas en un formato ráster (Murillo, 2017, p.34).

Random forest. Es un algoritmo de clasificación no lineal que permite evaluar la veracidad del mapa obtenido en la fase inicial de gabinete (Murillo, 2017, p.34).

3.7.2. Fase de campo (Etapa IV)

Validación de las clases de cobertura identificadas, luego del análisis de las imágenes satelitales realizado a nivel de gabinete. Se verificó la precisión cartográfica con el mapa obtenido en la fase inicial y con una distribución al azar de puntos GPS, también se apoyó con cámara fotográfica, imagen drone y de esa manera se realizaron las correcciones que eran necesarias (Murillo, 2017, p.35).

3.7.3. Fase final de gabinete (Etapa V)

Edición vectorial. Procesamiento que consistió en efectuar mediante el programa ArcGIS 10.4.1 sobre las imágenes satelitales, todos los ajustes espaciales corregidos a nivel de campo (Murillo, 2017, p.35).

Generalización. La generalización se ha desarrollado luego de haber validado en campo los mapas obtenidos utilizando como simbología una tonalidad de color para cada una de las clasificaciones (Murillo, 2017, p.35).

Evaluación de la exactitud. En base al análisis de la información de estos puntos se construirán métricas e instrumentos de evaluación, como matrices de confusión, para calificar los productos (Saldaña, 2019, p.24).

Creación de matrices de confusión. Para construir la matriz se empleará el algoritmo de clasificación. A partir de la matriz de confusión se calcularán otras medidas de interés desde el punto de vista de la exactitud (Saldaña, 2019, p.24).

Índice Kappa. El estadístico Kappa pretende evaluar si la clasificación ha discriminado las categorías de interés con exactitud significativamente mayor a la que se hubiera obtenido con una asignación aleatoria. Por lo que, un valor Kappa igual a 1, indica un acuerdo pleno entre la realidad y el mapa, mientras un valor cercano a 0 sugiere que el acuerdo observado es puramente debido al azar (Saldaña, 2019, p.24).

3.8. Análisis de datos

Se analizará los datos alfanuméricos y datos gráfico de los sectores de Santa María y Marañón del distrito de Pataz a través del software de Arc GIS, ENVI 4.8, ENVI ZOOM 4.8, RStudio, Google earth así mismo con programas complementarios de Excel para las matrices y para la data gráfica.

3.8.1. Data Alfanumérica

Son aquellos datos integrados por números y letras, que serán representadas en la identificación del tipo de cobertura vegetal y uso de la tierra en los sectores de Santa María y Marañón.

3.8.2. Data gráfica

Representa polígonos en representación de características territoriales.

- Identificación y representación en polígonos del tipo de cobertura en los tres años de los sectores de Santa María y Marañón.
- Identificación y representación de la actividad minera a través de imagen satelital.

IV. Resultados

4.1. Categorías de la cobertura y uso de la tierra determinadas en Santa María y

Marañón-La Libertad, periodos 1987-2003-2020

Según la clasificación CLC (Niveles II y III) se determinaron 13 tipos de cobertura de la tierra para los periodos 1987-2003-2020, las mismas que fueron analizadas cualitativamente y cuantitativamente logrando identificar el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Marañón. (ver Tabla 12)

Tabla 12

Coberturas de la tierra identificadas en los sectores

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu
	1.3. Áreas de extracción de minería	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct
	2.3. Pastos		Pa
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah
	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados		Bp
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	He
		3.3.2. Arbustal	Ar
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbáceas	Va-He
		3.4.3. Tierras desnudas	Td
	5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Río
5.1.2. Lagunas naturales			La

Nota. Los números que se encuentran al inicio de cada clase, según CLC indican la codificación para cada una de ellas.

Figura**11***Tejido urbano continuo, distrito de Pataz**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 12***Áreas de extracción de minería, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 13***Áreas de cultivos transitorios, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.

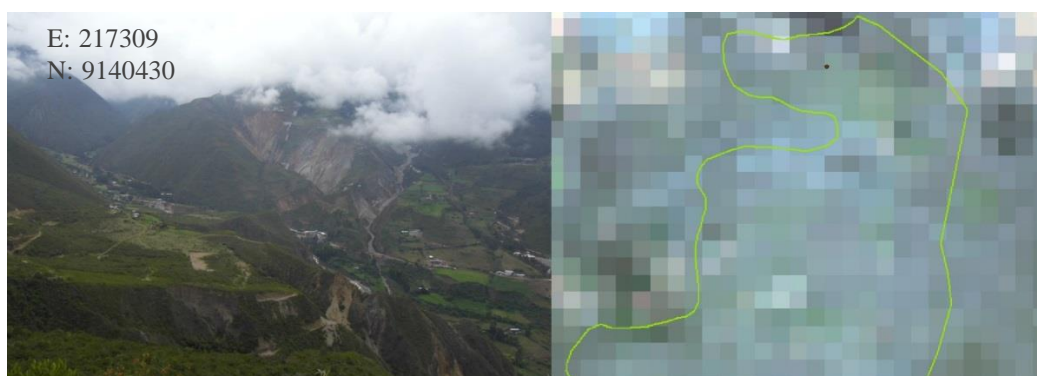
Figura 14*Áreas de pastos, en el sector de Marañón**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 15***Áreas agrícolas heterogéneas, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 16***Áreas de bosque fragmentado, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.

Figura 17*Áreas de bosque plantados, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 18***Áreas de herbazal, en el sector de Marañón**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 19***Áreas de arbustal, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.

Figura 20*Áreas de vegetación arbustiva, en el sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 21***Áreas de tierras desnudas, en el Sector de Santa María**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.**Figura 22***Categoría río, Quebrada Hualanga**Nota:* Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.

Figura 23

Laguna, en el sector de Santa María



Nota: Representación de la categoría en campo y en imagen satelital Landsat.

4.2. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 1987**4.2.1. Matriz de confusión**

Esta matriz muestra el porcentaje de exactitud con la que se realizó el proceso de clasificación supervisada, además se encuentran los errores de comisión y omisión.

(ver Tabla 13)

Tabla 13

Matriz de confusión sobre la clasificación de la imagen satelital, 1987

Categoría/ resultados clasificación	Tu	Am	Ct	Pa	Ah	Bf	Bp	He	Ar	Va- He	Td	Ri	La	Total	Eu (%)	Error de comisión (%)
Tu	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	100	0.00
Am	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100	0.00
Ct	0	0	13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15	86	13.33
Pa	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	100	0.00
Ah	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	10	90	10.00
Bf	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	9	100	0.00
Bp	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	100	0.00
He	0	0	0	0	0	0	0	13	0	1	0	0	0	14	92.86	7.14
Ar	0	0	0	0	0	0	0	0	18	1	0	0	0	19	94.74	5.26
Va-He	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14	100	0.00
Td	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6	100	0.00
Ri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	100	0.00
La	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	100	0.00
Total	9	5	14	5	11	9	11	13	18	16	6	7	2			
Ep (%)	100	100	92.86	100	81.82	100	100	100	100	87.50	100	100	100		FIABILIDAD GLOBAL	
Error de omisión (%)	0.00	0.00	7.14	0.00	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00		97.25	

Nota. Eu (Exactitud del usuario) y Ep (Exactitud del productor), además las coberturas están representadas por su simbología, las mismas que se muestran en la tabla 12

Interpretación de la matriz de confusión. En las filas de la Tabla 13 se encuentra la exactitud del usuario, en el proceso de clasificación se obtuvieron 9 clases de cobertura en la que la exactitud del usuario fue del 100% y tan solo 4 de ellas fueron confundidas con otras categorías, tal es el caso de los cultivos transitorios (Ct) en la que se realizó 15 áreas de entrenamiento de las cuales 2 fueron clasificadas como áreas agrícolas heterogéneas (Ah), del mismo modo en esta última categoría mencionada se digitalizaron 10 áreas de entrenamiento de las cuales 1 fue clasificada como cultivos transitorios (Ct), también se encontró a los herbazales (He) en la que se digitalizaron 14 áreas de entrenamiento en la que 1 área fue confundida con vegetación arbustiva/ herbácea (Va-He) y por ultimo tenemos a la categoría de arbustal, en la que se digitalizaron 19 áreas de las cuales 1 fue confundida con vegetación arbustiva/herbácea (Va-He).

En las columnas se encuentran la exactitud del productor, el cual es considerado como la proporción de sitios de verificación de la clase que están representados en el mapa o en la base de datos como tal. Por lo que, de las 13 clases identificadas en 10 de ellas se obtuvo una exactitud del productor del 100%, y tan solo en 3 clases existió error: los cultivos transitorios (Ct), áreas agrícolas heterogéneas (Ah) y vegetación arbustiva/herbácea (Va-He).

4.2.2. Índice Kappa

Po= Proporción de concordancia observada

Este valor se obtiene de la suma de áreas de entrenamiento correctamente clasificadas (diagonal de la matriz) entre el total de áreas digitalizadas.

$$Po = \frac{9 + 5 + 13 + 5 + 9 + 9 + 11 + 13 + 18 + 14 + 6 + 7 + 2}{126} = 0.96$$

Pe= Proporción de concordancia esperada al azar

$$= \frac{((9 * 9) + (5 * 5) + (14 * 15) + (5 * 5) + (11 * 10) + (9 * 9) + (11 * 11) + (13 * 14) + (18 * 19) + (16 * 14) + (6 * 6) + (7 * 7) + (2 * 2))}{126^2}$$

Pe= 0,09

K= índice Kappa

$$K = \frac{0.96 - 0.09}{1 - 0.09} = \mathbf{0.96}$$

Se obtuvo un índice Kappa de 0.96 el cual representa una fuerza de concordancia de casi perfecta.

4.2.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 1987 es de 97.25, este resultado indica la precisión de la clasificación supervisada, indicando que la gran parte de las clases representadas en el mapa son las que se encuentran en el terreno.

Tabla 14

Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 1987

Nivel I	Nivel II	Nivel IIIi	Simbología	Área		
				ha	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	23.43	0.29	
	1.3. Áreas de extracción de minería	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	5.52	0.07	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	537.62	6.60	
	2.3. Pastos		Pa	43.96	0.54	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	212.50	2.61	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	31.96	0.39	
	3.2. Bosques plantados		Bp	51.31	0.63	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1048.68	12.88
		3.3.2. Arbustal		Ar	2572.95	31.61
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea		Va-He	3446.91	42.34
3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas		Td	95.64	1.17	

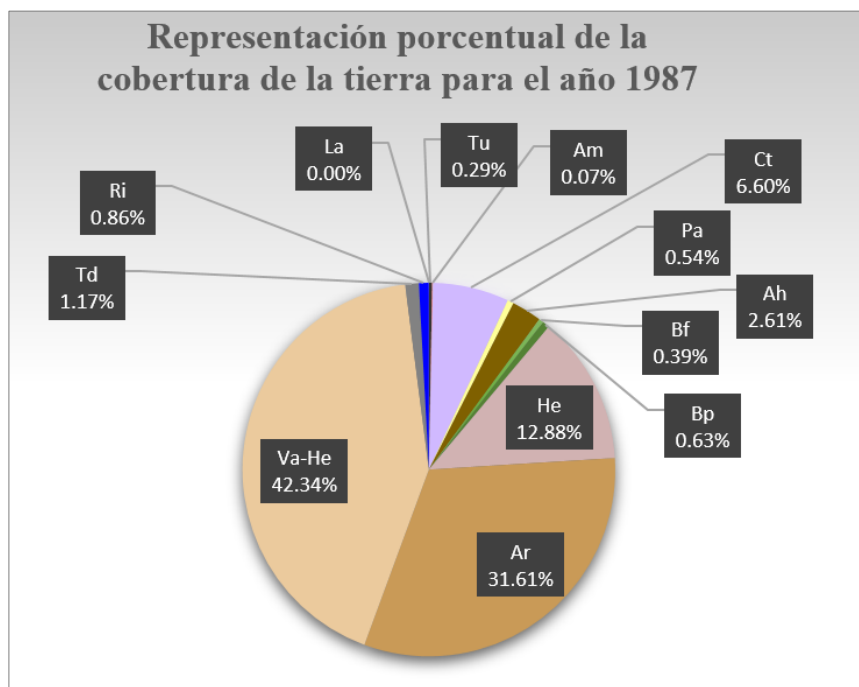
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	Ri	69.62	0.86
		5.1.2. Lagunas	La	0.259871	0.003
Total				8140.36	100.00

Nota. Esta tabla muestra, los resultados de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el año 1987, donde se encuentra el área (ha/%) que representa cada cobertura.

Los resultados obtenidos de la clasificación de la cobertura para el año 1987: Las coberturas que mayor área ocupan es la vegetación arbustiva/ herbácea (3 446.91 ha), seguido del arbustal (2 572.95 ha) y el herbazal (1 048.68 ha), estas son coberturas naturales las cuales proporcionan múltiples beneficios ambientales dentro de un ecosistema. Por otro lado, se tiene a las coberturas de menor extensión, estas son: las lagunas (0.25 ha) y las áreas de extracción de minera (5.52 ha). (ver Figura 24)

Figura 24

Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 1987

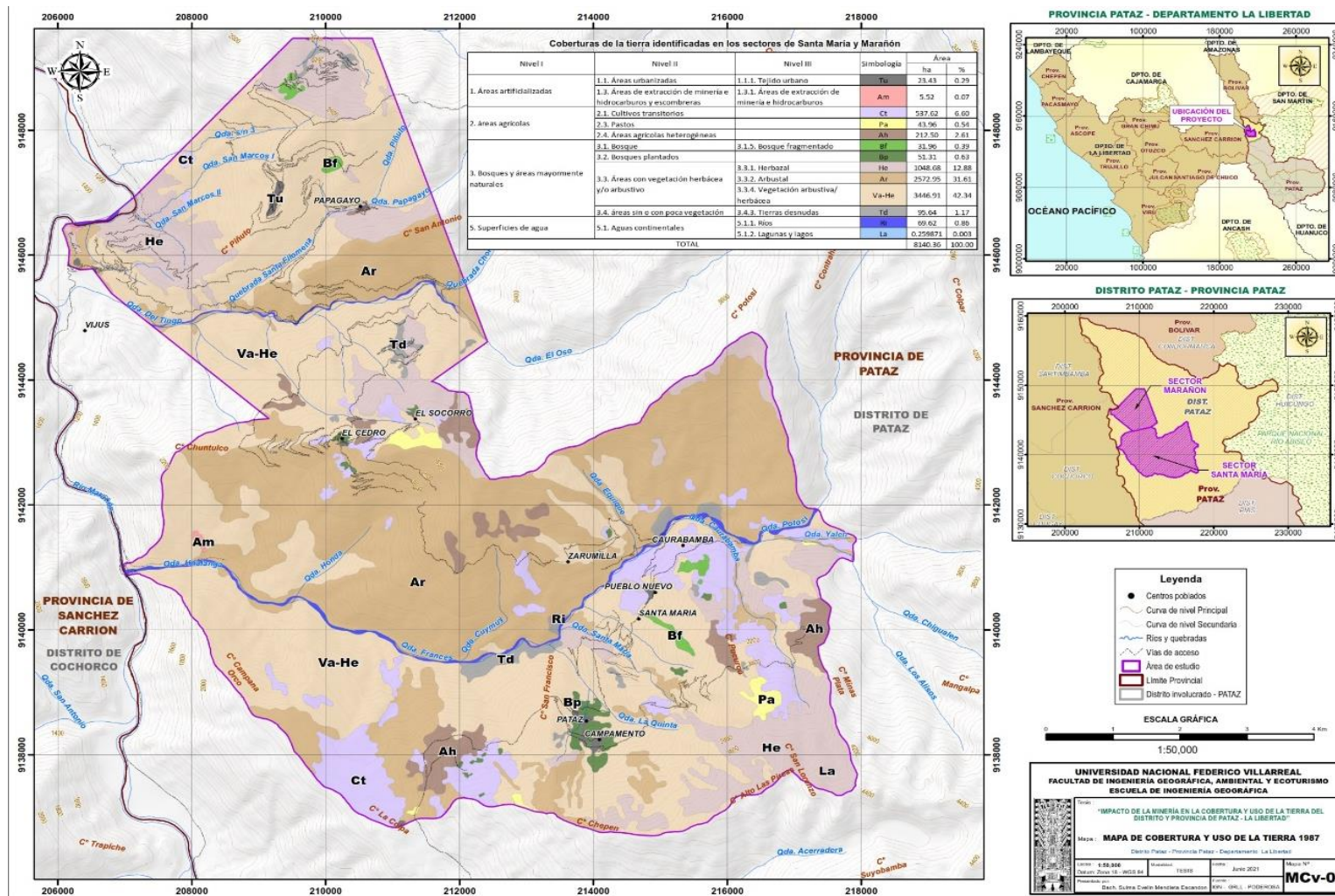


Nota. Esta figura muestra, el porcentaje de área que ocupan cada una de las coberturas clasificadas para los sectores de Santa María y Maraón –Libertad para el año 1987.

En el año 1987, la mayor parte de territorio en los sectores de Santa María y Marañón está ocupada por vegetación natural, es decir, según los resultados obtenidos el 42.34% pertenece vegetación arbustiva/ herbácea, seguido del 31.61% que corresponde a arbustal, además, se encuentran la cobertura que pertenece a herbazal (12.88%), estas son las tres categorías que mayor porcentaje de área abarcan en estos sectores. Por otro lado, se pudo apreciar que las áreas de extracción de minera es una de las categorías que menor área ocupa en este año (0.07%) por lo que se deduce que en estas épocas la explotación de los recursos naturales mineros era de forma reducida. (ver Figura 25)

Figura 25

Mapa de cobertura y uso de la tierra, 1987



Nota. El mapa muestra la cobertura y uso de la tierra para el año 1987, indicando valores de las 13 categorías

4.3. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2003

4.3.1. Matriz de confusión

Esta matriz muestra el porcentaje de exactitud tanto del usuario como del productor en la clasificación supervisada para el año 2003, además, se encuentran los errores de comisión y omisión. (ver Tabla 15)

Tabla 15*Matriz de confusión de la imagen satelital, 2003*

Categoría/ resultados clasificación	Tu	Am	Ct	Pa	Ah	Bf	Bp	He	Ar	Va-He	Td	Ri	La	Total	Eu (%)	Error de comisión (%)
Tu	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	100	0.00
Am	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	87.50	12.50
Ct	0	0	13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	15	86.67	13.33
Pa	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	100	0.00
Ah	0	0	2	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	13	84.62	15.38
Bf	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	8	100	0.00
Bp	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	100	0.00
He	0	0	0	0	0	0	0	16	0	1	0	0	0	17	94.12	5.88
Ar	0	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	0	0	18	94.44	5.56
Va-He	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	100	0.00
Td	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	12	91.67	8.33
Ri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	100	0.00
La	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	100	0.00
Total	11	7	15	7	13	8	11	16	17	17	12	6	2		FIABILIDAD	
Ep (%)	90.91	100	86.67	100	84.62	100	100	100	100	88.24	91.67	100	100		GLOBAL	
Error de omisión (%)	9.09	0.00	13.33	0.00	15.38	0.00	0.00	0.00	0.00	11.76	8.33	0.00	0.00		95.31	

Nota. Eu (Exactitud del usuario) y Ep (Exactitud del productor) además, las coberturas están representadas por su simbología. las mismas que se muestran en la tabla 12

Interpretación de la matriz de confusión. En las filas de la Tabla 15 se encuentra la exactitud del usuario, de las 13 clases de coberturas determinadas, 7 fueron clasificadas correctamente (exactitud del usuario: 100%), mientras que las 6 clases fueron confundidas con otras categorías, estas fueron: Las áreas de extracción de minería e hidrocarburos (Am), cultivos transitorios (Ct), áreas agrícolas heterogéneas (Ah), herbazal (He), arbustal (Ar) y tierras desnudas (Td), es decir, todas estas presentaron error de comisión.

Por otro lado, la información presentada en las columnas de la tabla, se encuentran la exactitud del productor, de las 13 clases identificadas en 8 de ellas se obtuvo una exactitud del productor del 100%, y tan solo en 5 clases existió error. Con una fiabilidad global de 95.31. (ver Tabla 15)

4.3.2. Índice Kappa

Anteriormente se mencionó que con la obtención de este índice se logra determinar el grado precisión de la clasificación supervisada, el cual fue obtenido de la siguiente manera.

Po= Proporción de concordancia observada

Este valor se obtiene de la suma de áreas de entrenamiento correctamente clasificadas (diagonal de la matriz) entre el total de áreas digitalizadas.

$$Po = \frac{10 + 7 + 13 + 7 + 11 + 8 + 11 + 16 + 17 + 15 + 11 + 6 + 2}{142} = \mathbf{0.94}$$

Pe= Proporción de concordancia esperada al azar

$$= \frac{(11 * 10) + (7 * 8) + (15 * 15) + (7 * 7) + (13 * 13) + (8 * 8) + (11 * 11) + (16 * 17) + (17 * 18) + (17 * 15) + (12 * 12) + (6 * 6) + (2 * 2)}{142^2}$$

Pe= 0.09

K= índice Kappa

$$K = \frac{0.94 - 0.09}{1 - 0.09} = \mathbf{0.94}$$

Se obtuvo un índice Kappa de 0.94 el cual representa una fuerza de concordancia de casi perfecta.

4.3.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2003 es de 95.31, este resultado indica la precisión de la clasificación supervisada, indicando que la gran parte de las clases representadas en el mapa son las que se encuentran en el terreno.

Tabla 16

Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2003

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área		
				HA	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	37.94	0.47	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	40.48	0.50	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	601.26	7.39	
	2.3. Pastos		Pa	45.02	0.55	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	223.38	2.74	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	31.96	0.39	
	3.2. Bosques plantados		Bp	48.46	0.60	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1002.91	12.53
		3.3.2. Arbustal		Ar	2504.46	30.77
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea		Va-He	3392.31	41.67
3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas		Td	122.68	1.51	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales oo	5.1.1. Ríos	Ri	72.12	0.89	
		5.1.2. Lagunas	La	0.26	0.003	
Total				8140.36	100.00	

Nota. Esta tabla muestra, los resultados de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra para año 2003, donde se encuentra el área (ha/%) que representa cada cobertura.

Según los resultados obtenidos, las coberturas que mayor área abarcaban en el año 2003 son la vegetación arbustiva/ herbácea (3 392.31 ha), seguido del arbustal (2 504.46 ha) y el herbazal (1 020.02 ha), por lo que, si se compara con las tres coberturas que mayor extensión de área ocupaban en año 1987, se analiza que son las mismas obtenidas para este año a pesar que perdieron área, generalmente esta disminución se debe a la intervención antrópica, debido a que el ser humano, en su afán satisfacer sus necesidades explota los recursos naturales de

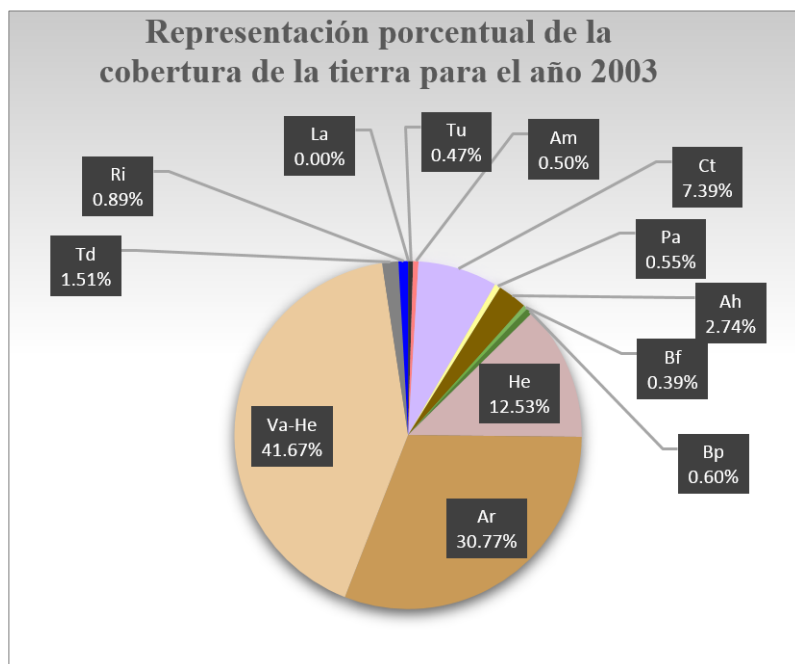
forma desmedida sin tener en cuenta los beneficios ambientales que proporciona estas coberturas naturales.

Además, se pudo determinar que las áreas de extracción de minería, se incrementaron considerablemente durante el periodo 1987-2003, es decir que para el año 2003 las explotaciones de los recursos mineros se intensificaron. en consecuencia, el impacto por la actividad económica también se incrementó debido a las transformaciones que provoca esta actividad sobre los ecosistemas naturales.

Por otro lado, se tiene a las coberturas de menor extensión, estas son las lagunas (0.26 ha), si bien es cierto, estas coberturas abarcan extensiones reducidas. pero a pesar de eso ejercen una función muy importante dentro de los ecosistemas, debido a que sirven como alimentadores de agua el cual es un elemento esencial para el funcionamiento es estos. (ver Figura 26)

Figura 26

Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 2003

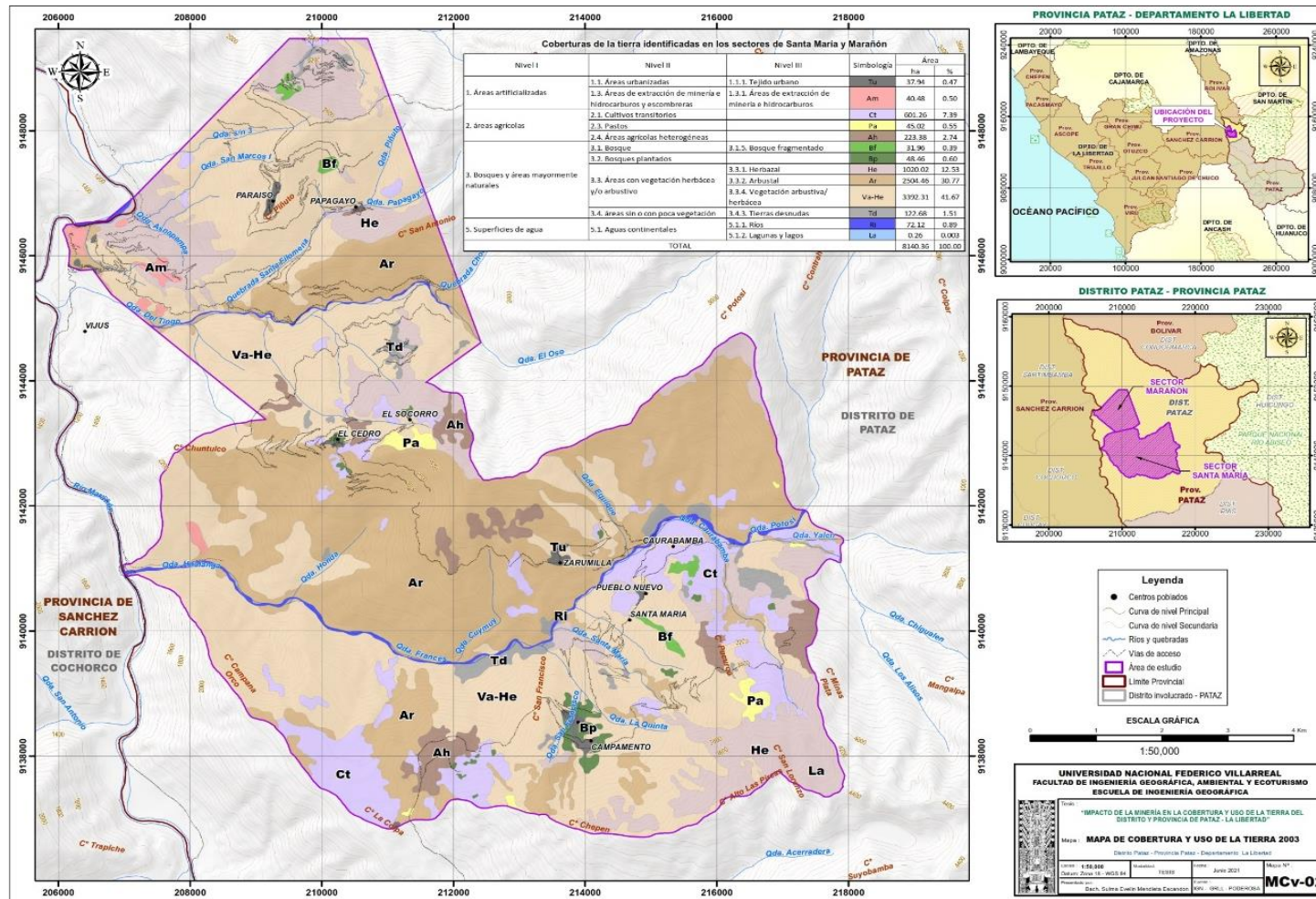


Nota. Se muestra el porcentaje de área que ocupan cada una de las coberturas clasificadas para los sectores de Santa María y Marañón –Libertad para el año 2003.

Como se mencionó anteriormente, para el año 2003 la vegetación natural sigue posicionándose como cobertura de mayor extensión en el área de estudio a pesar de haberse reducido su área, es decir, según los resultados obtenidos el 41.67% pertenece vegetación arbustiva/ herbácea, seguido del 30.77% que corresponde a arbustal, además, se encuentran la cobertura que pertenece a herbazal (12.53%). Por otro lado, se puede apreciar que las áreas de extracción de minera es una de las categorías que menor área ocupa en este año (0.50%), deduciéndose que, de 1987 al 2003 la extracción minera se fue incrementando, ocupando gran parte de las áreas de vegetación natural. (ver Figura 27)

Figura 27

Mapa de cobertura y uso de la tierra, 2003



Nota. El mapa muestra la cobertura y uso de la tierra para el año 2003, indicando valores de las 13 categorías.

4.4. Análisis de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2020

4.4.1. Matriz de confusión

Esta matriz muestra el porcentaje de exactitud tanto del usuario como del productor en la clasificación supervisada para el año 2020. además, se encuentran los errores de comisión y omisión. (ver Tabla 17)

Tabla 17*Matriz de confusión de la imagen satelital, 2020*

Categoría/ resultados clasificación	Tu	Am	Ct	Pa	Ah	Bf	Bp	He	Ar	Va- He	Td	Ri	La	Total	Eu (%)	Error de comisión (%)
Tu	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	13	84.62	15.38
Am	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	90.00	10
Ct	0	0	15	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18	83.33	16.67
Pa	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	100	0.0
Ah	0	0	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	14	92.86	7.14
Bf	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	7	100	0.0
Bp	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	100	0.0
He	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	100	0.0
Ar	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	18	100	0.0
Va-He	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	15	100	0.0
Td	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	14	100	0.0
Ri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6	100	0.0
La	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	100	0.0
Total	11	9	16	7	15	7	11	16	18	15	17	6	2	FIABILIDAD GLOBAL		
Ep (%)	100	100	93.75	85.71	86.67	100	100	100	100	100	82.35	100	100			
Error de omisión (%)	0.00	0.00	6.25	14.29	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.65	0.00	0.00	96.22		

Nota. Eu (Exactitud del usuario) y Ep (Exactitud del productor). además, las coberturas están representadas por su simbología. las mismas que se muestran en la tabla 12

Interpretación de la matriz de confusión. En las filas de la Tabla 17 se encuentra la exactitud del usuario. De la clasificación realizada se obtuvo que, de las 13 clases de coberturas determinadas 9 fueron clasificadas correctamente (exactitud del usuario: 100%), mientras que las 4 clases fueron confundidas con otras categorías, estas fueron: cultivos transitorios (Ct), Áreas de extracción de minería (Am), áreas agrícolas heterogéneas (Ah) y tejido urbano (Tu) es decir, estas clases presentaron error de comisión.

Por otro lado, la información presentada en las columnas de la Tabla pertenece a la exactitud del productor, el cual es considerado como la proporción de sitios de verificación de la clase que están representados en el mapa o en la base de datos como tal (Camacho-Sanabria et al.. 2017). Por lo que, de las 13 clases identificadas en 9 de ellas se obtuvo una exactitud del productor del 100%. y en 4 clases existió error de omisión, éstas corresponden a cultivos transitorios (Ct), áreas agrícolas heterogéneas (Ah), pastos (Pa) y tierras desnudas (Td), con una fiabilidad global de 96.2. (ver Tabla 17)

4.4.2. Índice Kappa

Se logra determinar el grado de precisión de la clasificación supervisada, el cual fue obtenido de la siguiente manera.

Po= Proporción de concordancia observada

Este valor se obtiene de la suma de áreas de entrenamiento correctamente clasificadas (diagonal de la matriz) entre el total de áreas digitalizadas.

$$Po = \frac{11 + 9 + 15 + 6 + 13 + 7 + 11 + 16 + 18 + 15 + 14 + 6 + 2}{150} = 0.95$$

Pe= Proporción de concordancia esperada al azar

$$= \frac{(11 * 13) + (9 * 10) + (16 * 18) + (7 * 6) + (15 * 14) + (7 * 7) + (11 * 11) + (16 * 16) + (18 * 18) + (15 * 15) + (17 * 14) + (6 * 6) + (2 * 2)}{150^2}$$

Pe= 0.09

K= índice Kappa

$$K = \frac{0.95 - 0.09}{1 - 0.09} = 0.95$$

Se obtuvo un índice Kappa de 0.95 el cual representa una fuerza de concordancia de casi perfecta.

4.4.3. Porcentaje correctamente clasificado

El porcentaje correctamente clasificado para el año 2020 es de 96.22. este resultado indica la precisión de la clasificación supervisada. indicando que la gran parte de las clases representadas en el mapa son las que se encuentran en el terreno.

Tabla

18

Clasificación de la cobertura y uso de la tierra, 2020

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	Área		
				HA	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	50.93	0.63	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	119.31	1.47	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	645.66	7.93	
	2.3. Pastos		Pa	45.20	0.56	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	245.39	3.01	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	30.47	0.37	
	3.2. Bosques plantados		Bp	45.94	0.56	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1017.99	12.72
		3.3.2. Arbustal		Ar	2327.04	28.59
		3.3.4. Vegetación arbustiva/herbácea		Va-He	3337.57	41.00
3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas		Td	184.65	2.27	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	Ri	72.84	0.89	
		5.1.2. Lagunas	La	0.26	0.00	
Total				8140.36	100	

Nota. Se muestra los resultados de la clasificación de la cobertura y uso de la tierra para año 2020. donde se encuentra el área (ha/%) que representa cada cobertura.

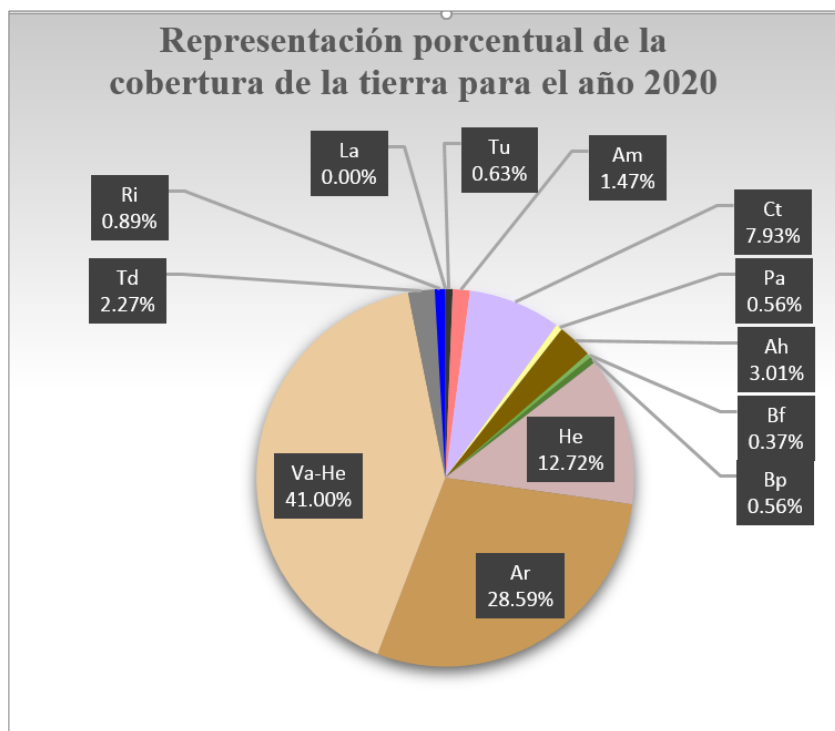
Según los resultados obtenidos, las coberturas que mayor área abarcaban en el año 2020 son la vegetación arbustiva/ herbácea (3337.57 ha), seguido del arbustal (2327.04 ha) y el herbazal (1035.10 ha), por lo que, si se compara con las tres coberturas que mayor extensión de área ocupaban en año 1987 y el 2003, se determinará que son las mismas obtenidas para este año a pesar que perdieron área, generalmente esta disminución se debe a la influencia antrópica sobre estas áreas naturales, conforme pasa los años vas disminuyendo considerablemente, siendo reemplazadas por coberturas que son generadas por el hombre. con la finalidad de satisfacer sus necesidades.

Además, se pudo determinar que las áreas de extracción de minería, se incrementaron considerablemente con respecto a los años 1987 y 2003, es decir que conforme pasa los años, esta actividad se está incrementado la cual causa una serie de impactos directos sobre el ecosistema en el que se encuentra y algunos impactos indirectos a los ecosistemas aledaños.

Por otro lado, se tiene a las coberturas de menor extensión, estas son las lagunas (0.26 ha), cómo se mencionó anteriormente. estas áreas cumplen un rol muy importante sobre el funcionamiento de los ecosistemas en el que se encuentra. (ver Figura 28)

Figura 28

Representación porcentual de la cobertura de la tierra, 2020



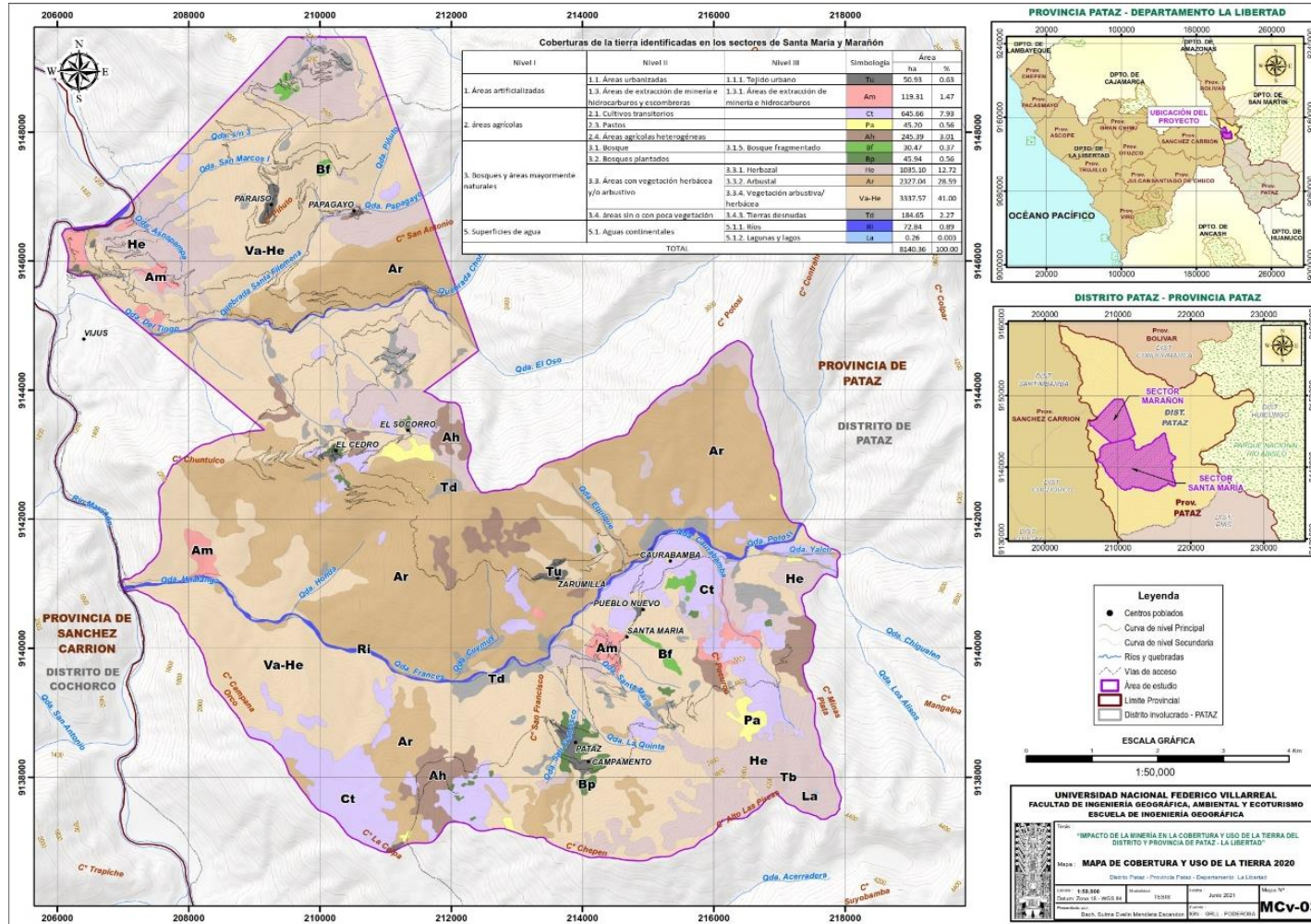
Nota. Esta figura muestra, el porcentaje de área que ocupan cada una de las coberturas clasificadas para los sectores de Santa María y Maraón –Libertad para el año 2020.

En la figura mostrada, nos indica que la cobertura de la tierra en el año 2020, la gran parte está conformada áreas de vegetación arbustiva/herbácea (41%), seguido del arbustal (28.59%) y el herbazal (12.72%), estas son las tres coberturas que mayor área representan en los sectores de Santa María y Maraón –Libertad, estas tres coberturas abarcan el 82.30% del total del distrito.

Con respecto a las áreas de extracción minera se han incrementado para este año, estas representan el 1.47%. Otra cobertura que ha incrementado su área producto de la intervención antrópica son los cultivos transitorios. estos representan el 7.93% del área total analizada. (ver Figura 29)

Figura 29

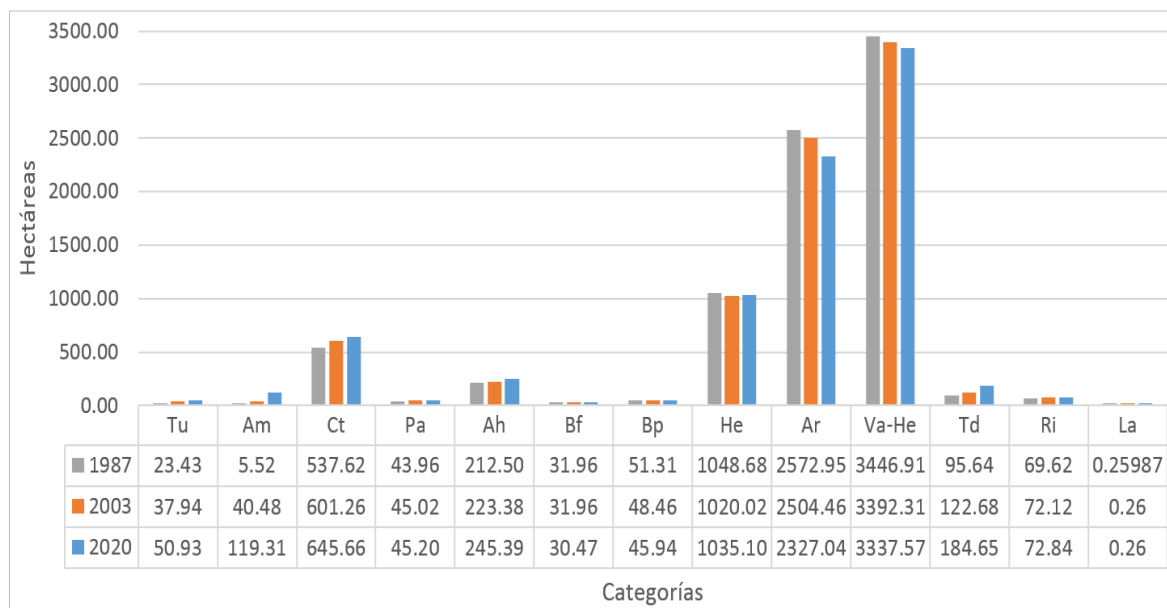
Mapa de cobertura y uso de la tierra, 2020



Nota. El mapa muestra la cobertura y uso de la tierra para el año 2020, indicando valores de las 13 categorías.

Figura 30

Dinámica de cambio de la cobertura de la tierra, 1987-2003-2020



Nota. La figura muestra, comparación de áreas de las 13 categorías, en los diferentes años.

La dinámica de la cobertura durante los periodos 1987-2003-2020, las categorías que mayor área abarcan en los sectores de Santa María y Marañón corresponden a la vegetación arbustiva/herbácea, seguido del arbustal, herbazal y cultivos transitorios, las dos primeras categorías mencionadas han sufrido un decremento, al igual que la categoría de herbazal que tuvo un decremento durante el periodo 1987-2003, pero durante el periodo 2003-2020 su área se incrementó; con respecto a la cobertura de cultivos transitorios, esta incrementó su área durante los periodos analizados.

4.5. Análisis del cambio de la cobertura de la tierra

Este análisis se hizo mediante la intersección general de los polígonos obtenidos para los años de estudio (1987, 2003 y 2020) obteniendo como resultados el área de las coberturas que sufrió cambio y el área que no experimento cambio alguno durante los periodos 1987-2003-2020.

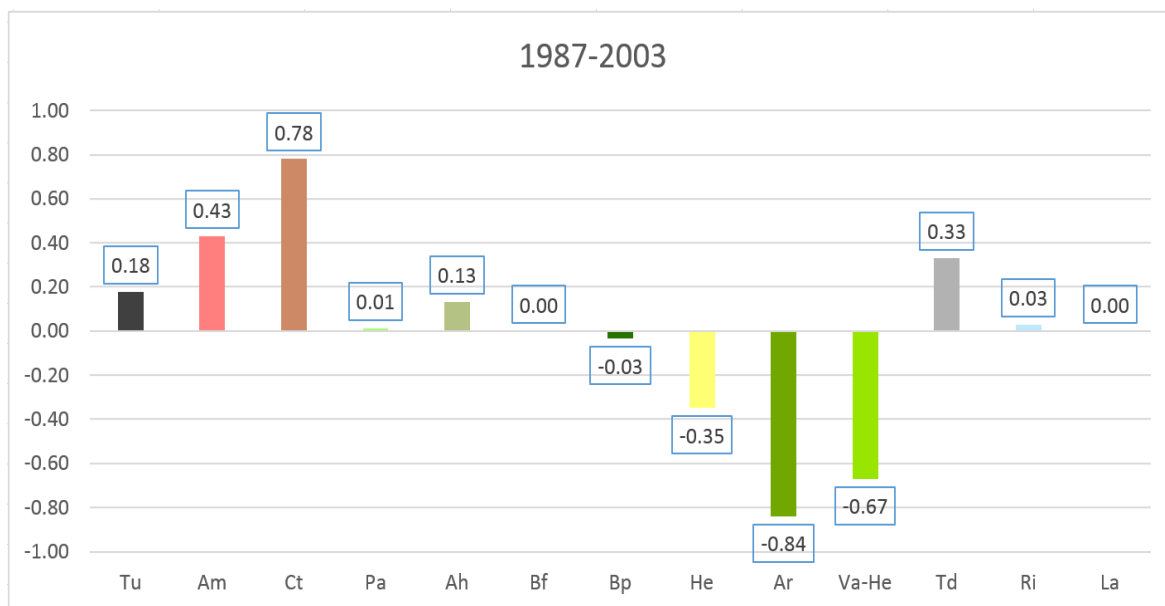
4.5.1. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003

Se obtuvo que, el cambio total de las coberturas y usos de la tierra en los sectores de Santa María y Maraón para el periodo 1987-2003 fue de 176.81 ha lo cual representa el 2.17% del total del área de estudio. mientras que 7963.55 ha (97.83%) no experimentó cambio alguno. (ver Tabla 19 y Figura 31)

Tabla 19*Ganancia y perdida de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	CUT 1987		CUT 2003		CUT 2003-1987		
				Área		Área		Área		
				ha	%	ha	%	ha	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	23.43	0.29	37.94	0.47	14.51	0.18	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	5.52	0.07	40.48	0.50	34.96	0.43	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	537.62	6.60	601.26	7.39	63.65	0.78	
	2.3. Pastos		Pa	43.96	0.54	45.02	0.55	1.07	0.01	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	212.50	2.61	223.38	2.74	10.87	0.13	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	31.96	0.39	31.96	0.39	0.00	0.00	
	3.2. Bosques plantados		Bp	51.31	0.63	48.46	0.60	-2.84	-0.03	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1048.68	12.88	1020.02	12.53	-28.66	-0.35
		3.3.2. Arbustal		Ar	2572.95	31.61	2504.46	30.77	-68.50	-0.84
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea		Va-He	3446.91	42.34	3392.31	41.67	-54.60	-0.67
	3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas	Td	95.64	1.17	122.68	1.51	27.04	0.33	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	Ri	69.62	0.86	72.12	0.89	2.50	0.03	
		5.1.2. Lagunas	La	0.26	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	

Nota. La tabla muestra, detalladamente la ganancia y la pérdida de la cobertura de la tierra durante el periodo 1987-2003.

Figura 31*Representación porcentual del cambio, 1987-2003*

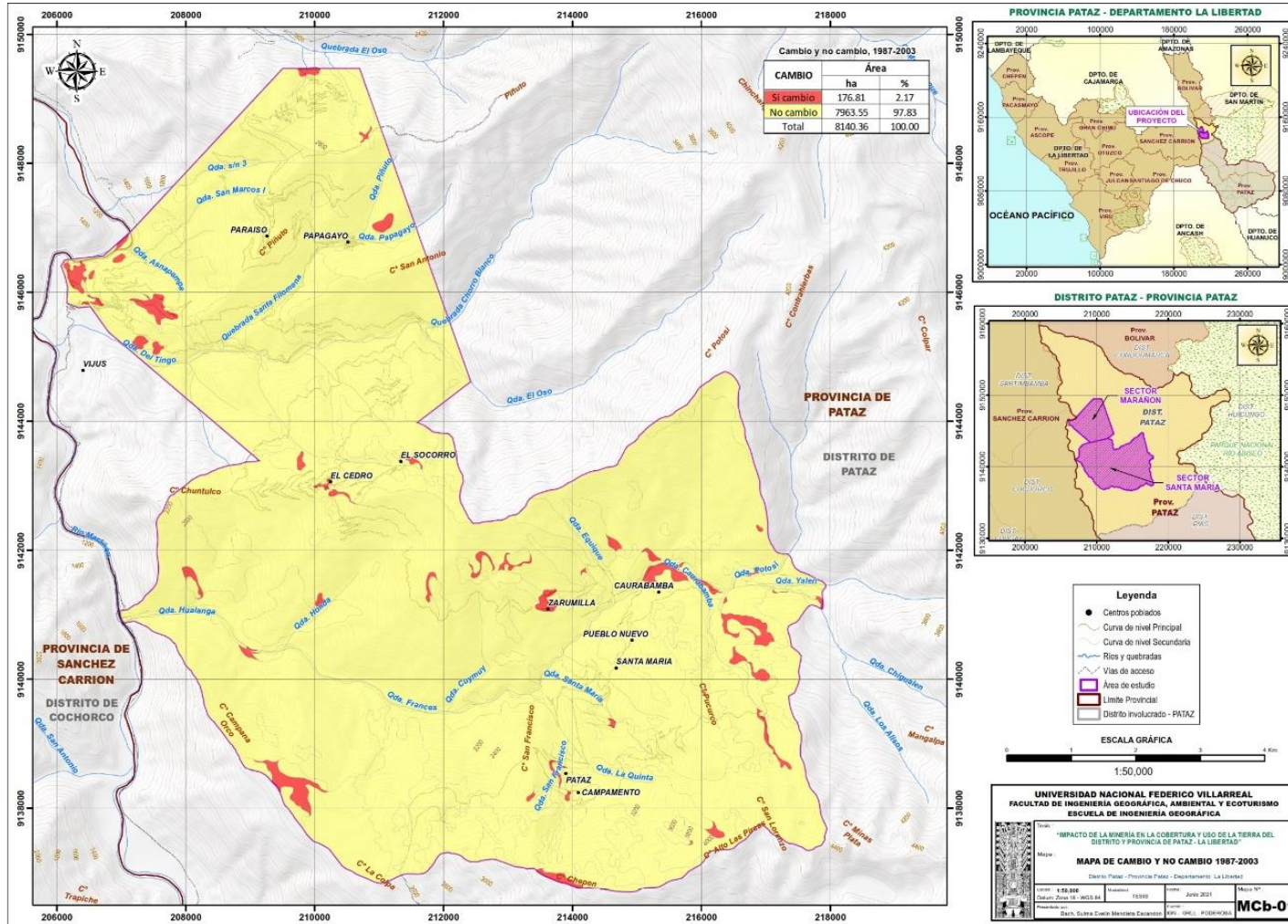
Nota. La figura muestra, categorías que ganaron o perdieron en comparación a los años.

Durante el periodo 1987-2003, las coberturas que mayor área incrementaron fueron los cultivos transitorios (Ct) con 63.65 ha (0.78%), seguido de las áreas de extracción de minería (Am) las cuales incrementaron 34.96 ha (0.43%), asimismo se encontró a las tierras desnudas con 27.04 ha (0.33%), estas son las categorías que mayor área incrementaron durante este periodo. Asimismo, las coberturas que mayor área perdieron fueron el arbustal (Ar) con 68.50 ha (0.84%), seguida vegetación arbustiva/ herbácea (Va-He) con 54.68 ha (0.67 %). además, se encuentra la cobertura de herbazal (He) con 28.66 ha (0.35%). estas fueron las categorías que mayor área perdieron durante este periodo.

La reducción de las áreas conformadas por coberturas naturales se debe al incremento de las coberturas generadas entrópicamente. entre estas se encuentran los cultivos transitorios, tejido urbano continuo, tierras desnudas, etc. los mismos que con el pasar de los años aumentan su área debido al crecimiento poblacional (Tarrillo. 2020). (ver Figura 32)

Figura 32

Mapa de cambio y no cambio, 1987-2003



Nota. El mapa muestra los cambios que se dieron en el año de 1987 – 2003 representada de color rojo

4.5.2. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020

Se obtuvo que, el cambio total de las coberturas y usos de la tierra en los sectores de Santa María y Marañón para el periodo 2003-2020 fue de 297.67 ha lo cual representa el 3.66% del total del área de estudio, mientras que 7842.69 ha (96.34%) no experimentó cambio alguno. Si se compara el cambio producido con respecto al periodo 1987-2003, el cambio se ha incrementó en 1.46%, generalmente este incremento se sustenta por el número de años de estudio en cada periodo, por ejemplo, para el primer periodo (1987-2003) consta de 16 años y el segundo periodo (2003-2020) es de 17 años; por lo que se deduce que si el periodo de estudio se incrementa también se incrementan los cambios sobre la cobertura terrestre. (ver Tabla 20 y Figura 33)

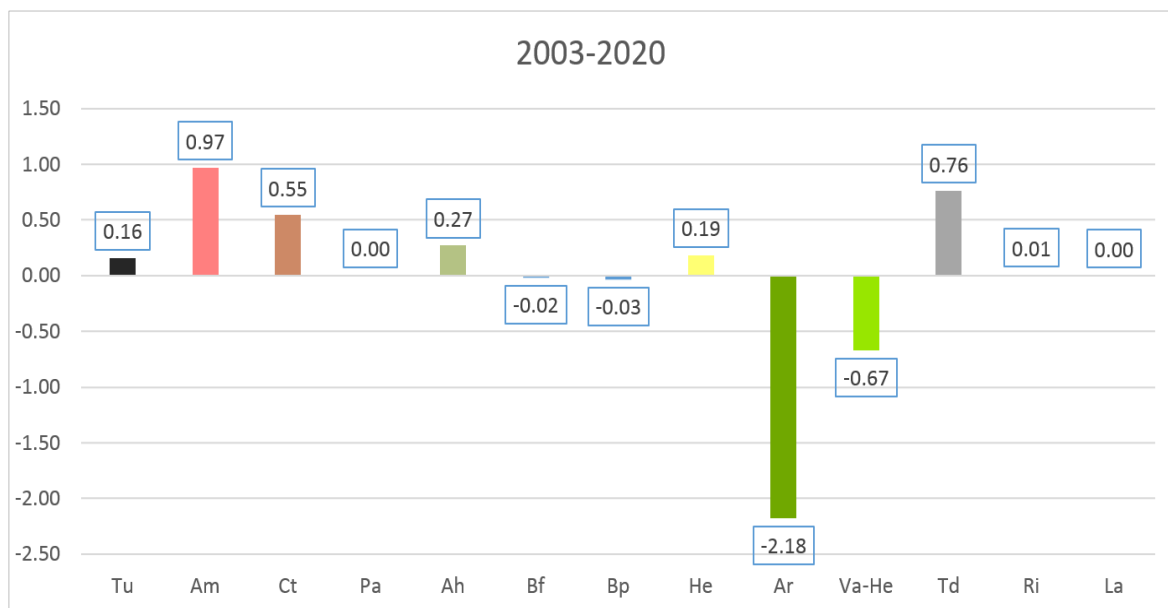
Tabla 20*Ganancia y pérdida de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	CUT 2003		CUT 2020		CUT 2020-2003		
				Área		Área		Área		
				ha	%	ha	%	ha	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	37.94	0.47	50.93	0.63	12.99	0.16	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	40.48	0.50	119.31	1.47	78.82	0.97	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	601.26	7.39	645.66	7.93	44.40	0.55	
	2.3. Pastos		Pa	45.02	0.55	45.20	0.56	0.18	0.00	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	223.38	2.74	245.39	3.01	22.01	0.27	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	31.96	0.39	30.47	0.37	-1.49	-0.02	
	3.2. Bosques plantados		Bp	48.46	0.60	45.94	0.56	-2.52	-0.03	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1020.02	12.53	1035.10	12.72	15.08	0.19
		3.3.2. Arbustal		Ar	2504.46	30.77	2327.04	28.59	-177.42	-2.18
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea		Va-He	3392.31	41.67	3337.57	41.00	-54.74	-0.67
3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas		Td	122.68	1.51	184.65	2.27	61.97	0.76	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	Ri	72.12	0.89	72.84	0.89	0.72	0.01	
		5.1.2. Lagunas	La	0.26	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	

Nota. Se muestra la ganancia o pérdida de las categorías en relación a los años.

Figura 33

Representación porcentual del cambio, 2003-2020

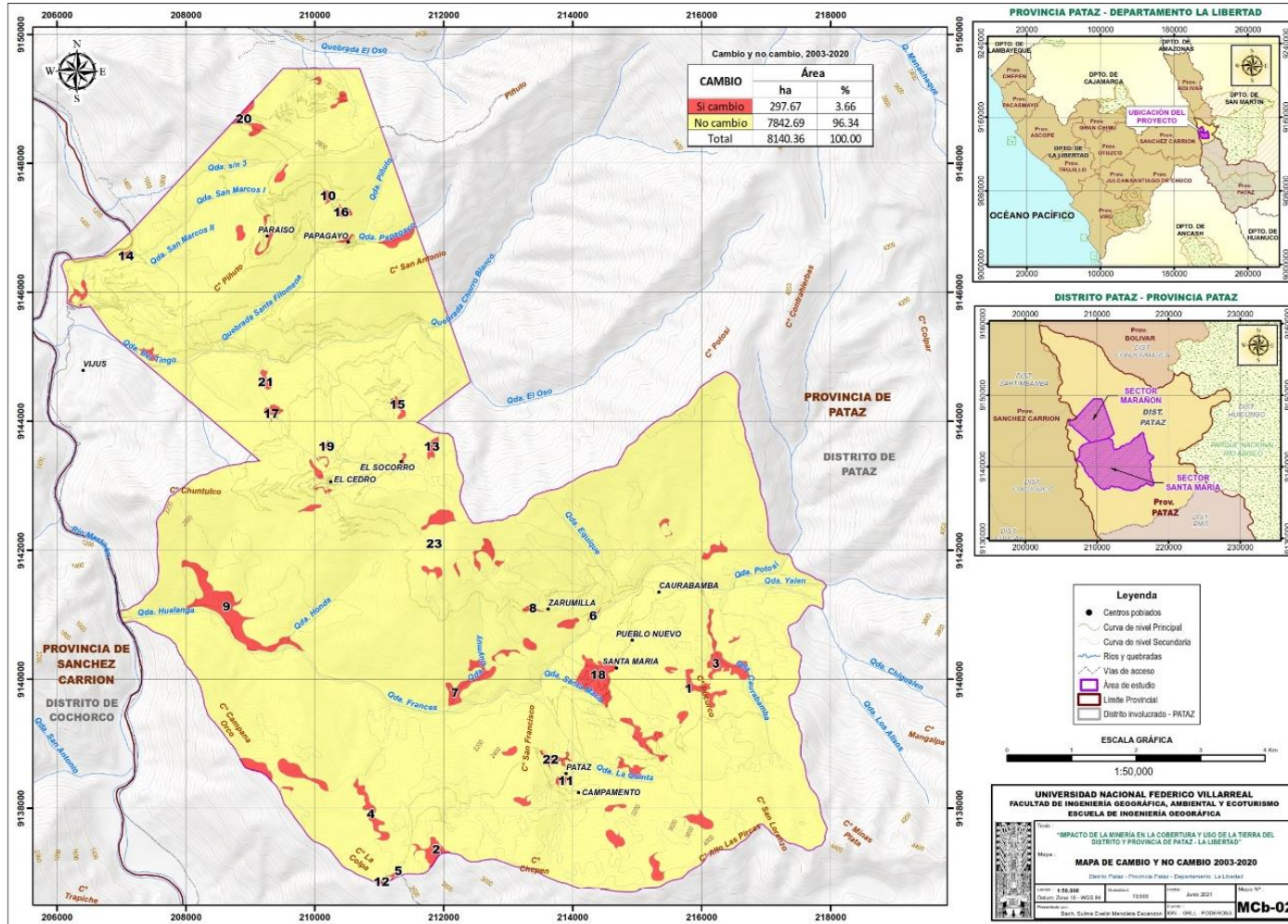


Nota. Se muestra las categorías que ganaron o perdieron en comparación a los años.

Durante el periodo 2003-2020, las coberturas que mayor área incrementaron fueron las áreas de extracción de minería (Am) las cuales incrementaron 78.82 ha (0.97%), asimismo, se encontró tierras desnudas 61.97 ha (0.76%) y a los cultivos transitorios con 44.40 ha (0.55%), estas son las categorías que mayor área incrementaron durante este periodo. Asimismo, las coberturas que mayor área perdieron fueron el arbustal (Ar) con 177.42 ha (2.18%), seguida vegetación arbustiva/ herbácea (Va-He) con 54.74 ha (0.67%), estas fueron las categorías que mayor área perdieron durante este periodo. (ver Figura 34)

Figura 34

Mapa de cambio y no cambio, 2003-2020



Nota. El mapa muestra los cambios que se dieron en el año de 2003 – 2020 representada de color rojo.

4.5.3. Cambio y no cambio de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020

Se obtuvo que, el cambio total de las coberturas y usos de la tierra en los sectores de Santa María y Marañón para el periodo 1987-2020 fue de 473.93 ha lo cual representa el 5.82% del total del área de estudio, mientras que 7666.44 ha (94.18%) no experimentó cambio alguno. Los cambios producidos durante estos 33 años generalmente se deben a la influencia del hombre, debido a que como pasa los años la población se incrementa y por ende las necesidades van a incrementarse, por lo que la población busca áreas donde realizar sus actividades ocasionado el cambio sobre la cobertura terrestre especialmente la natural, por otro lado, en los últimos años la explotación minera en este sector se ha incrementado. la misma que ocupa grandes extensiones de áreas conforme pasa los años, ocasionado la pérdida de los ecosistemas naturales debido los impactos ambientales negativos que produce sobre estos. (ver Tabla 21 y Figura 35)

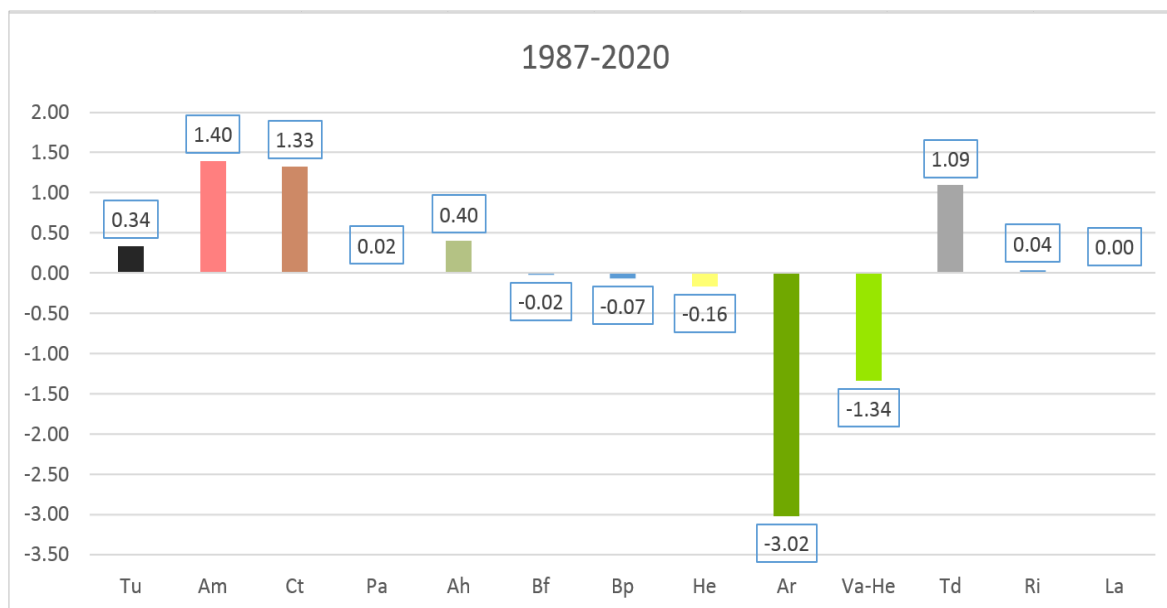
Tabla 21*Ganancia y perdida de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020*

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Simbología	CUT 1987		CUT 2020		CUT 2020-1987		
				Área		Área		Área		
				ha	%	ha	%	ha	%	
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano	Tu	23.43	0.29	50.93	0.63	27.50	0.34	
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería	Am	5.52	0.07	119.31	1.47	113.79	1.40	
2. áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios		Ct	537.62	6.60	645.66	7.93	108.05	1.33	
	2.3. Pastos		Pa	43.96	0.54	45.20	0.56	1.25	0.02	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas		Ah	212.50	2.61	245.39	3.01	32.89	0.40	
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.1. Bosque	3.1.5. Bosque fragmentado	Bf	31.96	0.39	30.47	0.37	-1.49	-0.02	
	3.2. Bosques plantados		Bp	51.31	0.63	45.94	0.56	-5.37	-0.07	
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal		He	1048.68	12.88	1035.10	12.72	-13.58	-0.16
		3.3.2. Arbustal		Ar	2572.95	31.61	2327.04	28.59	-245.92	-3.02
		3.3.4. Vegetación arbustiva/ herbácea		Va-He	3446.91	42.34	3337.57	41.00	-109.34	-1.34
3.4. áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas		Td	95.64	1.17	184.65	2.27	89.01	1.09	
5. Superficies de agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos	Ri	69.62	0.86	72.84	0.89	3.22	0.04	
		5.1.2. Lagunas	La	0.26	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	

Nota. Se muestra ganancia o pérdida de las categorías en relación a los años.

Figura 35

Representación porcentual del cambio, 1987-2020



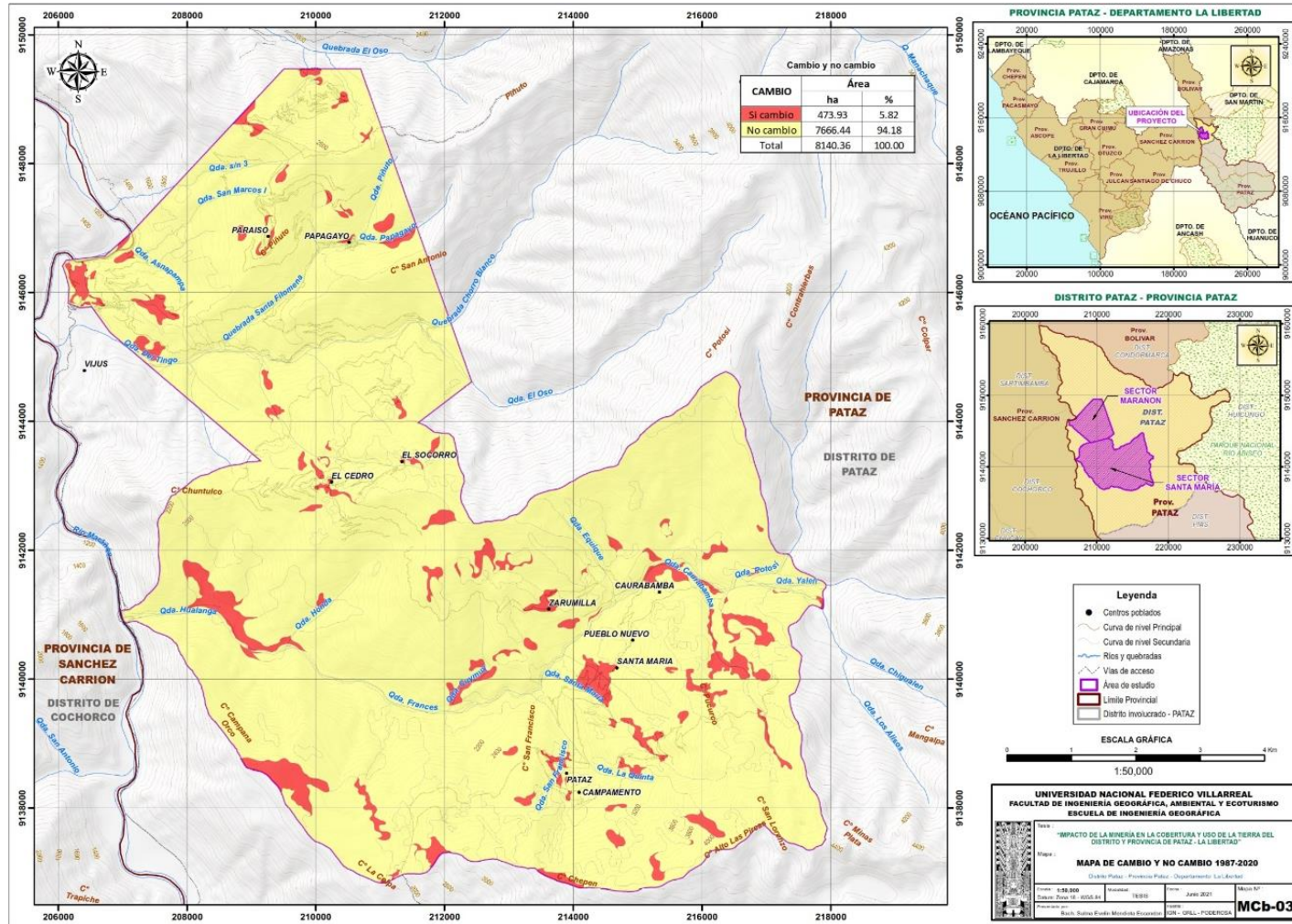
Nota. Se muestra categorías que ganaron o perdieron en comparación a los años.

Durante el periodo 1987-2020 las coberturas pertenecientes áreas extracción de minería se extendieron 113.79 ha (1.40%), además, los cultivos transitorios incrementaron 108.05 ha (1.33%), las tierras desnudas incrementaron 89.01 ha (1.09%), estas son las coberturas que mayor área incrementaron durante este periodo, estas coberturas generalmente son producto de la intervención antrópica. Unos estudios similares demuestran que la gran parte de los incrementos de estas coberturas se debe a que el ser humano, en su afán de satisfacer sus necesidades, busca ocupar áreas donde pueda desarrollar actividades como la agricultura, ganadería, minería, etc. Al respecto, en un estudio similar realizado en Tamaulipas-México se obtuvo que durante el periodo 1987-2017 las áreas de cultivos aumentaron el 7.61% siendo la cobertura que mayor aumento obtuvo durante este periodo (Salinas et al.. 2020), es decir que a nivel mundial la gran parte de los cambios de debe a la influencia antrópica.

Por otro lado, las coberturas que mayor área perdieron área durante el periodo 1987-2003 son el arbustal (3.02%) y la vegetación arbustiva/herbácea (1.34%). (ver Figura 36)

Figura 36

Mapa de cambio y no cambio, 1987-2020



Nota. El mapa muestra los cambios que se dieron en el año de 1987 – 2020 representada de color rojo.

4.6. Análisis de la transición de la cobertura y uso de la tierra. 1987-2003-2020

Consiste en evaluar todas aquellas coberturas cambiantes, es decir, aquellas que fueron reemplazadas por otras coberturas durante los periodos establecidos para lo cual existe una cobertura inicial y una final para cada periodo.

4.6.1. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003

Durante el periodo, 1987-2003 se produjo 21 cambios de cobertura y uso de la tierra, en la gran parte de los cambios fueron producidos en la categoría de arbustal y áreas con vegetación arbustiva/herbácea, estas fueron reemplazadas áreas agrícolas heterogéneas, áreas de extracción de minería, cultivos transitorios, pastos, tejido urbano continuo, herbazal y tierras desnudas, en la que la gran parte de estas coberturas son producto de la intervención directa e indirecta de hombre.

A continuación, se muestra los cambios producidos por cada categoría durante el periodo 1987-2003. (ver Tabla 22) y (ver Figura 37)

Tabla 22

Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2003

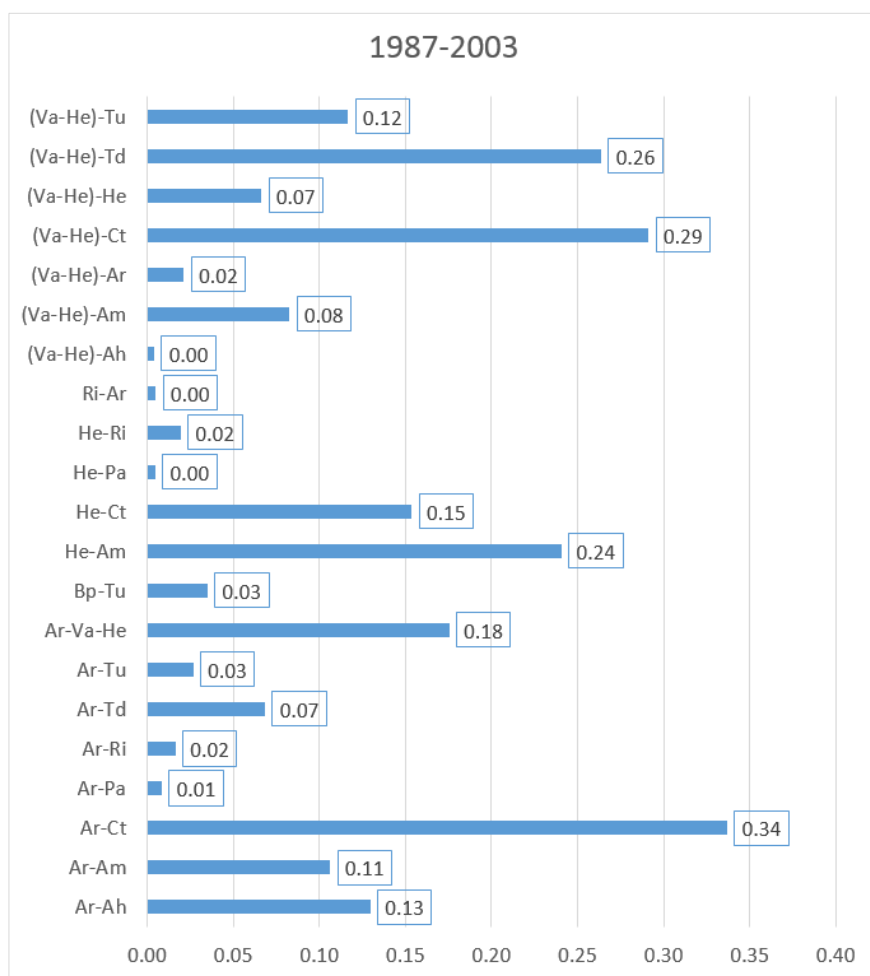
Simbología	CUT 1987	CUT 2003	Área	
			ha	%
Ar-Ah	Arbustal	Áreas agrícolas heterogéneas	1.054.094	0.13
Ar-Am	Arbustal	Áreas de extracción de minería	8.649.722	0.11
Ar-Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	27.423.744	0.34
Ar-Pa	Arbustal	Pastos	0.686157	0.01
Ar-Ri	Arbustal	Río	1.329.211	0.02
Ar-Td	Arbustal	Tierras desnudas	5.572.698	0.07
Ar-Tu	Arbustal	Tejido urbano	2.166.045	0.03
Ar-Va-He	Arbustal	Herbazal	14.269.942	0.18
Bp-Tu	Bosque plantado	Tejido urbano	2.843.351	0.03
He-Am	Herbazal	Áreas de extracción de minería	19.588.326	0.24
He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	1.251.051	0.15
He-Pa	Herbazal	Pastos	0.379229	0.00
He-Ri	Herbazal	Río	1.578.374	0.02
Ri-Ar	Río	Arbustal	0.403757	0.00
(Va-He)-Ah	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas agrícolas heterogéneas	0.333166	0.00

(Va-He)-Am	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas de extracción de minería	6.726.668	0.08
(Va-He)-Ar	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Arbustal	1.739.124	0.02
(Va-He)-Ct	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Cultivos transitorios	23.710.745	0.29
(Va-He)-He	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Herbazal	5.397.363	0.07
(Va-He)-Td	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tierras desnudas	21.467.229	0.26
(Va-He)-Tu	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tejido urbano	9.498.092	0.12
No Cambio			79.635.502	97.83

Nota. La tabla muestra la transición de la cobertura y uso de la tierra del año 1987 al año 2003.

Figura 37

Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 1987-2003

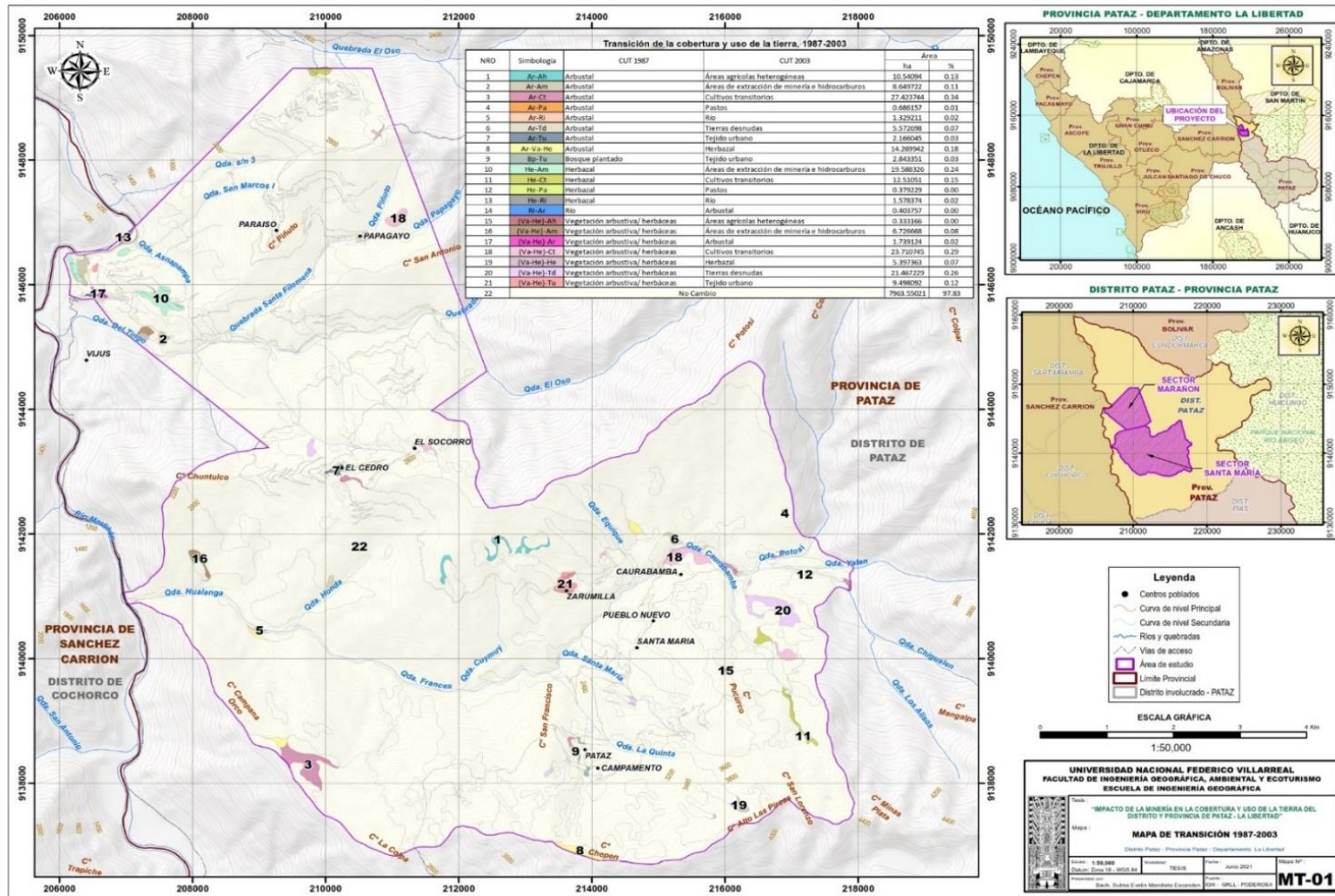


Nota. La tabla muestra la transición representada en porcentajes de la cobertura y uso de la tierra del año 1987 al año 2003.

Según los resultados mostrados. las categorías que mayor porcentaje de cambio presentaron fueron el arbustal (Ar) a cultivos transitorios (Ct) los cuales representan un cambio del 0.34% del área total. por otro lado, se encontró al cambio de vegetación arbustiva /herbácea (Va-He) a cultivos transitorios y vegetación arbustiva /herbácea (Va-He) a tierras desnudas, estos representan el 0.29% y el 0.26% respectivamente. del mismo modo se encuentra al cambio de herbazal (He) a áreas de extracción de minería (Am) el cual representa el 0.24% de cambio. (Ver Figura 37)

Figura 38

Mapa de transición. 1987-2003



Nota. La figura muestra, el cambio o transición de las categorías del 1987 al 2003.

4.6.2. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020

Al igual que el periodo anterior. en este periodo se produjo la misma cantidad de cambios de cobertura y uso de la tierra (22 cambios) siendo las categorías de arbustal y áreas con vegetación arbustiva/herbácea las que mayor cantidad de cambios experimentaron, las mismas que fueron reemplazadas áreas agrícolas heterogéneas. áreas de extracción de minería. cultivos transitorios, pastos, tejido urbano continuo, herbazal y tierras desnudas, en la que la gran parte de estas coberturas son producto de la intervención directa e indirecta de hombre.

A continuación. se muestra los cambios producidos por cada categoría durante el periodo 2003-2020. (ver Tabla 23 y Figura 39)

Tabla 23

Transición de la cobertura y uso de la tierra, 2003-2020

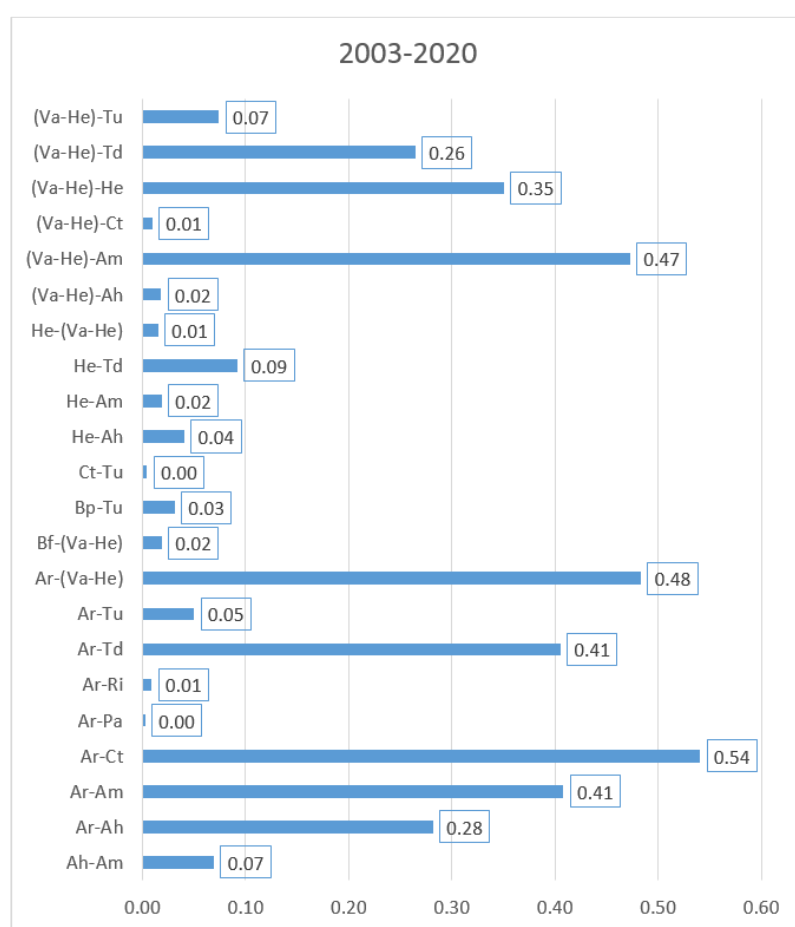
Simbología	CUT 2003	CUT 2020	Área	
			ha	%
Ah-Am	Áreas agrícolas heterogéneas	Áreas de extracción de minería	5.64	0.07
Ar-Ah	Arbustal	Áreas agrícolas heterogéneas	22.91	0.28
Ar-Am	Arbustal	Áreas de extracción de minería	33.23	0.41
Ar-Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	44.01	0.54
Ar-Pa	Arbustal	Pastos	0.18	0.00
Ar-Ri	Arbustal	Río	0.72	0.01
Ar-Td	Arbustal	Tierras desnudas	32.98	0.41
Ar-Tu	Arbustal	Tejido urbano	4.06	0.05
Ar-(Va-He)	Arbustal	Vegetación arbustiva/ herbáceas	39.33	0.48
Bf-(Va-He)	Bosque fragmentado	Vegetación arbustiva/ herbáceas	1.49	0.02
Bp-Tu	Bosque plantado	Tejido urbano	2.52	0.03
Ct-Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano	0.36	0.00
He-Ah	Herbazal	Áreas agrícolas heterogéneas	3.29	0.04
He-Am	Herbazal	Áreas de extracción de minería	1.48	0.02
He-Td	Herbazal	Tierras desnudas	7.47	0.09
He-(Va-He)	Herbazal	Vegetación arbustiva/ herbáceas	1.21	0.01
(Va-He)-Ah	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas agrícolas heterogéneas	1.46	0.02
(Va-He)-Am	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas de extracción de minería	38.47	0.47
(Va-He)-Ct	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Cultivos transitorios	0.75	0.01
(Va-He)-He	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Herbazal	28.54	0.35

Simbología	CUT 2003	CUT 2020	Área	
			ha	%
(Va-He)-Td	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tierras desnudas	21.52	0.26
(Va-He)-Tu	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tejido urbano	6.04	0.07
No cambio			7842.69	96.34

Nota. Se muestra la transición de la cobertura y uso de la tierra del año 2003 al año 2020.

Figura 39

Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 2003-2020



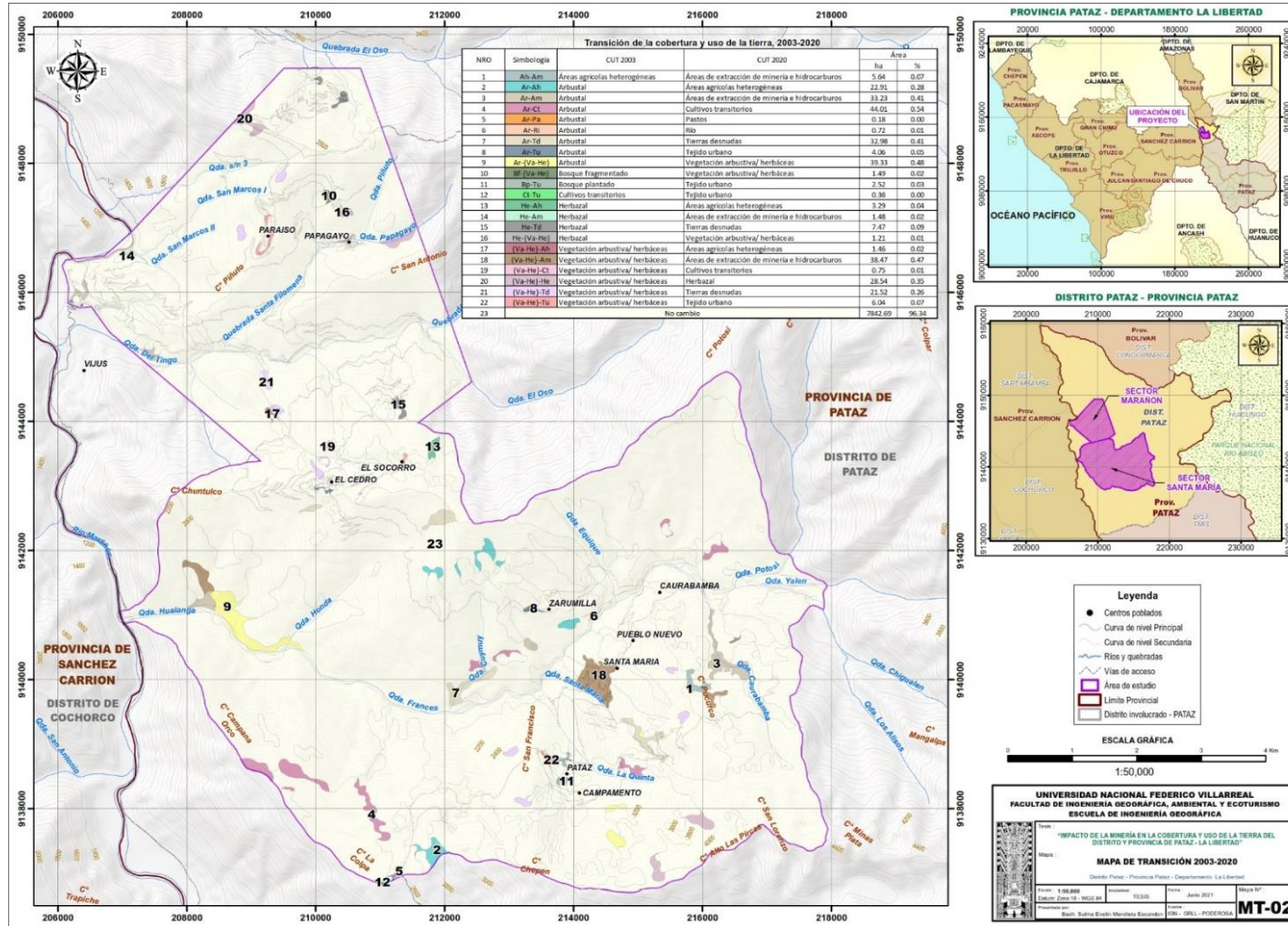
Nota. Se muestra la transición representada en porcentajes de la cobertura y uso de la tierra del año 2003 al año 2020.

Según los resultados mostrados, las categorías que mayor porcentaje de cambio presentaron fueron el arbustal (Ar) a cultivos transitorios (Ct) y arbustal a vegetación arbustiva /herbácea (Va-He). los cuales representan un cambio del 0.54% y 0.48% respectivamente, por

otro lado, se encontró el cambio de vegetación arbustiva /herbácea (Va-He) a áreas de extracción de minería (Am). dicho cambio representa el 0.47%, asimismo, se encontró los cambios de arbustal (Ar) a áreas agrícolas heterogéneas (Ah) y arbustal a áreas de extracción de minería (Am). ambos representan el 0.4 % de cambio. (ver Figura 39)

Figura 40

Mapa de transición, 2003-2020



Nota. La figura muestra, el cambio o transición de las categorías del 2003 al 2020.

4.6.3. Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020

La dinámica de los cambios de cobertura experimentados durante el periodo 1987-2020 fueron un total de 27, siendo las coberturas de herbazal, arbustal y vegetación arbustiva/herbácea las que mayor cantidad de cambios experimentaron durante los 33 años de estudio. estas coberturas fueron reemplazadas áreas agrícolas heterogéneas. áreas de extracción de minería, cultivos transitorios. pastos. tejido urbano continuo, herbazal y tierras desnudas, en la que la gran parte de estas coberturas son producto de la intervención directa e indirecta de hombre. (ver Tabla 24) y (ver Figura 42)

Tabla 24

Transición de la cobertura y uso de la tierra, 1987-2020

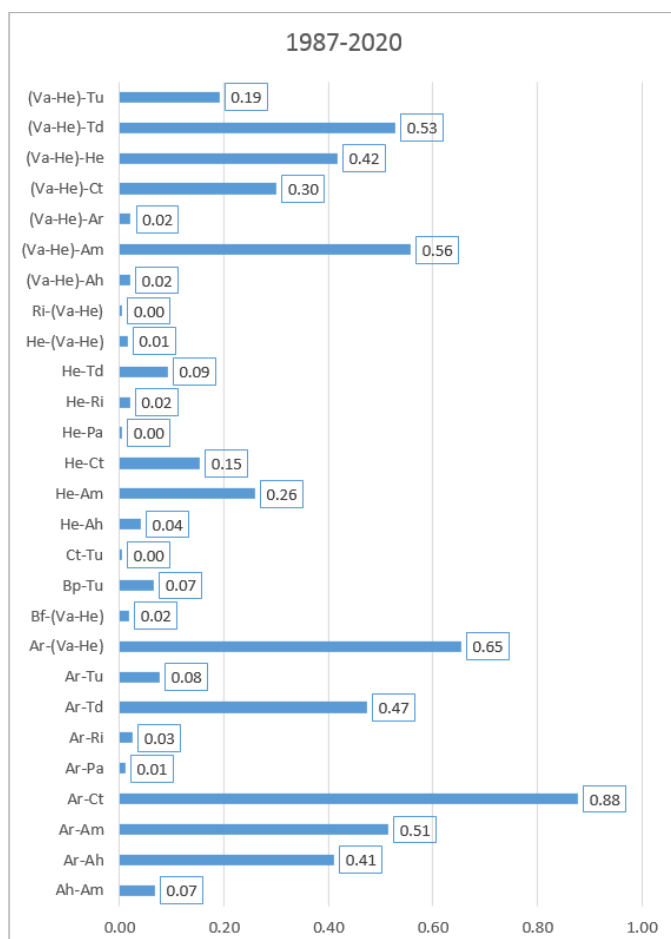
Simbología	CUT 1987	CUT 2020	Área	
			ha	%
Ah-Am	Áreas agrícolas heterogéneas	Áreas de extracción de minería	5.49	0.07
Ar-Ah	Arbustal	Áreas agrícolas heterogéneas	33.45	0.41
Ar-Am	Arbustal	Áreas de extracción de minería	41.88	0.51
Ar-Ct	Arbustal	Cultivos transitorios	71.44	0.88
Ar-Pa	Arbustal	Pastos	0.87	0.01
Ar-Ri	Arbustal	Río	2.05	0.03
Ar-Td	Arbustal	Tierras desnudas	38.55	0.47
Ar-Tu	Arbustal	Tejido urbano	6.23	0.08
Ar-(Va-He)	Arbustal	Vegetación arbustiva/ herbáceas	53.20	0.65
Bf-(Va-He)	Bosque fragmentado	Vegetación arbustiva/ herbáceas	1.49	0.02
Bp-Tu	Bosque plantado	Tejido urbano	5.37	0.07
Ct-Tu	Cultivos transitorios	Tejido urbano	0.36	0.00
He-Ah	Herbazal	Áreas agrícolas heterogéneas	3.29	0.04
He-Am	Herbazal	Áreas de extracción de minería	21.07	0.26
He-Ct	Herbazal	Cultivos transitorios	12.51	0.15
He-Pa	Herbazal	Pastos	0.38	0.00
He-Ri	Herbazal	Río	1.58	0.02
He-Td	Herbazal	Tierras desnudas	7.47	0.09
He-(Va-He)	Herbazal	Vegetación arbustiva/ herbáceas	1.21	0.01
Ri-(Va-He)	Río	Vegetación arbustiva/ herbáceas	0.40	0.00
(Va-He)-Ah	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas agrícolas heterogéneas	1.64	0.02
(Va-He)-Am	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Áreas de extracción de minería	45.35	0.56

Simbología	CUT 1987	CUT 2020	Área	
			ha	%
(Va-He)-Ar	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Arbustal	1.74	0.02
(Va-He)-Ct	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Cultivos transitorios	24.46	0.30
(Va-He)-He	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Herbazal	33.93	0.42
(Va-He)-Td	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tierras desnudas	42.99	0.53
(Va-He)-Tu	Vegetación arbustiva/ herbáceas	Tejido urbano	15.54	0.19
No cambio			7666.44	94.18

Nota. La tabla muestra la transición de la cobertura y uso de la tierra del año 1987 al año 2020.

Figura 41

Representación porcentual de los cambios de cobertura y uso de la tierra, 1987 -2020

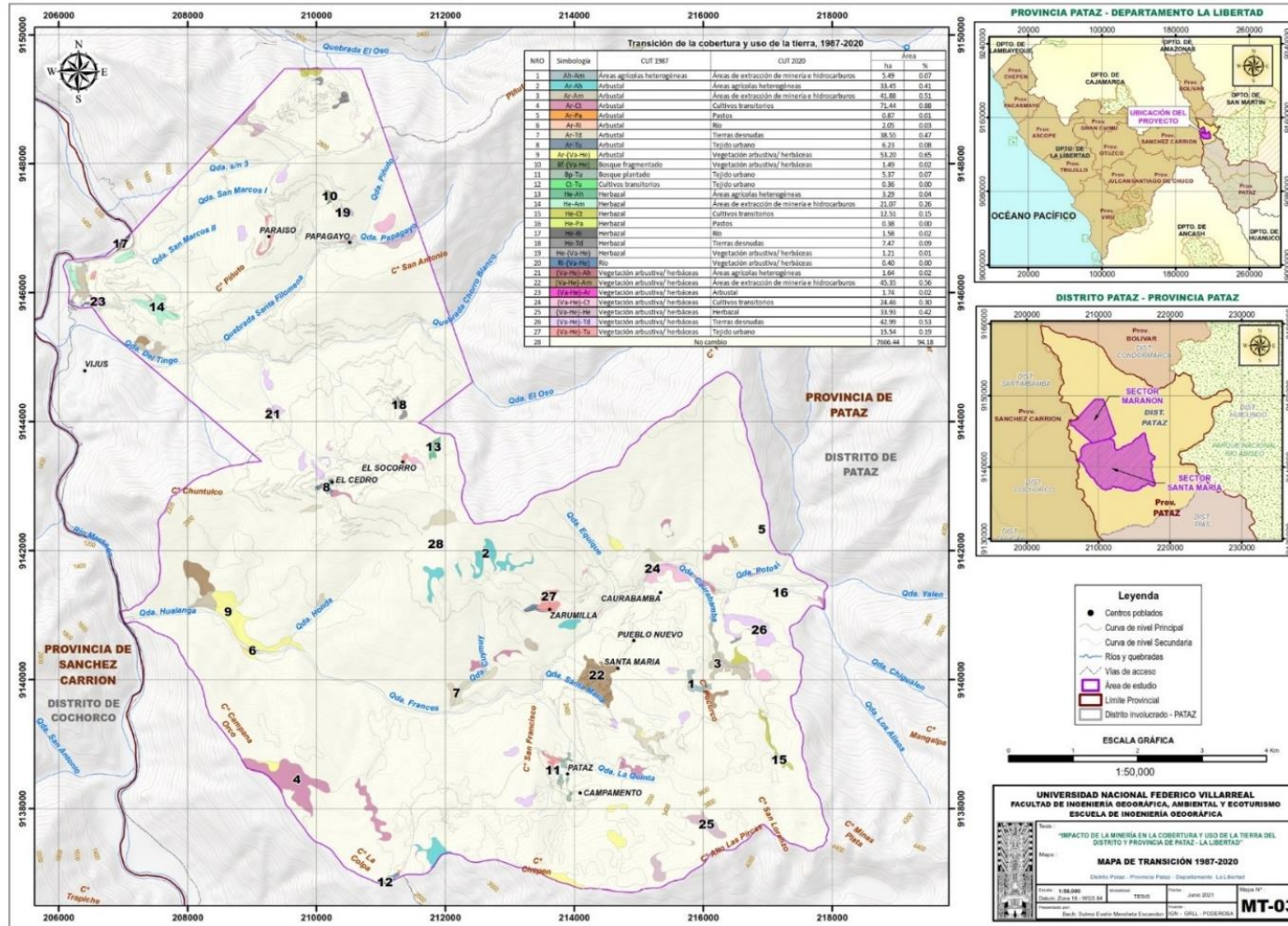


Nota. La tabla muestra la transición representada en porcentajes de la cobertura y uso de la tierra del año 1987 al año 2020.

Según los resultados obtenidos, durante el periodo 1987-2020 las categorías que mayor porcentaje de cambio experimentaron fue el paso de arbustal (Ar) a cultivos transitorios (Ct) dicho cambio representa el 0.88%, seguido del paso de arbustal (Ar) a vegetación arbustiva/herbácea (Va-He), este representa el 0.65%. asimismo, se encontró el cambio de vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a áreas de extracción de minería (Am) y vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a tierras desnudas (Td). estos cambios representan el 0.56% y el 0.53%, asimismo se encuentra el paso de arbustal (Ar) a áreas de extracción de minería (Am) la cual representa el 0.51%. (Ver Figura 41)

Figura 42

Mapa de transición, 1987-2020



Nota. Se muestra, el cambio o transición de las categorías del 1987 al 2020.

4.7. Matriz de Identificación de impactos ambientales

La identificación cualitativa y la visualización preliminar de los impactos que podrían generarse, se realizó mediante una matriz de doble entrada: Causa – Efecto (Matriz de Leopold, versión modificada), donde aparecen las actividades asociadas (Causas), y los impactos que se podrían generar (Efectos) en cada componente o factor ambiental y social involucrado.

4.7.1. Identificación de actividades del estudio

A continuación, se listan las principales actividades del estudio identificadas:

Tabla 25

Etapas de construcción y operación

No	Actividad
1	Perforación
2	Voladura
3	Ventilación
4	Acarreo
5	Transporte
6	Disposición de mineral/desmonte
7	Campamento
8	Comedor
9	Servicios higiénicos
10	Uso de hidrocarburos y prod. Químicos

4.7.2. Desarrollo de identificación de impactos

Identificación de impactos, para las etapas de operación y cierre del Proyecto.

(ver Tabla 26)

Tabla 26

Matriz de identificación de impactos ambientales

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN/OPERACIÓN														
MEDIO	COMPONENTE AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO	Perforación	Voladura	Ventilación	Acarreo	Transporte	Disposición mineral/desmante	Campamento	Comedor	Serv. Higienicos	Uso de hidrocarburos y prod. Quim.	
Físico	Suelo	Disposición de mineral/desmante	Alteración a la calidad del suelo				x	x						
		Generación de efluente minero	Alteración a la calidad del suelo	x						x				
		Generación de efluente doméstico	Alteración a la calidad del suelo								x	x	x	
		Generación de derrames, incendios y/o explosiones	Alteración a la calidad del suelo											x
		Generación de residuos sólidos no peligrosos	Alteración a la calidad del suelo								x	x	x	
	Generación de residuos sólidos peligrosos	Alteración a la calidad del suelo		x	x	x								
Agua	Consumo de agua	Agotamiento del recurso agua		x			x	x						
	Generación de efluente doméstico	Alteración a la calidad del agua								x	x	x		
Biológico	Flora	Generación de material particulado	Alteración de flora					x	x					
		Remoción de vegetación y suelo	Alteración del hábitat				x	x						
	Fauna	Remoción de vegetación y suelo	Pérdida de vida silvestre					x	x					
Generación de ruido, vibraciones		Alteración de fauna		x	x		x	x	x					
Socio económico	Ecosistema	Conflictos sociales	Daños ecosistemas	x	x		x	x	x					

Dejo constancia que el presente estudio no corresponde a la identificación y evaluación de **impactos ambientales**, la investigación se centra en la aplicación del modelo Corine Land Cover dando resultado ganancia, pérdida y transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra, por la actividad económica de la minería.

V. Discusión de Resultados

5.1. Periodo de análisis empleado imágenes satelitales para evidenciar los cambios de cobertura y uso de la tierra

Murillo (2017) en su tesis titulada, *Análisis de cambios de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanora, periodo 2001-2016*, realiza un análisis semejante de cobertura y uso de la tierra en la sierra de Llacanora a través de imágenes satelitales LANDSAT en el marco temporal del 2001 al 2016; de igual manera el investigador Fernández (2019) en su tesis titulada, *Evaluación multitemporal del cambio de Cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del río Chambo*, realiza también un análisis del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca del río Chambo a través de imágenes satelitales LANDSAT en el marco temporal 1998 al 2016; y Ochochoque (2017) en su tesis titulada, *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera, centro poblado de Malenowski. distrito de Mazuco. región de Madre de Dios*, el investigador no solo usa imagen satelital LANDSAT también la imagen satelital SENTINEL, disponible desde el año 2015 y lo utilizaron para el análisis de identificar zonas de laboreo y el avance de la explotación minera en la región, en el marco temporal 1990 al 2016. En el presente estudio, se utilizó un mismo tipo de imagen satelital, LANDSAT para el año 1987. 2003 y 2020. En el año 1987 la minería artesanal estaba iniciando sus actividades, pero también se utilizó imágenes drones para el último año de algunas zonas como ayuda para la investigación.

5.2. La clasificación de los cambios de cobertura y uso de la tierra realizado con la metodología CLC obtenida del MINAM

Murillo (2017) en su tesis titulada, *Análisis de cambios de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanora, periodo 2001-2016*, utilizó la misma clasificación y metodología que el presente estudio del “CLC en el nivel III” obtenida del

MINAM. En su investigación en la zona de estudio de Llacanora ubicada en la sierra norte del Perú, en el nivel II no se encontró la categoría de “Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras” ya que no es zona minera a diferencia del presente estudio que es una zona altamente minera; en otro estudio similar el investigador Fernández (2019) en su tesis titulada, *Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del río Chambo*, utilizó el módulo Land Change Modeler para la evaluación del cambio de cobertura en la zona de estudio en el altiplano andino a diferencia del presente estudio, tanto la clasificación y la metodología se realizó con CLC obtenida del MINAM; y Ochochoque (2017) en su tesis titulada, *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera, centro poblado de Malenowski, distrito de Mazuco, región de Madre de Dios*, el investigador utilizó otra metodología para la zona de estudio en la región selva y las categorías utilizadas para su clasificación son 4: cultivos, bosque, ríos y cuerpos de agua, área sin cobertura vegetal a diferencia de la clasificación del MINAM donde se encontró 13 categorías de cobertura y uso de la tierra según la metodología CLC de los sectores de Santa María y Marañón en un nivel III, las cuales son: áreas de extracción de minería e hidrocarburos, cultivos transitorios, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosque fragmentado, bosques plantados, herbazal, arbustal, vegetación arbustiva/ herbáceas, tierras desnudas, río y lagunas naturales, lagos y ciénagas.

VI. Conclusiones

- **Se identificó el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra** en el marco temporal 1987 - 2003 – 2020. En el periodo 1987 – 2003, se encontró el cambio de herbazal (he) y arbustal (ar) a áreas de extracción de minería (am) el cual representa el 0.24% y 0.11% de cambio respectivamente, en el periodo 2003 - 2020. se encontró el cambio de la categoría respecto a áreas de extracción minera de mayor área, vegetación arbustiva /herbácea (va-he) y arbustal (ar) a áreas de extracción de minería (am), dicho cambio representa el 0.47% y 0.41% respectivamente, en el periodo de 1987-2020 se encontró el cambio de vegetación arbustiva/herbácea (va-he) a áreas de extracción de minería (am) representan el 0.56% y seguida del arbustal (ar) a áreas de extracción de minería (am) la cual representa el 0.51%; las áreas de extracción de minería en el año 1987 es de 5.52 ha. en el año 2003 es de 40.48 ha y en el año 2020 es de 119.31 ha. Ver detalle en (pp. 120, 124, 128) y ver Figuras (38, 40, 42). En la identificación cualitativa de impactos ambientales realizado mediante la matriz de doble entrada causa – efecto, se identificaron diez actividades en la etapa de operación y construcción: perforación, voladura, ventilación, acarreo, transporte, disposición de mineral/desmante, campamento, comedor, servicios higiénicos, uso de hidrocarburos y productos químicos. (Ver Tabla 26)
- **Se determinó y cuantifico la ganancia y perdida utilizando la metodología Corine Land Cover** durante el periodo 1987-2020 las coberturas pertenecientes a áreas extracción de minería, se extendieron 113.79 ha (1.40%), además, los cultivos transitorios incrementaron 108.05 ha (1.33%). las tierras desnudas incrementaron 89.01 ha (1.09%), estas son las coberturas que mayor área incrementaron durante este periodo, estas coberturas generalmente son producto de la intervención antrópica

y, por otro lado, las coberturas que mayor área perdieron área durante el periodo 1987-2003 son el arbustal (3.02%) y la vegetación arbustiva/herbácea (1.34%). Según Paula et al. (2018), el decremento de estas coberturas generalmente es a causa de la intervención antrópica, los mismos que realizan actividades como la tala de bosques naturales ocasionado por el esparcimiento de la agricultura, ganadería y minería. por lo que se quema pajonales en las partes alto andinas para obtener pasto tierno y fresco ocasionando la pérdida de grandes extensiones de herbazal. Ver detalle en (p. 116) y ver Figura 36.

- **Se analizó la transición de la cobertura y uso de la tierra según la clasificación Corine Land Cover** donde los resultados obtenidos durante el periodo 1987-2020 de las categorías que mayor porcentaje de cambio experimentaron fue el paso de arbustal (Ar) a cultivos transitorios (Ct) dicho cambio representa el 0.88%, seguido del paso de arbustal (Ar) a vegetación arbustiva/herbácea (Va-He), este representa el 0.65%, asimismo, se encontró el cambio de vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a áreas de extracción de minería (Am) y vegetación arbustiva/herbácea (Va-He) a tierras desnudas (Td), estos cambios representan el 0.56% y el 0.53%, asimismo, se encuentra el paso de arbustal (Ar) a áreas de extracción de minería e hidrocarburos (Am) la cual representa el 0.51%. Ver detalle en (p. 128) y ver Figura 42.

VII. Recomendaciones

- Se requiere que el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el estado (SERNANP) podría buscar estrategias de lucha contra la minería Ilegal, dado que la actividad minera ha producido cambios en la cobertura y que se ha incrementado exponencialmente como indica los resultados: en el año 1987 es de 5.52 ha. en el año 2003 es de 40.48 ha y en el año 2020 es de 119.31 ha. todo esto dentro de la zona de Amortiguamiento del Parque Nacional del río Abiseo.
- Se sugiere que el Gobierno Regional de la Libertad proponga la inserción de propuesta de ordenamiento territorial, ya que dentro de la zona de estudio la minería artesanal crece exponencialmente y sin ningún tipo de orden.
- Es preciso que el MINAM, preserve el ecosistema frágil como es el “bosque seco. matorrales” que no es usual verlo en el Perú y está ubicado a unos kilómetros de las zonas de laboreo de los artesanales, dentro de la zona de estudio de los sectores de Santa María y Marañón.
- Se recomienda que el MINEM, debe hacer mayor énfasis en la fiscalización efectiva. establecer proyectos para la recuperación de la cobertura afectados ambientalmente, dentro de la zona de estudio hay alto índice de explotación minera artesanal por lo que se está perdiendo cobertura vegetal.

VIII. Referencias

- Alata M. A. (2018). *Análisis multitemporal de la explotación minera con aplicación de percepción remota y SIG en los Distritos de Ananea y Cuyocuyo-Puno. entre 1975-2017*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7125>
- Alcántara. B. G. H. (2012). Cobertura Vegetal y Uso Actual Departamento de Cajamarca. *Gobierno Regional de Cajamarca.* 12-42.
<http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Cajamarca/Memoria Descriptiva Uso Actual.pdf>
- Álvarez-Lopezello. J., Rivas-Manzano. I. V. Aguilera-Gómez. L. I., y González-Ledesma. M. (2016). Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo. Piedras Blancas. Estado de México. México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 88. 980–989.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.006> 1870-3453/Derechos
- Arcos A. F. (21 julio 2017). *La Minería Artesanal en el Perú* [conferencia]. Viernes geocientífico. <https://www.youtube.com/watch?v=mBXw9ImEqaE&t=824s>
- Arcos A. F., y Calderón C. C. A. (2017). Actividad minera artesanal en las regiones de Apurímac y La Libertad. *INGEMMET,* 61–93.
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/1010>
- Armenteras. D. y Rodríguez. N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de latino américa: una revisión desde 1990. *Colombia Forestal.* 17(2). 233–246.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2014.2.a07>
- Camacho H. F. (2019). *Análisis multitemporal de las zonas mineras de los municipios de Lenguazaque y Guachetá para evidenciar impactos ambientales y cambios en la cobertura de suelos* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]
<http://hdl.handle.net/1992/45214>

- Camacho-Sanabria. R., Camacho-Sanabria. J. M., Balderas-Plata. M. Á., y Sánchez-López M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: Estudio de caso en progreso hidalgo. estado de México. *Madera Bosques*. 23(3). 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Cerda. J. y Villarroel. L. (2008). Evaluación de la concordancia inter-observador en investigación pediátrica: Coeficiente de Kappa. *Revista Chilena de Pediatría*. 79(1). 54–58. <https://doi.org/10.4067/s0370-41062008000100008>
- Chuvieco. E. (1990). *Fundamentos de teledetección espacial*. Ediciones Rialp. <https://books.google.com.pe/books?id=eJNLSgAACAAJ>
- Cieza T. D. A. (2017). *Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Matara periodos 1991-2003-2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1675>
- Fernández Fierro. A. A. (2019). *Evaluación multitemporal del cambio de cobertura y uso del suelo en la cuenca baja del Río Chambo* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11161>
- Gallegos Chacon. L. E.. & Barriga Paredes. V. Á. M. (2019). *Variabilidad temporal de la vegetación en cuatro zonas impactadas por la minería aurífera mediante el EVI en el periodo 1985-2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>
- Gallo. Q. M. (09 noviembre 2017). *Nuevo Proceso de Formalización Minera Integral* [conferencia]. Jueves Minero. <https://youtu.be/1JCEsvSO9pw>
- Gamarra A. S. E. (2017). *Análisis de la cobertura y uso de la tierra utilizando imágenes de resolución espacial media para el distrito de San Ramón-Chanchamayo-Junín-Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3292>

- Guariguata. M. R., Arce. J., Ammour. T., & Capella. J. L. (2017). Las plantaciones forestales en el Perú: Reflexiones. estatus actual y perspectivas a futuro. In *Las plantaciones forestales en el Perú: Reflexiones. estatus actual y perspectivas a futuro*. <https://doi.org/10.17528/cifor/006461>
- López-Espinoza. E. D., Zavala-Hidalgo. J. y Gómez-Ramos. O. (2012). Weather forecast sensitivity to changes in urban land covers using the WRF model for central México. *Atmosfera*. 25(2). 127–154. https://www.researchgate.net/publication/262617981_Weather_forecast_sensitivity_to_changes_in_urban_land_covers_using_the_WRF_model_for_central_Mexico
- MINAM. (2014). Informe final del proyecto analisis de las dinamicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. *Centro de Documentación Ambiental - Catalogación de la fuente*. 9–70. <http://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>
- Ministerio de energía y minas [MINEM]. (2020). *Calificaciones de PPM y PMA - Ministerio de Energía y Minas*. http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=20&idTitular=7162&idMenu=sub5979&idCateg=1224
- Murillo S. A. (2017). *Análisis de cambio de cobertura y uso actual de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Llacanaora periodo 2001-2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1687>
- Ochochoque. C. J. P. (2017). *Aplicación de la teledetección en el avance de la explotación minera. centro poblado de Malenowski, distrito de Mazuco, región de Madre de Dios*,

- Universidad Nacional del Altiplano-Puno, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4184>
- Pacheco. O. M. (26 junio 2014). *Apoyo de Poderosa en la Formalización de Minería Artesanal* [conferencia]. Jueves Minero. <https://youtu.be/R2xOF-lbKPw>
- Paula. P. A., Zambrano. L., y Paula. P. (2018). Análisis multitemporal de los cambios de la vegetación. en la reserva de producción de fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático. *Enfoque UTE*. 9(2). 125–137. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>
- Rojas-Marín. C. A., Pérez-Gómez. U., & Fernández-Méndez. F. (2018). Dinámica espaciotemporal de los procesos de desertificación y revegetalización natural en el enclave seco de La Tatacoa. Colombia. *Revista Colombiana de Geografía*. 28(1). 134–151. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.63130>
- Rosero M. M. M. (2017). *Análisis multitemporal del uso del suelo y cobertura vegetal de la cuenca del río Tahuando y proyección de cambios al año 2031. en el cantón Ibarra. provincia de Imbabura* [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>
- Rzedowski. J. (1981). *The vegetation of Mexico*. Editorial Limusa. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19810673948>
- Saldaña S. V. A. (2019). *Análisis de cambios de cobertura y uso del Suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay años 2001-2006*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca] <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2990>
- Salinas. W. E., Terrazas. M., Mora. A., & Paredes. C. U. (2020). Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando. Tamaulipas. durante el periodo 1987 a 2017. *CienciaUAT*. 14(2). 160–173. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i2.1298>

- Suárez. S., y Molina. E. (2014). El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Rev. Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(3). 357–363.
- Tang. J., Wang. L., y Yao. Z. (2008). Analyses of urban landscape dynamics using multi-temporal satellite images: A comparison of two petroleum-oriented cities. *Landscape and Urban Planning*. 87(4). 269–278.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.06.011>
- Tarrillo. D. (2020). *Cambio de cobertura y uso de la tierra por actividades antrópicas en el distrito de Chota. periodo 2003-2019* [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/139>
- Vergara-Díaz. G., Sandoval-Vásquez. V. A., & Herrera-Machuca. M. A. (2019). Spatial distribution of forest plantations in southern Chile. an area with a pulp mill. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*. 25(3). 121–135.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.09.045>
- Zevallos P. A. H. (2017). *Instrumento De Gestión Ambiental Correctivo Aplicado A La Exploración Y Explotación Minero Artesanal Informal: Rio Grande, Condesuyos– Región Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal] <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2002>
- Zorogastúa. P., Quiroz. R., & Garatuza. J. (2011). Evaluación de cambios en la cobertura y uso de la tierra con imágenes de satélite en Piura. *Ecología Aplicada*. 10(1). 13–22.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n1/a02v10n1>

IX. Anexos

Anexo A: Matriz de consistencia

Tabla 27

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Variables
¿La actividad minera impactará en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020?	Identificar el impacto por la actividad minera en la cobertura vegetal y uso de la tierra analizando los cambios de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.	La actividad minera impacta en la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad, en el marco temporal 1987-2003-2020.	La cobertura vegetal y uso de la tierra depende de la minería Minería. independiente Cobertura y uso de la tierra. dependiente
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	
¿Con la metodología Corine Land Cover se determinará y Cuantificará la ganancia y pérdida de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad? en el marco temporal 1987-2003-2020?	Determinar y Cuantificar la ganancia y pérdida utilizando la metodología Corine Land Cover de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad. en el marco temporal 1987-2003-2020.	Con la metodología Corine Land Cover se determina y Cuantifica la ganancia y pérdida de la cobertura vegetal y uso de la tierra de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad. en el marco temporal 1987-2003-2020.	
¿Con la clasificación Corine Land Cover se analizará la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra según de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad? en el marco temporal 1987-2003-2020?	Analizar la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra según la clasificación Corine Land Cover de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad. en el marco temporal 1987-2003-2020.	Con la clasificación Corine Land Cover se analiza la transición de la cobertura vegetal y uso de la tierra según de los sectores de Santa María y Maraón en el distrito y provincia de Pataz en La Libertad. en el marco temporal 1987-2003-2020.	

Anexo B: Edición

Figura 43

Selección de imagen Landsat para el área de estudio

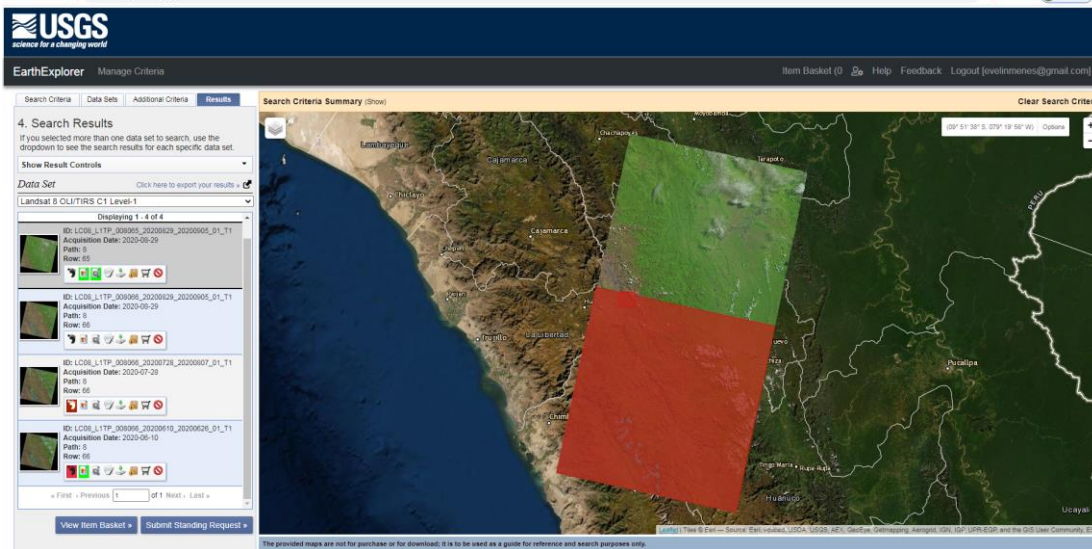


Figura 44

Área de referencia

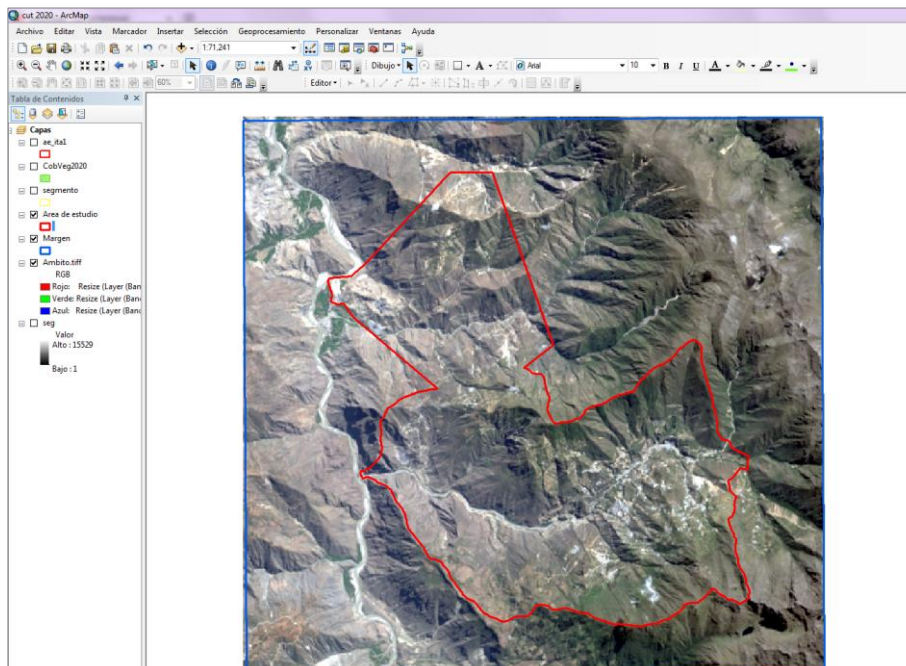
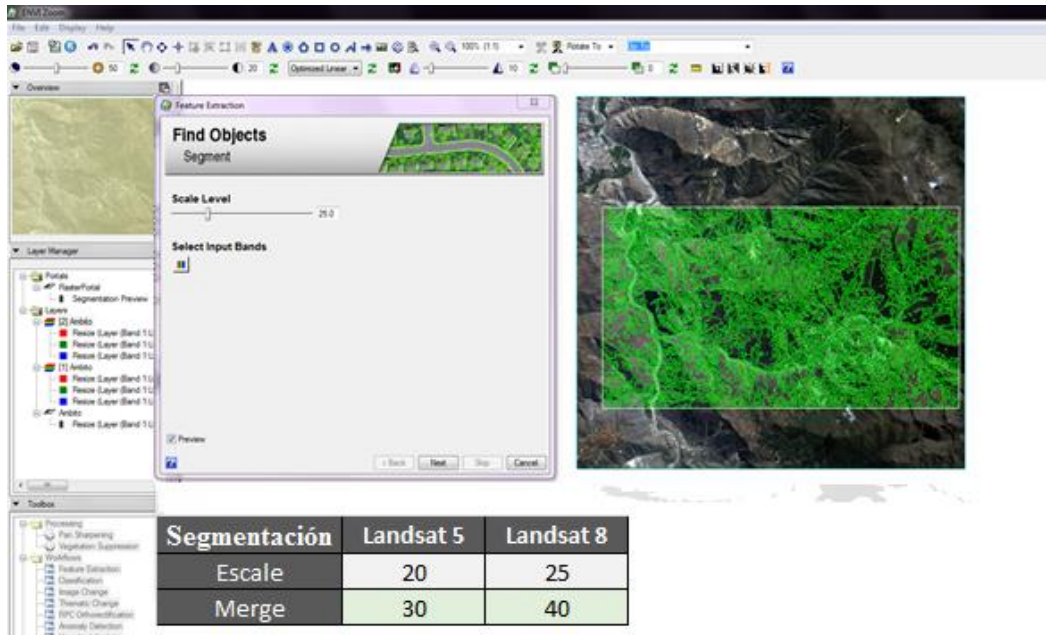


Figura 45

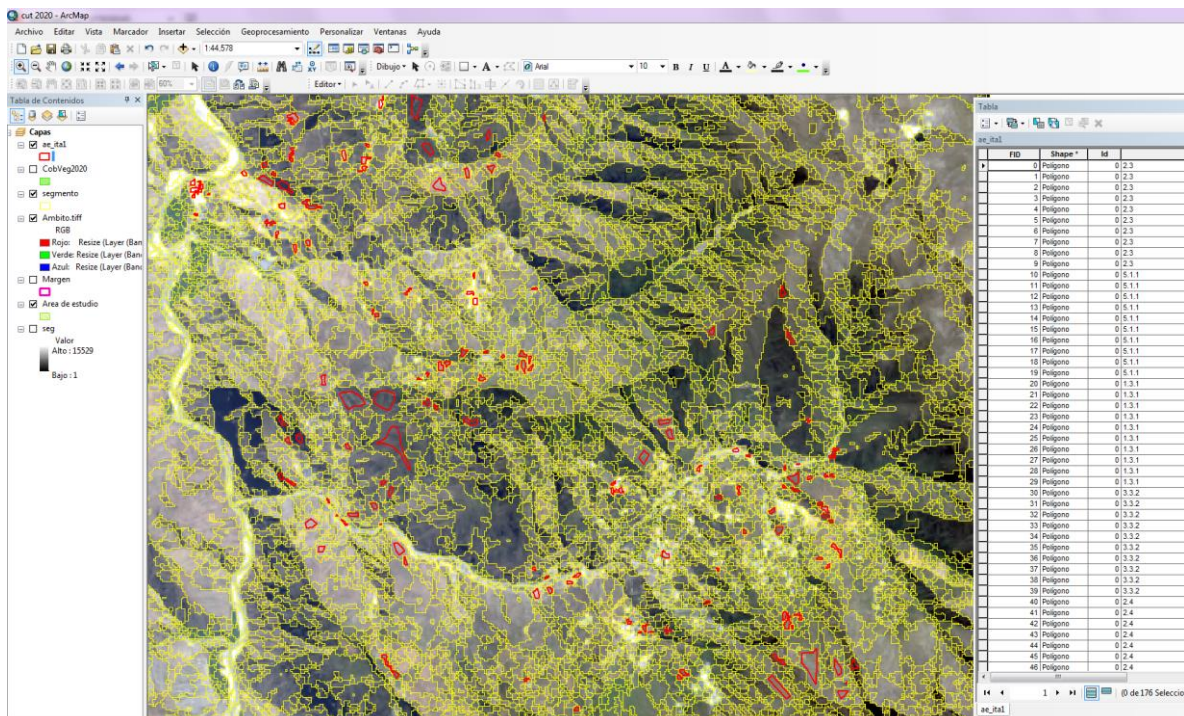
Segmentación del área de estudio



Segmentación	Landsat 5	Landsat 8
Escale	20	25
Merge	30	40

Figura 46

Digitalización de áreas de entrenamiento



FID	Shape *	Size
0	Polígono	0.2,3
1	Polígono	0.2,3
2	Polígono	0.2,3
3	Polígono	0.2,3
4	Polígono	0.2,3
5	Polígono	0.2,3
6	Polígono	0.2,3
7	Polígono	0.2,3
8	Polígono	0.2,3
9	Polígono	0.2,3
10	Polígono	0.5,1,1
11	Polígono	0.5,1,1
12	Polígono	0.5,1,1
13	Polígono	0.5,1,1
14	Polígono	0.5,1,1
15	Polígono	0.5,1,1
16	Polígono	0.5,1,1
17	Polígono	0.5,1,1
18	Polígono	0.5,1,1
19	Polígono	0.5,1,1
20	Polígono	0.1,3,1
21	Polígono	0.1,3,1
22	Polígono	0.1,3,1
23	Polígono	0.1,3,1
24	Polígono	0.1,3,1
25	Polígono	0.1,3,1
26	Polígono	0.1,3,1
27	Polígono	0.1,3,1
28	Polígono	0.1,3,1
29	Polígono	0.1,3,1
30	Polígono	0.1,3,2
31	Polígono	0.1,3,2
32	Polígono	0.1,3,2
33	Polígono	0.1,3,2
34	Polígono	0.1,3,2
35	Polígono	0.1,3,2
36	Polígono	0.1,3,2
37	Polígono	0.1,3,2
38	Polígono	0.1,3,2
39	Polígono	0.1,3,2
40	Polígono	0.2,4
41	Polígono	0.2,4
42	Polígono	0.2,4
43	Polígono	0.2,4
44	Polígono	0.2,4
45	Polígono	0.2,4
46	Polígono	0.2,4

Figura 47

Aplicación de ModelBuilder

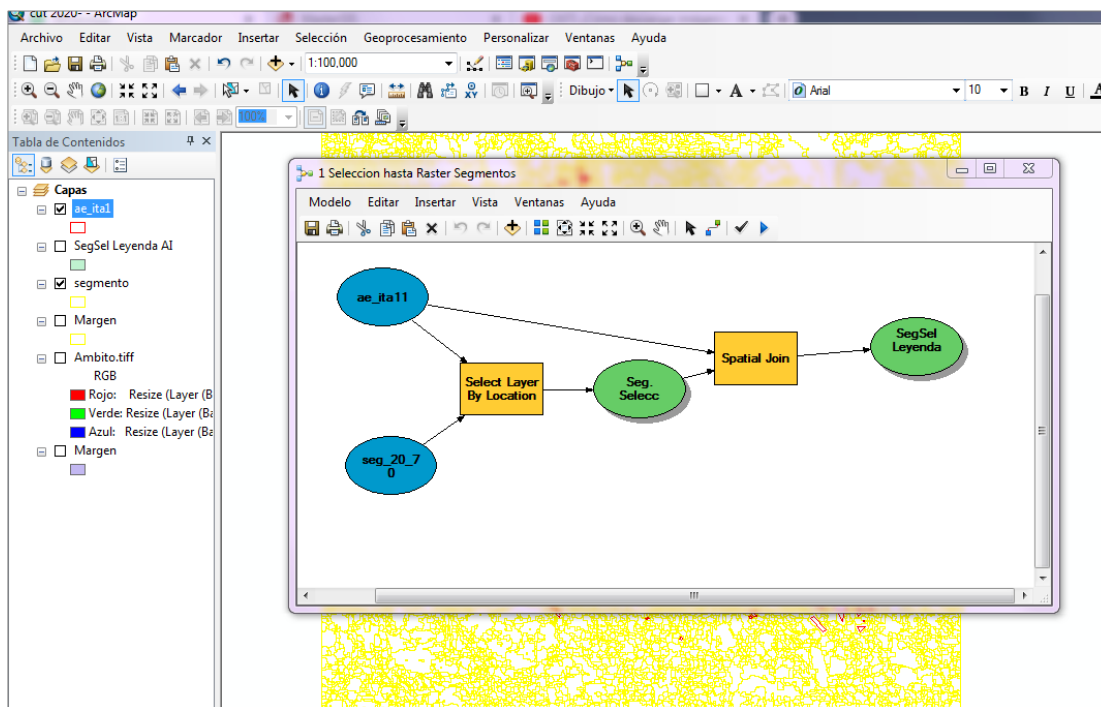
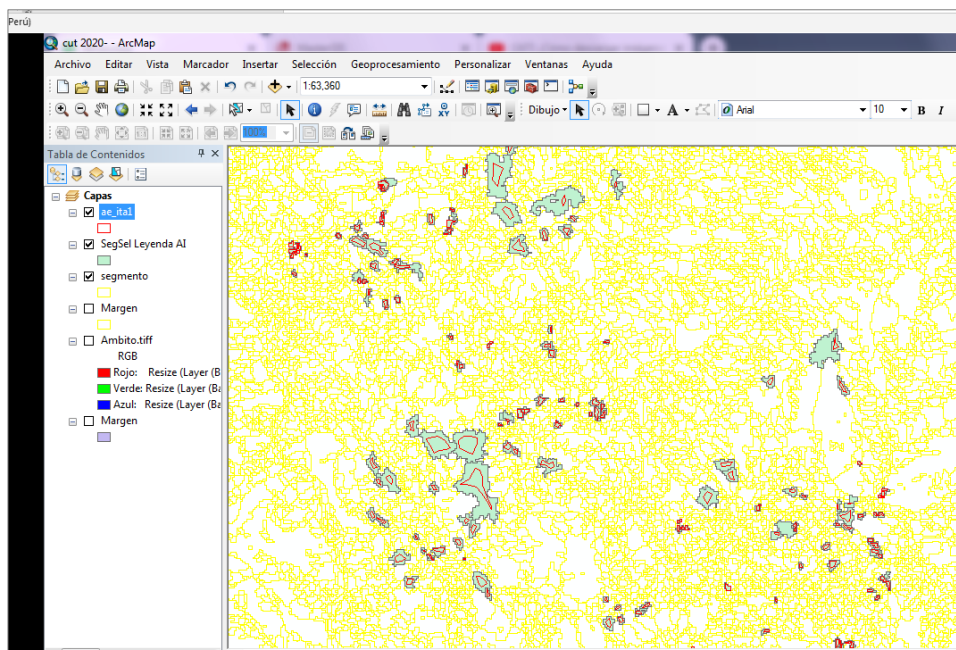






Figura 48

Resultados de la ejecución del ModelBuilder



Anexo C: Panel Fotográfico

<p>Tierras desnudas y Áreas de extracción de minería</p>	<p>Tierras desnudas</p>
 <p>E: 216296 N: 9139374</p>	 <p>E:214603 N:9139898</p>
<p>Tierras desnudas y Áreas de extracción de minería</p>	<p>Tierras desnudas</p>
 <p>E:214569 N:9139938</p>	 <p>E:217047 N:9140623</p>

Anexo D: Presupuesto

Tabla 28

Presupuesto

Actividades	Presupuesto (S/.)
Personal	
01. Ingeniero, responsable de estudio, 7 mes por 7000	49000
01. Ing. Geógrafos especialista en SIG, 7 meses por 5000	35000
01. Ing. Agrónomo especialista en SIG, 7 mes por 5000	35000
01. Ing. Minas, 1 mes por 5000	5000
01. Biólogo, 1 mes por 5000	5000
01. Topógrafo, especialista en Drones, 1 mes x 4000	4000
Bienes	
2 Computadora más impresora y scanner	10000
Equipo de Ingeniería, que incluye: EPP, GPS, cámara fotográfica, Material de escritorio, impresión y fotográfico	5000
Servicios	
Se adquirió 08 pasajes en carro de Ida y Vuelta a Trujillo (S/.100 soles por cada uno).	1600
Se alquiló 02 camioneta/chofer para el transporte del personal técnico de Trujillo al punto donde a realizar el trabajo por 20 días. (\$100 dolares americanos)	16000
Hospedaje 8 personas por 20 días (S/. 70 soles por cada cada uno)	11200
Alimentación y estadía 8 personas por 20 días (S/. 70 soles por cada cada uno)	11200
Alquiler de 01 Drone Phantom 4 RTK, por 20 días (\$130 dólares americanos por día)	10400
Gastos de comunicación, gastos de oficina e imprevistos	2000
8 seguros (STR) x S/400 x 1 mes	3200
TOTAL	219600