

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años
2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, Junín-Perú

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORES

Michael Cristhian Rivera Rosales

Susan Lourdes Hilario Paucar

ASESORES

Natividad Lourdes Artica Cosme

Marilú Tovar Baca

Tarma, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos de los Asesores**Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Datos del Jurado

Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

***Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 030 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:00 a.m. del martes 15 de agosto del 2023, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. Roger Manuel Mestas Valero | presidente |
| 2. Maximiliana Irene Castro Medina | primer miembro |
| 3. Norma Luz Quinteros Camacho | segundo miembro |
| 4. Natividad Lourdes Artica Cosme | asesora |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, Junín-Perú**, que presentan los bachilleres en Ciencias Ambientales **Michael Cristhian Rivera Rosales y Susan Lourdes Hilario Paucar** cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 15 de agosto de 2023.



Roger Manuel Mestas Valero
PRESIDENTE



Maximiliana Irene Castro Medina
1° MIEMBRO



Norma Luz Quinteros Camacho
2° MIEMBRO



Natividad Lourdes Artica Cosme
ASESORA

Anexo 2**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO**

Tarma, 22 de noviembre de 2023

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **Influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, Junín-Perú**, presentado por **Michael Cristhian Rivera Rosales** con código de estudiante **2013100818** y DNI **74089624** y **Susan Lourdes Hilario Paucar** con código de estudiante **2013100950** y DNI **70194369** para optar **el título profesional**/grado académico de Ingeniero Ambiental, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje). * Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y **adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin**, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Natividad Lourdes Artica Cosme
DNI N°: 19863257
ORCID: 0000-0002-2718-858X
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

Michael Cristhian Rivera Rosales:

La presente investigación, es dedicada a mi abuela Sabina Catalina Casimiro Huaccho y de manera muy especial a mi madre: Florencia Miguelina Rosales Casimiro, por ser mi consejera de vida quien en todo momento ha sido mi inspiración, asimismo, a mis hermanas Enma Magdalena, Gisela, Angela y hermano Amilcar, gracias a ellos he culminado mi carrera y mi trabajo de investigación.

De forma muy especial a 2NE1, Damicibom y Murad quienes me han apoyado de forma afectiva en los momentos más difíciles.

Susan Lourdes Hilario Paucar:

El presente estudio, lo dedico a la memoria de mis abuelos quienes dejaron la mejor herencia en la vida que son los valores y la educación, serán mis eternamente ángeles.

A mis padres Elvis Hilario Baldeón y Aguida Paucar Marcos, por el constante apoyo y motivación, quienes siempre estuvieron para mí.

De forma muy especial a mi hermano Ivan, a quien admiro infinitamente por ser un pilar muy importante en mi vida y demostrarme su apoyo a cada momento, hasta culminar esta linda carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), Facultad de Ingeniería Agraria (FIA) - TARMA, en especial a los docentes que contribuyeron en nuestra formación profesional.

A la Mg. Artica Cosme, Natividad Lourdes y Ing. Tovar Baca Marilú por su orientación y asesoramiento en el desarrollo de la presente tesis.

A la Municipalidad Provincial de Tarma, por la facilidad de la información del plan de desarrollo urbano, por otro lado, sobre la zonificación del distrito de Tarma, y, sobre cambio y uso de la tierra en el distrito de Tarma, los cuales no se encontraron ningún estudio.

A la Municipalidad distrital de Palcamayo, a la Bach. María De Los Ángeles Flores, sub gerenta de medio ambiente y limpieza pública, por la movilidad a nuestros puntos de control en la ciudad de Tarma y préstamo de un GPS (Global Positioning System) Navegador Garmin – modelo 72H.

A nuestros amigos de la UCSS Filial Tarma: Mónica Rosales, Ana Lazo, Kathy Lino, Juan León, Greis León y Jhordan Cueva, sin esperar nada a cambio compartieron sus experiencias y conocimientos, tristezas y alegrías, por hacerme sentir en casa durante mis estudios universitarios, por sus apoyos, consejos, por las críticas constructivas en momentos oportunos y lograron que este sueño se haga realidad. Gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas especializadas.....	11
1.2.1. Expansión urbana.....	11
1.2.2. Ecosistema urbano.....	11
1.2.3. Cambio de cobertura de la tierra.....	12
1.2.4. Corine Land Cover (cobertura terrestre).....	13
1.2.5. Validación de mapas.....	14
1.2.6. Matrices de transición y tasa de cambio.....	15
1.2.7. Índice Kappa.....	17
1.2.8. Matriz de confusión.....	18
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
2.1. Diseño de la investigación.....	21

2.2.	Lugar y fecha.....	21
2.3.	Materiales y equipos	29
2.3.1.	Materiales	29
2.3.2.	Equipos y programas	29
2.4.	Población y muestra.....	30
2.5.	Técnicas e instrumentos.....	31
2.6.	Descripción de la investigación	31
2.6.1.	Fase de Gabinete – recopilación de datos.....	32
2.6.2.	Fase de gabinete – Adquisición y acondicionamiento de imágenes satelitales	33
2.6.3.	Fase de campo	42
2.7.	Identificación de las variables y su mensuración	45
2.8.	Análisis estadístico de datos	47
CAPÍTULO III: RESULTADOS		49
3.1.	La expansión urbana en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020	49
3.1.1.	Expansión urbana	49
3.2.	Cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020	50
3.2.1.	Distribución del uso de la tierra del año 2005.....	50
3.2.2.	Distribución del uso de la tierra del año 2020.....	53
3.2.3.	Cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020	58
3.3.	Relación entre la expansión urbana y el cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.....	64
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES		68
4.1.	Expansión urbana en la ciudad de Tarma	68
4.2.	Cambios de uso de la tierra en la ciudad de Tarma.....	69
4.3.	La influencia de la expansión urbana y su relación con el cambio de uso de la tierra de la ciudad de Tarma.....	71
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES		73

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS	75
TERMINOLOGÍA.....	82
APÉNDICES	84

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Uso de tierra a partir del cual se calcula los puntos de control	15
Tabla 2. Matriz de transición y tasa de cambio del uso de tierra	16
Tabla 3. Valor de índice de kappa	18
Tabla 4. Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra.....	19
Tabla 5. Crecimiento poblacional por área urbana y rural 1993-2014 de la Ciudad de.....	24
Tabla 6. Determinación de número de muestras por sub clases de Instituciones Educativas ...	27
Tabla 7. Equipamiento recreativo de la Ciudad de Tarma - 2014.....	27
Tabla 8. Equipamiento de abasto de la ciudad de Tarma 2014	28
Tabla 9. Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra del año 2005	44
Tabla 10. Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra del año 2020	45
Tabla 11. Variables y su mensuración	46
Tabla 12. Uso de la tierra en la ciudad de Tarma	47
Tabla 13. Uso de la tierra de la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020	57
Tabla 14. Matriz de transición y tasa de cambio del uso de tierra de la ciudad de Tarma entre los años 20. 05 y 2020 (datos en hectáreas.....	59
Tabla 15. Resumen de datos obtenidos a lo largo de la investigación	66

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de ubicación del Distrito de Tarma.....	22
Figura 2. Mapa de la ubicación de los límites del casco urbano de la ciudad de Tarma.....	23
Figura 3. El proceso metodológico del área de estudio.....	32
Figura 4. Verificación con el reloj del tiempo de Google Earth con el portal web SASPLANET.....	33
Figura 5. Pasos para descargar las imágenes satelitales de SASPLANET.....	34
Figura 6. Pasos para la delimitación de imágenes satelitales	35
Figura 7. Mapa del casco urbano de la ciudad de Tarma 2005	36
Figura 8. Mapa del casco urbano de la ciudad de Tarma 2020	37
Figura 9. Uso de herramientas Eliminate y Dissolve	39
Figura 10. Cuadro de atributos del mapa de uso de la tierra del año 2005.....	40
Figura 11. Cuadro de atributos del mapa de uso de la tierra del año 2020.....	40
Figura 12. Uso de la herramienta Intersec para calcular la intersección geométrica de los usos de la tierra	41
Figura 13. Cuadro de atributos de cambio de uso de tierras de los años 2005 y 2020.....	42
Figura 14. Mapa de distribución del de uso de la tierra del año 2005.....	51
Figura 15. Área en hectáreas de cada uso de la tierra del año 2005	52
Figura 16. Mapa de distribución del de uso de la tierra del año 2020	54
Figura 17. Área en hectáreas de cada uso de la tierra del año 2020.....	55
Figura 18. Gráfico de barras del área en hectáreas del uso de tierras entre el año 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma	57
Figura 19. Gráfico de barras del área en porcentaje del uso de tierras entre el año 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma	58
Figura 20. Gráfico de barras sobre la ganancia, pérdida y persistencia de los usos de la tierra la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.....	64

ÍNDICES DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Propuesta de la leyenda de cobertura de la tierra – Perú.....	84
Apéndice 2. Imagen satelital de la ciudad de Tarma 2005	85
Apéndice 3. Imagen satelital de la ciudad de Tarma 2020	86
Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005	87
Apéndice 5 Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020	92
Apéndice 6. Distribución de los puntos de muestreo en el mapa de uso de tierras del año 2025.....	97
Apéndice 7. Distribución de los puntos de muestreo en el mapa de uso de tierras del año 2020.....	98
Apéndice 8. Fotografías de las salidas a campo	99
Apéndice 9. Tabla de los puntos de control del año 2020.....	100
Apéndice 10. Puntos de control del año 2005	101
Apéndice 11. Plan de desarrollo urbano 2014 – 2024 para la ciudad de Tarma	102
Apéndice 12. Mapa de distribución del área urbanizada del año 2005	103
Apéndice 13. Mapa de distribución del área agrícola heterogénea del año 2005	104
Apéndice 14. Mapa de distribución del área con vegetación arbustiva del año 2005	105
Apéndice 15. Mapa de distribución del área sin o poca vegetación del año 2005	106
Apéndice 16. Mapa de distribución del área de Bosques del año 2005	107
Apéndice 17. Mapa de distribución del área de herbazal del año 2005	108
Apéndice 18. Mapa de distribución del área urbanizada del año 2020	109
Apéndice 19. Mapa de distribución del área de Bosques del año 2020	110
Apéndice 20. Mapa de distribución del área de herbazal del año 2020	111
Apéndice 21. Mapa de distribución del área agrícola heterogénea del año 2020	112
Apéndice 22. Mapa de distribución del área con vegetación arbustiva del año 2020	113
Apéndice 23. Mapa de distribución del área sin o poca vegetación del año 2020	114
Apéndice 24. Mapa de cambio de uso de tierra en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020.....	115
Apéndice 25. Pérdida de área urbanizada para dar pase a otros usos de la tierra.....	116

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la ciudad de Tarma, que se encuentra ubicada en la zona centro andina de Junín y es considerada como la ciudad de las flores. El objetivo principal de la investigación fue analizar y evaluar la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma. La metodología consistió en la clasificación supervisada, recopilación de información del plan de desarrollo urbano de la municipalidad provincial de Tarma y el análisis digital y visual de las imágenes satelitales de los visores Google Maps y Google Earth obtenidas del portal web SASPLANET, estas fueron procesadas en el programa Arcgis a través de la fase de procesamiento, permitiendo generar mapas y sus estadísticas respectivas del cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma. El resultado obtenido mostró que el área urbanizada incrementó de 279,42 ha para el año 2005 a 414 ha para el año 2020, teniendo una expansión de 134,58 ha entre los años de estudio. Se concluyó que la fuente mayoritaria de superficies para coberturas urbanizadas proviene principalmente de áreas agrícolas heterogéneas (67,99 ha) y la reducción de las superficies de áreas naturales (83,46 ha), esto puede afectar la cobertura vegetal natural.

Palabras clave: Expansión urbana, manejo de tierras, desarrollo urbano y cambio de uso de suelo.

ABSTRACT

The research was carried out in the city of Tarma, which is located in the central Andean area of Junín and is considered the city of flowers. The main objective of the research was to analyze and evaluate the influence of urban expansion on the change in land use between the years 2005 and 2020 in the city of Tarma. The methodology consisted of supervised classification, compilation of information from the urban development plan of the provincial municipality of Tarma and digital and visual analysis of satellite images from Google Maps and Google Earth viewers obtained from the SASPLANET web portal, these were processed in the Arcgis program through the processing phase, allowing the generation of maps and their respective statistics of land use change in the city of Tarma. The result obtained showed that the urbanized area increased from 279,42 ha for the year 2005 to 414 ha for the year 2020, having an expansion of 134,58 ha between the years of study. It was concluded that the majority source of surfaces for urbanized coverage comes mainly from heterogeneous agricultural areas (67,99 ha) and the reduction of the surfaces of natural areas (83,46 ha), this can affect the natural vegetation cover.

Keywords: Urban expansion, land management, urban development and land use change.

INTRODUCCIÓN

El uso de la tierra para uso agrícola en el entorno de las ciudades, especialmente en los países en desarrollo, donde la pertenencia natural es menospreciada socialmente, cuya pérdida incorpora un problema ambiental grave, provocando un desarrollo perturbado que impacta en la calidad de vida al predominar el ámbito de la economía sobre la naturaleza (Lahoz, 2010). El crecimiento desordenado de la zona urbana y el uso de tierras agrícolas en las grandes ciudades se ve con gran preocupación, ya que este reemplazo pone en riesgo la seguridad alimentaria de la humanidad. Según Lahoz (2010) el impacto de la expansión urbana permanece durante muchos años o incluso no alcanza a recuperarse, el uso de las tierras de agricultura para la edificación de infraestructura conduce que en muchas ocasiones puede ser imborrable solo pocas pueden ser reversibles, pero esta última tiene un costo económico muy elevado, asimismo las zonas de vegetación arbórea que tienen una función de sistemas agroforestales, han ayudado a mantener la fauna y flora, y si estas son degradadas por el crecimiento desordenado, puede afectar de forma negativa al ambiente.

Tyler (2007) indica que, desde la perspectiva ambiental, la superficie urbana y las actividades económicas son una aspiradora gigante, que absorben el elemento natural y la diversidad de especies del mundo, estas a su vez desprenden material contaminante, el resultado final es una huella ecológica que sobrepasa el límite. Por ello la falta de una zonificación ecológica económica en la provincia de Tarma, ha llevado a varios conflictos sociales, económicos y ambientales, ya que su falta de cumplimiento al plan de desarrollo urbano no permite distribuir de forma ordenada la población creciente y sus actividades socioeconómicas.

A partir del desequilibrio del uso de la tierra que debería estar determinado en base de la evaluación de sus potencialidades y limitaciones respecto a su componente físico, biológico, social, económico y cultural no se logra acceder a un impulso sostenible. En el Perú atendiendo dicho problema con el Decreto Supremo N° 087-2004-PCM (2004) se aprueba el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), cuyo objetivo es orientar y proveer información

de investigación del uso razonable de los recursos naturales. La Municipalidad provincial de Tarma, puede realizar la zonificación urbana con la información proporcionada por la zonificación ecológica y económica. La municipalidad provincial de Tarma aprueba el plan de desarrollo urbano, de acuerdo con el decreto supremo N° 012-2022-VIVIENDA (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2022), que aprueba el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible.

La influencia de la expansión urbana, ha generado intensos debates por décadas, por los múltiples impactos que provoca tanto en las actividades económicas existentes sobre los recursos naturales. Este crecimiento se ha producido, casi meramente sobre los suelos agrícolas, provocando el desplazamiento de las actividades sectoriales y afectando el potencial productivo del país en términos de producción de alimentos especialmente en la sierra de Perú (Salazar, 2019).

Uno de los principales problemas de la ciudad de Tarma es el crecimiento acelerado y desordenado, especialmente porque muchas de las personas que viven en zonas rurales optan por migrar a la ciudad (Municipalidad Provincial de Tarma, 2014). En el 2017 el distrito de Tarma contaba con 47 775 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2017). Igualmente, el crecimiento de las zonas urbanas del distrito de Tarma ha sido de forma paulatina. Por ello, hace falta tener un monitoreo del crecimiento urbano y tener registros sobre las actividades económicas, sociales y ambientales y su cambio en el uso de la tierra y vegetación.

La presente investigación permitirá determinar la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra en el distrito de Tarma, esta información contribuye en la implementación de una base de datos y fortalecerá el monitoreo de las actividades antropogénicas para el distrito de Tarma.

La evaluación del crecimiento urbano y su impacto en el uso de la tierra agrícola también permitirá conocer los tipos de cobertura de la zona de estudio, como también la identificación de las actividades antrópicas causantes de las permutaciones del uso de la tierra y los cambios que ha sucedido durante el tiempo que se ha fragmentado dicha ciudad. Teniendo como punto referente al cambio de uso de la tierra enfocada principalmente a la influencia de la expansión urbana en espacios naturales, por ende, es necesario la evaluación y análisis de los cambios que se generan.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma, Junín-Perú.

Objetivos específicos

- Evaluar el crecimiento de la expansión urbana en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.
- Determinar los cambios de uso de la tierra ocurridos en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.
- Analizar la relación entre la expansión urbana y el cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Ámbito internacional

Torres (2018) desarrolló una investigación sobre factores biogeográficos y cambios de uso de suelo (2009-2013) en el nicho de *Trogon elegans ambiguus* y *Euptilotis neoxenus* en Chihuahua, México. El objetivo principal fue estimar la distribución permisible de *Trogon elegans ambiguus* y *Euptilotis neoxenus* en Chihuahua y ejecutar el análisis de los cambios de uso de suelo en dos periodos entre los años 2009 y 2013, cuantificándose la pérdida de áreas. La metodología usada para el modelaje del nicho ecológico para Chihuahua fue ejecutada en el software MaxEnt, pues la información de las capas shapefiles y rasters vinieron con diferente datum y tamaño de celdas. Las cartografías de cambios de uso de suelo y cubiertas vegetales estuvieron reclasificadas y homologadas para procesar de forma correcta, esto generó una validación cruzada entre los usos de suelo de cada año para confrontar las matrices de correspondencia. El resultado indicó que *Trogon elegans ambiguus* y *Euptilotis neoxenus* asumieron una disminución de hábitat en los bosques de coníferas y latifoliadas que se convirtieron a zonas agrícolas o pastizales-matorrales, en el caso del *Trogon elegans ambiguus* existen permutaciones en el uso del suelo localizándose en los municipios de Temosachi y Madera. Concluyó que, los modelos de nichos potenciales son mecanismos útiles que facilitan en la identificación de áreas apropiadas para la existencia de las especies.

Camacho *et al.*, (2017) realizaron una investigación con el objetivo de analizar los cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México entre los periodos 2000 - 2007 y 2007 - 2015. En el proceso metodológico usaron la interpretación visual de insumos cartográficos de la zona de estudio para la generación de mapas de uso de suelo y

de vegetación de cada año de investigación. En el diseño de muestreo determinaron 200 puntos de muestreo para el mapa del año 2000 y 250 puntos para el año 2007. El análisis de datos fue mediante la obtención de la matriz de confusión para cada año (2000, 2007 y 2015), los datos obtenidos en dicha matriz sirvieron para calcular los índices de confiabilidad y el medio intervalo de confianza para cada mapa, teniendo en cuenta una confiabilidad estimada de 80 %. Además, con la sobreposición de los mapas obtuvieron los indicadores de cambio (índices de Braimoh y las tasas de cambio). Los resultados expresaron que, para el periodo 2000-2007, las clases de agricultura y bosque disminuyeron, ya que perdió 23,04 y 16,76 ha correspondientemente, en cambio, la clase que aumentó fue el invernadero con 5,19 ha, mientras que el periodo 2007-2015 la agricultura dispó 18,71 ha, traspasando a invernaderos 14,39 ha. Concluyeron que, la pérdida de la superficie agrícola es producto de la implementación y expansión de nuevos espacios destinados a la producción agrícola en invernaderos, condicionados principalmente por factores ambientales y socioeconómicos

Osuna *et al.*, (2014) realizaron una investigación sobre la evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. El objetivo principal fue evaluar el impacto de las actividades antropogénicas en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México entre los años de 1994 – 2010. En el proceso metodológico utilizaron imágenes de satélite Landsat para los años de 1994 y 2010, distinguieron nueve usos y coberturas del suelo: selva, bosques, suelo agrícola, agua, vegetación perturbada, asentamientos urbanos, pastizales, cultivos de cítricos y matorrales, para ello, realizaron una clasificación supervisada usando el clasificador de máxima verosimilitud. La evaluación del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo de la zona de estudio, lo realizaron a través de un enfoque de comparación post-clasificadorio, por ende, utilizaron como instrumento una matriz de transición. Además, la muestra para ejecutar el análisis de resultados fue determinada a través de un muestreo aleatorio estratificado usando un total de 384 píxeles con un 95 % de confianza. Posteriormente, validaron los mapas temáticos obteniendo exactitudes globales mayores a 92 %, y coeficientes de Kappa de 0,89 y 0,91 para las clasificaciones de 1994 y 2010 respectivamente. El resultado del análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a actividades humanas (agricultura y uso urbano),

presentando porcentajes de cambio de 28 y 67 % en un lapso de 16 años. En consecuencia, observaron una disminución (-1,1 % anual) de superficies con coberturas naturales, específicamente de bosques y selvas por la transición de coberturas naturales por el incremento de actividades antropogénicas.

Camacho *et al.*, (2015) realizaron una investigación sobre los cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. El proceso metodológico fue mediante la interpretación de imágenes satélites (Landsat TM) para el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el periodo de 1989 y 2009 en la PSEM, esto les permitió la elaboración de mapas temáticos de uso de suelo y vegetación. En el diseño del muestreo consideraron cuatro categorías de análisis los cuales fueron agropecuario, cuerpos de agua, agricultura tecnificada controlada y asentamientos humanos, con 200 puntos de muestreo para el primer año y 250 sitios de verificación para el segundo año. El análisis de datos fue mediante la obtención de dos matrices de confusión (una para cada año) y, a partir de los datos que perciben cada una de estas, establecieron los índices de confiabilidad. Posteriormente, realizaron la sobreposición de mapas y la construcción de una matriz de cambios, con el cual pudieron determinar las tasas de cambio de la cobertura y el uso de suelo. Como resultado, demostraron que la cobertura del bosque redujo en 19 262 ha, las cuales fueron alterados por las categorías agropecuario (19 113 ha), cuerpos de agua (105 ha), agricultura tecnificada controlada (5 ha) y asentamientos humanos (39 ha). Concluyeron que el área deforestada es resultado de las actividades relacionadas con la agricultura y ganadería.

García (2008) desarrolló una investigación sobre el proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelos y vegetación del Municipio de Juárez, Chihuahua. El objetivo fue conocer el proceso de crecimiento de este asentamiento urbano y su relación con los cambios de uso de suelo y vegetación. En el proceso metodológico usó la cartografía de distribución de cambios de uso de suelos y vegetación y la Matriz de Markov del proyecto de Análisis detallado de la dinámica de los cambios en el municipio de Juárez, Chihuahua, elaborado por José Reyes Díaz Gallegos, permitiéndole identificar una dinámica de cambios de uso de límites de la mancha

urbana. En los resultados obtenidos, demostró que el cambio de usos de suelos benefició al crecimiento de los asentamientos urbanos de la zona de estudio desde el año 1976 al 2007, tuvo un aumento de 29,499 ha con un porcentaje de crecimiento del 487,23 %, pues los asentamientos humanos son los que más transferencia de cobertura recibió, absorbiendo del área agrícola de riego (3 630,6), matorral inerme micrófilo (1 119,8 ha), los proyectos de desarrollo urbano (1 222,7 ha) y de la vegetación de desiertos arenosos (2 015,9 ha). Concluyó que al incremento de las áreas de asentamientos humanos estas degradaron las áreas naturales contiguas al desarrollo urbano; mostrándose los mayores cambios de la configuración espacial de la vegetación.

Ámbito nacional

Maquera (2020) realizó una investigación sobre el análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna, periodo 2007, 2012 y 2017. El proceso metodológico fue mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales LANDSAT y la clasificación supervisada de los diferentes tipos de coberturas a través del Sistema de Clasificación CORINE LAND COVER (CLC). Distinguió 5 clases de uso de tierras del Nivel I: áreas artificializadas, áreas agrícolas, bosques y áreas mayormente naturales, áreas húmedas y superficies de agua. El resultado del análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a las actividades humanas (áreas agrícolas y áreas artificializadas presentando porcentajes de tasa de cambio de 3,10 y 9,71 %, en un lapso de 10 años, respectivamente). Concluyó que, tuvo una disminución de -0,21 % tasa anual de superficies de cobertura bosques y áreas mayormente naturales, específicamente áreas con poca vegetación, encontró similitudes con trabajos realizados a nivel nacional, demostró la transición de coberturas naturales por el incremento de actividades antropogénicas.

Salazar (2019) realizó una investigación sobre la expansión urbana y su impacto ambiental en el uso del suelo de la ciudad de Abancay-Perú. Los objetivos fueron: evaluar el proceso de crecimiento urbano de la ciudad, analizar los cambios de uso de suelo, y evaluar la relación entre la expansión urbana y el cambio de uso de suelos. El proceso metodológico se basó en la

interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, asimismo, en su análisis de datos realizó uso de técnicas de la estadística descriptiva y revisión de la documentación de investigación del Gobierno Regional, Municipalidad Provincial de Abancay y el INEI. Obtuvo como resultado un incremento del uso urbano (residencial) en decrecimiento del uso agrícola durante el período 2007 al 2017, el 63 % del suelo fue predominantemente ocupado por residencias, ocupando una extensión de 245,69 ha, seguido muy de lejos por el uso comercial (9,3 %) y educativo (8 %).

Cuentas (2019) desarrolló una investigación sobre análisis espacio temporal de cambios de uso y cobertura de la tierra en la ciudad de Moquegua y el pueblo de Samegua de 1955 y 2018. Usó la metodología de técnicas de geoprocésamiento y análisis espacial, con información de percepción remota diferente en cada año, para 1955 utilizó aerofotografías y para el 2018 utilizó imágenes satelitales de Google Earth, para cartografiar cinco categorías de uso y cobertura de la tierra de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adecuada por el Ministerio del Ambiente del Perú y para detectar los cambios de uso y cobertura de la tierra aplicó la metodología de la matriz de tabulación cruzada. Los resultados indicaron que la clase “Sin/Poca Vegetación” disminuyó 3 882,59 ha, la clase de “Cuerpo Agua” disminuyó 126,88 ha y la clase de “Yacimiento Arqueológico” redujo en 59,88 ha. Por otro lado, la clase que incrementó es “Zona Agrícola” con 2 469,72 ha, y por la clase “Superficie Artificial” que incrementó 1 835,12 ha. Concluyó que el cambio de uso de suelos de la zona de estudio alteró significativamente en 63 años, representó un cambio de uso y cobertura de la tierra de 33 %, en el cual disminuyeron considerablemente las zonas sin o con poca vegetación, que fueron ocupadas mayoritariamente por las zonas agrícolas y el área de superficie artificial a causa de la urbanización.

Arana (2018) realizó una investigación sobre el crecimiento urbano y su influencia por el cambio de uso de tierras en el Valle del Mantaro. El proceso metodológico se basó en el uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), mediante la fotointerpretación de imágenes Landsat - SPOT y el análisis digital de dichas imágenes, así como el uso de estadísticas para determinados espacios. Construyó un mapa de cobertura de la tierra a escala 1:100 000 cuyas fases fueron: i)

preparación y revisión de imágenes, ii) análisis e interpretación de la información obtenida y definición de uso y iii) cobertura según la clasificación CORINE. Como resultados, encontró un crecimiento urbano acelerado del Valle del Mantaro, especialmente en el último decenio-2005-2015; que, correlacionando con las dimensiones de la variable dependiente, demostró la marcada influencia de este en el cambio de uso de tierras. Por otro lado, que se han generado áreas artificializadas (tejido urbano discontinuo, disperso e incipiente) en las diferentes provincias, siendo las de mayor influencia Huancayo y luego Chupaca, en desmedro de las áreas agrícolas, bosques y áreas mayormente naturales, en especial la vegetación arbustiva/herbáceas. Concluyó que fue Huancayo la que perdió más áreas húmedas y superficies de agua, en tanto Jauja perdió más áreas pantanosas, por tanto, no hay un crecimiento armónico entre la naturaleza y la ciudad, fundamentalmente considerando la huella del carbono.

Alva y León (2017) realizaron una investigación de diseño e implementación de un catálogo de objetos geográficos para la cobertura de la Tierra mediante la leyenda *Corine Land Cover* para el departamento de Ancash – Perú. Tuvieron como objetivo fortalecer la gestión ambiental en el Perú, a partir de la generación de información que apoye a la toma de disposiciones orientadas a la planificación y ordenamiento del territorio. El proceso metodológico refirió que el sistema de clasificación *Corine (Coordination Information Environment)* surgió en Europa en 1985 para la recolección, coordinación y coherencia de la información sobre la situación del medio ambiente en la Unión Europea. Obtuvieron imágenes de libre acceso dadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos, a través del servidor de datos de USGS correspondientes al satélite Landsat 8 LDCM. Con ayuda del software ENVI 5.0 procedieron con el tratamiento digital de imágenes, con lo cual obtuvieron combinaciones de bandas que sirvieron para interpretar los distintos tipos de coberturas. De acuerdo con las combinaciones formadas, pudieron interpretar de una mejor manera de acuerdo a las categorías que muestra el sistema CLC. Finalmente concluyeron que el sistema de clasificación CORINE Land Cover permite fortalecer la gestión ambiental al poder identificar los tipos de cobertura de áreas de bosques, agrícolas y áreas semi naturales, identificaron las áreas de bosques relictos, herbazales, las zonas glaciares y áreas con o sin poca vegetación, que están orientadas a la planificación y ordenamiento del territorio.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Expansión urbana

Dentro de la concepción territorial, tanto las ciudades como las poblaciones de dichas entidades urbanas son más sensibles a los cambios que brindan las nuevas formas de crecimiento urbano. El crecimiento apresurado y desordenado de las ciudades tiene efectos directos en la población tales como la pérdida de áreas verdes (debido al incremento y ampliación de las áreas urbanas en forma de infraestructura desarrollada para satisfacer las necesidades básicas de la población) y otras problemáticas asociadas con el parque automovilístico como son la congestión del tráfico mayoritariamente y contaminación medioambiental (Astorga *et al.*, 2020).

El proceso de expansión urbana es parte de un “ciclo evolutivo de las ciudades”, el cual está ligado a variables económicas, como, por ejemplo: ingreso de los habitantes y las preferencias de los consumidores; el valor de los predios, variables que estarían orientando el crecimiento de nuevas zonas urbanas hacia áreas de borde o periféricas (Gordon y Richardson, 1997).

1.2.2. Ecosistema urbano

Según Amaya (2005), el ecosistema urbano logra ser definido como un espacio parcialmente natural y parcialmente artificial, es decir, de relaciones mutuas, que puede ser de dependencia tal como ocurre entre la ciudad y su entorno, donde el espacio vital suministra los insumos naturales necesarios para la vida urbana. Se caracteriza principalmente por su constante transformación mediante una suerte de simbiosis, es decir, el patrón de cambio de lo rural-urbano, en el cual un uso rural es acondicionado para ubicar residencias u otras actividades netamente urbanas.

1.2.3. Cambio de cobertura de la tierra

Long *et al.* (2007) menciona que en las últimas décadas la investigación relacionada al cambio de uso de la tierra ha atraído la atención de investigadores, así mismo, por la pérdida de cobertura vegetal y el interés de las causas y futuras consecuencias que podría ocasionar, por ello se ha elaborado modelos de patrones de espacio – temporales para la conversión del uso de la tierra.

Rosete *et al.* (2008) refieren que, el incremento poblacional que se ha mostrado en las últimas décadas, así como la demanda de recursos naturales para sobrellevar las necesidades de la población, como también las formas y mecanismos de aprovechamiento de los recursos, muy a menudo mezclados a fuerzas políticas, sociales y económicas, han presentado conflictos sobre los ecosistemas.

Berlanga *et al.* (2010) describen que, durante este proceso de cambio, es común que ocurran una serie de fenómenos naturales, tales como huracanes e incendios, que afectan de manera importante en la pérdida de cobertura vegetal. Por otro lado, principalmente son las actividades antrópicas las causantes de los efectos de cambio de uso de la cobertura.

Por su parte, Falcón (2014) indica que para percibir los procesos se debe saber diferenciar los términos, tales como la cobertura de superficies naturales o artificiales que cubren la tierra, ya que pueden ser de origen natural como lagunas, sabanas y bosques, entre otros; como también los antrópicos construidos por el hombre. El uso de la tierra es resultado de las actividades económicas y productivas, la particularidad del uso de la tierra se interrelaciona con los factores naturales y físicos.

1.2.4. Corine Land Cover (cobertura terrestre)

Las coberturas de la tierra facilitan información primordial para numerosos procesos nacionales como los mapas de ordenamiento de cuencas, ecosistemas, territorios y sus conflictos por su uso, distribución general de medios productivos, procesos de seguimiento a la degradación de bosques e inventarios agrícolas, etc. (Rodríguez y Rojas, 2020).

La metodología *Corine Land Cover (Coordination of Information on the Environmental)*, la cual decidió acoger el Perú mediante la entidad competente el Ministerio del Ambiente con la finalidad de facilitar la elaboración de inventarios de mapas, permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra considerando su diversidad a nivel nacional. De esa manera queda detallado de alguna forma la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite analizada por computador generando a su vez de una base de datos geográfica (Rodríguez y Rojas, 2020).

El Ministerio del Ambiente de acuerdo a sus atribuciones dio a conocer el informe del proyecto de análisis de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina; dicho proyecto tuvo el objetivo de fortalecer la gestión ambiental en el Perú a partir de la generación de información que apoya a la toma de disposiciones orientada a la planificación y ordenamiento del territorio. Por ello, diseñó una propuesta de categorización del uso de la tierra aplicable al ámbito nacional con el correspondiente desarrollo metodológico (ver Apéndice 1) (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2014).

El Ministerio del Ambiente, para el fortalecer la propuesta en materia de Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial N° 081-2016-MINAM (2016) que aprueba el Procedimiento Técnico y Metodológico para la Elaboración del Estudio Especializado de Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra.

1.2.5. Validación de mapas

En el Perú, la Dirección General de Ordenamiento Territorial (2014) realizó un protocolo de evaluación de la exactitud temática del mapa de deforestación. Detalla el grado de fidelidad de los atributos asignados a los elementos de la base de datos en relación con su verdadera característica representada en el mundo real. Actualmente muchos procesos de validación se efectúan apoyados en Cochran (1977) debido a que relaciona la superficie de diferentes estratos temáticos y el número de muestras necesarias para obtener un porcentaje de confianza definida por el productor, así mismo, obtener los puntos de control para el muestreo en campo (Tabla 1). A continuación, se presenta la fórmula de Cochran 1977.

$$N = \frac{S^2 * P * q}{E^2}$$

Donde:

- S: es una constante que depende del nivel de confianza asignada.
- P: indica el porcentaje de aciertos estimados, establecido por el área de la clase.
- Q: es el porcentaje de errores estimados.
- E: es el nivel permitido de error.

La cantidad de puntos de control para cada uso de tierra, fue distribuido de manera heterogénea en toda el área de validación, por ello, se calculó el área de cada uso de tierra y el porcentaje, para la fórmula antes mencionada toma el valor de P (Tabla 1).

Tabla 1*Uso de tierra a partir del cual se calcula los puntos de control*

Clase	Superficie	Porcentaje (P)	Puntos de control
Área urbanizada	ha	%	N
Área agrícola heterogénea	ha	%	N
Herbazal	ha	%	N
Bosques	ha	%	N
Área sin o poca vegetación	ha	%	N
Áreas con vegetación arbustiva	ha	%	N

Nota. Elaboración propia adaptado de la Dirección General de Ordenamiento Territorial (2014). Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-Validacion-Mapa-Deforestacion.pdf>

1.2.6. Matrices de transición y tasa de cambio

Según Falcón (2014), las matrices de transición son parte de la metodología para la identificación de los procesos de cambio en la cobertura y uso de la tierra, a través de la superposición de por lo menos dos mapas con diferentes fechas y evaluar los resultados en la matriz de transición, con lo que se permite identificar de manera eficiente los cambios entre categorías. Dicha matriz de transición se ordena entre las categorías: fecha inicial (T1) que se acomoda en los renglones y las categorías de fecha final (T2) en las columnas, con lo cual solo la diagonal de la matriz muestra la cantidad total del paisaje estable entre una fecha y otra, y el resto corresponde a todas las combinaciones posibles de intercambio entre categorías (Tabla 2 y 13).

La tasa de cambio (Tabla 2 y 13) fue generalmente para saber el porcentaje de cambio que ha transcurrido entre los usos de la tierra con referencia a los años 2005 y 2020, utilizando la siguiente ecuación (Food and Agriculture Organization [FAO], 1996).

$$tc = \left[\left(S_2 / S_1 \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

Donde:

Tc: tasa de cambio (en %)

S₂: superficie en la fecha inicial

S₁: superficie en la fecha final

n: diferencia de años entre la fecha inicial y final

Tabla 2

Matriz de transición y tasa de cambio del uso de tierra

		2020							
		Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo	total 2020	Tasa de cambio anual (%)
2005	Área urbanizada								
	Área agrícola heterogénea								
	herbazal								
	Bosques								
	Área sin o poca vegetación								
	Áreas con vegetación arbustivo								
Total 2005									

1.2.7. Índice Kappa

Carletta (1996) indica que “el Índice kappa es la medida estadística que utiliza la proporción al azar relacionado con los elementos cualitativos observados” (p.4). Por lo que refleja lo observado en tablas, para la evaluación de concordancia de tres o más puntos de muestreo. En el coeficiente Kappa el resultado cercano a +1, el nivel es de mayor correlación, al contrario, cuando es cercano a -1, el nivel es de menor correlación. Un valor de $k = 0$ manifiesta que la correlación observada es necesariamente la que se espera (Cerdea y Villarroel, 2008).

La ecuación del índice kappa es de la siguiente forma:

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

Donde:

- P_o : Proporción de puntos observados
- P_e : la proporción de acuerdos esperados

El máximo valor de confiabilidad posible corresponde a $k = 1$, por otro lado, si es menor, $k < 0$, el mínimo valor de k dependerá de las distribuciones marginales.

Al momento que se interpreta el resultado de k es necesario tener el cuadro que muestra la escala de fuerza de concordancia según el valor obtenido, como lo muestra la Tabla 3.

Tabla 3*Valor de índice de kappa*

Valor de k	Fuerza de la concordancia
> 0,20	Pobre
0,21 – 0,40	Débil
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Buena
0,81 – 1,00	Muy Buena

Nota. Medidas de concordancia: el índice de Kappa, Vélchez (2017). Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Chetilla, periodo 1990-2003-2016. <http://190.116.36.86/handle/UNC/2609>

Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el índice de kappa, dónde el resultado de porcentaje de similitud se traspasa a indicadores numéricos (Tabla 3) (Rodríguez, 2011).

1.2.8. Matriz de confusión

La matriz de confusión (C) o contingencia, permite comparar dos clasificaciones: una definida por el usuario como base y la otra que se desea evaluar. Se elabora 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 3 tipos de exactitud: exactitud global, exactitud del usuario, exactitud del productor (Tabla 4) (Rodríguez, 2011).

Tabla 4*Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra*

	Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	Herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo	total	Exactitud Usuario %
Área urbanizada								
Área agrícola heterogénea								
Herbazal								
Bosques								
Área sin o poca vegetación								
Áreas con vegetación arbustivo								
Total							total de coincidencia	Exactitud Global %
Exactitud Productor %								

Nota. Elaboración propia adaptado de Falcon (2014). Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México. <http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707773/0707773.pdf>

- Exactitud Global (EG)

Indica la exactitud del conjunto de las clases del método a evaluar.

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

X_{ii}: diagonal mayor que C

N: número total de puntos de muestreo

r: número de filas de la matriz

- Exactitud de Usuario (EU)

Es el acertamiento de una clase en particular respecto a toda la clasificación.

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

X_{ii}: 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.

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

X_{ii}: diagonal de dicha columna

X_{+i}: totales marginales de la columna i

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación fue de tipo descriptivo no experimental, ya que no se manipuló las variables o muestras, Hernández *et al.* (2010) indican que este tipo investigación se observa el fenómeno tal y como se da en su contexto natural, para después analizarlo. Puesto que se analizó la expansión urbana en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020.

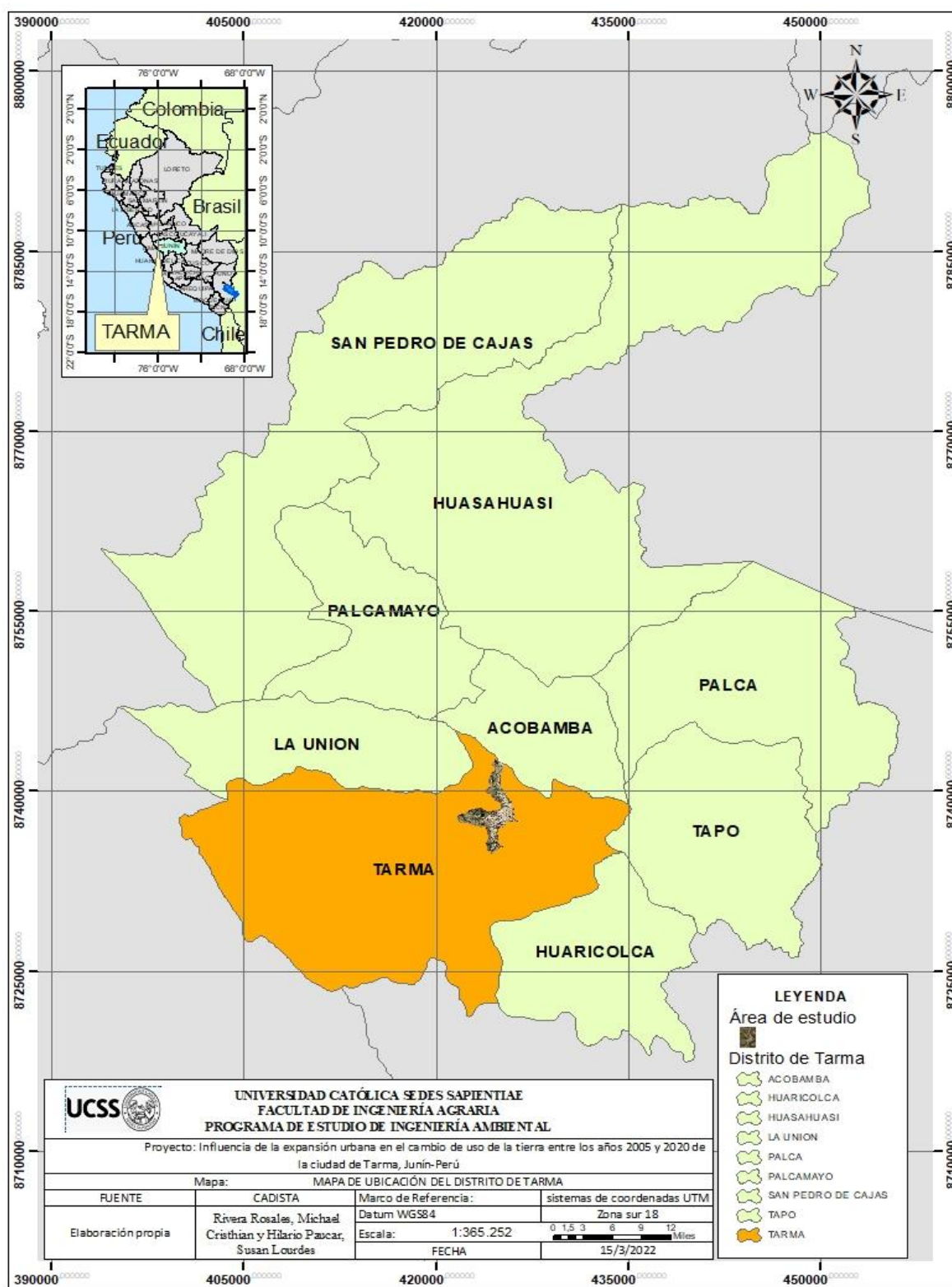
La tesis de investigación fue de enfoque cuantitativo y cualitativo de acuerdo con Hernández *et al.* (2010), cuantitativo puesto que consistió en evaluar y cuantificar la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra, teniendo como soporte las imágenes de satélite del año 2005 y 2020 de dicho lugar, se evaluó los usos de la tierra y posteriormente una comparación, así se obtuvieron los resultados deseados, por otro lado, cualitativo porque a base de la observación de los resultados se describió los tipos de uso de la tierra y de cobertura vegetal.

2.2. Lugar y fecha

La investigación se realizó en el distrito de Tarma, que se encuentra ubicado en la provincia de Tarma, departamento de Junín, Perú (Figura 1), con una población de 47 775 habitantes en el año 2017 según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), el trabajo de investigación se desarrolló en 8 meses, entre el periodo de setiembre del 2021 al mes de abril del 2022.

Figura 1

Mapa de ubicación del Distrito de Tarma

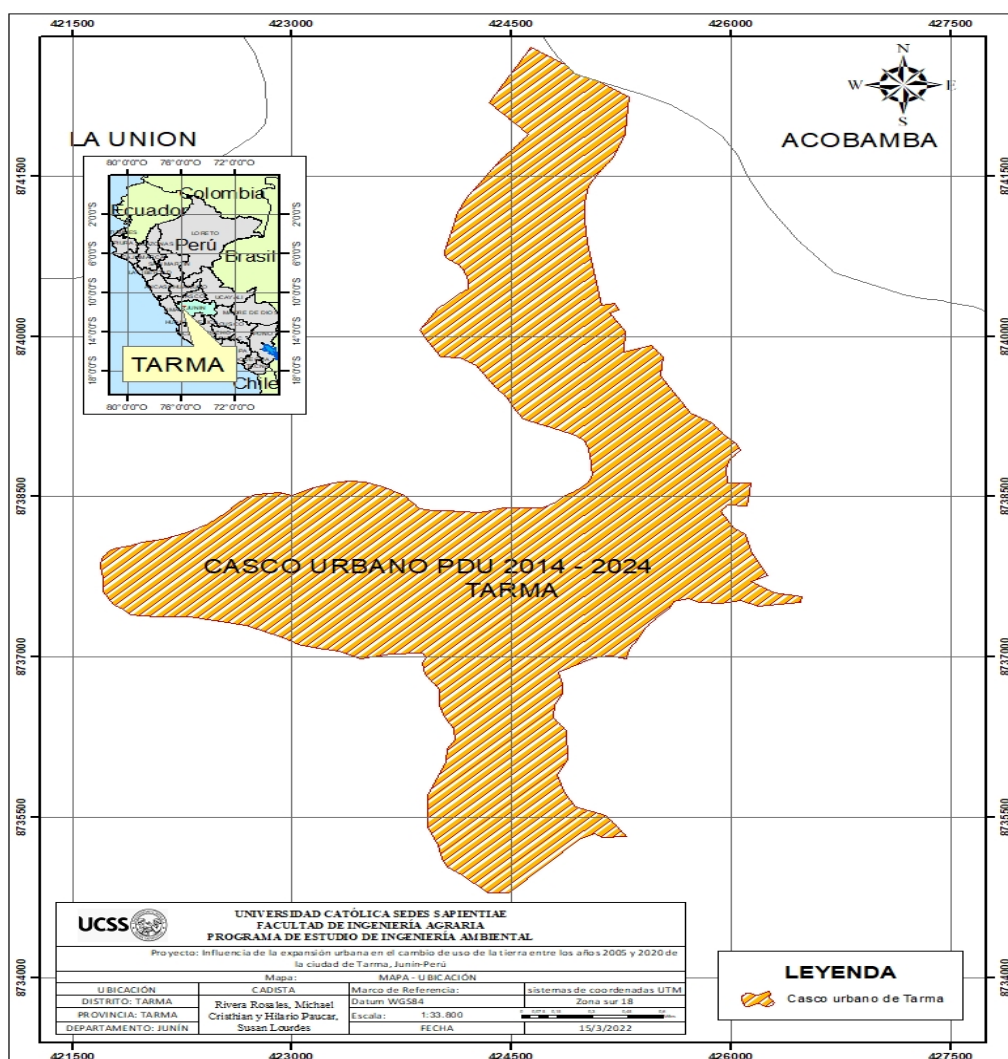


Ubicación

La población se encuentra ubicada en la ciudad de Tarma. Es referentemente toda el área que se encuentra dentro del límite urbano de la ciudad de Tarma que abarca un total de 1 131,5 ha según se determinó con el Plan de Desarrollo Urbano de Tarma 2014-2024 (Figura 2), se ubica geográficamente en las coordenadas UTM 18 L N 8737492 y E 425028.

Figura 2

Mapa de la ubicación de los límites del casco urbano de la ciudad de Tarma



Geología y fisiografía

En cuanto a la morfología la ciudad de Tarma, presenta un paisaje montañoso, corresponde de una forma accidentada por la zona periférica de la ciudad, muestra una topografía estable y en las partes centrales de la ciudad se puede apreciar una planicie alargada. La planicie está rodeada por cerros que constituyen por flancos de pendientes pronunciadas, lomadas, laderas, quebradas, abras y pequeñas llanuras (ver Apéndice 6 y 7). Por ello, la ciudad de Tarma está localizada en el Centro y en la planicie alargada de Norte, Oeste y Sur (ver Apéndice 12 y 16).

Aspectos socioeconómicos y demográficos

La ciudad de Tarma tiene un crecimiento vertiginoso en la población debido a la oportunidad de trabajo y por la extracción de productos, entre otras (Tabla 5).

Tabla 5

Crecimiento poblacional por área urbana y rural 1993-2014 de la Ciudad de Tarma

Distrito de Tarma					
Año	1993	2005	2007	2014	2020
Total	21 432	52 680	59 165	76 749	92 373

Nota. Elaboración propia adaptado de INEI (2007). Censo Nacional de Población y Vivienda (2007). <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>. Y Municipalidad provincial de Tarma (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos Municipales del distrito de Tarma 2019. https://munitarma.gob.pe/files/pdf/instrumentos_gestion/Eva_Pei_2020.pdf.

En lo referido a la ocupación del territorio para viviendas estas se describen por ser diferentes a otras ciudades, ya que se ubican una variedad de asentamientos humanos espontáneos, es decir, se efectuaron mediante invasiones de terrenos en unos casos de propiedad privada y en otros en zonas de riesgos. Posteriormente los pobladores ejecutan un trámite de regularización de habilitación urbana, y la Municipalidad Provincial de Tarma dentro del plan de desarrollo urbano, les otorga áreas para en la zona planicie alargada de la ciudad, para prevenir las construcciones en zonas de alto riesgo o en una pendiente alta (ver Apéndice 11).

La dinámica de la actividad económica de la ciudad de Tarma

Se basa fundamentalmente en actividades primario-extractivas (agricultura, pecuaria, extracción forestal, etc.) y terciarios - servicios (comercio y turismo). La actividad agrícola se caracteriza por la productividad de especies de hortalizas, como consecuencia de la tecnología tradicional, que lamentablemente generan escasos ingresos económicos al poblador rural.

La ciudad de Tarma posee un importante potencial turístico, orientado hacia la recreación-aventura y la arqueológica. Sin embargo, no se encuentra adecuadamente explotado, además, los centros poblados carecen de infraestructura turística para captar ingresos, las limitaciones de articulación vial requieren de la construcción de infraestructura de apoyo y de interconexión.

Morfología urbana y trama urbana

La trama o al entramado urbano en la ciudad de Tarma, es el producto de las distintas fases de desarrollo y el proceso de urbanización, la peculiar morfología de un área de la ciudad consecuente de la manera de articularse entre sí los espacios públicos y parcelados. La forma de la ciudad está definida por su dimensión que recae en los trazos de sus vías de circulación que van desde las arterias principales hasta las pequeñas calles (ver Apéndice 11).

Uso urbano

El uso residencial pertenece a la zona de densidad media, mientras que, en el centro y zonas periféricas de la ciudad le corresponde una densidad baja y media, estas zonas están compuestas por manzaneos en terrenos privados e invasiones informales de terrenos para residencias.

El uso comercial a nivel general 781 establecimientos de comercio según Municipalidad Provincial de Tarma (2019), se han descrito de tres tipos de comercio:

- Comercio zonal 106, se ha localizado en la parte central de la ciudad de Tarma, con las tiendas comerciales grandes y de mayor productividad, los servicios y principales instituciones.
- Comercio vecinal 648, se localiza a lo largo de calles y avenidas, dispersado por toda la ciudad de Tarma, con comercios pequeños, pero, a su vez difieren de varios tipos de venta de productos, ya sea hoteles, restaurantes, tiendas.
- Comercio especializado 27, se localiza de forma uniforme y continua el mismo producto, como tiendas de ropa, ferreterías, librerías.

Equipamiento, son los lugares que ofrecen servicio a la población en salud, comercial, educación y recreación.

La ciudad de Tarma, tiene 1 hospital, centro de salud 1 y 16 clínicas, según la sub gerencia de desarrollo social y económico.

La ciudad de Tarma tiene 13 instituciones educativas superiores, entre colegios de educación primaria, secundaria e inicial tiene 164 según la Municipalidad Provincial de Tarma (2019) (Tabla 6).

Tabla 6*Determinación de número de muestras por sub clases de Instituciones Educativas*

Sub clase de instituciones educativas	Cantidad	Determinación de números de muestra	Total
Instituciones educativas superiores con más de 200 alumnos	7	2	2
Instituciones educativas superiores con menos de 200 alumnos	6	2	2
Colegios con más de 200 alumnos	17	4	4
Colegios con menos de 200 alumnos	147	29	10
Total	177		18

Nota. Municipalidad provincial de Tarma (2019), adaptado de la Guía de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. https://munitarma.gob.pe/files/pdf/instrumentos_gestion/Eva_Pei_2020.pdf

La ciudad de Tarma tiene 5 áreas de uso recreacional (Tabla 7).

Tabla 7*Equipamiento recreativo de la Ciudad de Tarma - 2014*

Tipo	Normativo	Existente		Déficit	
	(ha)	(ha)	%	(ha)	%
Áreas deportivas	13,21	4,80	36	8,41	64
Parques (2)	13,21	3,30	25	9,91	75
Parque zonal (3)	10,57	0,00	0,00	10,57	100

Nota. Municipalidad Provincial de Tarma (2014). Plan de Desarrollo Urbano de Tarma. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-plan-de-desarrollo-urbano-pdu-de-la-ciudad-tar-ordenanza-no-028-cmt-1342016-1/>

La ciudad de Tarma tiene 7 equipamientos de mercados de abasto de comercialización, siendo el mercado megaproyecto el cual tiene un mercadeo por mayor e influencia de mayor movimiento económico en la ciudad, distribuyendo productos a varios departamentos del centro y Lima (Tabla 8).

Tabla 8

Equipamiento de abasto de la ciudad de Tarma 2014

Tipo	N° de puestos	N° de locales
Mercado Modelo	149	1
Mercado 2 de mayo	178	1
Mercado Asunción	88	1
Mercado Mayorista	441	1
Mercado	1250	1
Megaproyecto		
Mercado Unión Tarma	42	1
Mercado Techado Rio Tarma	101	1
Total	2249	7

Nota. Municipalidad Provincial de Tarma (2014). Plan de Desarrollo Urbano de Tarma. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-plan-de-desarrollo-urbano-pdu-de-la-ciudad-tar-ordenanza-no-028-cmt-1342016-1/>

El uso industrial, está constituida principalmente por talleres de mecánica automotriz, ubicados en Francisco de Paula Otero, Manuel A. Odría, Túpac Amaru y Juan Santos Atahualpa, además, existen carpinterías y fábricas de carrocerías en la carretera central. Por otro lado, existen actividades relacionadas con la agroindustria e industrias alimentarias.

2.3. Materiales y equipos

2.3.1. Materiales

Materiales cartográficos

- Imagen de alta resolución del satélite QuickBird, fue obtenida del portal Web SASPLANET y Google Earth del año 2005 con una resolución de 1,46 metros (ver Apéndice 2)
- Imagen de alta resolución del satélite WORLDVIEW-3, fue obtenida del portal Web SASPLANET y Google Earth del año 2020 con una resolución de 1,25 metros (ver Apéndice 3)
- Cartografía de la zonificación de Tarma en formato digital obtenido del Plan de Desarrollo Urbano de Tarma 2014-2024 (ver Apéndice 11)

Materiales de campo

- Libreta de campo
- Útiles de escritorio
- Ficha de datos de campo (ver Apéndice 4 y 5)
- Tabla con agarradera y Libreta de apunte
- Wincha
- Trípode (para cámara)

2.3.2. Equipos y programas

Equipos

- GPS (Global Positioning System) Navegador Garmin – modelo 72H, con un margen de error de 3 metros, en comparación del tamaño del pixel de 1,45 m de las imágenes satelitales
- Computadora y laptop

- Impresora
- Cámara fotográfica

Programas

- ArcGis 10.8. versión demo
- Microsoft Excel
- Microsoft Word

2.4. Población y muestra

Población

La población lo conformó toda el área ocupada de la ciudad de Tarma. Es referentemente el área urbanizada, área agrícola, herbazal, bosques, área sin o poco vegetación y áreas con vegetación arbustiva que se encuentra dentro del límite urbano de la ciudad de Tarma que abarca un total de 1 131,5 ha según se determinó con el Plan de Desarrollo Urbano de Tarma 2014-2024 (Figura 2).

Muestra

El tamaño de muestra estuvo referido al número de puntos de muestreo para estimar la confiabilidad de los mapas, por lo cual se estableció 76 puntos de muestreo ver Apéndice 9 y 10) según la fórmula Cochran (1977), distribuido de manera heterogénea siguiendo el algoritmo de Máxima verosimilitud en todo el ámbito de la ciudad de acuerdo al tamaño del área de uso de la tierra y su porcentaje (ver Apéndice 6 y 7) para la verificación in situ de los puntos de muestreo a través de la matriz de Confusión de los años 2005 y 2020 (ver Apéndice 4 y 5).

2.5. Técnicas e instrumentos

La recolección de datos se realizó con técnicas de observación directa e indirecta. Para la observación directa se empleó como instrumentos fichas de campo, registros fotográficos y GPS, mientras que, para la observación indirecta se empleó como instrumentos los mapas e imágenes satelitales. A partir de los datos obtenidos se realizó el procesamiento de imágenes satelitales, la clasificación supervisada y la validación de datos, para su posterior interpretación y análisis.

Fiabilidad de los resultados. El nivel de confiabilidad de los mapas temáticos que se ha obtenido a partir de la verificación *in situ* de los puntos de muestreo, con la finalidad de comprobar la clasificación de coberturas y verificar la respectiva correspondencia a la clase que pertenece (Tabla 9 y 10).

Matriz de confusión. Las medidas de exactitud, se toman resultados aleatorios, que pueden llevar a interpretaciones sesgadas del método. Para corregir los tipos de exactitud, se utiliza el índice de kappa, donde el resultado de porcentaje de similitud se traspassa a indicadores numéricos (Tabla 9 y 10) (Rodríguez, 2011).

Matriz de transición. Para obtener los resultados de la matriz de transición (Tabla 14), seleccionando los resultados antes mencionados para combinar los polígonos; así mismo mantener los atributos del uso de la tierra antes asignado.

Tasa de cambio anual. Por otro lado, en la misma matriz de transición se agregará la tasa de cambio, el resultado de la ecuación entre la superficie de la fecha inicial en este caso del 2005 y la superficie de la fecha final que en este caso es el 2020 (Tabla 14).

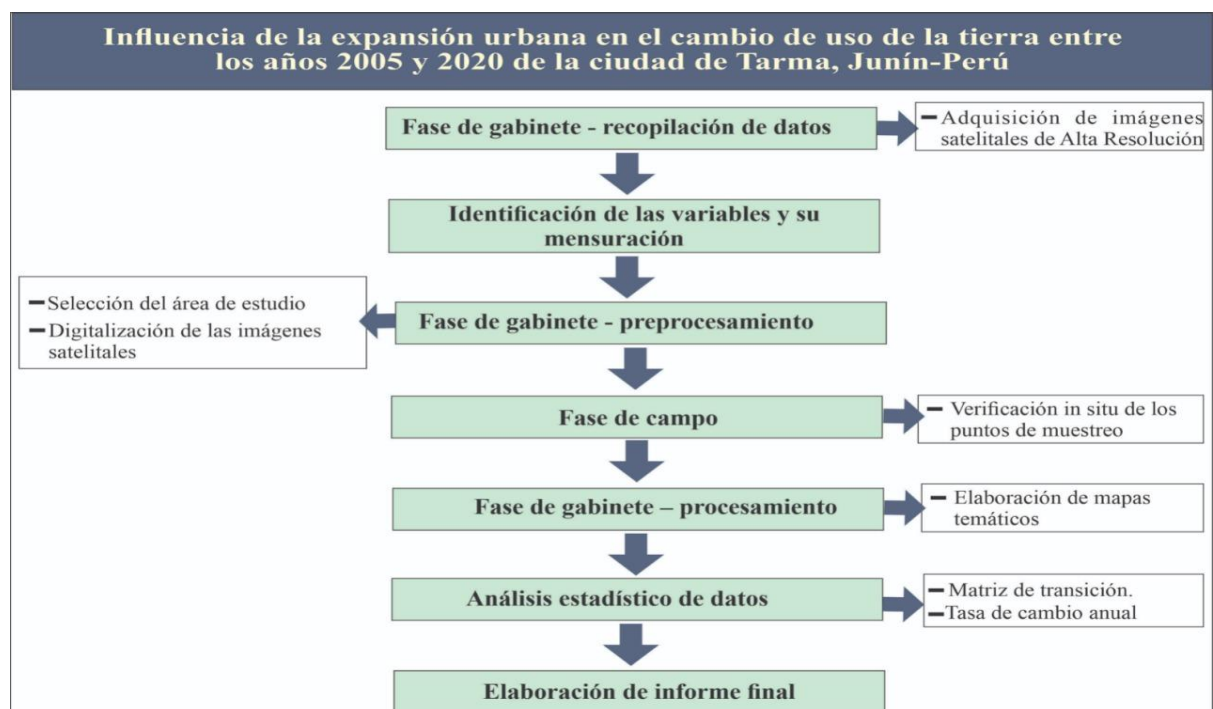
2.6. Descripción de la investigación

La investigación de la influencia de la expansión urbana en el cambio del uso de tierra, estuvo compuesta principalmente por la fase de gabinete y fase de campo, el cual se precisa que la

metodología usada tomó como referencia la del MINAM aprobada por la Dirección general de ordenamiento territorial (Ministerio del Ambiente [MINAM] 2014), y es usada por diferentes instituciones en los tres niveles de gobierno. Para ello se tuvo en cuenta los siguientes pasos (Figura 3).

Figura 3

El proceso metodológico del área de estudio



Nota. Elaboración propia adaptado de Ministerio del Ambiente ([MINAM] 2014). Informe final del proyecto análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. <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>

2.6.1. Fase de Gabinete – recopilación de datos

Para analizar la relación entre la expansión urbana y el cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma, se utilizó datos de imágenes satelitales y se consultó el mapa del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Tarma 2014-2024, elaborado por la Municipalidad Provincial de Tarma (2014). Para el análisis la información recopilada se utilizó técnicas de la estadística descriptiva presentando tablas, resumen y gráficos.

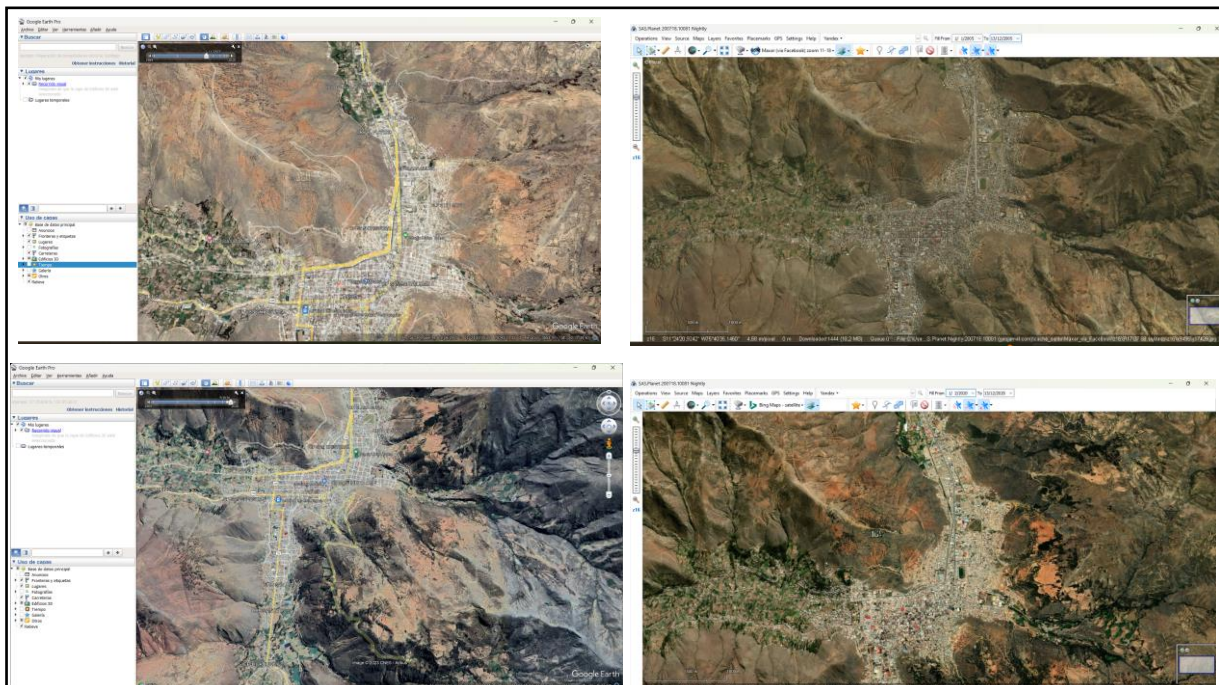
Por otro lado, para la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de tierra, se determinó los cambios de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020, se realizó los siguientes procedimientos de preprocesamiento, procesamiento, fiabilidad de resultados y recopilación de datos en las fichas y tablas mencionados más adelante.

2.6.2. Fase de gabinete – Adquisición y acondicionamiento de imágenes satelitales

Adquisición de imágenes satelitales de Alta Resolución. Se obtuvieron las imágenes de los años 2005 con tamaño Pixel de 1,46 m (ver Apéndice 2) del satélite QUICK BIRD y 2020 con tamaño pixel de 1,25 m (ver Apéndice 3) del satélite WORLDVIEW-3 del distrito de Tarma, cabe mencionar que en el portal web SASPLANET al efectuar las descargas de las imágenes satelitales contaban con la corrección geográfica y estaban georreferenciadas en la zona WGS84 – 18 sur a la cual pertenece el distrito de Tarma donde se realizó la investigación, para configurar las fechas de imágenes se procedió a verificar con el reloj del tiempo de Google Earth (Figura 4).

Figura 4

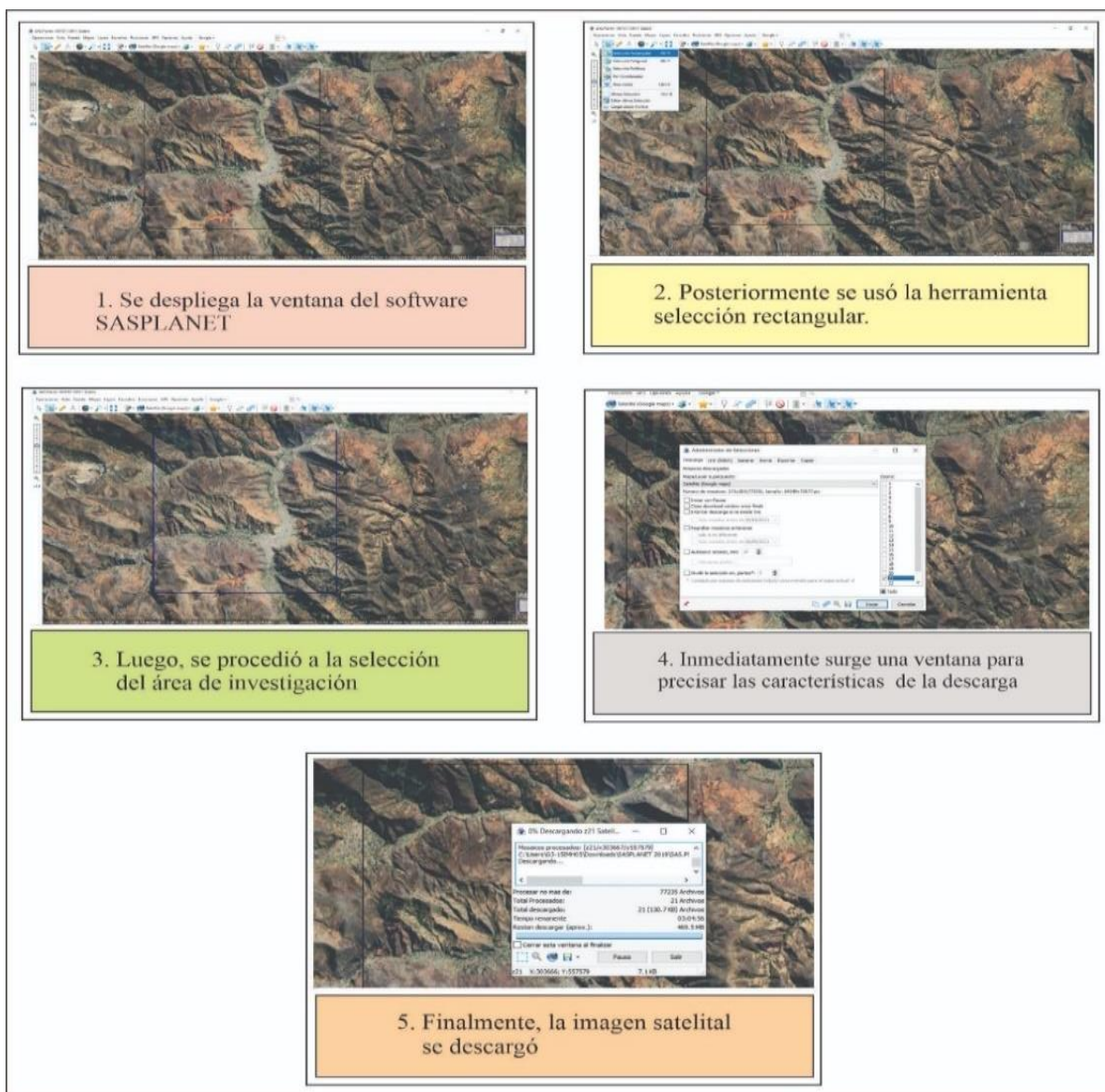
Verificación con el reloj del tiempo de Google Earth con el portal web SASPLANET



A continuación, se detalla los pasos a seguir para obtener las imágenes satelitales del visor de imágenes SASPLANET (Figura 5).

Figura 5

Pasos para descargar las imágenes satelitales de SASPLANET



Georreferenciación de imágenes. La georreferenciación de las imágenes satelitales de QUIRBIRD del año 2005 y WORLDVIEW-3 del año 2020, se realizó con la finalidad de disminuir los errores generados durante la obtención, mediante el sistema de coordenadas DATUM WG84 UTM zona 18 s a la cual pertenece la zona de estudio, en función por lo

establecido por el instituto nacional (IGN), de esta manera se minimizaron las diferencias de posición relativas. Este proceso se realizó mediante la superposición de otra imagen georreferenciada.

Determinación del área de estudio. En esta parte se utilizó el Shapefile del límite Urbano del distrito de Tarma obtenido de la base de datos del Plan de Desarrollo Urbano de Tarma 2014-2024 de la Municipalidad Provincial de Tarma (2014), luego se procedió a delimitar las imágenes satelitales de los años 2005 (Figura 7) y 2020 (Figura 8), para obtener el área de estudio. Los pasos se detallan en la Figura 6.

Figura 6

Pasos para la delimitación de imágenes satelitales



Figura 7

Mapa del casco urbano de la ciudad de Tarma 2005

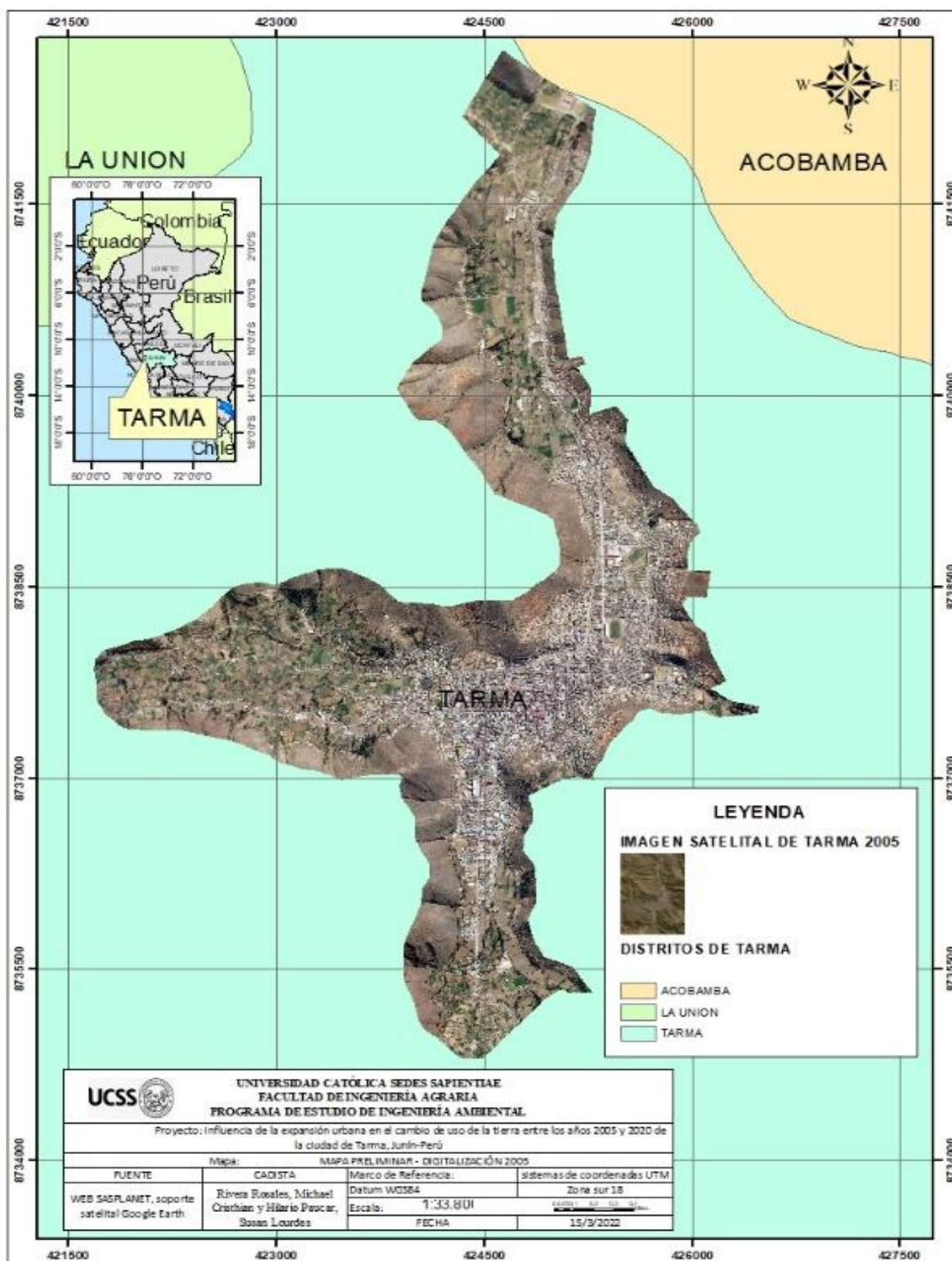
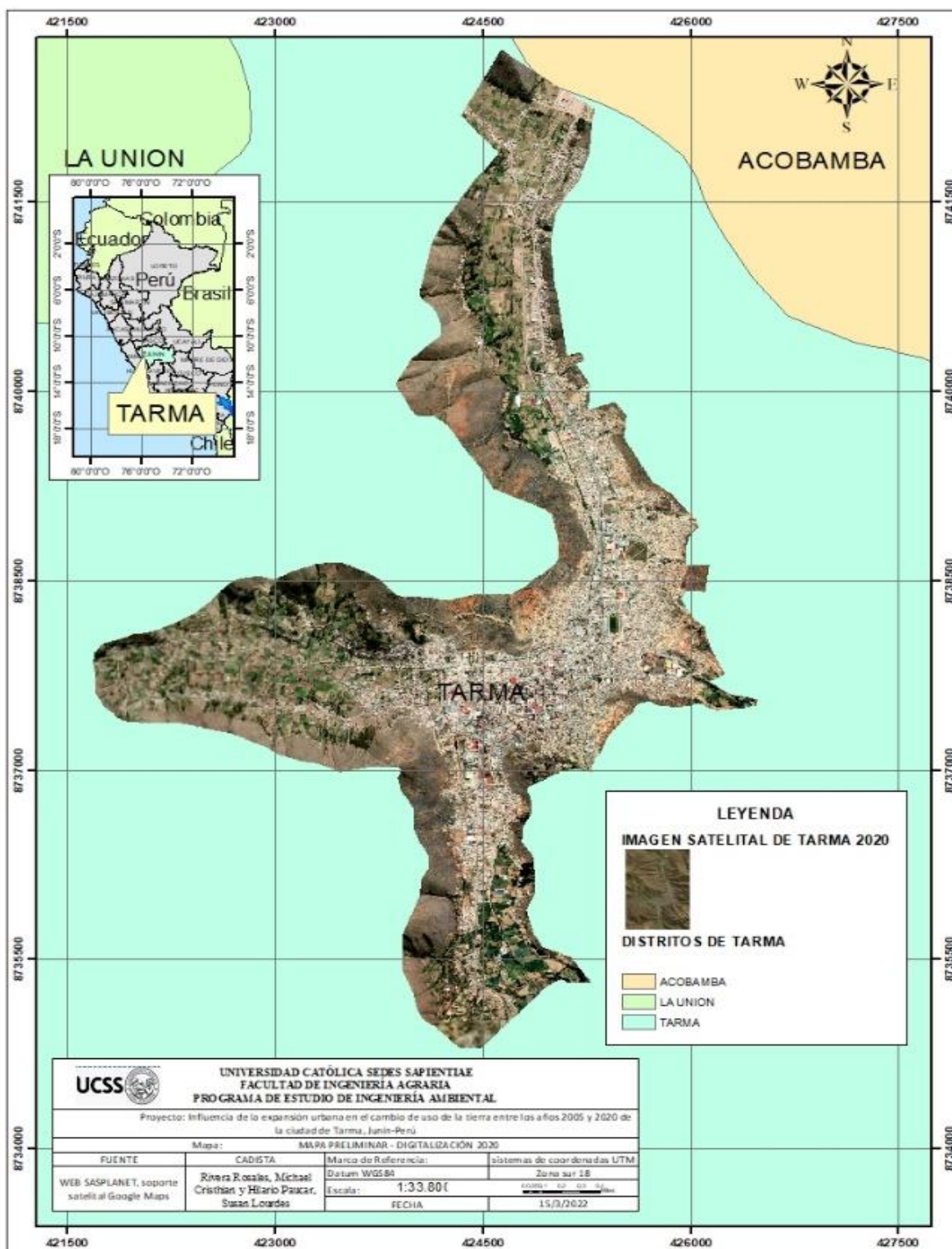


Figura 8

Mapa del casco urbano de la ciudad de Tarma 2020



Identificación de los indicadores. De lo propuesto por el Ministerio del Ambiente (2014) sobre la metodología de CORINE LAND COVER (ver Apéndice 1 y 8), se escogió los usos de la tierra con mayor presencia en el área de estudio (Tabla 11), teniendo en cuenta los 76 puntos de muestreo (ver Apéndice 4 y 5), para el reconocimiento de los diferentes tipos de uso de la tierra del año 2020 (ver Apéndices 6 y 7)

Procesamiento de las imágenes satelitales. Para el procesamiento de la clasificación supervisada (MINAM, 2015), se utilizó las herramientas del software ArcGIS 10.8., para obtener los 6 indicadores predominantes de la zona de estudio, teniendo en cuenta los usos de la tierra que se da con mayor intensidad. El algoritmo utilizado fue Máxima verosimilitud, ya que este método se basa en identificar las zonas donde se conoce con certeza el tipo de uso de la tierra existente (Sandoval y García, 2018).

Se detalla los pasos para la clasificación supervisada: i) recopilar los datos de los 76 puntos de muestreo en las 6 categorías de interés que son los usos de la tierra predominantes en la zona de estudio, para asignar etiquetas a los píxeles de las imágenes satelitales, ii) para extraer las características relevantes de las imágenes satelitales, como los valores de los píxeles en diferentes bandas espectrales (rojo, verde, azul, infrarrojo cercano, etc), índices espectrales, texturas y otras descripciones, iii) el algoritmo para la distribución de las etiquetas ya asignadas de la clasificación supervisada adecuada fue Maxima verosimilitud, iv) se utilizó los datos de los 76 puntos de muestreo etiquetados según el uso de la tierra que representa y las características extraídas para entrenar el modelo de clasificación, durante ese proceso el algoritmo aprendió a mapear las características de las imágenes a las etiquetas correspondientes, v) para evaluar la precisión de los mapas obtenidos, se hizo una vista previa para comparar los puntos de muestreo con los polígonos obtenidos (ver Apéndice 6 y 7) para evaluar la capacidad de la generalización y clasificación de forma correcta (Tabla 9 y 10).

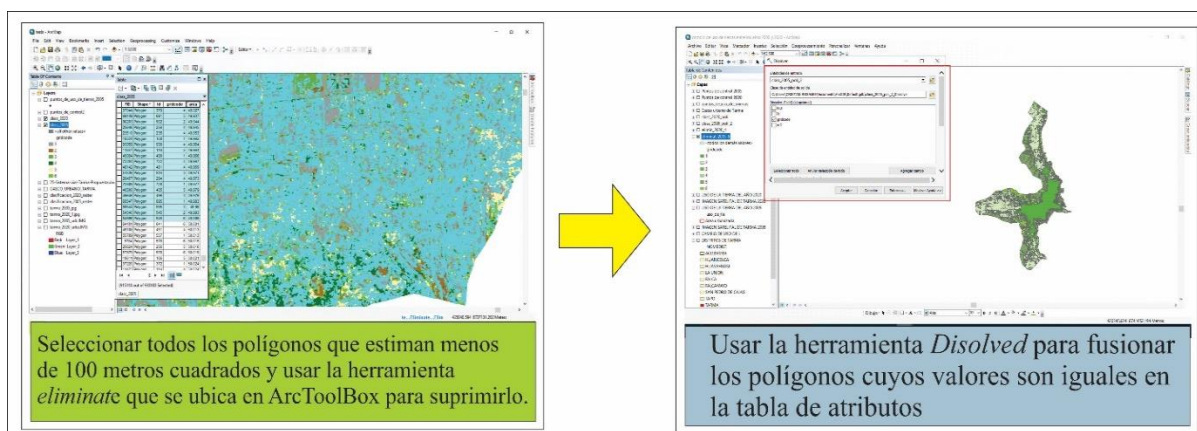
Se procedió a cuantificar las áreas de cambio procediendo a convertir de ráster a polígono, aquello fue necesario para obtener los cuadros de atributos (Figura 10 y 11), los polígonos brindaron información de cada indicador como son: el área y porcentaje de cada uso de la tierra de ambos años de estudio (MINAM, 2015).

Para ello se siguió los siguientes pasos: i) usar la herramienta raster to polígono y seleccionar el raster de resultado de la clasificación supervisada de ambos años, ii) insertar los puntos y agregarle un valor en números a cada uso de la tierra identificada, iii) ajustar los colores de los polígonos usando los valores designados para cada tipo de uso de la tierra para su diferenciación, iv) finalmente, da como resultado los polígonos de cada uso de la tierra diferenciado por colores.

Posteriormente, en la Post clasificación supervisada se han homogenizado zonas con el uso de herramienta de geo proceso (Eliminate), se asignó a la clase continua de mayor borde de polígonos menores e iguales a 100 m². Posteriormente se utilizó los polígonos con la herramienta Dissolve que agrupó a los polígonos de la misma clase (Figura 9).

Figura 9

Uso de herramientas Eliminate y Dissolve



Finalmente se obtuvo los mapas de uso de la tierra del año 2005 y 2020 (Figura 14 y 16), igualmente el cuadro de atributos (Figura 10 y 11) que contiene información cuantitativa del área de cada uso de la tierra.

Figura 10

Cuadro de atributos del mapa de uso de la tierra del año 2005

USO DE LA TIERRA DEL AÑO 2005						
FID	Shape *	gridcode	cod 2005	uso de tie	area	
0	Polígono	1	10	Área urbanizada	279,421709	
1	Polígono	2	20	Área agrícola heterogénea	364,768245	
2	Polígono	3	30	Herbazal	15,302272	
3	Polígono	4	40	Bosques	124,052346	
4	Polígono	5	50	Área sin o poca vegetación	196,59559	
5	Polígono	6	60	Área con vegetación arbustiva	151,213802	

Figura 11

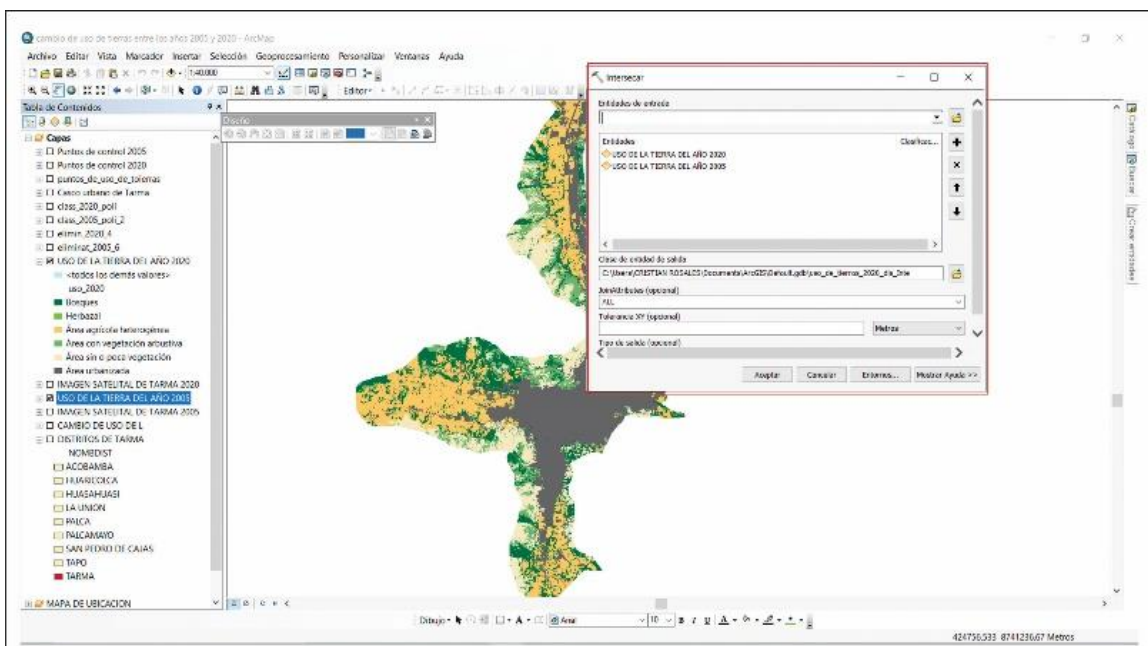
Cuadro de atributos del mapa de uso de la tierra del año 2020

USO DE LA TIERRA DEL AÑO 2020					
FID	Shape *	uso 2020	area	code 2020	
0	Polígono	Área agrícola heterogénea	285,020891	2	
1	Polígono	Área con vegetación arbustiva	112,644672	6	
2	Polígono	Área sin o poca vegetación	160,848498	5	
3	Polígono	Bosques	157,324425	4	
4	Polígono	Herbazal	1,609367	3	
5	Polígono	Área urbanizada	414,008627	1	

Matriz de transición. Se utilizó la herramienta de Intersect (Figura 12) para obtener los resultados de la matriz de transición (Tabla 14), seleccionando los resultados antes mencionados para combinar los polígonos; así mismo mantener los atributos del uso de la tierra antes asignado. Posteriormente se procedió a transferir información de los cambios totales de uso y cobertura de la tierra de la ciudad de Tarma entre los años 2005 – 2020 (Tabla 15).

Figura 12

Uso de la herramienta Intersec para calcular la intersección geométrica de los usos de la tierra



Para obtener los valores necesarios para la matriz de transición, ya con el polígono intersecado y generalizado, en el cuadro de atributos (Figura 13) se agregó un campo de nombre cambio de uso de la tierra, finalmente obteniendo los datos necesarios que es la persistencia de los usos de la tierra e intercambio que está relacionada a la ganancia y pérdida que ha ocurrido al transcurso de los años, cabe resaltar que en las tablas de matriz de transición se resaltó la información de área urbanizada de forma horizontal y vertical (Tabla 15), ya que con ello se evaluó la influencia de la expansión urbana en la ciudad de Tarma.

Figura 13

Cuadro de atributos de cambio de uso de tierras de los años 2005 y 2020

CAMBIO DE USO DE L										
uso 2020	area	code	FID	qri	co	uso de tie	area 1	cam	area cambi	pe
urbano	414,008627	1	0	1	10	urbana	279,421709	11	262,554784	Área urbanizada s
agricola	285,020891	2	0	1	10	urbana	279,421709	12	8,733713	De área urbanizac
herbazal	1,609367	3	0	1	10	urbana	279,421709	13	0,114766	De área urbaniza
bosque	157,324425	4	0	1	10	urbana	279,421709	14	2,387937	De área urbanizac
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	0	1	10	urbana	279,421709	15	2,364648	De área urbanizac
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	0	1	10	urbana	279,421709	16	3,265384	De área urbanizac
urbano	414,008627	1	1	2	20	agricola	364,768245	21	67,999747	De área agrícola h
agricola	285,020891	2	1	2	20	agricola	364,768245	22	234,020365	Área agrícola hete
herbazal	1,609367	3	1	2	20	agricola	364,768245	23	0,979798	De área agrícola h
bosque	157,324425	4	1	2	20	agricola	364,768245	24	41,391505	De área agrícola h
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	1	2	20	agricola	364,768245	25	9,26234	De área agrícola h
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	1	2	20	agricola	364,768245	26	11,108276	De área agrícola h
urbano	414,008627	1	2	3	30	herbazal	15,302272	31	1,811591	De herbazal a área
agricola	285,020891	2	2	3	30	herbazal	15,302272	32	2,668957	De herbaza a área
herbazal	1,609367	3	2	3	30	herbazal	15,302272	33	0,007528	Herbazal se mant
bosque	157,324425	4	2	3	30	herbazal	15,302272	34	2,843932	De herbazal a bos
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	2	3	30	herbazal	15,302272	35	3,388257	De herbazal a área
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	2	3	30	herbazal	15,302272	36	4,581096	De herbaza a área
urbano	414,008627	1	3	4	40	bosque	124,052346	41	19,572887	De bosques a área
agricola	285,020891	2	3	4	40	bosque	124,052346	42	22,219857	De bosques a área
herbazal	1,609367	3	3	4	40	bosque	124,052346	43	0,143708	De bosques a her
bosque	157,324425	4	3	4	40	bosque	124,052346	44	66,664516	Bosques se mant
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	3	4	40	bosque	124,052346	45	6,795057	De bosques a área
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	3	4	40	bosque	124,052346	46	8,650207	De bosques a área
urbano	414,008627	1	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	51	35,657498	De área sin o poc
agricola	285,020891	2	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	52	10,787985	De área sin o poc
herbazal	1,609367	3	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	53	0,325527	De área sin o poc
bosque	157,324425	4	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	54	9,26046	De área sin o poc
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	55	97,144354	Área sin o poca ve
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	4	5	50	area sin o poca vegetacion	196,59559	56	43,408121	De área sin o poc
urbano	414,008627	1	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	61	26,3603	De área con veget
agricola	285,020891	2	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	62	6,58413	De área con veget
herbazal	1,609367	3	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	63	0,037903	De área con veget
bosque	157,324425	4	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	64	34,712167	De área con veget
area sin o poca vegetacion	160,848498	5	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	65	41,883261	De área arbustiva
area con vegetacion arbustiva	112,644672	6	5	6	60	area con vegetacion arbustiva	151,213802	66	41,624508	Área con vegetaci

Tasa de cambio anual. Por otro lado, en la misma matriz de transición se agregó la tasa de cambio, el resultado de la ecuación FAO (1996) entre la superficie de la fecha inicial en este caso del año 2005 y la superficie de la fecha final que en este caso es el año 2020 (Tabla 15).

2.6.3. Fase de campo

Puntos de muestreo. La extracción de los 76 puntos de muestreo, se obtuvo de la metodología propuesta (Tabla 1), estos a su vez, se distribuyeron de forma heterogénea siguiendo el algoritmo de Máxima verosimilitud, lo que permite abarcar cierta cantidad de puntos según el porcentaje de área que ocupa sobre el total (ver Apéndices 9 y 10), así mismo, se esparcieron, teniendo en cuenta que estuvieran cercanas a las vías de acceso (MINAM, 2014).

Verificación in situ de los puntos de muestreo. Para verificar y validar los resultados de la fase de gabinete (MINAM, 2015), se utilizó los 76 puntos de muestreo (ver Apéndice 4 y 5) que fueron tomados inicialmente para la identificación de uso de la tierra y la clasificación supervisada, en un cuadro que contiene el siguiente orden: ID SIG, coordenadas, uso de la tierra según el mapa, uso de la tierra observada y verificación, en este último espacio fue llenado con un aspa sí coincidía los campos de cobertura del mapa y cobertura in situ con una palabra “coincide” y “no coincide” si es lo contrario (ver Apéndice 4 y 5). Juntamente con el GPS, para tener la ubicación de cada uso de tierra (ver Apéndice 8), y verificar si coincide con los resultados obtenidos en gabinete.

La fiabilidad del mapa de uso de la tierra del año 2005 (Figura 14), el equivalente de la exactitud del usuario y la exactitud del productor fue del 100 % (Tabla 9), al tener en cuenta que los 76 puntos de control coincidieron (ver Apéndice 4), esto indica que todas fueron correctamente digitalizadas.

Tabla 9*Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra del año 2005*

	Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	Herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo	total	Exactitud Usuario %
Área urbanizada	18						18	100
Área agrícola heterogénea		24					24	100
Herbazal			3				3	100
Bosques				8			8	100
Área sin o poca vegetación					13		13	100
Áreas con vegetación arbustivo						10	10	100
total	18	24	3	8	13	10	total, de coincidencia	Exactitud Global %
Exactitud Productor %	100	100	100	100	100	100	76	100

La fiabilidad del mapa de uso de la tierra del año 2020 (Figura 16), el equivalente de la exactitud del usuario y la exactitud del productor fue del 100 % (Tabla 10), al tener en cuenta que los 76 puntos de control coincidieron (ver Apéndice 5), esto indica que todas fueron correctamente digitalizadas en la fase de gabinete, y a su vez indica la potencialidad de nivel alto de confiabilidad que puede dar una imagen de alta resolución en el área de estudio.

Tabla 10*Matriz de confusión para verificar la coincidencia de cobertura y uso de la tierra del año 2020*

	Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	Herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo	total	Exactitud Usuario %
Área urbanizada	28						28	100
Área agrícola heterogénea		19					19	100
Herbazal			2				2	100
Bosques				10			10	100
Área sin o poca vegetación					10		10	100
Áreas con vegetación arbustivo						7	7	100
total	28	19	2	10	10	7	total, de coincidencia	Exactitud Global %
Exactitud Productor %	100	100	100	100	100	100	76	100

2.7. Identificación de las variables y su mensuración

La investigación con enfoque cuantitativo de diseño no experimental, poseen variables múltiples, las cuales se obtienen de la población de estudio, para este caso corresponde a las variables que cuantifican los tipos de usos de la tierra y su influencia en la expansión urbana (Tabla 11).

Tabla 11*Variables y su mensuración*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Mensuración
X: Expansión Urbana	Áreas artificializadas	Área urbanizada	Matriz de transición
Y: Cambio de uso de la tierra	Áreas agrícolas	Áreas agrícolas heterogénea	Matriz de transición
		Herbazal	Matriz de transición
		Bosques	Matriz de transición
	Bosques y áreas mayormente naturales	Áreas sin o poca vegetación	Matriz de transición
		Áreas con vegetación arbustivo	Matriz de transición

Nota. Elaboración propia adaptado de MINAM (2014). Informe final del proyecto análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. <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>

Para la estimación de los valores de la influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra, se utilizaron la matriz de transición, permitiendo conocer los valores cuantitativos de los variables.

Tabla 12*Uso de la tierra en la ciudad de Tarma*

Uso de la tierra	Definición
Urbanizada	Infraestructura antrópica, el cual permite el desarrollo económico, industrial, etc.
Agrícola heterogénea	Aprovechamiento del suelo para un beneficio común, que están constituidas por parcelas que son fragmentadas para algún tipo de producto vegetal.
Herbazal	Comunidad vegetal determinada por elementos típicamente herbáceos formados en manera natural en diferentes sustratos y densidades, los cuales forman una cobertura abierta o densa.
Bosques	Los bosques en humedales altoandinos existen en los ecosistemas frágiles, bosques secos y entre los pastizales naturales altoandinos.
Sin o poca vegetación	Desarrollada por áreas arenosas naturales, afloramientos rocosos, y tierras desnudas, mayormente se puede observar en altoandinos.
Vegetación arbustiva	Dispersa en diferentes densidades y sustratos, dominada principalmente por elementos típicamente arbustivos desarrollados en forma natural.

Nota. Elaboración propia adaptado de MINAM (2014). Informe final del proyecto analisis de las dinamicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. <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>

La identificación de los usos de la tierra (Tabla 12), se obtuvo gracias a la información base del Corine Land Cover adaptado para el Perú (MINAM, 2014), durante la primera salida a campo donde se identificó a los usos de mayor predominancia e importancia en la ciudad.

2.8. Análisis estadístico de datos

Luego de todos los procesos de corrección, los mapas temáticos final necesitaron de una corroboración del margen de error; por lo que, necesito una verificación de resultado; para ello, se aplicó los 76 puntos de muestreo aleatorio según el algoritmo Máxima verosimilitud (ver Apéndice 6 y 7), que permitió ser verificada. Los resultados fueron sometida a una matriz de confusión (Tablas 9 y 10) que apoyó en la corroboración del porcentaje estadístico de aciertos entre mapa y realidad calculado por el coeficiente de Kappa de Cohen (Cerde y Villarroel, 2008). Estos indicaron muy buena concordancia para el mapa temático del año 2005 (Figura 14) y muy buena concordancia para el mapa temático del año 2020 (Figura 16).

El análisis de datos fue aplicado mediante un procesamiento estadístico, utilizando el software Excel, para la presentación de porcentajes y tamaño de área de los cambios y uso de la tierra, mediante tablas y gráficos. La influencia de la expansión urbana y los cambios de uso de la tierra fue representada mediante gráfico de barras (Figura 15, 17, 18, 19 y 20), aplicándose mediante tabla de información (Tabla 13, 14 y 15), para evaluar y analizar los resultados en unidades de hectáreas y porcentajes.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. La expansión urbana en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020

3.1.1. Expansión urbana

El área urbanizada se encuentra mayormente concentrada en el centro de la ciudad, por consiguiente es el tipo de uso de la tierra con mayor influencia hacia los otros, donde se desarrollan actividades antrópicas a mayor escala en comparación con las zonas periurbanas, las cuales se encuentran por el norte, oeste y sur, en muchos casos el área rural se considera periurbano, ya que colinda y se relaciona con las áreas naturales, entre otras, en el caso de la ciudad de Tarma se puede notar que hay una relación de periurbano con el área agrícola (Figura 14 y 16).

El área urbanizada en la ciudad de Tarma para el año 2005 comprendió de 279,42 ha (Figura 14), el área es distribuida de forma continua y discontinua, los cuáles comprenden el 24,7 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área urbanizada en la ciudad de Tarma para el año 2020 comprendió de 414 ha (Figura 16), en el área urbana se puede observar que estuvo distribuida de forma continua en el centro de la ciudad y discontinua en el lado oeste, los cuáles comprendieron el 36,6 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

Se estima que la expansión urbana entre los años 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma fue de 134,58 ha, con una tasa de crecimiento anual de 2,66 % (Tabla 14).

Al observar el área urbana entre los años 2005 y 2020 (ver Apéndice 12 y 18) se puede notar que el área periurbana del lado norte y sur del año 2005, se conectaron al área de mayor influencia urbana que es el centro de la ciudad, como se puede observar del año 2020. Se puede indicar que el crecimiento de lo urbano se da para el lado norte y sur de la ciudad conectándose así el lado periurbano con el lado urbano.

3.2. Cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020

3.2.1. Distribución del uso de la tierra del año 2005

A continuación, se presenta los resultados en porcentajes (Figura 19) y ha (Tabla 13) de los usos de la tierra del año 2005 (Figura 14 y 15).

Figura 14

Mapa de distribución del de uso de la tierra del año 2005

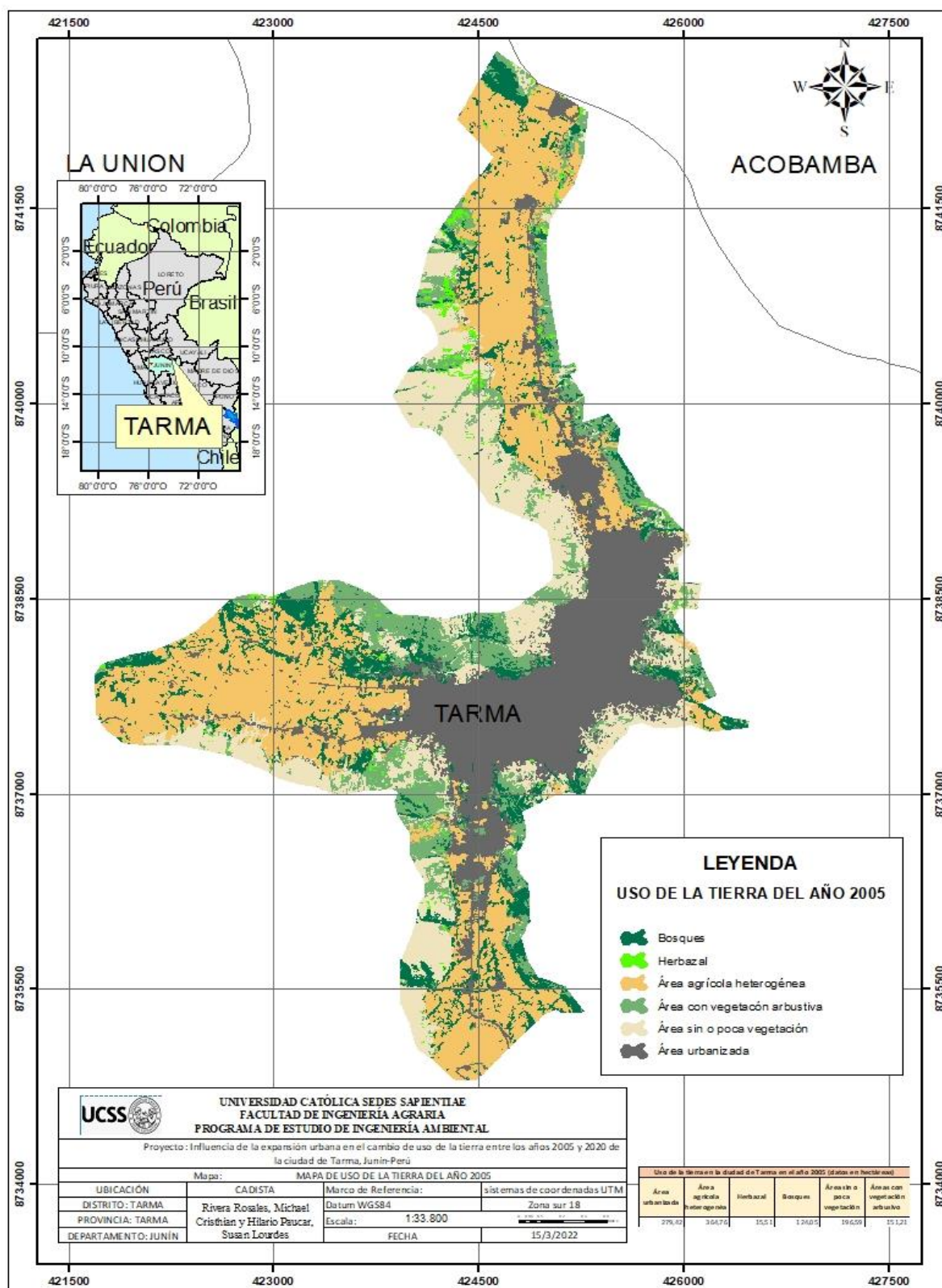
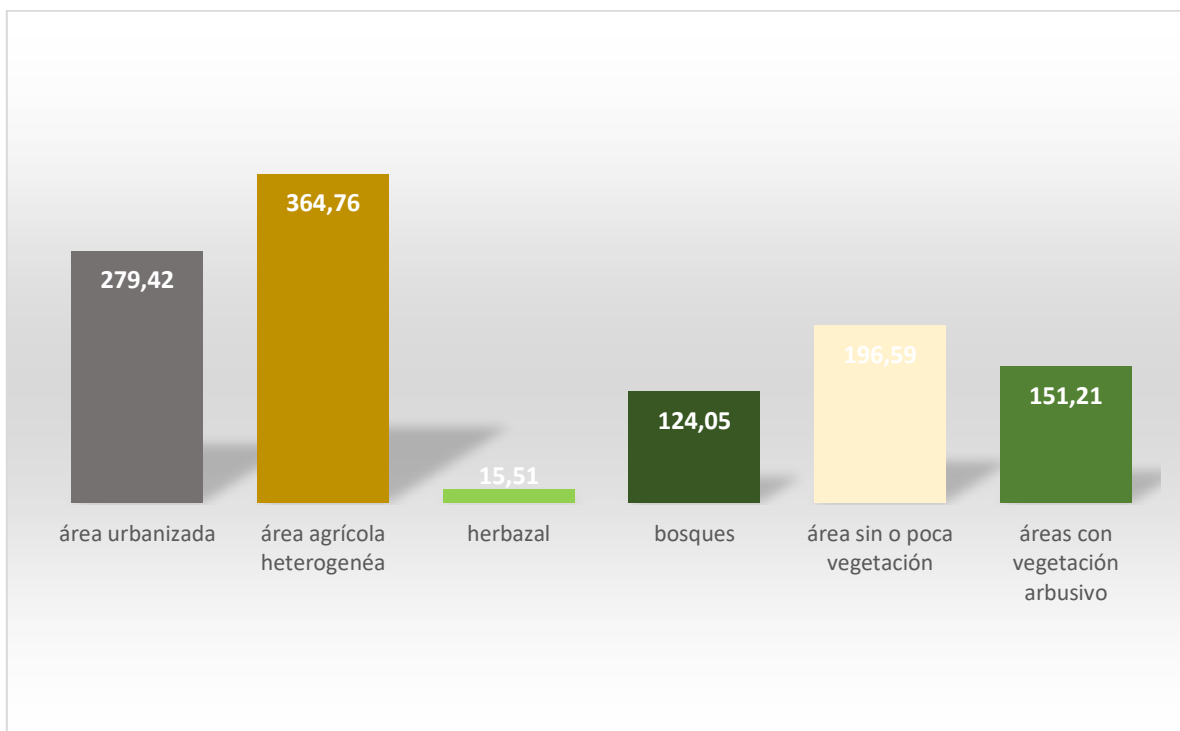


Figura 15

Área en hectáreas de cada uso de la tierra del año 2005



El área urbanizada en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 12) comprendió de 279,42 ha (Figura 14 y 15), el área distribuida de forma continua y discontinua, los cuáles comprendían el 36,6 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área agrícola heterogénea en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 13) comprendía de 364,76 ha (Figura 14 y 15), en el área se puede observar que estuvo los mosaicos de cultivos, con mayor influencia en la parte Norte, Sur y Oeste, los cuáles comprendían el 32,2 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área con vegetación arbustiva en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 14) comprendía de 151,21 ha (Figura 14 y 15), en el área se puede observar que estuvo de forma

arbustiva abierto y denso, con mayor influencia en las zonas de mayor altitud de la ciudad, los cuáles comprendían el 13,4 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área sin o poca vegetación en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 15) comprendía de 196,59 ha (Figura 14 y 15), en el área se puede observar que estuvo de forma de afloramientos rocosos y tierras desnudas, con mayor influencia en las zonas de mayor altitud de la ciudad, los cuáles comprendían el 17,4 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área de bosques en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 16) comprendía de 124,05 ha (Figura 14 y 15), en el área de uso se puede observar que estuvo su distribución de forma denso abierto y plantaciones forestales, los cuáles comprendían el 11 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área de herbazal en la ciudad de Tarma para el año 2005 (ver Apéndice 17) comprendía de 15,51 ha (Figura 14 y 15), en el área se puede observar que estuvo su distribución de forma densa y abierta, los cuáles comprendían el 1,4 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

3.2.2. Distribución del uso de la tierra del año 2020

A continuación, se presenta los resultados en porcentajes (Figura 19) y hectáreas (Tabla 13) de los usos de la tierra del año 2020 (Figura 16 y 17).

Figura 16

Mapa de distribución del de uso de la tierra del año 2020

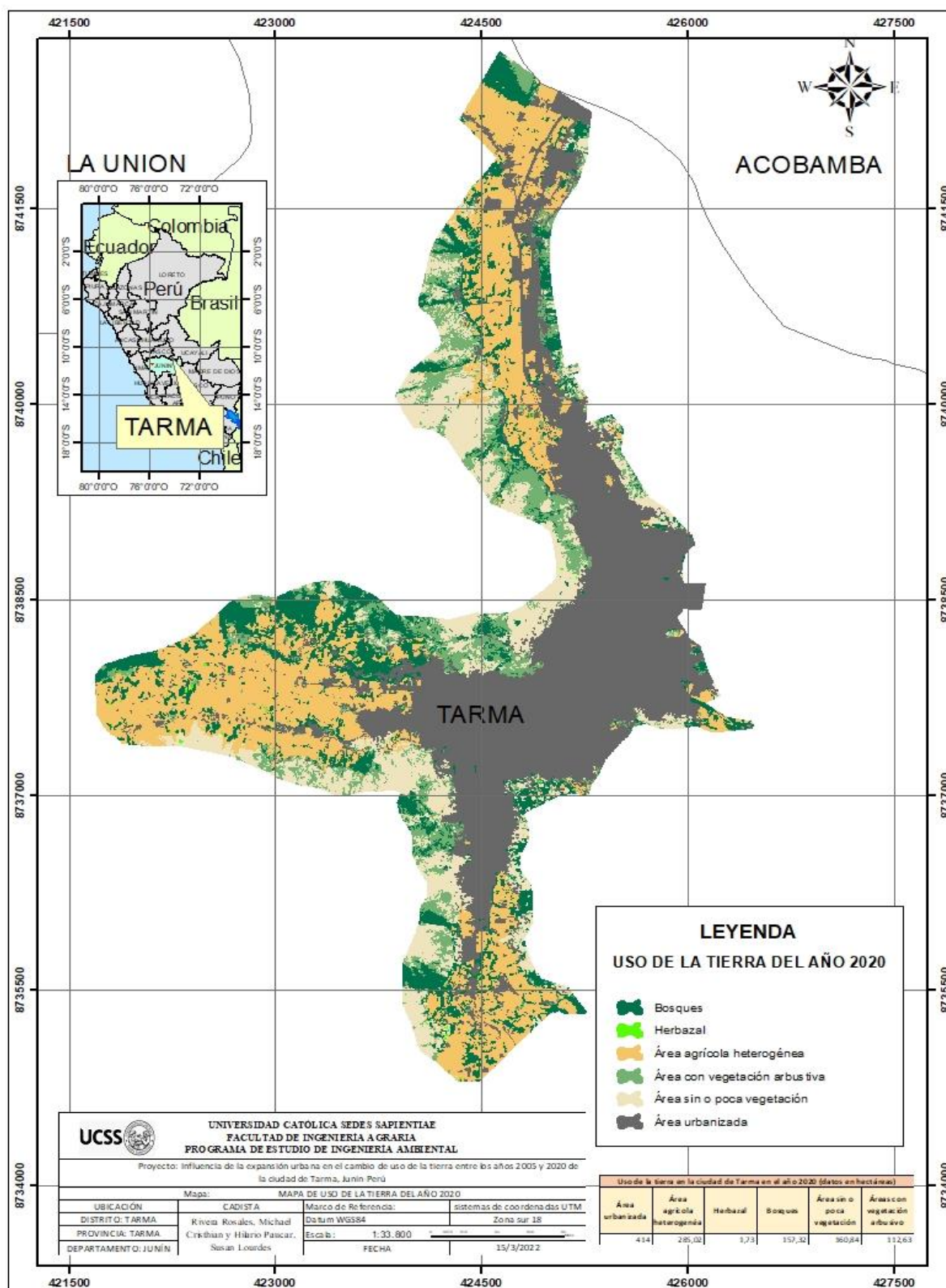
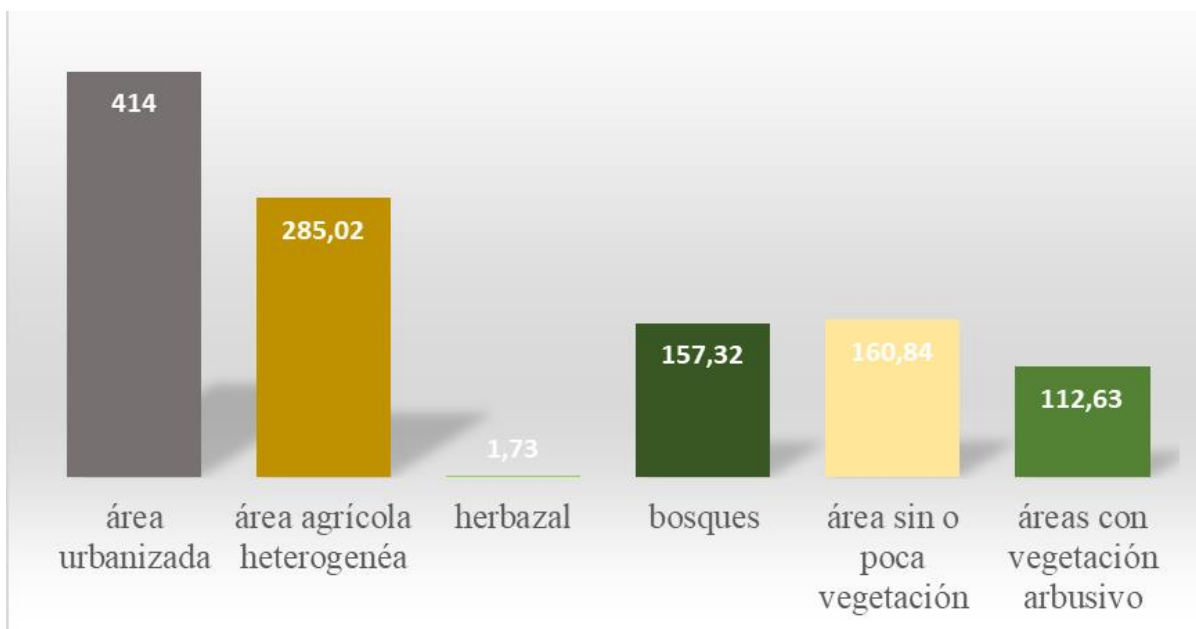


Figura 17

Área en hectáreas de cada uso de la tierra del año 2020



El área urbanizada en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 18) comprendía de 414 ha (Figura 16 y 17), en el área de uso se puede observar que estuvo el área distribuida de forma continua y discontinua, lo cual representaba el 36,6 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área de bosques en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 19) comprendía de 157,32 ha (Figura 16 y 17), esto representaba el 13,9 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma, así mismo, en el área se puede observar que estuvo su distribución de forma bosque denso, abierto y plantaciones forestales (Tabla 13).

El área de herbazal en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 20) comprendía de 1,73 ha (Figura 16 y 17), en el área de uso de la tierra se observa que estuvo predominando las gramíneas, los cuáles comprendían el 0,2 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área agrícola heterogénea en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 21) comprendía de 285,02 ha (Figura 16 y 17), en el área de uso se puede observar que estuvo los mosaicos de cultivos, con mayor influencia en la parte Norte, Sur y Oeste, los cuáles comprendían el 25,2 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área con vegetación arbustiva en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 22) comprendía de 112,63 ha (Figura 16 y 17), en el área de uso se puede observar que estuvo de forma arbustiva abierto y denso, con mayor influencia en las zonas de mayor altitud de la ciudad, los cuáles comprendían el 10 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

El área sin o con poca vegetación en la ciudad de Tarma para el año 2020 (ver Apéndice 23) comprendía de 160, 84 ha (Figura 16 y 17), en el área se puede observar que estuvo tierras de escasa vegetación, con mayor presencia en las zonas de mayor altitud de la ciudad, los cuales representaban el 14,2 % del área total de estudio de la ciudad de Tarma (Tabla 13).

En la Tabla 13 se detalla el resumen del uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020, donde se pudo estimar el porcentaje de área de cada año, distribuidos según el tipo de uso de tierra.

Tabla 13*Uso de la tierra de la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020*

Uso de la tierra	2005		2020	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Área urbanizada	279,42	24,7	414	36,6
Área agrícola heterogénea	364,76	32,2	285,02	25,2
Herbazal	15,51	1,4	1,73	0,2
Bosques	124,05	11,0	157,32	13,9
Área sin o poca vegetación	196,59	17,4	160,84	14,2
Áreas con vegetación arbustivo	151,21	13,4	112,63	10,0

Nota: El total de superficie evaluada es 1131,5 ha.

A continuación, se presenta los resultados en hectáreas y porcentajes de los usos de la tierra del año 2005 y 2020, así mismo, los cambios de uso de la tierra (Figura 18 y 19).

Figura 18

Gráfico de barras del área en hectáreas del uso de tierras entre el año 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma

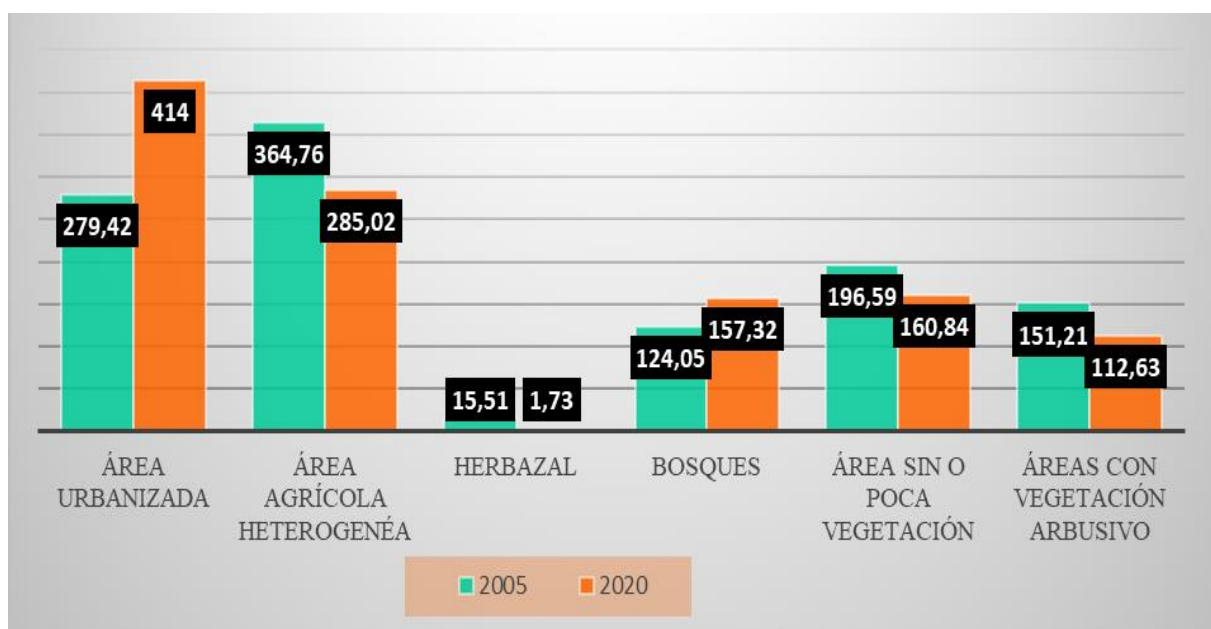
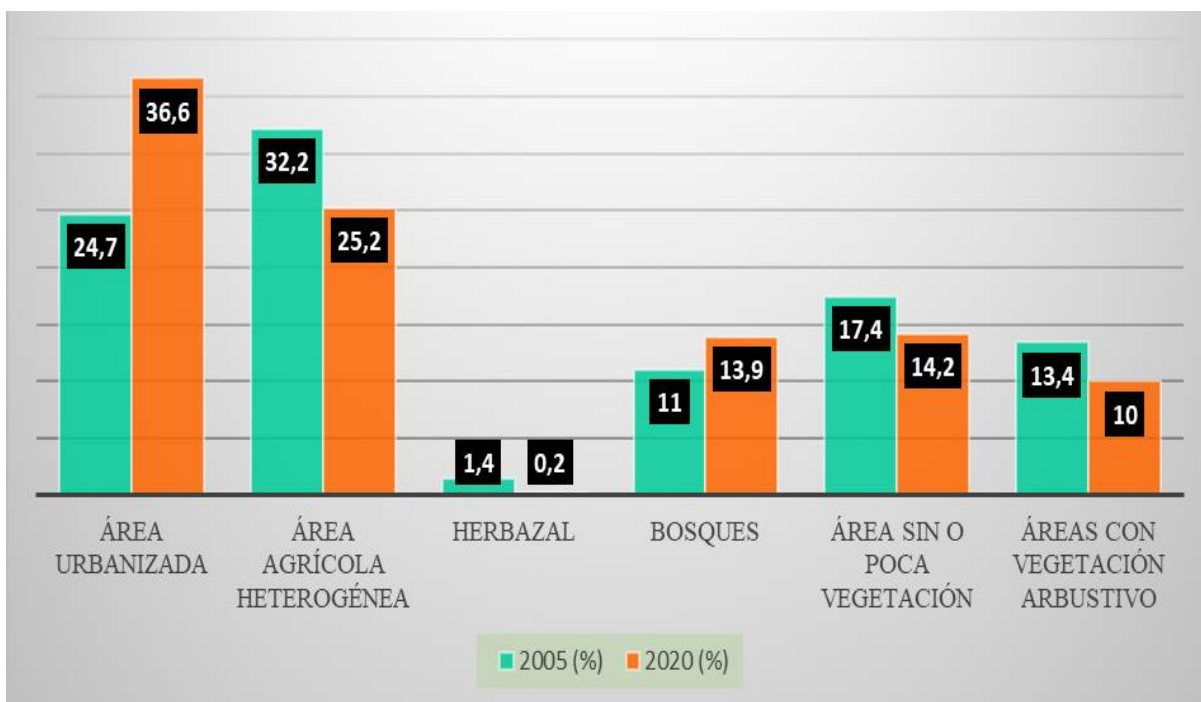


Figura 19

Gráfico de barras del área en porcentaje del uso de tierras entre el año 2005 y 2020 en la ciudad de Tarma



3.2.3. Cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020

El cambio de uso de la tierra (ver Apéndice 24), es para cuantificar de los datos de la pérdida, ganancia y la persistencia entre los usos de la tierra (Tabla 14). Así mismo, la tabla de atributos brinda información importante sobre las características de las áreas de cambio, permitiendo obtener la matriz de transición y la tasa de cambio de cobertura y uso de las tierras de la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14). Cabe mencionar que los datos de forma horizontales representan las ganancias de los usos de la tierra, los datos verticales son las pérdidas que han sufrido los usos de la tierra, mientras que los datos diagonales representan la persistencia, es decir, el tamaño de área que mantuvo el mismo uso de la tierra (Tabla 14).

Tabla 14

Matriz de transición y tasa de cambio del uso de tierra de la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020 (datos en hectáreas)

		2020							
		Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	Herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo	total 2020	Tasa de cambio anual (%)
2005	Área urbanizada	262,55	67,99	1,88	19,57	35,65	26,36	414,00	2,66
	Área agrícola heterogénea	8,73	234,02	2,70	22,21	10,78	6,58	285,02	-1,60
	Área herbazal	0,14	1,00	0,00	0,17	0,36	0,06	1,73	-13,60
	Área de Bosques	2,38	41,39	2,92	66,66	9,26	34,71	157,32	1,59
	Área sin o poca vegetación	2,36	9,26	3,41	6,79	97,14	41,88	160,84	-1,30
	Áreas con vegetación arbustivo	3,26	11,10	4,60	8,65	43,40	41,62	112,63	-1,94
total 2005		279,42	364,76	15,51	124,05	196,59	151,21	1131,5	

Área urbanizada

El uso de área urbanizada tuvo una persistencia de 262,55 ha (Tablas 14 y 15).

Entre las pérdidas del área urbanizada para los otros usos fue: 8,73 ha de área agrícola heterogénea; 0,14 ha de área herbazal; 2,38 ha de bosques; 2,36 ha de área sin o poca vegetación; 3,26 ha de área con vegetación arbustiva, con un total de pérdida de 16,87 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

Entre las ganancias del área urbanizada sobre los otros usos fue: área agrícola heterogénea de 67,99 ha; herbazal de 1,88 ha; bosques de 19,57 ha; área sin o poca vegetación de 35,65 ha;

área con vegetación arbustiva de 26,36 ha, siendo un total de ganancia de 151,45 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado positivo, el cual fue de 2,66 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Área agrícola heterogénea

El uso de área agrícola heterogénea tuvo una persistencia de 234,02 ha (Tablas 14 y 15).

Entre las pérdidas del área agrícola heterogénea para los otros usos fue: de 67,99 ha de área urbanizada; 1 ha de herbazal; 41,39 ha de bosques; 9,26 ha de área sin o poca vegetación; 11,10 ha de área con vegetación arbustiva, en total se tuvo una pérdida de 130,74 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

Entre las ganancias del área agrícola heterogénea sobre los otros usos fue: área urbanizada de 8,73 ha; herbazal de 2,70 ha; bosques de 22,21 ha; área sin o poca vegetación de 10,78 ha; área con vegetación arbustiva de 6,58 ha, en total se tuvo una ganancia de 51 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado negativo, el cual fue de -1,60 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Herbazal

El uso de área de herbazal tuvo una persistencia de 0 ha (Tabla 14 y 15).

Entre las pérdidas del área herbazal para los otros usos fue: 1,88 ha de área urbanizada; 2,70 ha de área agrícola heterogénea; 2,92 ha de bosques; 3,41 ha de área sin o poca vegetación; 4,60 ha de área con vegetación arbustiva, en total se tuvo una pérdida de 15,51 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

Entre las ganancias del área herbazal sobre los otros usos fue: área urbanizada de 0,14 ha; área agrícola heterogénea de 1 ha; bosques de 0,17 ha; área sin o poca vegetación de 0,36 ha; área con vegetación arbustiva de 0,06 ha, se obtuvo una ganancia total de 1,73 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado negativo, el cual fue de -13,60 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Bosques

El uso de área de bosques tuvo una persistencia de 66,66 ha (Tablas 14 y 15).

Entre las pérdidas del área de bosques para los otros usos fue: 19,57 ha de área urbanizada; 22,21 ha de área agrícola heterogénea; 0,17 ha de herbazal; 6,79 ha de área sin o poca vegetación; 8,65 ha de área con vegetación arbustiva, obteniendo una pérdida total de 57,39 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

Entre las ganancias del área de bosques sobre los otros usos fue: área urbanizada de 2,38 ha; área agrícola heterogénea de 41,39 ha; herbazal de 2,92 ha; área sin o poca vegetación de 9,26 ha; área con vegetación arbustiva de 34,71 ha, en total presentó una ganancia de 90,66 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado positivo, el cual fue de 1,59 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Área sin o poca vegetación

El uso de área sin o poca vegetación tuvo una persistencia de 97,14 ha (Tablas 14 y 15).

Entre las pérdidas del área sin o poca vegetación para los otros usos fue: 35,65 ha de área urbanizada; 10,78 ha de área agrícola heterogénea; 0,36 ha de herbazal; 9,26 ha de bosques; 43,40 ha de área con vegetación arbustiva, en total sumó una pérdida de 99,45 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

Entre las ganancias del área sin o poca vegetación sobre los otros usos fue: área urbanizada de 2,36 ha; área agrícola heterogénea de 9,26 ha; herbazal de 3,41 ha; bosques de 6,79 ha; área con vegetación arbustiva de 41,88 ha, en total sumó una ganancia de 63,7 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado negativo, el cual fue de -1.30 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Áreas con vegetación arbustiva

El uso de área con vegetación arbustiva tuvo una persistencia de 41,62 ha (Tablas 14 y 15).

Entre las pérdidas del área con vegetación arbustiva para los otros usos fue: 26,36 ha de área urbanizada; 6,58 ha de área agrícola heterogénea; 0,06 ha de herbazal; 34,71 ha de bosques; 41,88 ha de área sin o poca vegetación, en total se tuvo una pérdida de 109,59 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

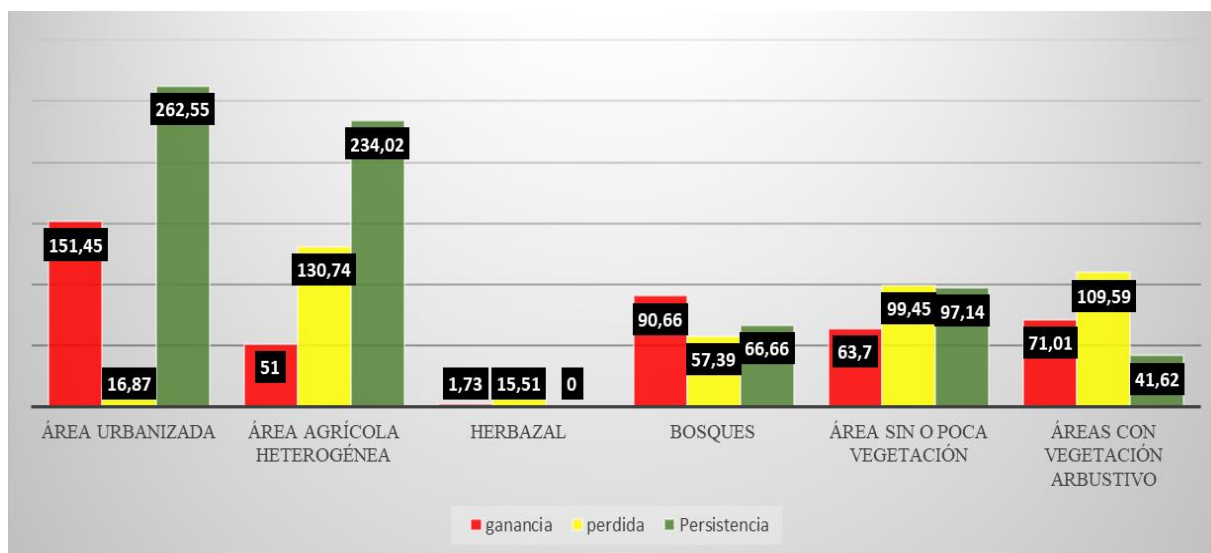
Entre las ganancias del área con vegetación arbustiva sobre los otros usos fue: área urbanizada de 3,26 ha; área agrícola heterogénea de 11,10 ha; herbazal de 4,60 ha; bosques de 8,65 ha; área con vegetación arbustiva de 43,40 ha, en total tuvo una ganancia de 71,01 ha entre los años 2005 y 2020 (Tabla 14).

La tasa de cambio anual fue de resultado negativo, el cual fue de -1,94 % de tasa de cambio anual (Tabla 14 y 15).

Los datos resultantes que simboliza la pérdida, ganancia y persistencia de los usos de tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020, se representa y analiza con la siguiente figura 20.

Figura 20

Gráfico de barras sobre la ganancia, pérdida y persistencia de los usos de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020



3.3. Relación entre la expansión urbana y el cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020

La expansión urbana se desarrolla por las actividades antropológicas en el casco urbano, esto ha influido en el cambio de uso de la tierra tal como se puede visualizar a lo largo de los mapas, tablas y gráfico de barras antes representados, principalmente por actividades comerciales, industriales, recreacionales, equipamientos y residenciales (Tabla 15).

Cabe destacar, que los cambios entre los usos por la expansión urbana, se relacionan por el crecimiento poblacional y satisfacción de sus necesidades, económicas y sociales, la necesidad de la población de requerir un espacio para poder desarrollar sus actividades socio económicas y poder satisfacer sus necesidades como salud, educación, recreación, vivienda, etc., por consecuente, será necesario la construcción de infraestructuras como edificios, vías rurales y urbanas, residencias, centros de salud, mercados, colegios, etc., la tasa de cambio anual de área urbanizada fue de resultado positivo, obteniendo 2,66 % de tasa de cambio anual (Tabla 15).

La expansión urbana en la ciudad de Tarma entre los años 2005 y 2020, en total tuvo una ganancia de 151,45 ha (Tabla 15), por lo cual su relación en el cambio de uso de la tierra fue de la siguiente manera: entre las ganancias del área urbanizada sobre los otros usos fue de área agrícola heterogénea de 67,99 ha; herbazal de 1,88 ha; bosques de 19,57 ha; área sin o poca vegetación de 35,65 ha y área con vegetación arbustiva de 26,36 ha (Tabla 14).

El cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020, se estimó una diferencia muy notable entre el área urbana y los demás usos, apreciando el crecimiento del área urbanizada de 134,58 ha, desplazando de forma significativa hacia los otros usos (Figura 14, 15, 16 y 17).

Tabla 15*Resumen de datos obtenidos a lo largo de la investigación*

	Área urbanizada	Área agrícola heterogénea	Herbazal	Bosques	Área sin o poca vegetación	Áreas con vegetación arbustivo
2005 (ha)	279,42	364,76	15,51	124,05	196,59	151,21
2020 (ha)	414	285,02	1,73	157,32	160,84	112,63
Ganancia (ha)	151,45	51	1,73	90,66	63,7	71,01
Perdida (ha)	16,87	130,74	15,51	57,39	99,45	109,59
Persistencia (ha)	262,55	234,02	0.0	66,66	97,14	41,62
2005 (%)	24,7	32,2	1,4	11,0	17,4	13,4
2020 (%)	36,6	25,2	0,2	13,9	14,2	10,0
Total, tasa de cambio anual (%)	2,66	-1,6	-13,6	1,59	-1,3	-1,94

Nota. El área de superficie total a investigar fue de 1131,5

La influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra, altera principalmente al área agrícola heterogénea teniendo una pérdida de área de 67,99 ha, siguiendo de cerca el área sin o poca vegetación con 35,65 ha, área con vegetación arbustiva con 26,36 ha, área de bosques 19,57 ha por último el área de herbazal con 1,88 ha, todas estas áreas de los usos convirtiéndose en uso urbano. De igual manera, su tasa de crecimiento es de 2,66 % anual, siendo esta la más alta entre los demás usos, determinando así el decrecimiento de los demás usos que se mantienen en negativo (Tabla 15), esto es consecuencia de la cercanía a la ciudad que se ubica en el centro donde las infraestructuras y actividades antropológicas prevalecen.

Cabe agregar, que observando la tabla 14, el área urbana ha perdido un mínimo de cobertura, sin embargo, este acontecimiento no es muy fácil de ver en las ciudades, ya que estas siempre suelen tener un crecimiento sin tener pérdida significativa. Consiguiente al obtener dicho resultado se tuvo una salida a campo donde se verificó, que áreas pertenecientes a la ganadería y trochas habían sido abandonados y esto a su vez dio origen a un nuevo uso natural, ya que estas construcciones son de casas de adobe y corrales o establos (ver Apéndice 25).

Observando el tamaño de área de cada uso de la tierra del año 2005 (Figura 14), el área agrícola heterogénea era de principal uso con 32,2 %, en cambio, del área urbana que era de 24,7 % dejándolo en segundo lugar (Figura 19), posteriormente si observamos el tamaño de área de cada uso de la tierra del año 2020 (Figura 16) el área urbana viene a ser de principal uso con 36,6%, en cambio el área agrícola heterogénea baja a segundo lugar con 25,2 % (Figura 19), esta conversión de posición de principal de uso de la tierra en la ciudad se puede dar por muchos factores antropológicos, donde la ciudad crece discriminadamente para su desarrollo de actividades y construcciones antropológicas, de igual manera si vemos los mapas de uso de la tierra de ambos años (Figura 14 y 16) el área agrícola heterogénea limita mayormente con áreas periurbanas y urbana, su cercanía a este uso puede ser indicador de que el desplazamiento de expansión haya sido obtenido del área agrícola.

Entonces, se pudo constatar que la expansión urbana influye directamente en el decrecimiento principalmente de las áreas agrícolas, áreas sin o poca vegetación y áreas arbustivas en la zona de estudio, siendo estas áreas las que fueron mayormente reemplazadas por áreas urbanizadas.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Expansión urbana en la ciudad de Tarma

El crecimiento urbano en la ciudad de Tarma fue de 279,42 ha (24,7 %) para el año 2005 y 414 ha (36,6 %) para el año 2020, obtuvo un crecimiento de 134,58 ha siendo el uso con mayor variación en el incremento de su superficie ante los demás usos de tierras (Tabla 15). Esto concuerda con lo mencionado por Cuentas (2019) con respecto a la expansión urbana sobre los otros usos de tierras, donde la ciudad de Moquegua y el pueblo de Samegua incrementaron la superficie urbana (áreas urbanizadas, áreas industriales, áreas de extracción) de 95,28 ha a 1 832,44 entre los años 1955 al 2018. Siendo la superficie urbana con mayor tasa de variación que tuvo un incremento anual de 30,53 %. La expansión urbana abarca infraestructuras como es recreacional, comercial, equipamiento (educación, salud, entre otros). Mostrando así la tendencia de la expansión urbana en las ciudades suele ser en aumento.

Sin embargo, la Municipalidad Provincial de Tarma (2014) dentro de su plan de desarrollo urbano 2014 – 2024, a base de su investigación, indica, que el tamaño del área urbana para el año 2020 no debería sobrepasar de 330 ha aproximadamente, este proceso debería ser según lo previsto para un desarrollo sostenible, el cual no pueda afectar de manera negativa los recursos naturales, como también las actividades agrícolas desarrolladas dentro del área periurbano, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de la presente investigación, la aproximación de crecimiento urbano dada por la municipalidad provincial de Tarma no cumple con el año y tamaño de área, superando con 84 ha para el año 2020.

De acuerdo con Mattos (2002), los aspectos que afectan en la gestión urbana son políticas de la

liberalización, estas simbolizan una disminución en la intervención y la inversión pública, produciendo que el capital privado se disponga como el protagonista del desarrollo urbano. Esta concepción está presente en la ciudad de Tarma, debido a las inversiones privadas plasmadas en actividades comerciales y zonas residenciales, sin interesarles su desplazamiento hacia las áreas agrícolas.

Esto demuestra que las propuestas de urbanismo y de planeación urbana de la Municipalidad provincial de Tarma (2014) no fueron cumplidas. Desde luego, estas políticas se han impacientado por estimular el papel del mercado y sobre el capital urbano en el desarrollo y en la disposición de la ciudad. Siguiendo a lo anterior, los planes de desarrollo urbano solo sugieren grandes estrategias de protección que apenas se llevan a cabo. Por ende, para salvaguardar estas zonas de valor natural y cultural debe ser necesario repensar en la manera de planear; por ello, los actores principales deberán ser los habitantes y autoridades de la ciudad de Tarma. (Mattos, 2002)

4.2. Cambios de uso de la tierra en la ciudad de Tarma

Del análisis de las imágenes satelitales usadas para la presente investigación se determinaron 6 categorías (áreas urbanizadas, áreas agrícolas heterogénea, bosques, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, áreas con poca o sin vegetación) han sido clasificadas mediante Corine Land Cover adaptada para Perú (ver Apéndice 1). Siendo esto altamente confiable para la determinación de cambios de coberturas y de uso de la tierra, con el objetivo de ser la base para la toma de decisiones de protección y conservación, referido por Suárez *et al.*, (2016) y Alva y León (2017). También mencionado por Tarrillo (2019) cuyos resultados obtenidos fueron muy óptimos en su determinación de 9 categorías mediante Corine Land Cover (Áreas urbanas, pastos, Áreas heterogéneas, Cultivos transitorios, Hierbas, Arbustos, Bosque denso bajo, Bosque abierto bajo, Suelos desnudos). Por ello, concuerda en el uso de Corine Land Cover de sus diferentes categorías para la clasificación de los usos de tierra, en un lugar o área determinada, pues se determina que es muy óptimo para este tipo de estudios.

Para determinar el cambio de uso de la tierra se utilizaron mapas de los años 2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, estos mapas fueron comprobados mediante la supervisión clasificada y visitas a campo (ver Apéndice 8), a partir de los resultados obtenidos se generó la validación de mapas con un 100 % de confiabilidad. Esto guarda relación con la metodología de investigación planteada por Camacho *et al.*, (2017), que usaron mapas de uso de suelo y vegetación, para determinar los procesos de cambio y la dinámica de uso de suelo, sin embargo, no tomaron en cuenta la salida a campo para la validación de los mapas. La validación catastral solo permite la incidencia de los mapas de estudio con la realidad catastral vigente, el cual no permite la validación de mapas de años pasados.

Los resultados de cambios de uso de tierras en la ciudad de Tarma guardan relación con lo que sostiene Long *et al.*, (2007) ya que en las últimas décadas el cambio de uso ha llamado la atención por la pérdida de cobertura vegetal, además del interés de las causas (expansión de actividades económicas crecimiento demográfico, contexto cultural, político y social) y futuras consecuencias como son la pérdida de espacios valiosos que desempeñan múltiples funciones sociales, económicas, culturales y ambientales (Vargas y Rosales, 2014). Pues en la presente investigación muestra la pérdida de coberturas vegetales, que para el área de investigación fue del 2,66 % anual (Tabla 15).

Por otro lado, Berlanga *et al.*, (2010) describe que, las actividades antrópicas son las causantes de los efectos de cambio de uso de la cobertura, ello es acorde con lo que se determinó en el presente estudio, sin embargo, no concuerda con la descripción de que los fenómenos naturales puedan influir en el cambio entre las coberturas naturales, ya que el área con vegetación arbustiva tuvo una pérdida de 41,88 ha para área sin o poca vegetación, pero, obtuvo una ganancia de 43,40 ha de esta última, habiendo una relación entre ambos usos de tierras (Figura 14 y 16), en la cual no interviene directamente las actividades antrópicas. Concordando lo mencionado con Torres (2018) en su estudio observó que en su zona de estudio los bosques de coníferas y latifoliadas entre los pocos años 2009 y 2013 se han transformado a zonas agrícolas

o pastizales-matorrales, estos cambios en el uso de suelo han influido en la pérdida del nicho para las especies que estudió.

Así mismo, según Falcón (2014), indica que para percibir los procesos se debe saber diferenciar los términos, tales como la cobertura son superficies que pueden ser de origen natural, como también los antrópicos construidos por el hombre. El uso de la tierra es resultado de las actividades económicas y productivas, la particularidad del uso de la tierra se interrelaciona con los factores naturales y físicos.

4.3. La influencia de la expansión urbana y su relación con el cambio de uso de la tierra de la ciudad de Tarma

Tal como concluye Guevara (2017), durante las últimas décadas las localidades contiguas alrededor de las ciudades presentan actividades agrícolas y de origen campesino, las cuales son sometidas a un acelerado proceso de transformación a causa del impacto del crecimiento de la ciudad, esto concuerda con los resultados de la presente investigación sobre la ganancia del área urbana (Tabla 14), muestra que, uso de tierra urbano reemplazó en mayor proporción al área agrícola heterogénea (67,99 ha), seguido de área sin o poca vegetación (35,65 ha) y área arbustiva (26,36 ha), siendo estas áreas contiguas a las zonas urbanizadas.

Así mismo, el uso de tierras agrícolas para los años 2005 y 2020 presentó una considerable disminución de área a diferencia de los demás usos (Tabla 15), esto está relacionado principalmente con el crecimiento de las áreas urbanas. Se evidencia un incremento del uso urbano en detrimento del uso agrícola tal como concuerda con lo señalado por Arana (2018), Salazar (2019) y García (2008), pues concluyeron en sus investigaciones que existe una influencia entre el crecimiento urbano con la disminución de las áreas agrícolas.

Asimismo Hamer y Linn (1987), referencia que la urbanización es un proceso natural e inevitable del desarrollo económico y social, pues esto implica un cambio masivo de mano de obra y otros insumos de sectores agrícolas rurales a industriales urbanos. La presente investigación muestra que la tasa de cambio anual del área urbanizada (2,66 %), área agrícola heterogénea (-1,6 %), herbazal (1,73 %), bosques (1,59 %), área sin o poca vegetación (-1,3 %) y área con vegetación arbustiva (-1,94 %) (Tabla 15). Esto concuerda con Maquera (2020), cuyo resultado en el análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a las actividades humanas (áreas agrícolas y áreas artificializadas) presentando porcentajes de tasa de cambio de 3,10 y 9,71 %, en un lapso de 10 años, respectivamente. Observando así una disminución de (-0,21 % tasa anual) de superficies de cobertura bosques y áreas mayormente naturales, específicamente áreas con poca vegetación. Demostrando la transición de coberturas naturales por el incremento de actividades antropogénicas. Por otro lado, concuerda con Osuna *et al.*, (2014), cuyo análisis de la matriz de transición reveló una tendencia al incremento de superficies dedicadas a actividades humanas (agricultura y uso urbano), presentando porcentajes de cambio de 28 y 67 % en un lapso de 16 años, respectivamente. Sin embargo, en el crecimiento del área agrícola no concuerda con las investigaciones citadas, ya que en la presente investigación muestra pérdidas áreas agrícolas (tasa de cambio de anual de -1,6), a comparación de las investigaciones citadas que muestran un crecimiento notable. Pero, si concuerda con el crecimiento de las áreas urbanizadas, ya que presentan un incremento a gran o pequeña escala en las áreas urbanas, dependientemente de la cantidad de años de estudio.

Tal es así que la principal causa de la disminución áreas naturales de debe a actividades antrópicas como la agricultura y el crecimiento urbano (Berlanga *et al.*, 2010). Según Hernández (2016) es un comportamiento natural, ya que el área rural se conecta con el área urbana para el desarrollo de sus actividades o para satisfacer sus necesidades al tener la ciudad servicios de mayor calidad y puede brindar actividades de conexión directa e indirecta, como es el comercio, seguridad, servicios públicos, entre otros.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Las principales conclusiones del presente estudio de investigación se detallan a continuación:

1. El crecimiento de la expansión urbana en la ciudad de Tarma es de 279,42 ha (24,7 %) para el año 2005 y 414 ha (36,6 %) para el año 2020, obteniendo un crecimiento de 134,58 ha.
2. El uso de la tierra en la ciudad de Tarma, está compuesta principalmente por las siguientes clases: áreas urbanizadas, áreas agrícolas heterogéneas, bosques, áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva y áreas con poca o sin vegetación. En el cambio de uso de la tierra en la ciudad de Tarma, se observó que el área urbanizada tuvo mayor ganancia pasando de 279,42 ha para el año 2005 a 414 ha para el año 2020, incrementándose en un 134,56 ha. Así mismo, la de mayor pérdida fue el área agrícola heterogénea pasando de 364,76 ha para el año 2005 a 285,02 ha para el año 2020, convirtiéndose mayormente en área urbana con 67,99 ha.
3. La influencia de expansión urbana en el cambio de uso de la tierra fue teniendo en cuenta que obtuvo una ganancia de 151,45 ha, pero, teniendo una pérdida de 16,87 ha, por otro lado, tuvo una persistencia de 262,55 ha, asimismo, obtuvo una tasa de cambio anual de 2,66 %. El área urbana aumenta su cobertura en función de la reducción de las superficies de las áreas naturales de 83,46 ha y la mayor fuente de superficies para su crecimiento es de cobertura agrícola heterogénea de 67,99 ha, esto indica una conversión de área natural a área urbana, de igual forma, que la agricultura se desarrolla de manera minoritaria en áreas cercanas a la ciudad, prevaleciendo la construcción de infraestructuras antrópicas para el desarrollo urbano.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. El crecimiento urbano se atenúa en las zonas periurbanas del norte, oeste y sur, de acuerdo a lo observado en la ciudad de Tarma, se recomienda supervisar la expansión urbana en zonas donde se ubican quebradas inactivas donde se observó mediante esta investigación que se vienen realizando construcciones en zonas de alto riesgo, efectuar el plan de desarrollo urbano de la municipalidad de Tarma para un desarrollo sostenible.
2. La municipalidad provincial de Tarma debería realizar una constante vigilancia de crecimiento urbano anual en la ciudad de Tarma a base de imágenes satelitales de alta resolución, tomando como referencia la información generada en la presente investigación, para monitorear el crecimiento urbano en las áreas naturales.
3. El GORE debe efectuar el análisis y planificación de uso de tierras, donde se dé mayor enfoque al uso de suelos agrícolas, de esta manera poder evitar la depredación de los suelos que están destinados a esta actividad. Replicar este tipo de estudios en otras ciudades con características similares, con el objetivo de contribuir en la planificación y gestión urbana y poder aplicarlo para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Alva, E. M., y León, A. A. (2017). Diseño e implementación de un catálogo de objetos geográficos para la cobertura de la Tierra mediante la leyenda Corine Land Cover, para el departamento de Ancash – Perú. *Revista UD y La Geomática*, 12, 55–62. <http://hdl.handle.net/11349/21267>
- Amaya, C. A. (2005). El ecosistema urbano: Simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista Forestal Latinoamericana*, 37, 1–16. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24099/2/articulo1.pdf>
- Arana, F. (2018). *El crecimiento urbano y su influencia por el cambio de uso de tierras en el Valle del Mantaro*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2167%0Ahttps://alicia.concytec.gob.pe/vu/find/Record/RUNF_c6dd9a41849fb767acbf2197fd97bec2
- Astorga, M. J., Prieto, G. F., Garcia, M., Delgado, M., y Sánchez, I. (2020). Análisis espacial multitemporal de la expansión urbana en ciudad del Este, Paraguay. Universidad Nacional de Luján. https://www.researchgate.net/publication/339213006_ANALISIS_ESPACIAL_MULTITEMPORAL_DE_LA_EXPANSION_URBANA_EN_CIUADAD_DEL_ESTE_PARAGUAY
- Berlanga, C., Garcia, R., Lopez, J., y Ruiz, A. (2010). Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la region costa norte de Nayarit (1973-2000). *Investigaciones Geograficas*, 72, 7–22. <https://doi.org/10.14350/rig.19272>
- Briones, P. S. (2018). *Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Namora períodos 2000 - 2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Insitucional UNC. <http://190.116.36.86/handle/UNC/2558>
- Camacho, J. M., Juan, J. I., Pineda, N. B., Cadena, E. G., Bravo, L. C., y Sanchez, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera Y Bosques*, 21(1), 93–112. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712015000100008&script=sci_arttext&tlng=pt

- Camacho, R., Camacho, J. M., Balderas, M. Á., y Sánchez, M. (2017). Cambios de cobertura y uso de suelo: estudio de caso en Progreso Hidalgo, Estado de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 39–60. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331516>
- Carletta, J. (1996). Assessing Agreement on Classification Tasks: The Kappa Statistic [Evaluación del acuerdo sobre las tareas de clasificación: La estadística Kappa]. *Liguística computacional*, 22(2), 249–254. <https://aclanthology.org/J96-2004>
- 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>
- Cialdini, R. B. (1990). *Influencia Ciencia y Práctica*. EDICION EBOOK In. <https://revolucionessmlm.files.wordpress.com/2014/07/robert-caldini-influencia-ciencia-y-practica.pdf>
- Cochran, W. (1977). *Sampling Techniques* [Técnicas de muestreo]. Jhon Wiley & Sons. https://www.academia.edu/29684662/Cochran_1977_Sampling_Techniques_Third_Edition
- Comisión Europea (2013). *Agricultura: una asociación entre Europa y los agricultores*. Oficina de publicaciones. <https://doi.org/10.2775/55471>
- Cuentas, O. (2019). *Análisis espacio temporal de cambios de uso y cobertura de la tierra en la ciudad de Moquegua y el pueblo de Samegua de 1955 y 2018*. [Tesis de especialidad, Universidad José Carlos Mariátegui]. Repositorio Institucional UJCM. <http://notas.ujcm.edu.pe/handle/ujcm/570>
- Decreto Supremo 087 de 2004 [Ministerio del Ambiente]. Por la cual se aprueba el Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica. 23 de diciembre del 2004.
- Delfín, C. A., Gallina, S. A., y López, C. A. (2014). El hábitat: definición, dimensiones y escalas de evaluación para la fauna silvestre. *Fauna Silvestre de México: Uso, Manejo y Legislación*, 285–314. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/717/cap13.pdf>

Dirección General de Ordenamiento Territorial. (2014). Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-Validacion-Mapa-Deforestacion.pdf>

Falcón, O. (2014). *Dinámica de cambio en la cobertura/uso del suelo, en una región del estado de Quintana Roo, México*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM. <http://132.248.9.195/ptd2014/enero/0707773/0707773.pdf>

Food and Agriculture Organization. (1996). *Survey of tropical forest cover and study of change processes* [Relevamiento de la cubierta forestal tropical y estudio de los procesos de cambio]. FAO, 130, Rome. <https://www.fao.org/3/w0015e/W0015E00.htm>

García, E. J. (2008). *El Proceso De Expansión Urbana Y Su Impacto En El Uso De Suelo Y Vegetación Del Municipio De Juárez, Chihuahua*. [Tesis de maestría, Colegio de la Frontera Norte]. Repositorio Insitucional Colegio de la Frontera Norte. [/www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2009/10/TESIS-Garcia-Estarron-Erika-Julietta.pdf](http://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2009/10/TESIS-Garcia-Estarron-Erika-Julietta.pdf)

Gordon, P., y Richardson, H. W. (1997). *Are compact cities a desirable planning goal?* [¿Son las ciudades compactas un objetivo de planificación deseable?]. *Journal of the American Planning Association*, 63 (1), 95–106. http://courses.washington.edu/gmforum/Readings/1997_Gordon_Richardson.pdf

Guevara, M. L. (2017). Impact of urban growth in agricultural zones: Territorial Reserve Atlixcáyotl, Puebla [Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial Atlixcáyotl, Puebla]. *Estoa*, 6(11), 53–68. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a04>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2007). Censo Nacional de Población y Vivienda 2007. <http://censos.inei.gob.pe/cpv2007/tabulados/>

Hamer, A. y Linn, J. (1987). *Urbanization in the Developing World: Patterns, Issues, and Policy* [Urbanización en el mundo en desarrollo: Patrones, problemas y política]. En E. Mills, *A Handbook of Regional and Urban Economics*, 2, (1255-1284).

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación, Quinta edición. McGraw-Hill.
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%20ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Hernández P., S. (2016). El periurbano, un espacio estratégico de oportunidad. *Biblio3W*, 21(1160), 742–798. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1160.pdf>
- Lahoz, E. (2010). Reflexiones medioambientales de la expansión urbana. In *Cuadernos Geográficos*, 46(1), (293-313).
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/641/728>
- Ley 27972 de 2003. Por la cual se expide la Ley Orgánica de Municipalidades. 27 de mayo de 2003
https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publico/capacita_programacion_formulacion_presupuestal2012/Anexos/ley27972.pdf
- Long, H., K Heilig, G., Li, X., y Zhang, M. (2007). *Socio-economic development and land-use change: Analysis of rural housing land transition in the Transect of the Yangtse River, China* [Desarrollo socioeconómico y cambio de uso de la tierra: Análisis de transición de suelo de vivienda rural en el Transecto del Río Yangtse, China]. *Land Use Policy*, 24(1), 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2005.11.003>
- Maquera, E. (2020). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo en el departamento de Tacna, periodo 2007, 2012 y 2017*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG.
http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3953/253_2020_maquera_call_o_ea_espg_maestria_gestion_ambiental_y_desarrollo_sostenible.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mattos, C. A. (2002). Transformación de las ciudades latinoamericanas: ¿Impactos de la globalización?. *EURE (Santiago)*, 28(85), 5-10. <https://doi.org/10.4067/s0250-71612002008500001>
- Ministerio del Ambiente. (2014). Informe final del proyecto analisis de las dinamicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina.
<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 del Ambiente. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. In Memoria descriptiva. <https://www.gob.pe/minam>
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2022). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Planificación Urbana del Desarrollo Urbano Sostenible. El peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/3588833-012-2022-vivienda>
- Municipalidad Provincial de Tarma. (2014). Plan de Desarrollo Urbano de Tarma. El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-plan-de-desarrollo-urbano-pdu-de-la-ciudad-tar-ordenanza-no-028-cmt-1342016-1/>
- Municipalidad provincial de Tarma. (2019). Estudio de caracterización de residuos sólidos Municipales del distrito de Tarma 2019. https://munitarma.gob.pe/files/pdf/instrumentos_gestion/Eva_Pei_2020.pdf
- Osuna, A. K., Díaz, J. D. J., Anda, J., Villegas, E., Gallardo, J., y Davila, G. (2014). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Ambiente & Agua an interdisciplinary Journal of Applied Science*, 66(2), 350–362. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92838238011>
- Resolución Ministerial 081 de 2016 [Ministerio del Ambiente]. Por la cual aprueban Procedimiento Técnico y Metodológico para la Elaboración del Estudio Especializado de Análisis de los Cambios de la Cobertura y Uso de la Tierra. 28 de marzo del 2016.
- Rodríguez, A. F. (2011). *Metodología para detectar cambios en el uso de la tierra utilizando los principios de la clasificación orientada a objetos , estudio de caso piedemonte de Villavicencio , Meta*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8573>
- Rodríguez, D., y Rojas, C. (2020). *Estudio multitemporal del cambio de cobertura del suelo, bajo la clasificación Corine Land Cover y sus resultados asociados al fenómeno de desplazamiento, despojo de tierras y presencia de grupos armados al margen de la Ley. Caso: Municipio de Carmen dede Bolivar, periodo 1991-2011*. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional USTA. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/30012>

- Rosete, F., Pérez, J., y Bocco, G. (2008). Contribución al análisis del cambio del uso del suelo y vegetación (1978-2000) en la península de Baja California, México. *Investigaciones Geograficas*, 67, 39–58. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/gacetitas/604/contribucion.pdf>
- Salazar, S. (2019). *Expansión urbana y su impacto ambiental en el uso del suelo de la ciudad de Abancay - Perú*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13665>
- Sandoval B., E. C. y García R., K. A. (2018). *Análisis multitemporal de la deforestación del Páramo de Sumapaz, por medio de imágenes Landsat TM y Landsat OLI/TIRS del año 2002 al 2017*. [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7896/1/SandovalBayonaElianaCatherine2018.pdf>
- Suárez, K., Cély, G., y Forero, F. (2016). Metodología para el monitoreo participativo de la restauración ecológica con estudiantes de primaria en plantaciones de cacao de Mérida, Venezuela Methods of participative monitoring of ecological restoration by primary school students in cacao plantation. *Biota Colombiana*, 7(1), 16-25. <https://doi.org/10.21068/c001>
- Tarrillo, L. M. (2019). *Análisis de los Cambios de Cobertura y Uso del Suelo con Imágenes Satelitales del Distrito de Tacabamba Años 2003 y 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2952/ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL SUELO CON IMÁGENES SATELITALES DEL DISTRITO DE TAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2952/ANÁLISIS%20DE%20LOS%20CAMBIOS%20DE%20COBERTURA%20Y%20USO%20DEL%20SUELO%20CON%20IMÁGENES%20SATELITALES%20DEL%20DISTRITO%20DE%20TAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tochihuitl, A.T., Villarreal, L. A. M., Ramírez, B. V., Gutiérrez E.A.D. y Tlapa M. A. (2016). Análisis de los cambios y la persistencia en los usos de 1958 a 2020 en el municipio de Cuautlancingo, Puebla, México. *Ambiente y Desarrollo*, 20(39), 35-54. [Http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.acpu](http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.acpu).
- Torres, M. E. (2018). Factores biogeográficos y cambios de uso de suelo (2009-2013) en el nicho de trogon elegans ambiguus y euptilotis neoxenus en Chihuahua, México. *Cuaderno de Investigación Geográfica*, 44(2), 763–779. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6526461>

Tyler G. (2007). *Ciencia Ambiental. Desarrollo sostenible. Un enfoque integral*. International Thomson Editores. Recuperado de: <http://www.thomsonlearning.com.mx>

Vargas, T. C. y Rosales, C. A. (2014). Pérdida de la cobertura vegetal y sus repercusiones ambientales y legales. *Geoenseñanza*, 19(1), 61-79. http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/42301/articulo_4c.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Vílchez, M. H. (2017). *Análisis de cambios de cobertura y uso de la tierra del distrito de Chetilla, periodo 1990-2003-2016*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Insitucional UNC. <http://190.116.36.86/handle/UNC/2609>

TERMINOLOGÍA

Agricultura: Es la forma de aprovechamiento del suelo para un beneficio común, que están constituidas por parcelas que son fragmentadas para algún tipo de producto vegetal (Comisión Europea, 2013).

Arbustivo: Esta es la cobertura que predomina más en las zonas altas del distrito de manera dispersa en diferentes densidades y sustratos, dominada principalmente por elementos típicamente arbustivos desarrollados en forma natural (Vílchez, 2017).

Bosque: Los bosques en humedales altoandinos existen en los ecosistemas frágiles, bosques secos y entre los pastizales naturales altoandinos y páramos (MINAM, 2015).

Cambio de uso de suelo: El suelo es un indicador de la calidad ambiental al estar directamente relacionada la cobertura con su uso, se hace necesario identificar la dinámica de este proceso para conocer las tendencias de degradación, desertificación o pérdida de biodiversidad (García, 2008).

Hábitat: Definida como la superficie que contiene las condiciones físicas y biológicas necesarias para las necesidades, actividades y recursos que avalan la presencia de una especie (Delfín, Gallina y López, 2014).

Herbazal: Cobertura compuesta por una comunidad vegetal determinada por elementos típicamente herbáceos formados en manera natural en diferentes sustratos y densidades, los cuales forman una cobertura abierta o densa (Briones, 2018).

Influencia: Capacidad de ejercer un determinado control sobre algo o alguien, contribuir al desarrollo de comportamiento, personalidad y asertividad (Cialdini, 1990).

Periurbano: Es la transición entre urbano y rural, que está situada en la periferia de una ciudad (Hernández, 2016).

Persistencia: Pertenece a zonas, áreas o categorías que no sufrieron cambio alguno (Tochihuitl *et al.*, 2016).

Plan de Desarrollo Urbano: Es la Planificación Urbana para un desarrollo urbano de un poblado, un distrito y/o asentamiento humano, mediante el conocimiento profundo de las características generales que condicionan el desarrollo de un asentamiento. (Municipalidad Provincial de Tarma, 2014).

Puntos de muestreo: Lugar (punto o área determinada) de la tierra donde se toman las muestras, sean estas superficiales o de profundidad, Por lo que se refleja lo observado en tablas, para la evaluación de concordancia de más puntos de muestreo (Carletta, 1996).

Sin o poca vegetación: El área sin o poca vegetación se encuentra desarrollada por áreas arenosas naturales, afloramientos rocosos, glaciares, y tierras desnudas, mayormente se puede observar en altoandinos y lugares costeros (MINAM, 2014).

Tasa de cambio de cobertura: Es un indicador de presión que permite conocer la velocidad y magnitud con que se está presentando el proceso de cambio de cobertura, su evaluación es importante y necesaria para conocer la magnitud del cambio, así como sus efectos (Falcón, 2014).

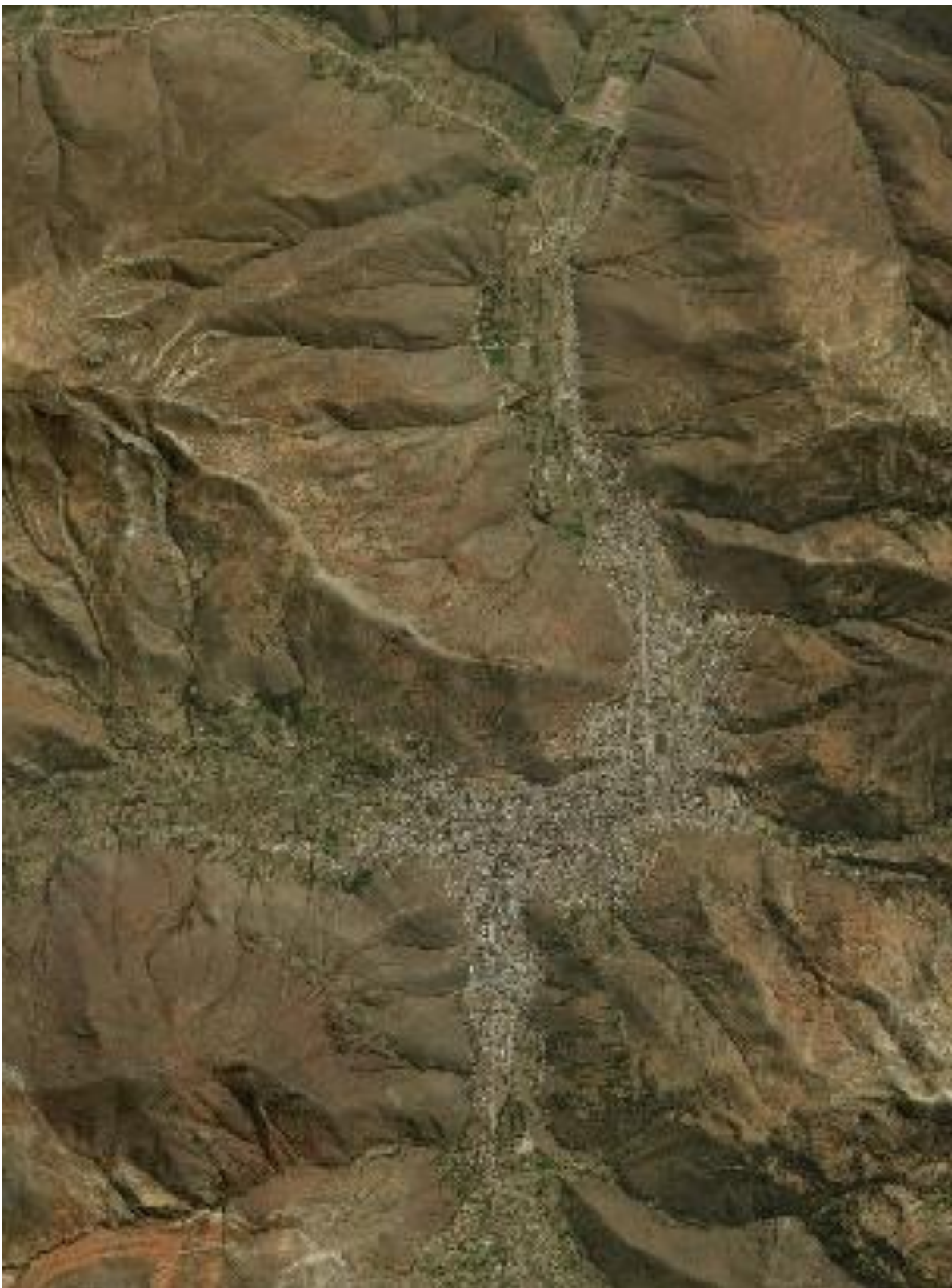
APÉNDICES

Apéndice 1. Propuesta de la leyenda de cobertura de la tierra – Perú

Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV		
1. Áreas Artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	1.1.1.1. Tejido urbano continuo		
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.1.2.1. Tejido urbano discontinuo		
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos	1.3.1.1. Áreas de extracción de minería		
2. Áreas Agrícolas	2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos	2.4.1.1. Mosaico de cultivos		
3. Bosques y Áreas mayormente naturales	3.1. Bosques	3.1.3. Bosque denso alto	3.1.3.1. Bosque denso alto		
		3.1.4. Bosque abierto alto	3.1.4.1. Bosque abierto alto		
	3.2. Bosques plantados	3.2.1. Plantación Forestal	3.2.1.1. Plantación Forestal		
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.1. Herbazal	3.3.1.1. Herbazal denso	3.3.1.2. Herbazal abierto (con afloramientos rocosos)	
			3.3.2. Arbustal	3.3.2.1. Arbustal denso	3.3.2.2. Arbustal abierto
		3.3.3. Arbustal denso (con tierras desnudas)		3.3.3.1. Mosaico de cultivos y afloramientos rocosos	3.3.3.2. Mosaico de cultivos y áreas arenosas naturales / herbazal
				3.3.3.3. Mosaico de cultivos y herbazal	3.3.3.4. Mosaico de cultivos y tierras desnudas
		3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea	3.3.4.1. Vegetación arbustiva / herbácea		
		3.3.5. Arbustal / área intervenida	3.3.5.1. Mosaico de cultivos y arbustal		
		3.3.6. Herbazal / área intervenida	3.3.6.1. Mosaico de cultivos y afloramientos rocosos	3.3.6.2. Mosaico de cultivos y áreas arenosas naturales / herbazal	
			3.3.6.3. Mosaico de cultivos y herbazal	3.3.6.4. Mosaico de cultivos y tierras desnudas	
			3.3.7. Arbustal-Herbazal/área intervenida	3.3.7.1. Mosaico de cultivos y arbustal / herbazal	
			3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	3.4.1.1. Áreas arenosas naturales
	3.4.2. Afloramientos rocosos	3.4.2.1. Afloramientos rocosos			
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	3.4.3.1. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)			
	3.4.5. Glaciares	3.4.5.1. Glaciares			
4. Áreas Húmedas	4.2. Áreas húmedas costeras	4.1.2. Turberas y bofedales	4.1.2.1. bofedales		
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	5.1.1.1. Ríos		
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes	5.1.2.1. Lagunas, lagos		

Nota. MINAM (2014). Informe final del proyecto análisis de las dinámicas de cambio de cobertura de la tierra en la comunidad andina. <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>

Apéndice 2. Imagen satelital de la ciudad de Tarma 2005



Nota. Portal Web SASPLANET y Google Earth, del satélite Quick Bird.

Apéndice 3. Imagen satelital de la ciudad de Tarma 2020



Nota. Portal Web SASPLANET y Gooble Earth, del satélite WorldView-3.

Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005

ID_ SIG	Coordenadas		Uso de la tierra según el mapa	Uso de la tierra observada	Verificación	
	X	Y			coincide	no coincide
AU - 01	424431,13	8735806,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 02	424527,65	8736174,6	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 03	424531,46	8736638,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 04	424023,11	8737964	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 05	423710,69	8737475,1	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 06	423177,29	8737490,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 07	425117,85	8737293,5	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 08	424190,75	8737598,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 09	425771,9	8737769,7	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 10	425219,45	8738315,8	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 11	425219,45	8737636,4	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 12	424673,35	8737693,5	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 13	425727,45	8738823,8	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 14	425232,15	8739465,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 15	424516,72	8737335,8	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 16	425087,34	8742264,7	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 17	424940,33	8740418,4	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 18	422426,76	8738071,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AAH - 01	424299,24	8735034,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X	
AAH - 02	424556,41	8735056,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X	
AAH - 03	424779,72	8735184,8	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X	
AAH - 04	425010,44	8735436,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X	
AAH - 05	424671,77	8736011,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X	

Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005
(continuación)

AAH - 06	424264,24	8735448,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 07	424778,17	8735544,6	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 08	426216,48	8737546,4	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 09	421780,39	8737681,6	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 10	422091,54	8737783,2	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 11	423173,16	8737383,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 12	423545,7	8737753,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 13	423399,64	8738378	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 14	422533,93	8738265,8	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 15	422811,21	8737783,2	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 16	423052,51	8738223,4	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 17	424577,57	8742226,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X

Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005
(continuación)

AAH - 18	424804,06	8741923,4	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 19	424598,74	8741311,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 20	424547,94	8740647	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 21	424841,73	8739635,3	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 22	424845,12	8739808	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 23	424731,67	8740167	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 24	425201,09	8739200	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
H - 01	423006,63	8738496,1	Herbazal	Herbazal	X
H - 02	424266,85	8740925,2	Herbazal	Herbazal	X
H - 03	424510,69	8740187,3	Herbazal	Herbazal	X
B - 01	424682,35	8742414	Bosques	Bosques	X
B - 02	425207,29	8742102,9	Bosques	Bosques	X
B - 03	424322,52	8741250,9	Bosques	Bosques	X
B - 04	424965,99	8741285,9	Bosques	Bosques	X
B - 05	424596,84	8740383,1	Bosques	Bosques	X
B - 06	423137,82	8738422	Bosques	Bosques	X
B - 07	424794,39	8736130,1	Bosques	Bosques	X
B - 08	425199,52	8735382,9	Bosques	Bosques	X
ASPV - 01	425400,04	8737303,1	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X

Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005
(continuación)

ASPV - 02	425934,71	8737560,9	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 03	424244,33	8735796,1	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 04	424032,24	8735260,1	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 05	424309,1	8736083,1	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 06	424019,23	8737280,8	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 07	423172,56	8737249	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 08	422395,74	8737457,5	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 09	424877,89	8738349,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 10	425071,56	8738838,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 11	425017,8	8739121,5	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 12	424563,99	8739473,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 13	424307,11	8740158,5	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X

Apéndice 4. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2005 (continuación)

ACVA - 01	424740,53	8735890,9	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 02	424848,48	8735669,9	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 03	424277,83	8736651	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 04	424796,62	8736718,3	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 05	424698,41	8736947,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 06	423939,48	8738269,8	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 07	424290	8738105,7	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 08	424620,2	8738120,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 09	425026,6	8738519,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 10	426095,82	8738022,1	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X

Apéndice 5 Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020

ID_ SIG	Coordenadas		Uso de la tierra según el mapa	Uso de la tierra observada	Verificación	
	coordenada x	coordenada y			coincide	no coincide
AU - 01	424433,4	8735485,9	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 02	424412,2	8735833,1	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 03	424507,3	8736136,8	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 04	424409,8	8734887,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 05	424660,3	8735525,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 06	424477,9	8736402,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 07	424545,7	8736758,4	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 08	422152,2	8737551,1	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 09	423180,6	8737499,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 10	422692,1	8737936,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 12	423394,4	8737854,4	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 13	423734,7	8737511,8	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 14	423797,6	8737826	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 15	425125,8	8742297,9	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 16	424546,5	8742075,6	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 17	425028,8	8741822,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 18	424330,5	8740838,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 19	424847	8740735,7	Área urbanizada	Área urbanizada	X	
AU - 20	425010,6	8739996,2	Área urbanizada	Área urbanizada	X	

Apéndice 5. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020
(continuación)

AU - 21	424750,2	8739927	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 22	424724,1	8741441,1	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 23	424267,5	8737625,1	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 24	424571,1	8737211,9	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 25	425849,5	8737745,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 26	425375,4	8739197,4	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 27	425506,6	8738380,3	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AU - 28	425100,2	8737732,6	Área urbanizada	Área urbanizada	X
AAH - 01	421799,8	8737634,6	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 02	422561,8	8738132,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AH - 03	422494,1	8737740,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 04	423004,2	8737437,8	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 05	423368,3	8737653,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 06	423031,7	8738208,3	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 07	424288,8	8735002,2	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 08	424724,8	8735423,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X

Apéndice 5. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020
(continuación)

AAH - 09	424652,8	8735711,3	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 10	424648	8735969,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 11	424152,7	8735397,6	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 12	426235,1	8737537,2	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 13	424610	8742199,7	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 14	424837,3	8742036,3	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 15	424590,1	8741264,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 16	424495,2	8740712,1	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 17	424729,5	8740199,9	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 18	424823,5	8739652,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
AAH - 19	422884,7	8737753,5	Área agrícola heterogénea	Área agrícola heterogénea	X
H - 01	422398,1	8737822,3	Herbazal	Herbazal	X
H - 02	424252,8	8735157,2	Herbazal	Herbazal	X
B - 01	424089,3	8735562,2	Bosques	Bosques	X
B - 02	424913,9	8735577,5	Bosques	Bosques	X

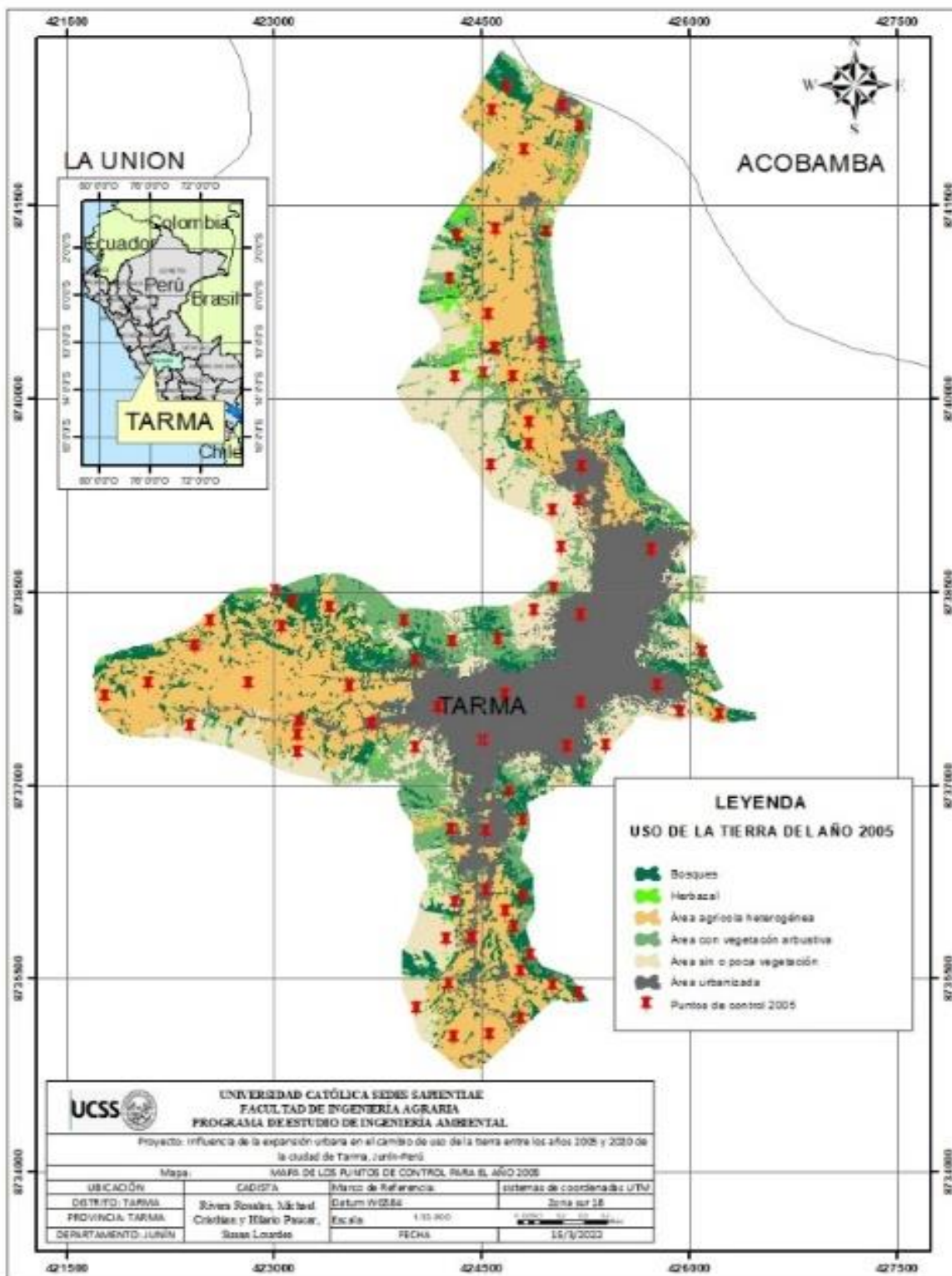
Apéndice 5. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020
(continuación)

B - 03	424807,2	8736183,7	Bosques	Bosques	X
B - 04	424696,1	8742479,8	Bosques	Bosques	X
B - 05	424329,9	8741206,6	Bosques	Bosques	X
B - 06	425026,1	8740454,7	Bosques	Bosques	X
B - 07	423150,6	8738414,5	Bosques	Bosques	X
B - 08	421950,5	8738018,7	Bosques	Bosques	X
B - 09	422765,4	8738353,1	Bosques	Bosques	X
B - 10	423626,3	8737233,4	Bosques	Bosques	X
ASPV - 01	424184,6	8736336,5	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 02	424055	8735854,9	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 03	424002	8735296,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 04	422493,4	8737390,6	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 05	423460,7	8737066,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 06	423909,4	8737117,5	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 07	424380,9	8738305	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 08	425003,2	8738517,7	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 09	424555,5	8739362,3	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X
ASPV - 10	424339,6	8739886,1	Área sin o poca vegetación	Área sin o poca vegetación	X

Apéndice 5. Ficha de campo para la verificación de puntos de muestreo del año 2020
(continuación)

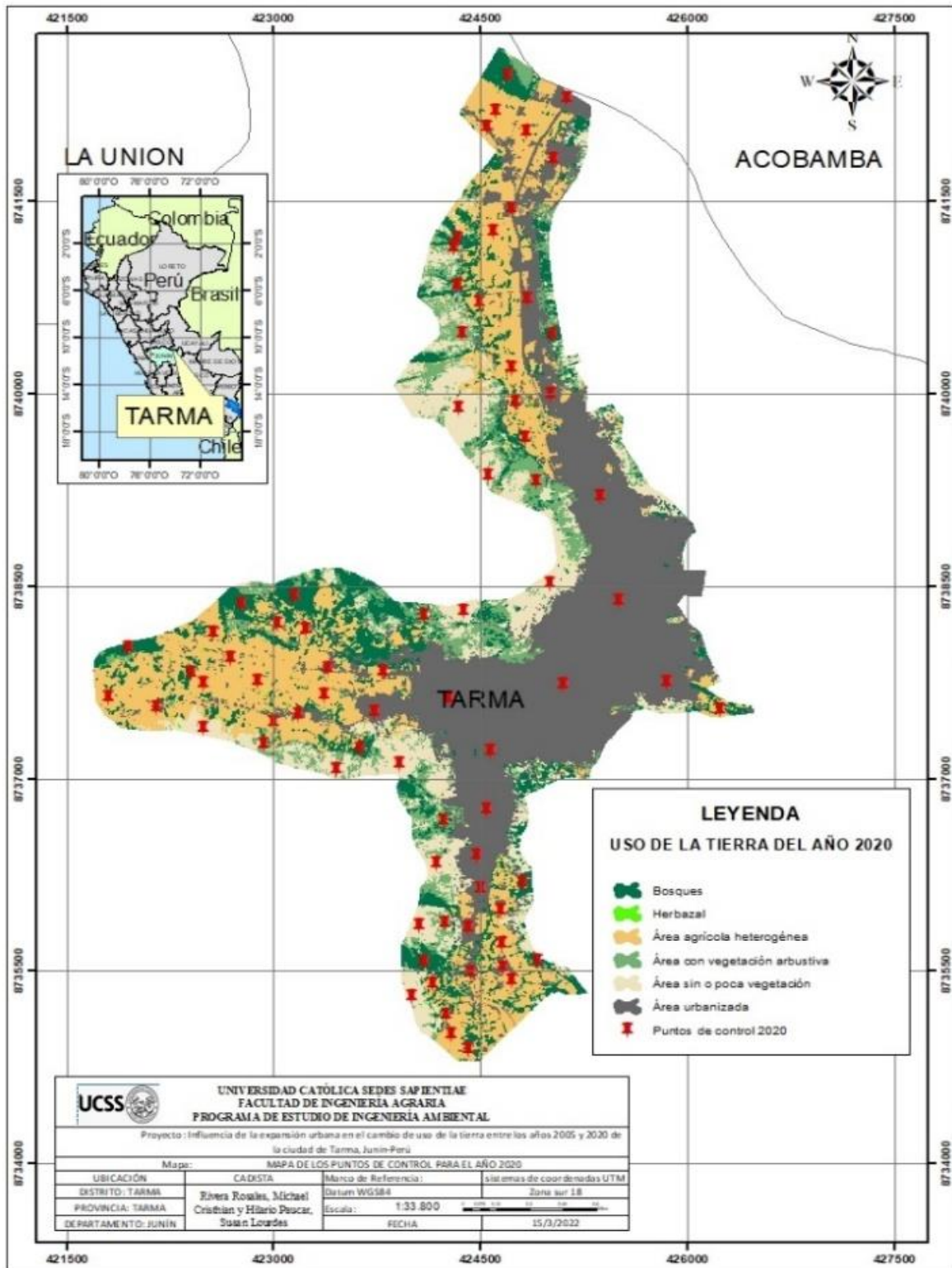
ACVA - 01	424303,9	8741136,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 02	424366	8740471	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 03	424903,6	8739317,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 04	424241,4	8735868,4	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 05	424237,2	8736665,3	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 06	424089,1	8738268,5	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X
ACVA - 07	422926,2	8737263	Áreas con vegetación arbustiva	Áreas con vegetación arbustiva	X

Apéndice 6. Distribución de los puntos de muestreo en el mapa de uso de tierras del año 2005



Nota. Elaboración propia. Muestra con una x la distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio en los diferentes usos de tierra.

Apéndice 7. Distribución de los puntos de muestreo en el mapa de uso de tierras del año 2020



Nota. Elaboración propia. Muestra con una x la distribución de los puntos de muestreo en el área de estudio en los diferentes usos de tierra.

Apéndice 8. Fotografías de las salidas a campo



Apéndice 9. Tabla de los puntos de control del año 2020

2020			
Uso de tierra a partir del cual se calcula los puntos de control.			
Clase	Superficie ha	Porcentaje (P)	Puntos de control
Área urbanizada	414	36,5	28
Área agrícola heterogénea	285,02	25,2	19
Herbazal	1,73	0,2	2
Bosques	157,32	13,9	10
Área sin o poca vegetación	160,84	14,2	10
Áreas con vegetación arbustiva	112,63	10	7

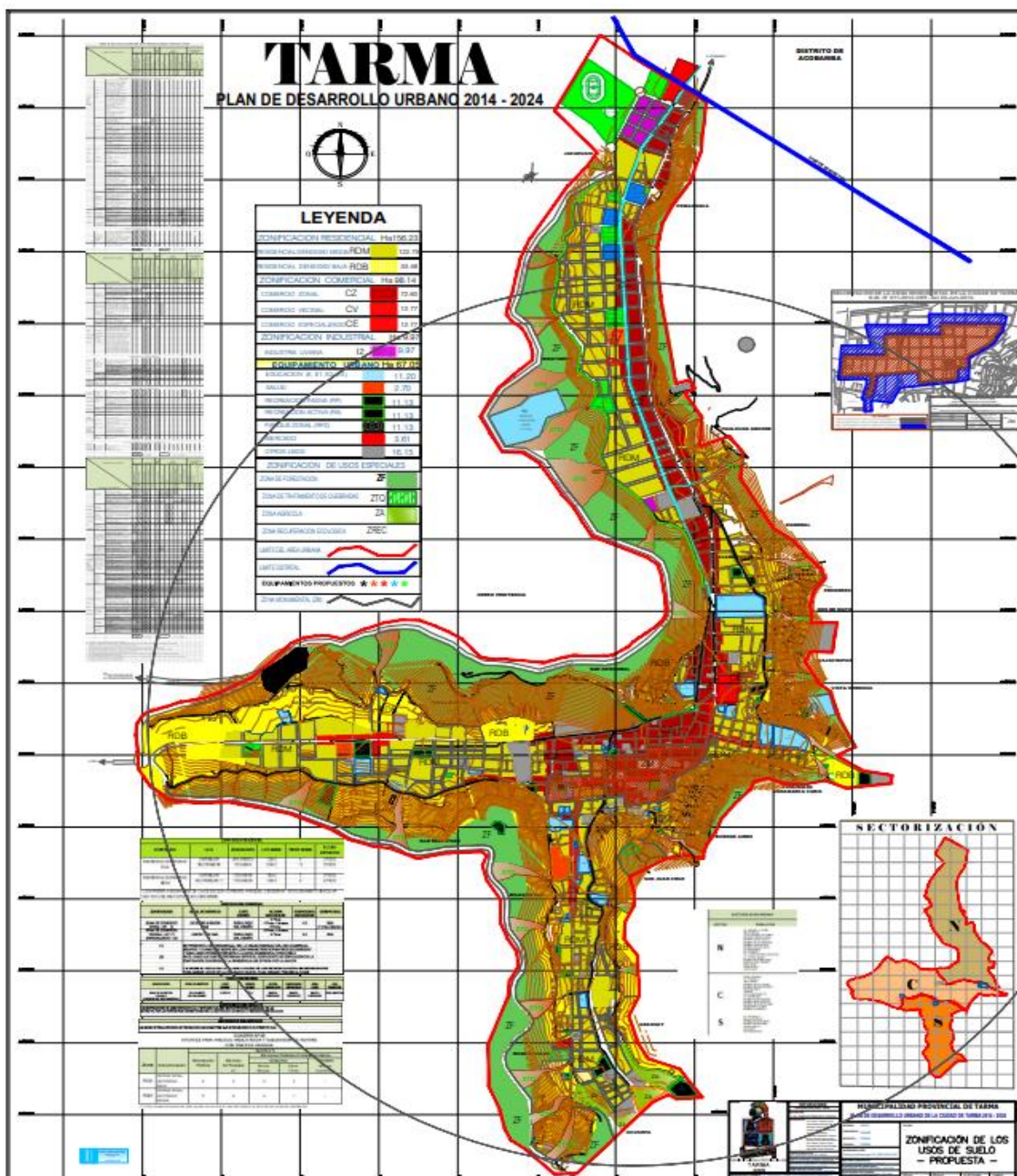
Nota. Elaboración propia adaptado de la Dirección General de Ordenamiento Territorial, (2014). Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-Validacion-Mapa-Deforestacion.pdf>

Apéndice 10. Puntos de control del año 2005

2005			
Uso de tierra a partir del cual se calcula los puntos de control			
Clase	Superficie ha	Porcentaje (P)	Puntos de control
Área urbanizada	279,42	24,7	18
Área agrícola heterogénea	364,76	32,1	24
Herbazal	15,51	1,4	3
Bosques	124,05	11	8
Área sin o poca vegetación	196,59	17,4	13
Áreas con vegetación arbustiva	151,21	13,4	10

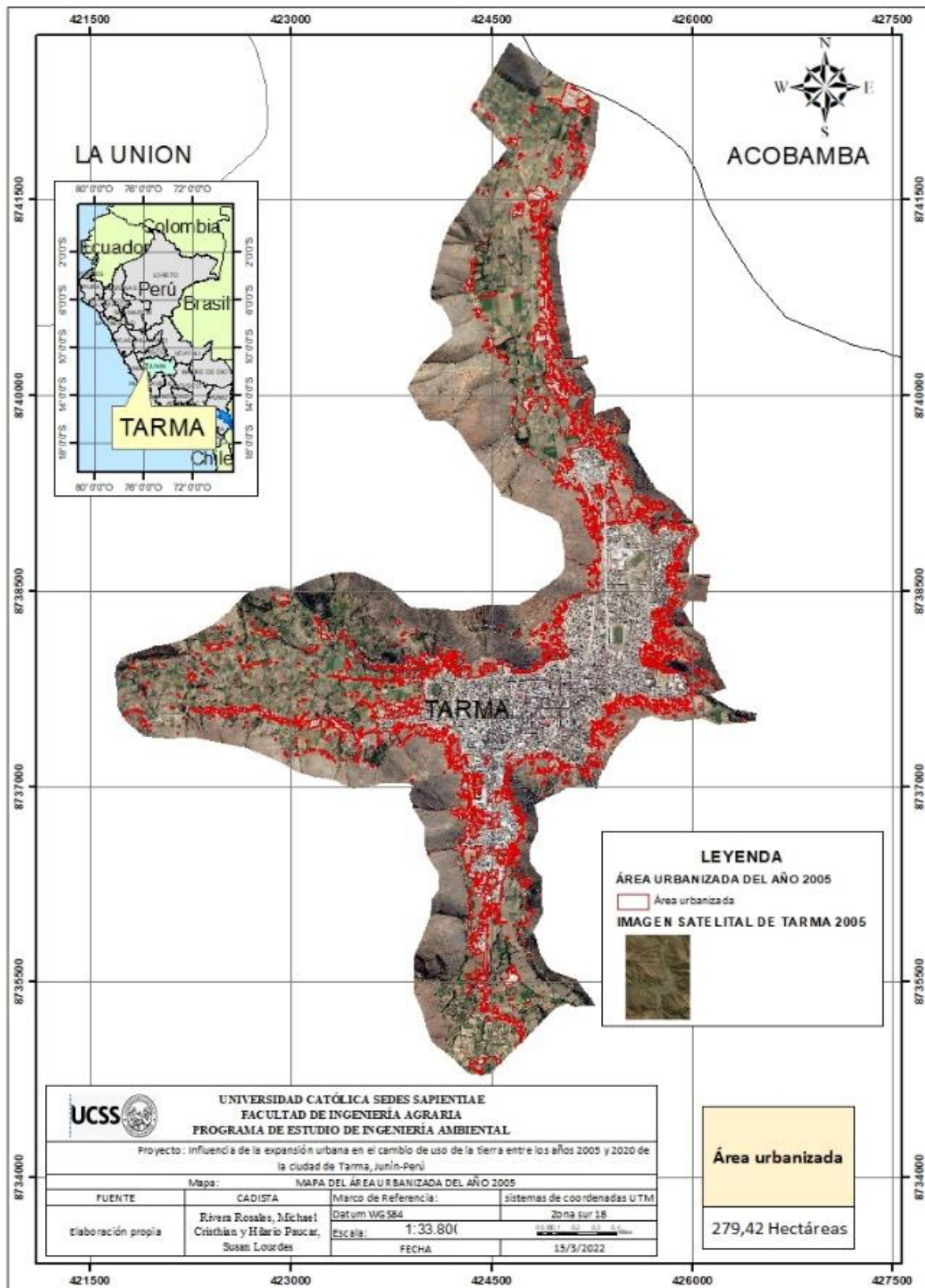
Nota. Elaboración propia adaptado de la Dirección General de Ordenamiento Territorial (2014). Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Protocolo-Validacion-Mapa-Deforestacion.pdf>

Apéndice 11. Plan de desarrollo urbano 2014 – 2024 para la ciudad de Tarma

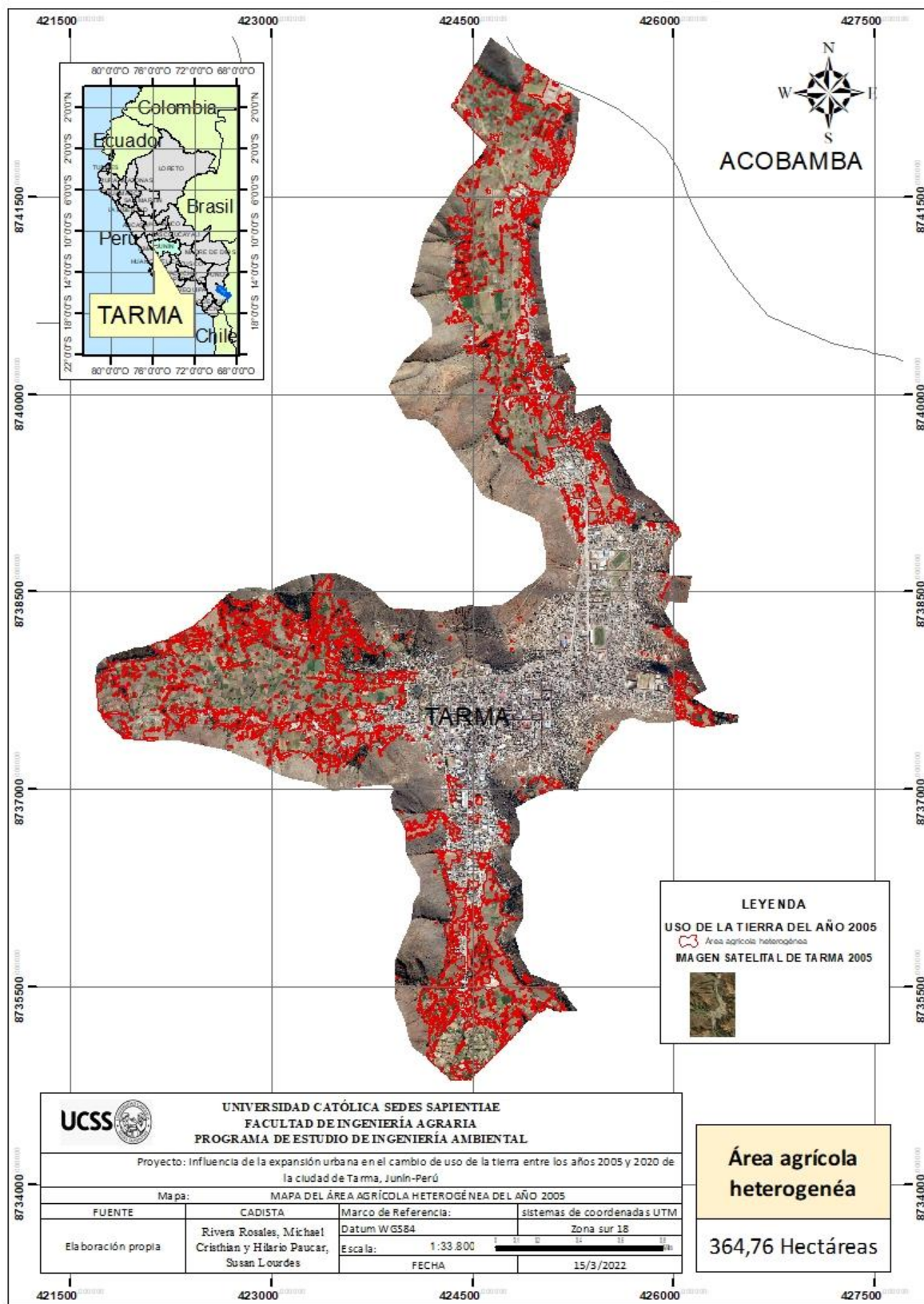


Nota. Municipalidad provincial de Tarma (2014). Plan de Desarrollo Urbano de Tarma.
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-plan-de-desarrollo-urbano-pdu-de-la-ciudad-tar-ordenanza-no-028-cmt-1342016-1/>

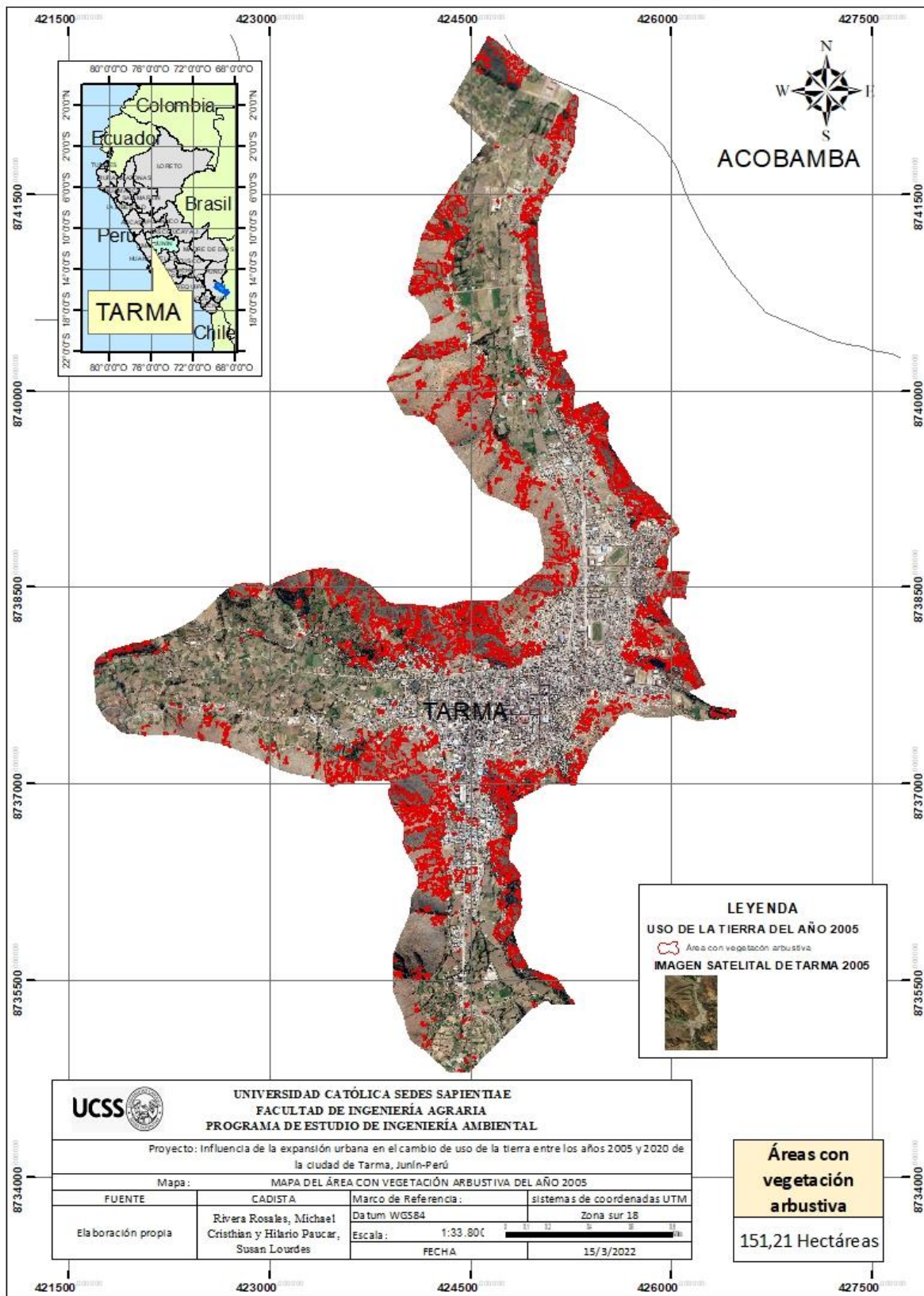
Apéndice 12. Mapa de distribución del área urbanizada del año 2005



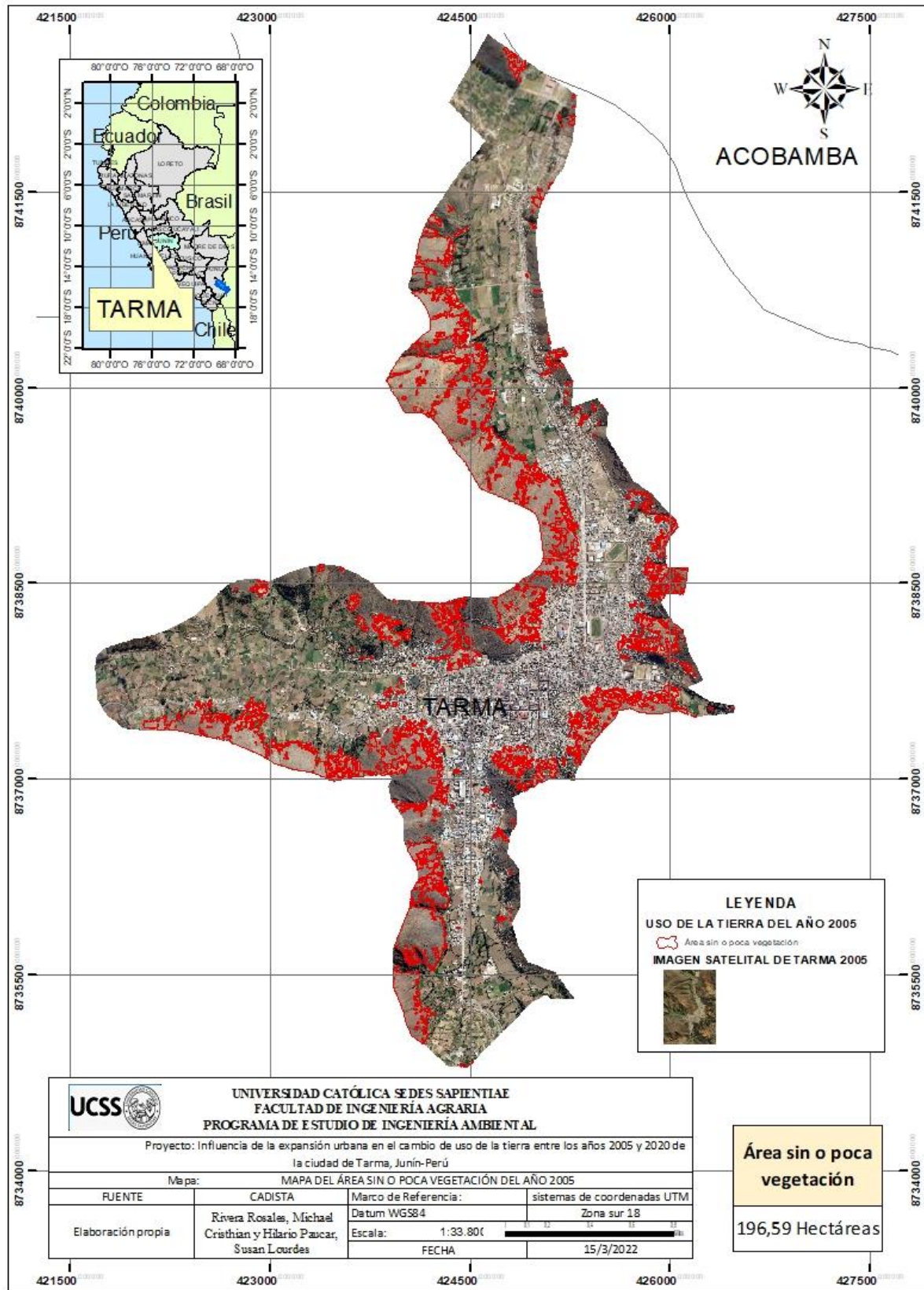
Apéndice 13. Mapa de distribución del área agrícola heterogénea del año 2005



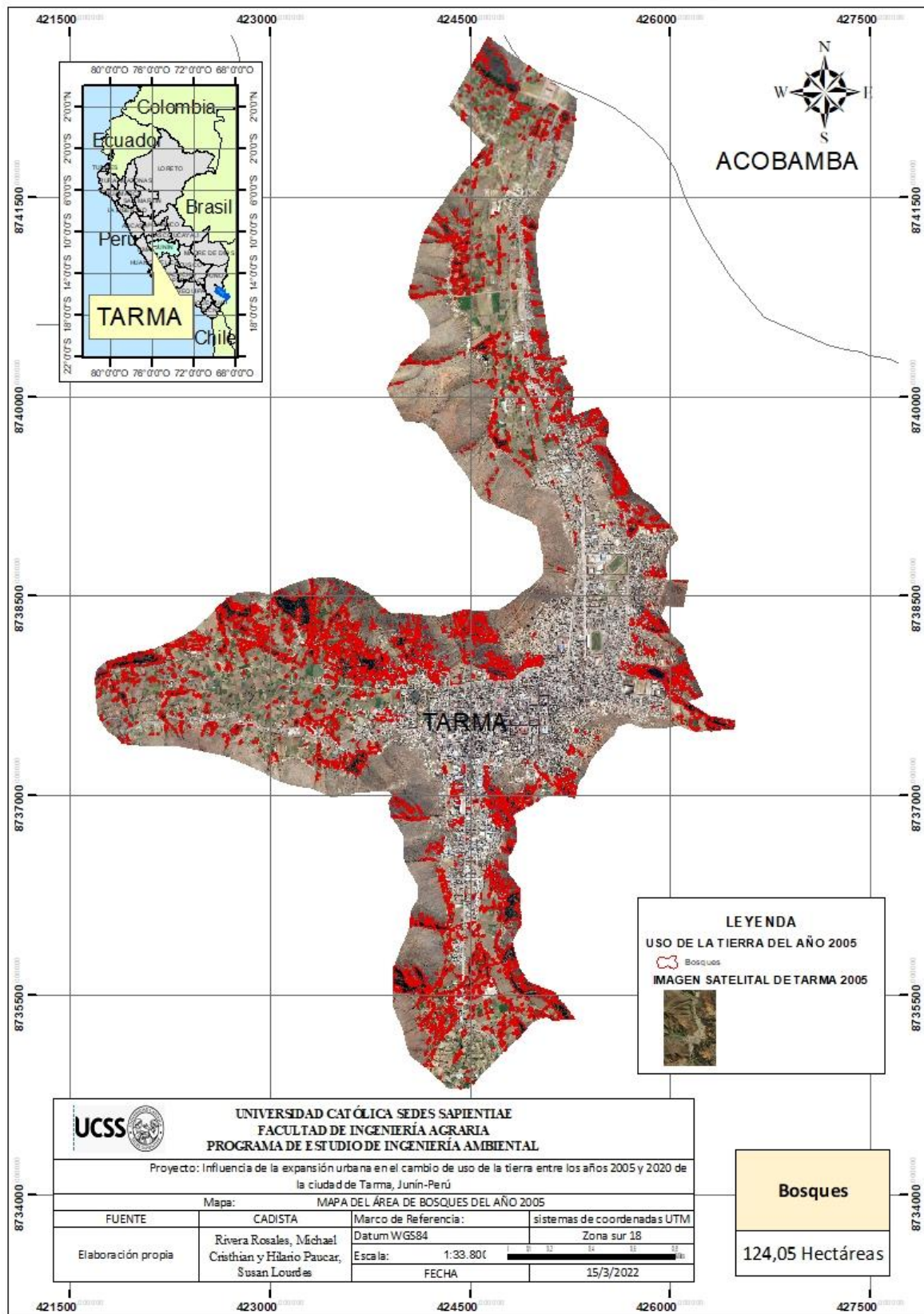
Apéndice 14. Mapa de distribución del área con vegetación arbustiva del año 2005



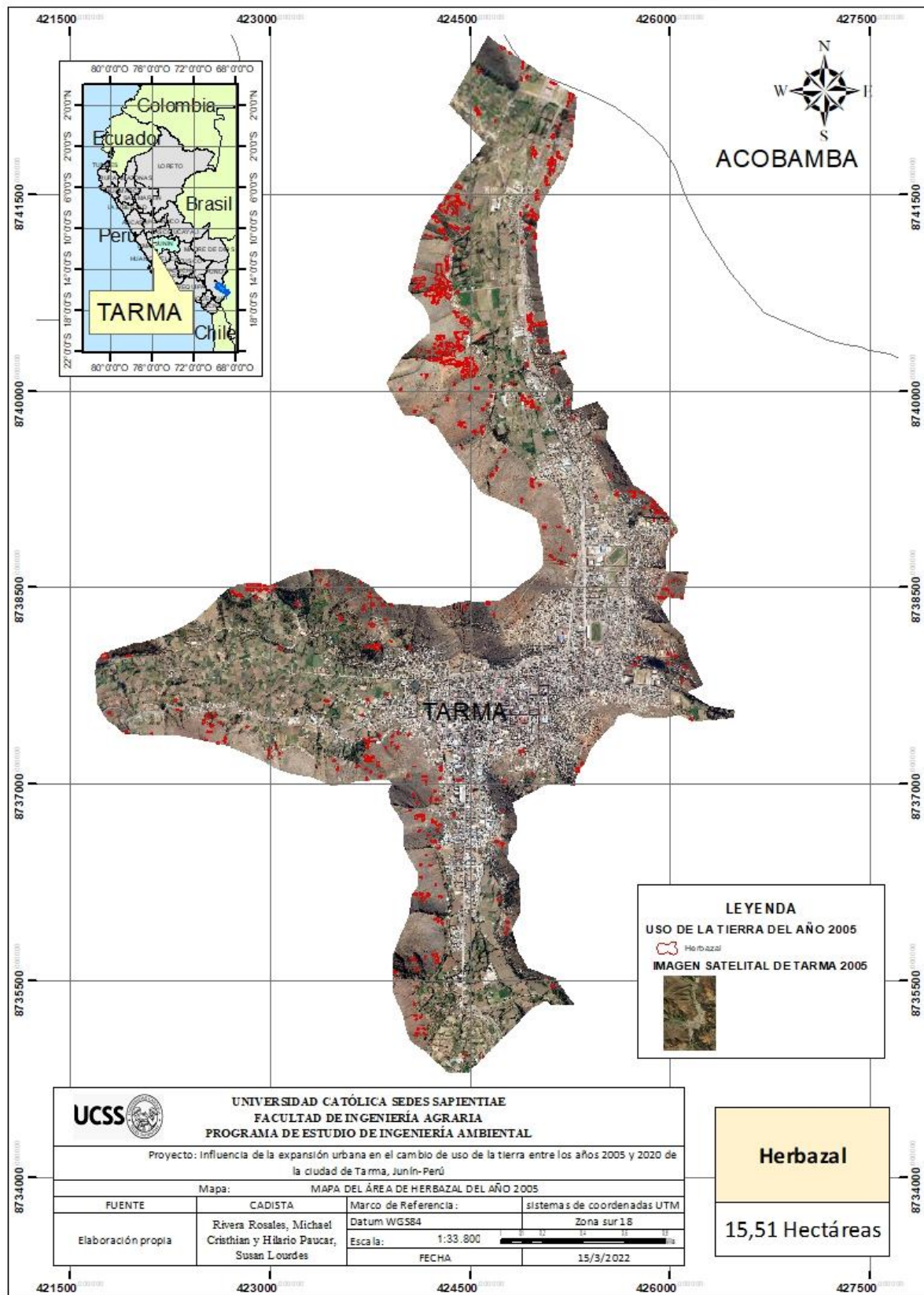
Apéndice 15. Mapa de distribución del área sin o poca vegetación del año 2005



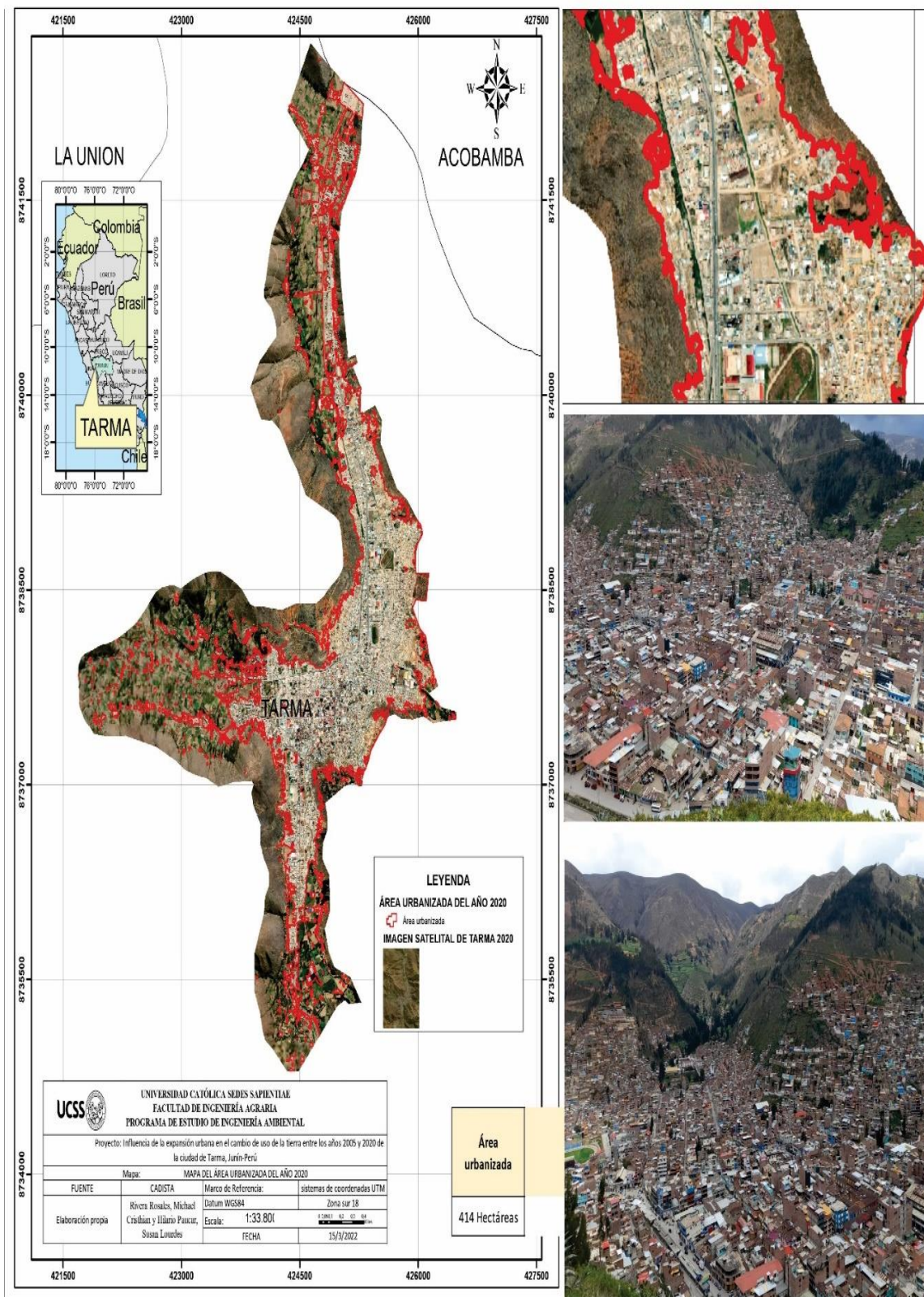
Apéndice 16. Mapa de distribución del área de Bosques del año 2005



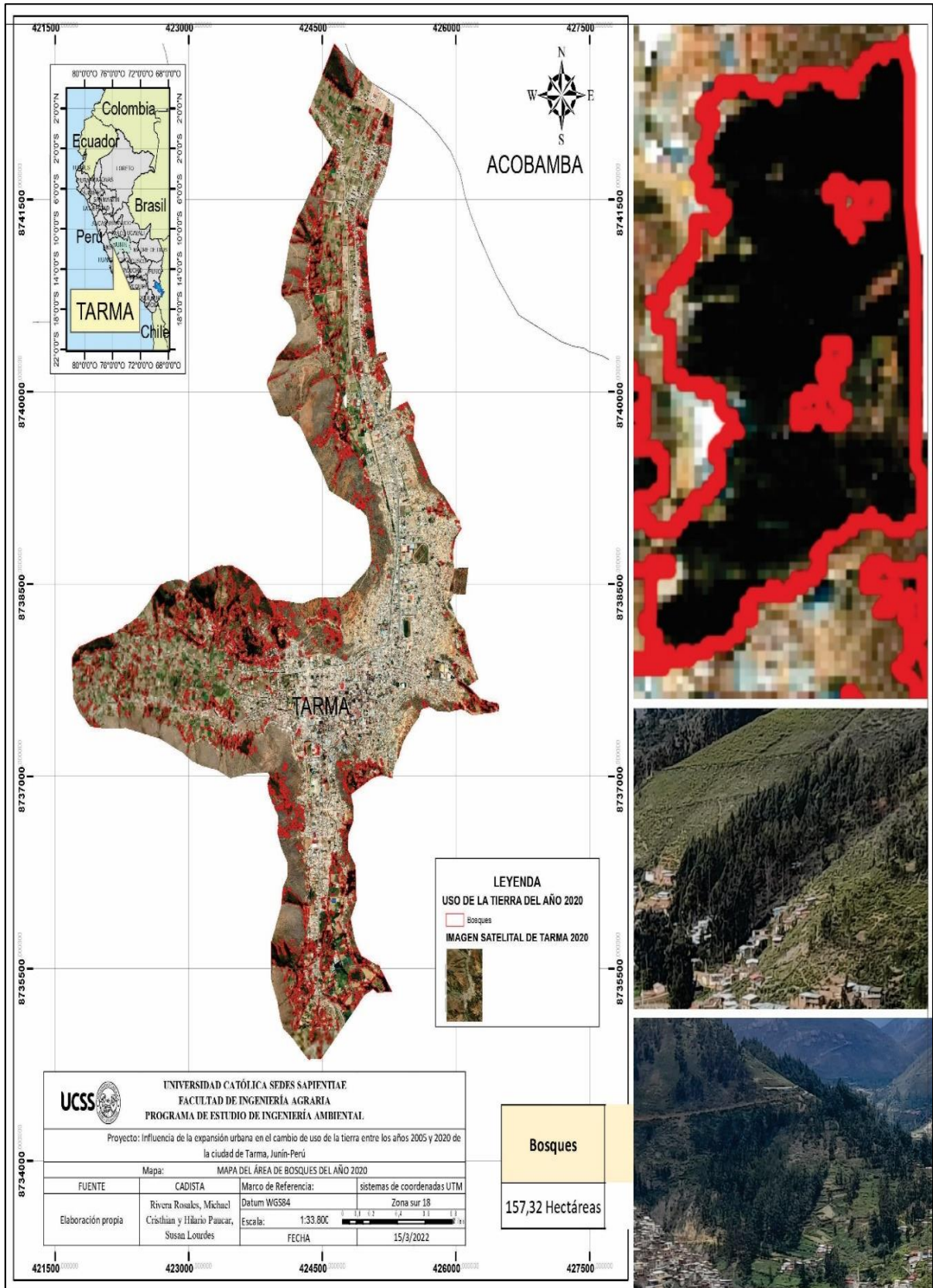
Apéndice 17. Mapa de distribución del área de herbazal del año 2005



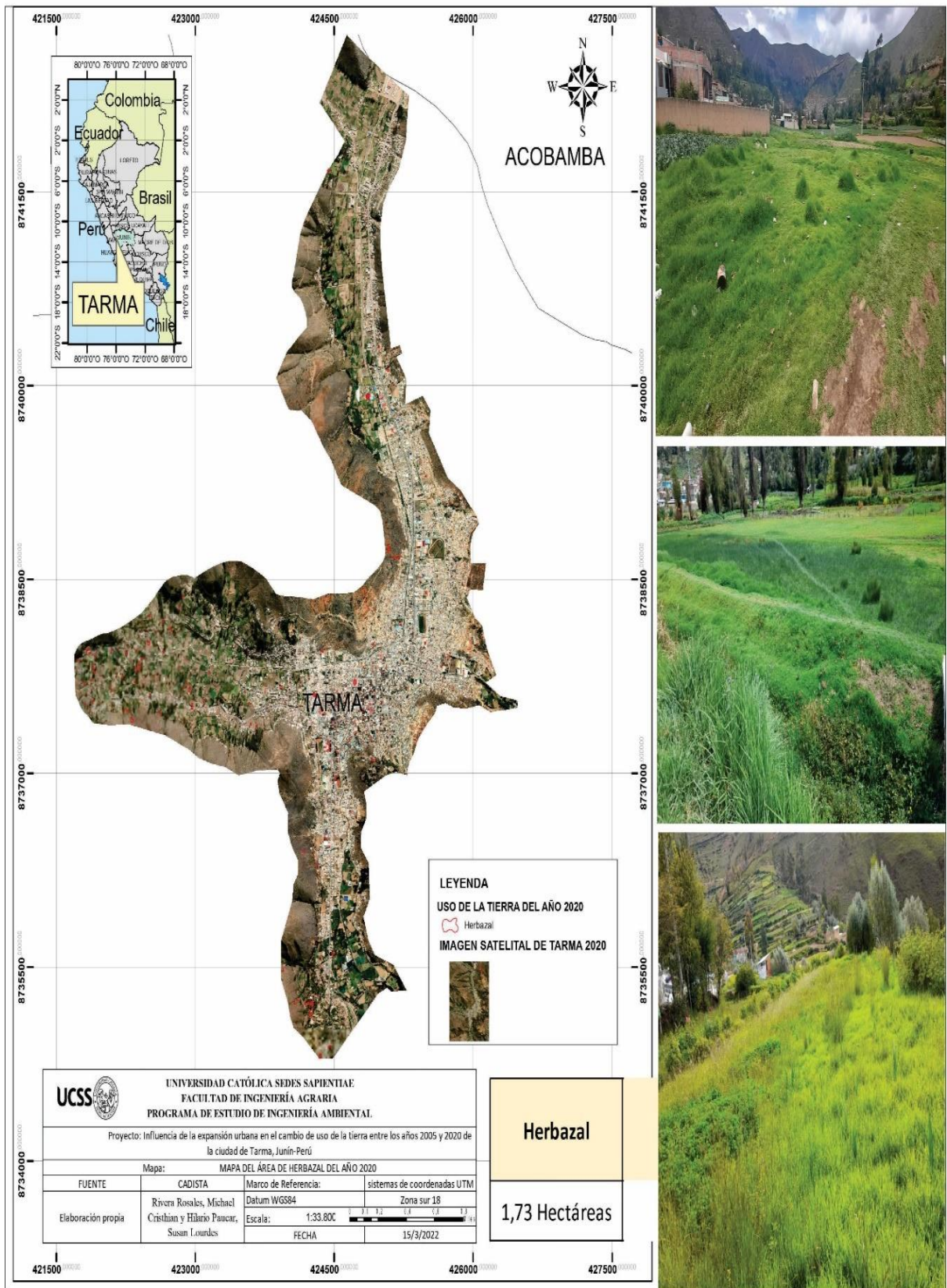
Apéndice 18. Mapa de distribución del área urbanizada del año 2020



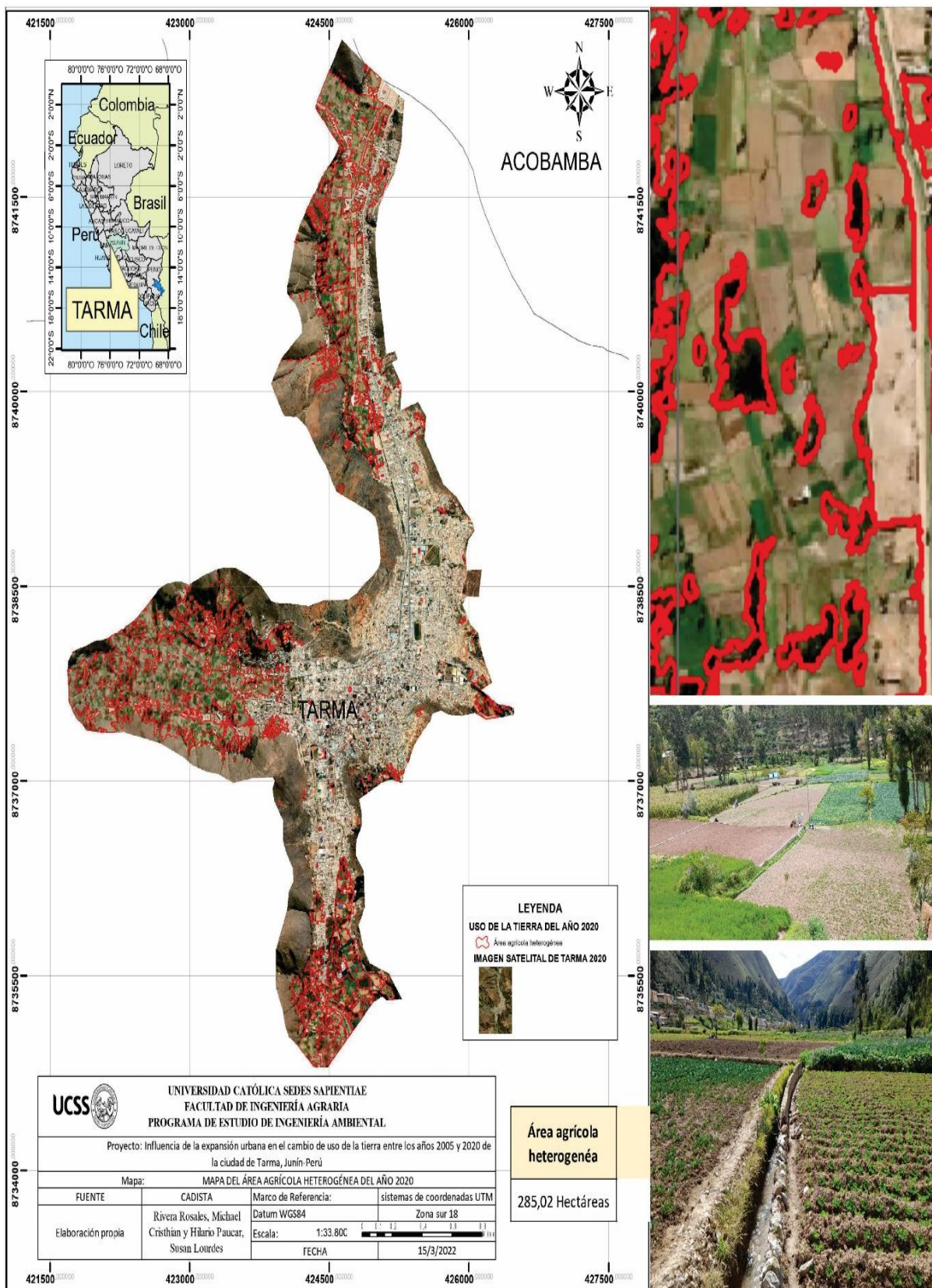
Apéndice 19. Mapa de distribución del área de Bosques del año 2020



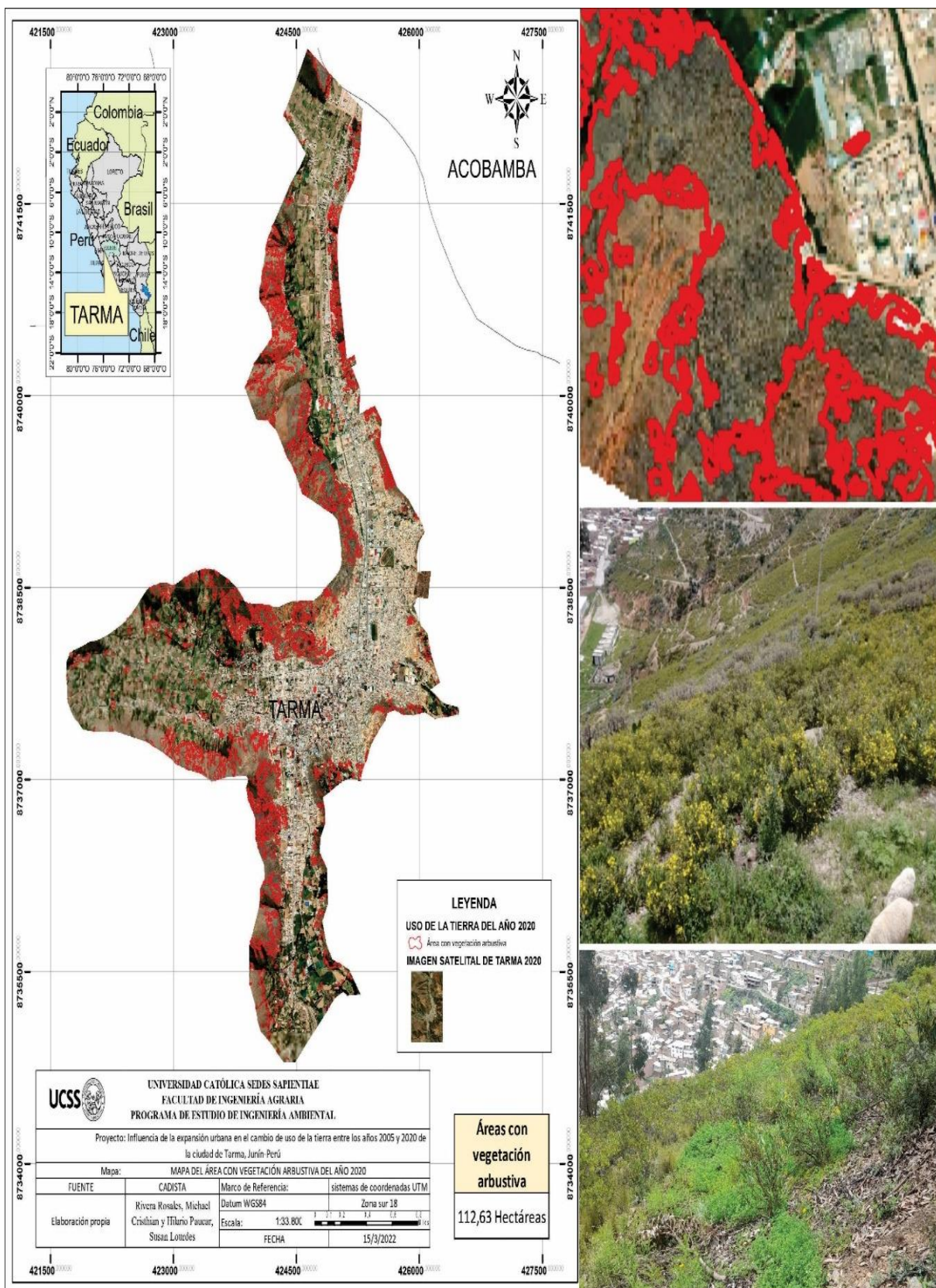
Apéndice 20. Mapa de distribución del área de herbazal del año 2020



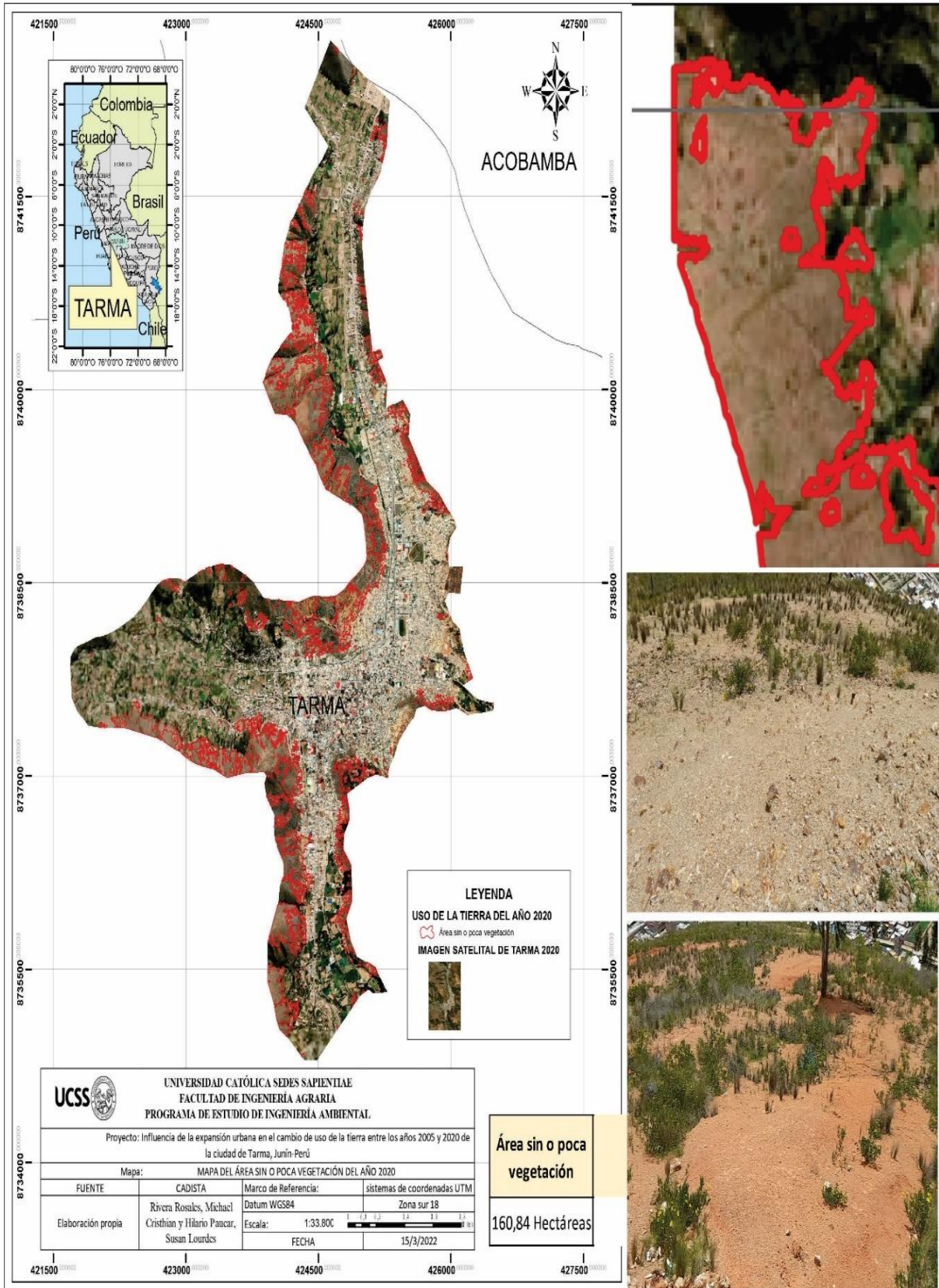
Apéndice 21. Mapa de distribución del área agrícola heterogénea del año 2020



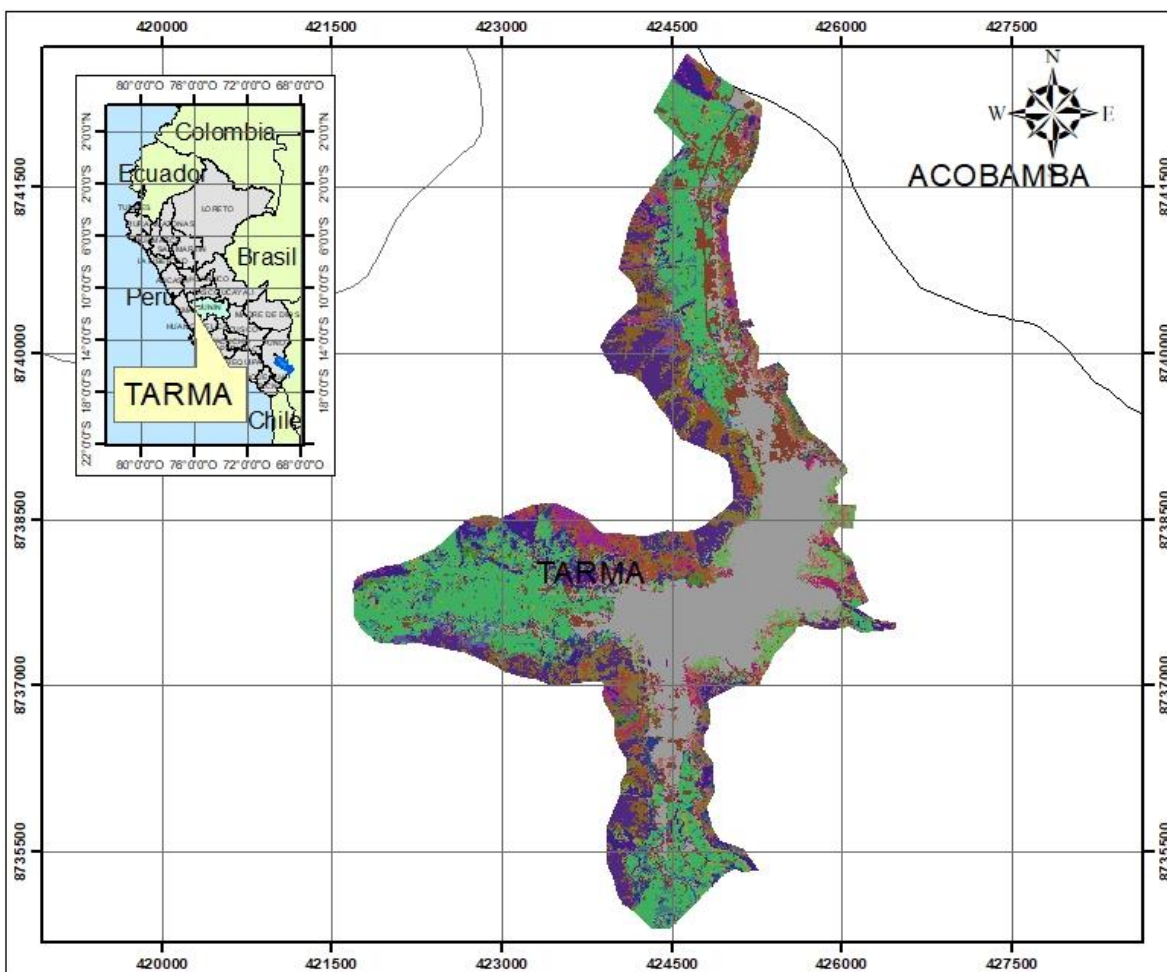
Apéndice 22. Mapa de distribución del área con vegetación arbustiva del año 2020



Apéndice 23. Mapa de distribución del área sin o poca vegetación del año 2020



Apéndice 24. Mapa de cambio de uso de tierra en la ciudad de Tarma entre el año 2005 y 2020



LEYENDA

Cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, Junín-Perú			
	Área urbanizada se mantuvo		Área con vegetación arbustiva se mantuvo
	De área urbanizada a área sin o poca vegetación		Herbazal se mantuvo
	De área urbanizada a área con vegetación arbustiva		De herbaza a área agrícola heterogénea
	De área urbanizada a bosques		De herbaza a área con vegetación arbustiva
	De área urbanizada a herbazal		De herbazal a bosques
	De área urbanizada a área agrícola heterogénea		De herbazal a área con poca vegetación
	Bosques se mantuvo		De herbazal a área urbanizada
	De bosques a herbazal		Área agrícola heterogénea se mantuvo
	De bosques a área agrícola heterogénea		De área agrícola heterogénea a herbazal
	De bosques a área con vegetación arbustiva		De área agrícola heterogénea a bosques
	De bosques a área sin o poca vegetación		De área agrícola heterogénea a poca vegetación
			De área agrícola heterogénea a área arbustiva
			De área agrícola heterogénea a área urbanizada
			De área sin o poca vegetación a bosques
			De área sin o poca vegetación a herbazal
			De área sin o poca vegetación a área agrícola
			De área sin o poca vegetación a área arbustiva
			De área sin o poca vegetación a área urbanizada

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA AMBIENTAL			
Proyecto: Influencia de la expansión urbana en el cambio de uso de la tierra entre los años 2005 y 2020 de la ciudad de Tarma, Junín-Perú			
Mapa: MAPA DE CAMBIO DE USO DE LA TIERRA ENTRE LOS AÑOS 2005 Y 2020 EN LA CIUDAD DE TARMA			
FUENTE	CADISTA	Marco de Referencia:	sistemas de coordenadas UTM
Elaboración propia	RIVERA ROSALES, MICHAEL CRISTIAN Y HILARIO PAUCAR, SUSAN LAURDES	Datum WGS84	Zona sur 18
		Escala: 1:50.800	
		FECHA	15/3/2022

Apéndice 25. Pérdida de área urbanizada para dar pase a otros usos de la tierra

