



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y
AGRIMENSURA



ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO,
EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES
SATELITALES LANDSAT

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO - PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT

AUTOR

YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA

RECuento DE PALABRAS

24139 Words

RECuento DE CARACTERES

127177 Characters

RECuento DE PÁGINAS

129 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.2MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 10, 2023 1:58 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 10, 2023 2:00 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)


Elio Galizosa Llataosi
DNI: 42924051


Subdirector de Investigación EPITA
DNI: 02406391
M. Sc. Luis Alberto Mamani Huanca
SUBDIRECTOR DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FCA

Resumen



DEDICATORIA

A mis queridos padres Néstor y Rosa a quienes les debo todo mi agradecimiento, quienes han sabido formarme con buenos valores y actitudes, lo cual ha sido fundamental para poder tener una visión y misión más objetiva en la vida.

Yefri Brandon.



AGRADECIMIENTOS

- *Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano por acogerme en su espacio educativo para mi desarrollo profesional para con la sociedad.*
- *A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura que contribuyeron en cada etapa de mi formación académica y profesional.*
- *A todas las personas que formaron parte importante en la conclusión de mi proyecto. Gracias por sus consejos que fueron siempre útiles. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento.*
- *Agradecer a mi asesor Ph.D. Elmer Elio Calizaya Llatasi, por su disposición y orientación en la elaboración de esta tesis.*
- *A los miembros de jurado Ing. Victor Cipriano Flores Flores, Dr. Jorge Luis Aroste Villa, Msc. Angel Abraham Franco Pineda, por sus valiosas directrices en la en la culminación de esta tesis.*

Yefri Brandon.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 14

ABSTRACT..... 15

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1.1. Problema General 18

1.1.2. Problemas Específicos 18

1.2. HIPÓTESIS 18

1.2.1. Hipótesis General 18

1.2.2. Hipótesis Específicas 18

1.3. JUSTIFICACIÓN 19

1.4. OBJETIVOS 19

1.4.1. Objetivo General..... 19

1.4.2. Objetivos Específicos 19

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 20

2.1.1. Internacionales..... 20



2.1.2. Nacionales	21
2.1.3. Regionales	23
2.2. MARCO TEÓRICO.....	25
2.2.1. Cobertura y Uso de Suelos	25
2.2.1.1. Cobertura del Suelo	25
2.2.1.2. Uso del Suelo.....	25
2.2.2. Crecimiento Urbano	26
2.2.3. Teledetección.....	28
2.2.4. Imágenes Satelitales	29
2.2.5. Imágenes Landsat.....	29
2.2.6. Tipos de Sensores	32
2.2.7. Clasificación	34
2.2.8. Combinación de Bandas	34
2.2.9. Sistemas de Información Geográfica	36
2.2.10. Análisis Multitemporal	37
2.2.11. Matriz de Confusión	38
2.2.12. Índice Kappa	38
2.2.13. El SIG como herramienta para el ordenamiento territorial.....	39
2.2.14. Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)	41
2.2.15. Tierras según la Capacidad de Uso Mayor	43
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	44
2.3.1. Expansión Urbana	44
2.3.2. Crecimiento Urbano	44
2.3.3. Uso de Suelo.....	44
2.3.4. Cambio de la cobertura de uso del suelo	45
2.3.5. Imágenes Satelitales	45



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO	46
3.1.1. Ubicación Geográfica	46
3.1.2. Límites	48
3.1.3. Vías de Comunicación y Accesibilidad.....	48
3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	48
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO	50
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA	51
3.5.1. Población	51
3.5.2. Muestra	51
3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	51
3.6.1. Proceso Metodológico para el Primer Objetivo Específico.....	61
3.6.2. Proceso Metodológico para el Segundo Objetivo Específico	64

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS PARA LOS OBJETIVOS	65
4.1.1. Resultado para el Primer Objetivo Especifico.....	65
4.1.1.1. Categorías de Cobertura de Uso de Suelo	65
4.1.1.2. Validación de Mapas	73
4.1.1.3. Indicadores de Validación	75
4.1.1.4. Relación de la expansión urbana y cambio de uso de suelos	78
4.1.2. Resultados para el Segundo Objetivo Especifico	79
4.1.2.1. Uso de Suelos al año 2030	79
4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS	83



4.2.1. Prueba de Normalidad	83
4.2.2. Prueba Estadística para el Primer Objetivo Especifico	84
4.2.3. Prueba Estadística para el Segundo Objetivo Especifico	96
4.3. DISCUSIONES	99
V. CONCLUSIONES	102
VI. RECOMENDACIONES	105
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS.....	111

ÁREA: Sistema de Información Geográfica.

TEMA: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12/10/2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos del Espectro Electromagnético	30
Tabla 2. Fecha de lanzamiento y fin de operación de las misiones Landsat	31
Tabla 3. Combinación RGB de Bandas Landsat	32
Tabla 4. Valores del Índice Kappa.....	39
Tabla 5. Vías de acceso al área de estudio desde la Capital Departamental.....	48
Tabla 6. Lista de Imágenes satelitales obtenidas	53
Tabla 7. Leyenda de descripción de la zona de estudio.....	58
Tabla 8. Clasificación de Tierras	58
Tabla 9. Especies clasificadas que predominan el área de estudio	59
Tabla 10. Leyenda de códigos de la zona de estudio.....	60
Tabla 11. Áreas de cobertura de uso de suelos entre los periodos de 1990 a 2020	73
Tabla 12. Áreas de cobertura de suelos en (%) entre los periodos de 1990 a 2020.....	75
Tabla 13. Validación de mapas mediante el Índice Kappa.....	76
Tabla 14. Error de Omisión y Comisión.....	78
Tabla 15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.....	83
Tabla 16. Rango de Valores de nivel de correlación de Pearson.....	85
Tabla 17. Calculo para la correlación de Pearson para Área Urbana	86
Tabla 18. Correlación de Pearson para la Área Urbana.....	87
Tabla 19. Calculo para la Correlación entre área urbana y suelo no cultivado	88
Tabla 20. Correlación de Pearson entre área Urbano y suelo no cultivado	89
Tabla 21. Calculo para la correlación entre área urbana y vegetación	90
Tabla 22. Correlación de Pearson entre Crecimiento Urbano y Vegetación	91
Tabla 23. Calculo para la correlación entre área urbana y cuerpos de agua.....	92
Tabla 24. Correlación de Pearson entre área urbano y cuerpos de agua.....	93



Tabla 25. Rango de valores de nivel de correlación de Spearman	94
Tabla 26. Cálculos para la correlación entre área urbana y suelo cultivado.....	95
Tabla 27. Correlación de Spearman entre área urbano y suelo cultivado.....	96
Tabla 28. Calculo para la regresión lineal	98



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de crecimiento urbano	28
Figura 2. Espectro Electromagnético.....	45
Figura 3. Mapa de Ubicación Departamental	46
Figura 4. Mapa de ubicación Provincial	47
Figura 5. Mapa de Ubicación de la Zona de estudio	47
Figura 6. Imagen satelital con alta nubosidad	52
Figura 7. Imagen satelital Landsat sin nubosidad.....	52
Figura 8. Zona de Estudio (Ciudad de Ilave).....	53
Figura 9. Imagen sin corrección atmosférica.....	54
Figura 10. Imagen satelital con corrección atmosférica	55
Figura 11. Imagen sin corrección radiométrica	56
Figura 12. Imagen con corrección radiométrica	56
Figura 13. Combinación de bandas en Qgis	57
Figura 14. Regiones de interés (ROI)	60
Figura 15. Clasificación de suelos	61
Figura 16. Organigrama del procedimiento metodológico.....	62
Figura 17. Puntos aleatorios obtenidos en QGIS.....	63
Figura 18. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 1990	65
Figura 19. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 1995	66
Figura 20. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2000	67
Figura 21. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2005	68
Figura 22. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2010	69
Figura 23. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2015	70
Figura 24. Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2020	71



Figura 25. Áreas de clasificación supervisada.....	74
Figura 26. Cambios de cobertura de suelos	79
Figura 27. Índice de crecimiento Urbano al año 2030.....	80
Figura 28. Índice de linealidad de Suelo Cultivado al año 2030	80
Figura 29. Índice de linealidad de Suelo no Cultivado al año 2030	81
Figura 30. Índice de linealidad de Cuerpos de Agua al año 2030	82
Figura 31. Índice de linealidad de Vegetación al año 2030.....	82



ACRÓNIMOS

CLC	: Corine Land Cover (Cobertura Terrestre Corine)
CUS	: Coeficiente de Utilización del Suelo
ETM	: Enhanced Thematic Mapper (Mapeador Temático Mejorado)
LANDSAT	: Land Remotes Sensing Satellite (Satélite de Teledetección Terrestre)
LIDAR	: Light Detection and Ranging (Detección y alcance de la luz)
LUS	: Land Use Systems (Sistemas de Uso de la Tierra)
MSS	: Multispectral Scanner (Escáner Multiespectral)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio)
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)
ND	: Niveles Digitales
OLI	: Operational Land Imager (Lector de Imágenes Terrestres Operativo)
PAN	: Panchromatic image (Imagen Pancromática)
ROI	: Region of Interést (Regiones de Interés)
SCP	: Semi-Automatic Classification Plugin (Complemento de clasificación semiautomática)
SIG	: Sistema de Información Geográfica
USGS	: United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)



RESUMEN

La presente investigación se realizó a razón de que existe una expansión urbana de manera desordenada y acelerada, por una deficiente planificación territorial en la ciudad de Ilave; en este contexto se planteó el objetivo general de analizar los cambios que genera el crecimiento urbano sobre la cobertura de uso de suelos, mediante imágenes satelitales Landsat, en la ciudad de Ilave en el periodo 1990 a 2020. Por ende, se empleó técnicas de análisis multitemporal y teledetección. La metodología aplicada en la presente investigación consistió en describir la correlación de la cobertura urbana y las áreas clasificadas, utilizando imágenes Satelitales Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8; en las imágenes se identifican cinco categorías como las áreas urbanas, suelos cultivados, suelos no cultivados, vegetación y cuerpos de agua. Para la validación se utilizó el método probabilístico y el desarrollo de la matriz de confusión definido por el índice Kappa, cálculo que sirve para deducir la correcta clasificación que existe entre las cinco coberturas de uso de suelo; obteniendo como resultados los valores de coeficiente de Kappa entre 0.91 a 0.99 siendo esta una clasificación casi perfecta. La proporcionalidad lineal del espacio urbano con los suelos no cultivados, cuerpos de agua, vegetación, alcanzan valores de $r = -0.93$, $r = -0.59$, $r = 0.24$ respectivamente según el método de correlación de Pearson y un valor de correlación de Spearman de $\rho = 0.04$ con los suelos cultivados. En conclusión, la cobertura del área urbana tiene una correlación negativa muy alta con el suelo no cultivado lo que representa una incidencia elevada en la alteración del uso de suelo y una correlación promedio baja sobre estas tres últimas categorías. En cuanto a la extensión urbana para el año 2030 se prevé que será de 665.17 hectáreas que representa un 27.54% del área de estudio.

Palabras clave: Imágenes satelitales, kappa, multitemporal, teledetección.



ABSTRACT

The present investigation was carried out because there is an urban expansion in a disorderly and accelerated manner, due to a poor territorial planning in the city of Ilave; in this context, the overall objective was set to analyse the changes generated by urban growth on land use coverage, using Landsat satellite images, in the town of Ilave in the period 1990 to 2020. Therefore, multitemporal analysis and remote detection techniques were used. The methodology applied in this research was to describe the correlation between urban coverage and classified areas, using satellite images Landsat 5, Landsat 7 and Landsat 8; the images identify five categories such as urban areas, cultivated soils, uncultivated soil, vegetation and water bodies. For the validation, the probability method and the development of the confusion matrix defined by the Kappa index were used, a calculation that serves to deduce the correct classification that exists between the five soil-use coverages; the resulting Kappa coefficient values are between 0.91 and 0.99. This is a perfect classification. The linear proportionality of the urban space with the uncultivated soils, water bodies, vegetation, reach values of $r = -0.93$, $r = -0.59$, $r = 0.24$ respectively according to the Pearson correlation method and a Spearman correlation value of $\rho = 0.04$ with the cultivated soil. In conclusion, the coverage of the urban area has a very high negative correlation with the uncultivated soil which represents a high incidence in the alteration of land use and a low average correlation over these last three categories. As for the urban extent by the year 2030 it is predicted that it will be 665.17 hectares representing a 27.54% of the area studied.

Keywords: Satellite images, kappa, multitemporal, remote sensing.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente las actividades antropogénicas son hoy en día el principal motor de los cambios ambientales en todo el mundo y la expansión de las ciudades es uno de los factores clave detrás de la mayoría de estos cambios, incluidos los asociados con la evolución en el uso del suelo. Tanto la población como la sostenibilidad se ven impactadas por el crecimiento urbano, que modifica y cambia las áreas naturales y sus recursos. Por ello, en la actualidad es un indicador eficaz para analizar los cambios en el suelo derivados de los distintos tipos de actividades que se realizan sobre él, siendo los asentamientos humanos los que mayor impacto tienen sobre este recurso.

Así mismo la ciudad de Ilave no es impropio a dicha situación de crecimiento urbano, debido a que experimenta un incremento demográfico invariable como consecuencia del fenómeno migratorio altiplánico, que aumenta la demanda de viviendas en la ciudad. Sin embargo, el gobierno local carece de un catastro actualizado y de un plan de desarrollo urbano, por ello la población construye sin permiso de edificación. Los terrenos son tomados por propietarios no oficiales para su posterior comercialización, lo que perjudica la ecología y las explotaciones agrícolas.

Ante ello en el desarrollo del presente estudio se planteó como objetivo principal, realizar el análisis multitemporal del crecimiento urbano con respecto a la cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave, mediante imágenes satelitales Landsat; para ello, se utilizó las plataformas de las tecnologías de la Información Geográfica, que permiten la toma de acciones en variadas situaciones, se forjan con el fin de optimizar la planificación del uso del suelo. Además, presentan ventajas en términos de costes, insumos y tiempo de preparación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas a nivel mundial los cambios ecológicos han provocado una crisis global, teniendo como una de sus principales causales las continuas actividades humanas transformando el ecosistema, teniendo una incidencia negativa en el uso del suelo y la vegetación natural, así mismo, el crecimiento rápido y desordenado de zonas urbanas, han originado que se sacrifiquen las áreas con potencial agrícola y transformando las tierras rurales en urbanas, se han perdido las funciones ambientales del suelo (Choque & Laura, 2022).

El crecimiento urbano en Perú es también el resultado de cambios en procesos económicos y sociales específicos que han influido en la innovación del ámbito urbano, provocando cambios significativos en el uso del suelo. Estos cambios son provocados por una expansión presurosa y la no planificación en base a la ocupación del territorio, lo que origina problemas por el uso del suelo (Caballero & Espinal, 2021).

De igual manera en la ciudad de Ilave, desarrolla esta realidad, en vista de que en los últimos años se ha constatado que el proceso de expansión urbana se ha acelerado y se ha mostrado de manera desordenada, tal hecho debido a la ineficaz planificación urbe y al incumplimiento de las normas y ordenanzas locales; además, pueden producirse cambios bruscos en las diversas coberturas del suelo como consecuencia del crecimiento urbano desordenado, teniendo en cuenta la reducción de la biodiversidad que ello conlleva.

Ante ello se necesita realizar un análisis de tendencias de cambio sobre el crecimiento urbano, de manera que servirá para pronosticar una planificación territorial ordenada en los espacios geográficos de la ciudad, para lo cual utilizamos las técnicas y herramienta SIG.



1.1.1. Problema General

- ¿El crecimiento urbano genera cambios en la cobertura de uso de suelos en la ciudad de Ilave, mediante imágenes satelitales LANDSAT en el periodo 1990 a 2020?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es la relación entre la expansión urbana y el cambio de cobertura de uso de suelos, entre los años 1990 a 2020?
- ¿Cómo identificar un modelo prospectivo del crecimiento urbano para el año 2030?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis General

- El crecimiento urbano genera cambios sobre la cobertura de uso de suelos en la ciudad de Ilave, comprobados mediante imágenes satelitales LANDSAT en el periodo 1990 a 2020.

1.2.2. Hipótesis Específicas

- La expansión urbana aumentará con relación al cambio de cobertura de uso de suelos, entre los años 1990 a 2020.
- Existirá un aumento prospectivo del crecimiento urbano para el año 2030 de la ciudad de Ilave.



1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación se efectúa porque existe la necesidad de averiguar el flujo del crecimiento urbano y así tomar mejores decisiones. Un adecuado desarrollo del crecimiento urbano y cobertura de usos de suelo es un componente básico para la supervivencia de la humanidad y la sociedad. La correcta gestión y análisis del crecimiento urbano comienza con el conocimiento de uso de suelos y la cobertura vegetal, lo que conduce a una correcta planificación y su verdadero potencial productivo.

La solución más eficiente y económica en la actualidad son las imágenes satelitales y la teledetección que nos brindan una de las mejores formas de generar un análisis multitemporal, lo que nos permite detectar de forma efectiva los cambios en la cobertura del suelo y generando un modelo predictivo confiables.

Evaluando de manera multitemporal los cambios que produce la cobertura del suelo, nos permite comprender las causas y efectos de las características del suelo, y abre mejores oportunidades para el uso sostenible del espacio y los recursos naturales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Analizar el crecimiento urbano respecto al cambio de la cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave mediante imágenes satelitales LANDSAT en el periodo 1990 a 2020.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la relación entre la expansión urbana y el cambio de cobertura de uso de suelos, entre los años 1990 a 2020.
- Identificar un modelo prospectivo del crecimiento urbano para el año 2030.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Internacionales

Carvajal (2022), determinó que existe un crecimiento urbano dirigida a las zonas periurbanas, comprendiendo las áreas que representan a los límites de la ciudad, así mismo el área urbana en un periodo de 17 años entre 2004 a 2021, obteniendo un área de 2319.93ha que abarcaba en el 2004 y 7149.24ha para el 2021, incrementándose en un factor de 2.4. Por otro lado, factores como los peligros de movimientos en masa, la topografía y los sucesos peligrosos se formaron en relación con la designación de ubicaciones ideales para la expansión urbana, lo que ayudó a definir el suroeste y el noreste de la ciudad como regiones para el crecimiento urbano.

Ruiz & Barón (2022), estimaron la clasificación supervisada con el programa ERDAS Imagine sobre fotografías satelitales Landsat de los años 1985, 2000, 2014 y 2021. Detectando que el área urbana de Barrancas y Fonseca aumentó y se demostró su proporcionalidad directa con la población de los municipios para las distintas épocas evaluadas a partir del tratamiento digital de imágenes de satélite. En el periodo comprendido entre 1985 y 2000 se registró la mayor tasa de aumento anual de la zona urbana. También es importante observar cómo la proximidad de la industria minera a las comunidades afectó al cambio de cobertura.

Tibaquira (2016), indica que la expansión urbana en la ciudad de Ibagué se convierte en un fenómeno de gran importancia, debido a que se obtuvo un crecimiento considerable del área urbana, en el año 1987 se obtuvo una extensión



de 941.2 ha. y para el año 2015 se observó 3633.9 ha. también concluye que se observó mediante el análisis de patrones espaciales que las zonas rurales incrementaron sus reducidos minifundios en el año 1987 a poseer grandes extensiones de cultivo para el año 1987. para que después en los últimos años hasta el 2015 el área de cultivos decrezca, para el desarrollo de nuevas áreas urbanas.

Jiménez (2018), detectó los cambios que se produjeron con el pasar del tiempo, originándose principalmente en las zonas urbanas, donde hubo un crecimiento del 29,7% o 78,23 km² de territorio urbano, hasta 2015. Al final de este estudio, fue posible identificar una reducción en la cobertura vegetal del 11,7% y un aumento del porcentaje de áreas no clasificadas (15,30%), que, según las observaciones, eran probablemente suelos desnudos que se habían convertido en zonas urbanas. Por consiguiente, se considera eficaz la aplicación objetiva de percepción y SIG para determinar la dinámica del cambio de la cubierta terrestre en una región.

2.1.2. Nacionales

Huaman (2022), detectó los mejores instrumentos para analizar LUS, identificar el área de LUS causada por actividades antropicas, pronosticar escenarios de crecimiento urbano hasta el año 2030, y sugerir modos de planificación del uso del suelo basadas en LUS. Los efectos cartográficos elaborados con el enfoque CLC obtuvieron valores de índice Kappa de 0,9644, 0,9550, 0,9649 y 0,9602 para las imágenes satelitales, y valores de validación estadística superiores al 95% de precisión. Los principales hallazgos fueron que el procedimiento CLC, que fue personalizada para Perú, y los paquetes de software ArcGIS, Envi y R Studio son los mejores recursos para identificar el CUS, que el área de cambio entre 1986 y 2018 representó el 42,74%, la metodología permitió



predecir escenarios de crecimiento urbano (tendencial, coordinado y óptimo) hasta el 2030 y formular recomendaciones de ordenamiento territorial para el distrito de Lurigancho. El enfoque empleado en este estudio puede ser una opción perfecta y necesaria para categorizar fotos de satélite procedentes de (Landsat), con potencial para su uso a nivel de distrito en otras partes de la nación.

Allcca (2021), empleó una forma de investigación aplicada; los datos se recogieron mediante fichas que detalla el control y definen las diferentes coberturas con sus variables predeterminados. El enfoque empleado fue la observación, para lo cual los datos se adquirieron a partir de fotos de satélite. En el distrito de Ayacucho existe una población que refleja tanto la cobertura natural como la humana. La metodología utilizada, a través del análisis multitemporal y matrices cruzadas, permitió cuantificar los cambios en los diferentes tipos de cobertura (suelo sin cobertura, suelos, área urbana y cobertura vegetal), pudiéndose calcularse para el año 1990, una superficie urbana de 263.5406 ha, (5% del área total del distrito), mientras que la cobertura urbana es de 2107.0384 ha para el periodo 2020, que representa el 46.1% del total. Esto se traduce en una tasa de crecimiento del 7.1671% anual, lo que se traduce en un cambio en las categorías de cobertura del área en estudio.

Chariarse & Chariarse (2021), estimaron que la unidad con mayor diferencia de cobertura superficial fue un conjunto de tierras de cultivo (>50%) sobre la vegetación natural (cobertura herbácea, arbustiva y arbórea) (50%) entre tierras de cultivo (50%) con una variación de $0,45\text{km}^2$, lo que corresponde a 11,36% con tendencia positiva. La unidad de cobertura vegetal observada en la cuenca tiene un coeficiente de escorrentía mínimo de 0,3469 y un valor máximo de 0,3560 que se registró en 1992.



Caballero & Espinal (2021), estimaron que el 42,06% de la variación de la cubierta vegetal para el año 2021 era atribuible a la expansión minera, mientras que los cultivos transitorios cambiaban en un 12,29%, los bosques en un 23,18% y los pastos en un 23,48%. Esto llevó a los investigadores a la conclusión de que las zonas creadas artificialmente, como la expansión minera y la expansión urbana, representaban la mayor parte de la variación de la cubierta vegetal. La coherencia de los mapas demostró resultados eficaces, con una precisión del 93,24% y una puntuación del índice Kappa de 0,91.

2.1.3. Regionales

Choque & Laura (2022), Usando imágenes satelitales y aplicando la teledetección, determinaron el uso del suelo agrícola y el crecimiento urbano de la ciudad de Juli entre los años de 2000 hasta 2019, mostrando que el crecimiento urbano aumentó en un 0,84 % anualmente hasta 2019, mientras que el mismo uso del suelo agrícola disminuyó en un 0,75 % anualmente. En cuanto al análisis de varianza realizado, se registraron cambios en el uso de suelo en las zonas urbanas y cultivos de transición. concluyó que después de realizado la investigación se ha observado el aumento significativo del área urbana, mientras que el área agrícola se logró observar una disminución. entre los años 2000 y el 2019.

Loza & Taype (2021), encontraron que las superficies de seis tipos diferentes de asociaciones de vegetación natural se redujeron en 2000 ha (16.27 %). La asociación *Muhlenbergetum fastigiatae* en el año 2000, presentaba la mayor cobertura (44,96%), pero en al año 2016, *Calamagrostio vicunaro - Festucetum dolichophyllae* (48,31%) tomó la delantera. El porcentaje de la tierra del distrito que se utiliza para la agricultura creció de 5133 ha (27%) a 7115 ha (37%), mientras que los suelos degradados, las regiones con escasa vegetación y las zonas



de humedales disminuyeron de 178 a 28,7 ha. La zona urbana aumenta a un ritmo anual del 40,7%. Sin un plan de ordenación territorial, el uso del suelo amenazaba la sostenibilidad de los recursos y perjudicaba a la vegetación.

Giraldo & Vasquez (2020), utilizaron imágenes satelitales para evaluar y medir el crecimiento territorial de la minería informal. Fue posible rastrear el desarrollo de la minería aurífera en esta región cuantificando el área que mostró cambios en el uso del suelo entre 1984 y 2015 utilizando imágenes satelitales multiespectrales Landsat, las cuales son efectivas y pueden ser herramientas de muy mínimo costo para analizar los problemas ambientales de una región de interés (correspondientes a la cuenca hidrográfica del Lago Titicaca).

Carrillo & Choquehuanca (2019), realizaron su estudio utilizando imágenes satelitales Landsat 2, 5 y 8. La expansión urbana entre 1980 y 2017 produjo 1149,3881 hás, lo que representa el 15,58% del área urbana total y un incremento promedio anual de 31,0645 hás. Concluyendo, se observó el proceso de la expansión urbana mediante los 2 métodos de prueba de t student la clasificación presenta niveles de significancia de “0,01” y “0,05”, son estadísticamente iguales. y el error medio de omisión en los resultados de la comisión de la categoría de zona urbana es del 7,02%, por otro lado, el error de comisión de zona urbana presenta un 2,15%.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cobertura y Uso de Suelos

La cobertura del suelo es un indicador útil en la dinámica de la superficie terrestre debido a numerosas fuentes, ya que puede cambiar rápidamente con el tiempo; además uno de los signos más fáciles de detectar de la influencia humana es la cubierta terrestre, que muestra signos de ocupación del suelo y cambios provocados por distintos procesos naturales o antropogénico (Subia, 2020).

2.2.1.1. Cobertura del Suelo

Los distintos tipos de cobertura terrestre pueden identificarse mediante las imágenes satelitales y aéreas; la información de la cobertura terrestre tiene importantes aplicaciones ya que puede ser utilizada como modelo para estudios climáticos, hidrológicos y biológicos entre otros. Entre las trece variables terrestres esenciales para la vigilancia del clima es la cubierta terrestre la que influye en las condiciones atmosféricas y se ve afectada por ellas, actuando como causa y resultado del cambio climático (Rosales, 2017).

La recopilación de datos sobre la cubierta terrestre ofrece información que asiste a los gestores a comprender las variaciones nacionales y mundiales a lo largo del tiempo de forma gráfica y estadística, además de ser un instrumento beneficioso para la determinación decisiva en la planificación (Navarrete, 2018).

2.2.1.2. Uso del Suelo

El uso del suelo según Carvajal (2022), alude que es el uso que el individuo da a diversos tipos de cubierta como el resultado de la interacción a través de componentes culturales y biofísicos en un área geográfica específica. De igual forma, el uso del suelo se describe como las distribuciones resultantes de la



actividad antrópica en un ámbito; ya sea para el desarrollo, la conservación o una combinación de ambos, el uso de la tierra demuestra cómo los seres humanos utilizan el medio ambiente (Acosta, 2017).

De forma similar, los cambios en el uso del suelo y sobre todo la sobreexplotación de los recursos naturales, que se producen con frecuencia y a distintas escalas, pueden tener diversas consecuencias sobre el medio ambiente, entre ellas las que afectan a la salud humana, la calidad hídrica, el hábitat de la fauna, la función de cuencas, la calidad del aire y la generación de residuos (Carrillo & Choquehuanca, 2019).

2.2.2. Crecimiento Urbano

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), el incremento de la población urbana ya sea relativo o absoluto se acogen como consecuencia de la migración de la zona rural a la ciudad.

Además, los estudiosos y las entidades oficiales de estadística han debatido mucho sobre cómo definir una ciudad y cómo determinar el límite inferior de la zona urbana, así como sobre la existencia o no de zonas rurales y urbanas continuas. Estas cuestiones han dado lugar a conclusiones muy diversas. En realidad, la cuestión tiene dos facetas muy distintas. Por un lado, está el debate sobre la distinción teórica entre zonas urbanas, rurales y la lista de características fundamentales de la ciudad. También, este concepto concreto que se aplica en cada nación para definir lo que cuenta como zona urbana por motivos estadísticos y para establecer el umbral a partir del cual una ciudad puede describirse como una entidad separada del núcleo rural o semirural (Allecca, 2021).



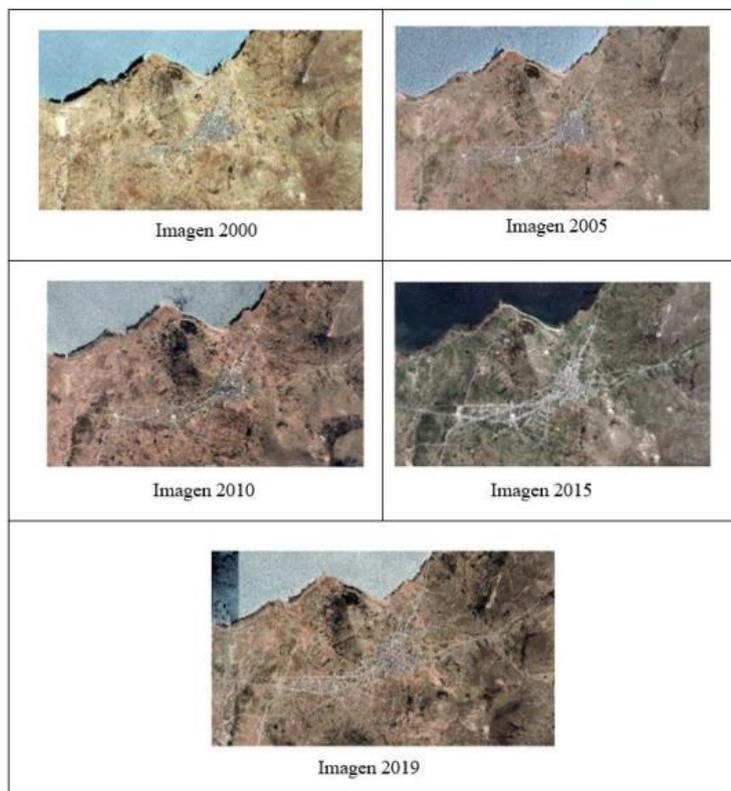
Se entiende por crecimiento urbano o la expansión urbe a lo explicado por Carrillo & Choquehuanca (2019), debido a elementos como el incremento sociodemográfico (incremento de la población que necesita extensión en la ciudad), que obedece al crecimiento o desarrollo financiero de la población, tanto en la industria, negocio u otras ocupaciones (en términos de atracción de recurso humano y/o oportunidades de progreso), crecimiento. en términos de crecimiento físico real del núcleo urbano, es decir, la expansión territorial urbano.

Esto plantea la cuestión de lo que significan crecimiento y urbano, que se analiza a continuación. El crecimiento no es sólo un acontecimiento cuantitativo global cuando se trata del primero, también se debe a cambios de forma, o la alteración de una serie de asociaciones internas y externas del elemento investigado. Para describir el crecimiento urbano, Ledrut sugiere utilizar la expresión "un procedimiento que da lugar a una serie de modificaciones en algo que generalmente se clasifica como objeto urbano, incluidos cambios en relaciones específicas y en el sistema de esas interacciones, así como un aumento de tamaño (del objeto urbano o urbanización). La percepción que una persona tiene de un objeto urbano determina realmente las partes constituyentes y los vínculos estructurales que se toman en consideración (Caballero & Espinal, 2021).

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), aunque las variables económicas (de producción) se tratan ocasionalmente como variables predictoras, los enfoques consideran principalmente predictoras de magnitud, sociales (incluido la magnitud poblacional) y económicas (de productividad). Las perspectivas societales hacen hincapié en la existencia social urbe, considerados como formas de vida comunitaria. El planteamiento sistemático "precisa la planificación de la ciudad y sus necesidades en relación con el plan de acción social".

Figura 1

Esquema de crecimiento urbano



Nota: Crecimiento urbano en un periodo de 19 años de Choque & Laura (2022).

2.2.3. Teledetección

Mediante el uso de sensores montados en aeronaves, la teledetección, también conocida como percepción remota, nos permite tomar fotografías en la superficie de la Tierra (De la Cruz & Gamarra, 2021). Es un conjunto de técnicas que nos permiten acceder a información de objetos distantes sin entrar en contacto directo con ellos o sin haberlo tocado (Botana & Fernández, 2019).

Mediante el estudio de los ecosistemas a escala espacial y temporal, la teledetección y los SIG pueden mejorar la información y las previsiones sobre cómo utilizar y gestionar los ecosistemas (Flórez et al., 2017). En las áreas más remotas del mundo, el análisis de datos digitales de uso de la tierra, a menudo obtenidos a través de operaciones de detección remota (Steurer & Bayr, 2020).



Independientemente del estado del terreno o topografía geográfica, una plataforma de control remoto proporciona datos de alta resolución (González et al., 2019).

2.2.4. Imágenes Satelitales

Según Chaua (2019), una imagen de satélite se crea cuando la energía radiante del sol en diferentes longitudes de onda capta espectros de la superficie terrestre mediante sensores encargadas de escanear. Cada dispositivo de recogida de datos organiza estas longitudes de onda en bandas espectrales, por lo cual la información de estos "conjuntos de píxeles digitales" se fusiona para producir una imagen, también conocida como "aster". Para esta transición completa, el Nivel Digital produce tratamientos generados por el lenguaje numérico.

2.2.5. Imágenes Landsat

Estas imágenes, que constan de siete u ocho bandas multiespectrales, proceden de satélites conocida como LANDSAT, siglas de land (tierra) y satellite (satélite). Su alta resolución logra la detección y seguimiento de la superficie terrestre (León y Garavito, 2020). Landsat 9, el más reciente de la línea, tiene una mayor resolución radiométrica que permite identificar variaciones más sutiles en lugares con mayor oscuridad como bosques y agua (Nasa, 2021).

Cada 15 días, estos satélites escanean toda la superficie del planeta, recogiendo datos simultáneamente en regiones de 185 por 170 km con una resolución de hasta 15 metros por píxel. Gracias a las series temporales de imágenes, podemos identificar cambios en enormes porciones de la superficie terrestre a lo largo del tiempo. Para monitorizar datos sobre cualquier tipo de cobertura, las imágenes de Landsat son útiles (León & Garavito, 2020).

La creación de cartografía métrica y temática por medio de datos geográficos se ve muy favorecida por satélites estadounidenses (Imaña et al., 2019).

Los parámetros de resolución espacial de las imágenes Landsat se identifican a partir de las bandas multiespectrales en metros como unidad de medida, a medida que pasan los años se tiene mejoras en cada satélite que entra en operación, en la tabla 1 se muestra las características de resolución espacial:

Tabla 1

Rangos del Espectro Electromagnético

Banda	Resolución Espacial		
	Landsat 5	Landsat 7	Landsat 8
1. (Azul)	30 m	30 m	30 m
2. (Verde)	30 m	30 m	30 m
3. (Rojo)	30 m	30 m	30 m
4. (Infrarrojo Cercano)	30 m	30 m	30 m
5. (Infrarrojo Medio)	30 m	30 m	30 m
6. (Infrarrojo Térmico)	120 m	60 m	60 m
7. (Infrarrojo Medio)	30 m	30 m	30 m
8. (Pancromático)	30 m	15 m	15 m
9. (Cirrus)	-	-	30 m
10. (Infrarrojo térmico)	-	-	100 m
11. (Infrarrojo térmico)	-	-	100 m

Nota: Resolución Espacial de las imágenes satelitales Landsat de Jiménez (2018).

Los satélites Landsat 7, Landsat 8 y Landsat 9, actualmente se encuentran en funcionamiento y mantenidos por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, dependen del Servicio Geológico de Estados Unidos para la creación y comercialización de las fotografías del satélite. Las imágenes de la misión Landsat están actualmente accesibles de una manera gratuita, lo que permite al usuario recopilar toda la base de datos de la imagen, en la Tabla 2 nos muestra los intervalos de tiempo desde su fecha de lanzamiento hasta el fin de operaciones de todos los satélites, desde Landsat 1 hasta la misión Landsat 9 más reciente:

Tabla 2*Fecha de lanzamiento y fin de operación de las misiones Landsat*

Satélite	Fecha de Lanzamiento	Fin de operación
LANDSAT 1 (ERTS 1)	23/julio/1972	05/enero/0978
LANDSAT 2	22/enero/1975	27/julio/1983
LANDSAT 3	05/marzo/1978	07/septiembre/1993
LANDSAT 4	16/julio/1982	07/septiembre/1993
LANDSAT 5	01/marzo/1984	Enero/2013
LANDSAT 6	03/octubre/1993	Lanzamiento fallido
LANDSAT 7	15/abril/1999	En operación
LANDSAT 8	11/febrero/2013	En operación
LANDSAT 9	27/septiembre/2021	En operación

Nota: Todas las misiones del satélite Landsat de Carvajal (2022).

Así mismo la combinación de bandas es una imagen estructurada. El Rojo (R), Verde (G) y Azul (B) son los tres canales de proyección que se organizan a partir de las tres bandas de sensores diferentes. Teniendo como resultado una imagen compuesta a color RGB (Sevillano & Bravo, 2018).

Para la interpretación de los datos de la teledetección, al visualizar una imagen RGB el cerebro combina los estímulos y nos permite percibir todos los colores posibles del espectro visible, conocido como el principio de esquema de color adicionado (Jiménez, 2018).

Una forma alternativa de representar una banda única es establecer una escala de colores para obtener una imagen de pseudo color. En principio, toda combinación de las tres bandas puede ser utilizada como entrada para los canales RGB según la intención de su uso (Huaman, 2022).

Tabla 3*Combinación RGB de Bandas Landsat*

Descripción	Combinación	Combinación
	(RGB) Landsat 5, Landsat 7	(RGB) Landsat 8
Color natural	3,2,1	4,3,2
Color infrarrojo (vegetación)	4,2,2	5,4,3
Vegetación saludable	4,5,1	5,6,2
Combinación útil para Tierra/agua	4,5,3	5,6,4
Agricultura	5,4,1	6,5,2
Análisis de vegetación	5,4,3	6,5,4
Natural con remoción atmosférica	7,4,2	7,5,3
Infrarrojo de onda corta	7,4,3	7,5,4
Falso color (urbano)	7,5,3	7,6,4
Penetración atmosférica	7,5,4	7,6,5

Nota: Descripción y combinación de imágenes satelitales de Huaman (2022).

2.2.6. Tipos de Sensores

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), Los sensores son clasificados por la fuente detectada o emitida por los espectros en la superficie. En cuanto al sensor pasivo se sustenta en determinar las propiedades de reflectancia del elemento en observación (objeto), en otras palabras, los sensores recogen la radiación solar reflejada o emitida por los sistemas de observación. Ejemplos de tales sensores son cámaras, radiómetros, sistemas de video.

A) Sensores Pasivos

La única energía electromagnética que pueden captar los sensores pasivos es la que es radiada por la tierra debido a su propia temperatura o la que es reflejada por los rayos del sol desde la superficie. Este tipo de sensor generalmente se clasifica de acuerdo con la forma en que se captura la radiación de los objetos. Los fotosensores (como las cámaras fijas) forman el primer grupo; los sensores fotoeléctricos (como los escáneres, cámara especializada, cámara alta precisión)



contempla el grupo dos; por último, el grupo tres. los sensores conformados con base de antena (como los radiómetros de microondas).

La herramienta de teledetección aérea más popular sigue siendo la cámara, pero su uso en plataformas espaciales está limitado porque la grabación solo es posible con la incorporación de película pudiendo así transportar un satélite.

Con la ayuda de los fotosensores, podemos evitar depender de superficies de grabaciones rígidas al combinar la óptica fotográfica y un sistema de detección electrónico. Los exploradores de barrido (scanner) son los más habituales en teledetección espacial. Están compuestos por un espejo móvil que oscila perpendicularmente a la órbita del satélite, lo que les permite escanear bandas estrechas a ambos lados de la órbita. Con frecuencia son escáneres multiespectrales que miden el brillo de varias regiones a la vez y para un variado longitud de onda. La señal de dicho aparato (radiación recibida) es transformada por el sensor transformandola en números digitales; por tanto, debido a su estructura interna, no se puede hablar de una fotografía (aunque en ocasiones la información se presenta en formato fotográfico), sino de una imagen digital. El valor numérico se puede volver a convertir e interpretar en temperatura o reflectancia utilizando los parámetros de calibración del sensor y la configuración de adquisición. Además de ofrecer una representación gráfica de las superficies que se están observando, estos sensores también permiten mediciones de superficie precisas.

B) Sensores Activos

Estos sensores producen un potente haz de luz energético, que se recoge después de que rebota en la superficie del objetivo o suelos que quieran observarse. El sistema RADAR es el más conocido, un radiómetro de microondas activo que

opera en el rango de 0,1 centímetros a 1 metro. Los movimientos de la ultravioleta e infrarroja cercana entre los movimientos de luz polarizada emitidos por LIDAR. Los sensores Lidar más comunes hasta hace unos años se utilizaban para estudiar la condición climática, incluida el rastreo de aerosol, así como otros elementos que contaminan el aire, la superficie saturada, la compresión del aire, así como la temperatura, la determinación en la ligereza del aire.

2.2.7. Clasificación

De acuerdo Torre & Rivas (2019), es el proceso de clasificar o categorizar píxeles en función de sus valores numéricos; en otras palabras mencionar, si un píxel cumple un determinado conjunto de atributos, se coloca en esa clase o categoría. La creación de mapas temáticos a partir de imágenes con datos es el objetivo de la clasificación.

- **Clasificación no supervisada**

Cozo (2022), una característica de este enfoque es la definición de las categorías espectrales presentes en la imagen. Este enfoque difiere en que no requiere experiencia previa en la zona de trabajo o estudio. El objetivo primordial de la intervención manual es interpretar los resultados.

- **Clasificación supervisada**

Cozo (2022), el método de clasificación supervisada consta de dos etapas: entrenamiento y mapeo. Se basa en el conocimiento de la cobertura a cada categoría espectral de la imagen.

2.2.8. Combinación de Bandas

Las distintas bandas espectrales de las fotografías de satélite consiguen fusionarse para crear nuevas imágenes. Para llevar a cabo este procedimiento,



algunos comandos de la aplicación de interpretación de imágenes posibilitan la combinación de bandas y conceder a las bandas un color distintivo para observar, independientemente de cada satélite (Briones, 2018).

La creación de auténticas fotos en color similares a la fotografía aérea es posible mezclando las bandas azul, verde y roja coincidentes. Las bandas 1,2,3 se combinan entre sí para crear la imagen Landsat, y a cada banda se le otorgan los colores coincidentes azul, verde y rojo (Chaua, 2019).

Las bandas 2,3,4 de Landsat se combinan para generar imágenes de color natural, que se emplea frecuentemente para descodificar las fotos y fijar colores para todos los objetos. El azul se asigna a la banda 2, el verde a la banda 3 y el rojo a la banda 4 que registra la radiación infrarroja (Cozo, 2022).

Varias bandas espectrales de las imágenes de satélite pueden combinarse para producir imágenes adicionales. Las aplicaciones de interpretación de imágenes están equipadas con instrucciones particulares que permiten combinar las bandas y dar a cada una un color de visualización único para realizar esta acción. Una auténtica imagen en color, similar a una toma aérea, puede crearse mezclando las bandas correspondientes al azul, verde y rojo (Acosta, 2017).

En este caso de las imágenes Landsat, la banda 1, banda 2, banda 3 se fusionan para crear esta imagen y a cada banda se le asigna su color asociado, siendo en este caso es azul, verde y rojo, respectivamente. Una imagen en falso color se aparta de este patrón al dar a los tonos azul, verde y rojo bandas espectrales diferentes. Una imagen en falso color que se utiliza con frecuencia en el análisis interpretativo de imágenes de satélite se crea combinando las bandas 2,3,4 del Landsat. En otras palabras, la banda 2 registra la radiación verde, la banda 3



registra la radiación roja y la banda 4 registra la radiación del infrarrojo cercano; a cada banda se le asigna un color (Allcca, 2021).

El resultado de una imagen en falso color en la que la vegetación de las regiones boscosas parecerá de color rojo oscuro y la vegetación sometida a estrés (sequía) aparecerá amarillenta. Debido a que la mayor parte de la radiación infrarroja entrante es reflejada por la vegetación activa. Las fuentes de agua se representarán en negro, mientras que los ríos con elementos de arena se representarán en azul. Por último, el color de la tierra parecerá azul grisáceo en esta imagen, mientras que el color de los pastos y campos de cultivo aparecerá rojo pálido (Briones, 2018).

2.2.9. Sistemas de Información Geográfica

Según Navarrete (2018), la definición de un sistema de información geográfica (SIG) es una combinación de información en formato digital con herramientas informáticas (programas) de análisis orientadas a fines específicos, donde la información aparece georreferenciada, es decir, incluyendo su ubicación en el espacio.

Según De la Cruz & Gamarra (2021), un sistema de información geográfica (SIG) también es una colección de métodos, herramientas y datos diseñados para capturar, almacenar, analizar, transformar y mostrar toda la información geográfica y sus atributos de manera coordinada y lógica para una variedad de propósitos.

El sistema de información geográfica (SIG) está formado por varios componentes. Un ordenador con dispositivos periféricos de entrada y salida, otro conjunto de procedimientos ejecutados por una serie de algoritmos y modelos en programas que usan información y la representan como datos geográficos, como un



documento raster similar a una imagen satelital y fotografías aéreas, junto con un tercer conjunto de procedimientos, ejecutados por una serie de programas implementados en el programa algoritmos y modelos, forman parte del proceso de análisis territorial en formato digital.

2.2.10. Análisis Multitemporal

Cuando los datos de sensores distantes, como imágenes de satélite o fotografías aéreas del lugar, se capturan en varias fechas, se utiliza el análisis multitemporal para combinar los datos (Rosales, 2017). Estos trabajan en conjunto con elementos espaciales y de atributos para analizar, comparar y demostrar cambios en series de tiempo predeterminado. Estos cambios logran ser de propiedades espaciales o flamantes rasgos del sujeto en estudio o evaluación, y se destaca el gran valor de estos métodos de análisis espacial (Navarrete, 2018).

Estos estudios conducen a representaciones gráficas de la masa cambiante de la cubierta vegetal a lo largo del tiempo, ilustrando las ocurrencias de trastornos y/o conflictos entre usos del suelo que han tenido lugar en una determinada ubicación o región geográfica (Abreu et al., 2017).

Para la visualización de datos en modelos espaciales multitemporales se requieren dos componentes, como son un ráster y un vector. Los ráster muestran imágenes que se representan mediante mallas enlazadas de píxeles que se organizan en filas y columnas, teniendo cada píxel o celda una numeración que viene determinada por un único valor que permite la identificación del objeto o variable. El uso más típico es en la investigación de la representación de superficies. Dado que las áreas se muestran entre sí cuando personifican la misma información temática, permite estudiar atributos específicos, como la cubierta vegetal (Torracchi



C., 2018). Una imagen de satélite puede utilizarse para estimar la cubierta vegetal y clasificar los distintos usos del suelo por medio del análisis de bandas espectrales; sin embargo, el ráster puede representarse con datos temáticos, incluidas elevaciones, temperaturas y otras variables continuas (ESRI, 2017). Las bandas espectrales utilizadas por diversos sensores para transmitir energía electromagnética pueden irradiar la sensibilidad de la clorofila, que es útil para estimar cambios en la vegetación (Abreu et al., 2017). Los datos clasificados son adecuados para su uso en cualquier campo de estudio de la teledetección (INEGI, 2017). Cada área o elemento de investigación refleja la energía electromagnética de forma única, la radiación que refleja o transmite pueden utilizarse para distinguir una variable de estudio de otra a la hora de identificar sus variables (Caballero & Espinal, 2021).

2.2.11. Matriz de Confusión

Briones (2018), indica que es posible comparar dos valoraciones utilizando la matriz de confusión (C) o de contingencia, una de las cuales ha sido establecida por el usuario como base y la otra está siendo evaluada. Se comparan las categorías de cada valoración y se forma una matriz de comparación de categorías de valoración. Estas categorías suelen estar repartidas por el mapa o en varios sectores. Con la matriz de confusión se obtienen tres categorías de precisión: precisión global, precisión del usuario y precisión del producto.

2.2.12. Índice Kappa

Morales et al. (2016), explica que el índice Kappa mide la diferencia entre el mapa visualizado y la coincidencia de la realidad esperado; se basa únicamente en la precisión de la clasificación, ignorando la causada por factores aleatorios; el objetivo de esta prueba es determinar si la clasificación ha visualizado la categoría

de interés con mucha más precisión que la obtenida por asignación aleatoria, como se aprecia en la ecuación.

$$k = \frac{N\sum X_{ii} - \sum(X_{ii} * X_{+i})}{N^2 - \sum(X_i * X_{+i})}$$

Donde:

N: es igual al total de datos muestreados,

X_{ii} : indica el acuerdo observado y

$(X_i * X_{+i})$: es la concordancia esperada (producto de marginales).

Tabla 4

Valores del Índice Kappa

Índice Kappa	Fuerza de concordancia
0.00	Pobre
0.01 - 0.20	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi perfecta

Nota: Fuerza de concordancia de valores de Kappa de Landis & Koch (1977).

2.2.13. El SIG como herramienta para el ordenamiento territorial

El estudio del medio ambiente se suplementa con la aplicación del sistema de información geográfica, sobre todo para revelar las consecuencias medioambientales relacionadas con problemas de uso del suelo y deforestación, entre otros. Los SIG se han utilizado continuamente para cuantificar y evaluar importantes regiones medioambientales y su evolución (Flórez et al., 2017).

En los últimos años, ha habido un crecimiento significativo en el uso de los sistemas de información geográfica (SIG) a través de muchos campos del



conocimiento, en particular para la resolución de problemas en la toma de decisiones y la organización de una región determinada (Pardo Carrasco, 2017). Se trata de una herramienta muy útil para mejorar el proceso de toma de decisiones a la hora de elegir regiones planificadas para usos urbanos, agrícolas e industriales (Singh & Singh, 2021). La planificación del uso del suelo nos permite dividir la tierra en varios propósitos a la vez que se equilibran las consideraciones económicas, sociales y medioambientales (Gichenje et al., 2019).

La elaboración de planes de ordenamiento territorial y ambiental se ve dificultada por la falta de conocimiento de los tipos de superficie, ecosistemas, temperatura, radiación y orografía, entre otros factores. Por ello, la combinación de SIG con imágenes satelitales ayuda al diagnóstico espaciotemporal, permitiendo una enunciación más objetiva de medidas de reducción de riesgos, restauración de tierras y protección estratégica de biotas (León & Garavito, 2020).

Para la toma de acciones y el crecimiento de las ciudades ha sido particularmente beneficioso analizar los cambios de vegetación y uso del suelo. Esta forma de estudio nos ofrece una serie de beneficios ya que nos permite distinguir los cambios que ha sufrido una región sin necesidad de realizar un trabajo de campo continuo (Acosta, 2017).

Ejemplos de investigaciones que resaltan el análisis del uso del suelo en diferentes rangos de tiempo en la ciudad de Popayán mediante la determinación de la cobertura forestal utilizando datos de los años 2003 hasta 2016, la investigación ha demostrado que el área forestal aumentó del 37 al 40 por ciento y que la tasa de urbanización disminuyó. Esto destaca la importancia del análisis multitemporal para producir productos cartográficos que incluyan información sobre el cambio de uso del suelo y la expansión urbana (De la Cruz & Gamarra, 2021).



De igual manera, un análisis multitemporal de tres imágenes Landsat de 1998, 2008 y 2017 genera mapas de densidades urbanas para la ciudad de Riobamba para cada año, demostrando los resultados de un crecimiento urbano desordenado, ocupando territorio considerado rural según la normativa vigente de la ciudad. Esto demuestra la importancia del manejo de sensores remotos y SIG en el estudio de ordenamiento territorial desarrollado (Carvajal, 2022).

2.2.14. Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

Según USGS (2001), Establecido por una ley del congreso en 1879, el Servicio Geológico de los Estados Unidos, ha evolucionado durante los siguientes 120 años, combinando el talento y experiencia con los avances en ciencia y tecnología. Una de las pocas organizaciones científicas del departamento interior de los Estados Unidos en la actualidad es el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Debido a la experiencia de la agencia en las ciencias naturales y la considerable base de datos geológica y biológica, miles de instituciones y clientes confían en ella. La trascendencia de la agencia del Servicio Geológico de los Estados Unidos, es una organización científica que ofrece datos para contribuir en resolver problemas desafiantes que se relacionan con el recurso medioambiental de los Estados Unidos y en países Extranjeros.

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), explica algunas definiciones que involucra los tipos de productos proporcionados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Las siguientes definiciones le permiten comprender la terminología utilizada y hacer referencia a la relación existente de ambos tipos:

- **Producto de Nivel Cero (L0):** Las imágenes digitales con toda transferencia de datos y los objetos originales se consideran productos de tipo L0. Mediante



el uso de bandas multiespectrales, estos productos se categorizan simultáneamente de manera proporcional, espacial y cronológica.

- **Producto de Nivel 1 Radiometric (L1R):** Los datos de imagen que se han corregido radiométricamente constituyen productos de tipo L1R. Estas cifras se calculan o se determinana utilizando L0 y se escalan a cifras de reflectancia o radiación espectral.
- **Producto de Nivel 1 Sismatic (L1G):** Las proyecciones de mapas con referencia al Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84), G873 o sus iteraciones más recientes se registran utilizando productos de tipo L1G, que se componen de productos de datos de tipo L1R sistemáticamente corregidos geoméricamente y muestreados para el registro de en una proyección cartografica.
- **Producto de Nivel 1 Systematic Terrain Corrected o (L1Gt):** Las proyecciones de mapas que utilizan WGS84, G873 o sus iteraciones más recientes se registran utilizando productos de tipo L1Gt, que se componen de datos de tipo L1R que se han corregido geoméricamente de forma sistemática. Para la corrección de errores de paralaje, estos datos (L1Gt) utilizan información de ubicación integrada, efemérides distintas y datos de elevación controlados.
- **Producto de Nivel 1 Terrain (L1T):** Para proporcionar imágenes registradas para proyecciones de mapas que se refieran a WGS84, G873 o sus iteraciones más recientes, consiste usar puntos de control terrestre y también los datos de posición acoplada a los productos de L1T combinado con los productos L1R de manera que se obtengan correcciones geométricas algorítmicas. Estos datos



también incluyen correcciones de terreno (corregidas con precisión) para los desplazamientos de terreno provocados por la topografía.

2.2.15. Tierras según la Capacidad de Uso Mayor

Según MIDAGRI (2022), indica que la mayor capacidad de utilización, que refleja la superficie geográfica, se define como la capacidad natural de producción continua bajo procesamiento continuo y condiciones específicas de utilización.

La clasificación de los terrenos según su mayor utilidad es un excelente sistema de interpretación técnica, cuyo único fin es determinar el uso y manejo más adecuado para cada unidad de terreno. Esta labor, que convertir el lenguaje puramente científico de la topografía en el lenguaje pragmático de la interpretación. Estas interpretaciones son pronósticos de cómo se comportará el suelo y qué se puede anticipar bajo diversas condiciones climáticas y topográficas, así como bajo diversos usos y manejos.

Estas reglas consideran las siguientes características del suelo para clasificar el suelo según su mayor utilidad: pendiente, profundidad efectiva, textura, fragmentación gruesa, superficie rocosa, drenaje interno, pH, erosión, salinidad, Fertilidad superficial, riesgo de inundación y ambiente natural.

Las características climáticas que se toman en cuenta en la clasificación de los suelos según su mayor capacidad de uso son: la precipitación, la temperatura, la evaporación, en función de la altitud y la latitud. Todos estos se consideran la zona de vida.

Las unidades de tierra clasificadas según una determinada capacidad o aptitud deben tener un uso sostenible y equilibrado, es decir, una productividad óptima y constante de acuerdo con los sistemas de gestión establecidos. Esto



significa que el uso designado no debe causar la degradación del suelo o procesos desencadenados por la actividad humana estas podrían ser también básicamente por erosión, salinización, hidratación u otros procesos.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Expansión Urbana

Describe los sitios de un grupo de población en regiones de baja densidad donde se desarrollan nuevas comunidades en medio de amenazas y/o riesgos, lo que a su vez conduce al desarrollo. La dispersión y el asentamiento generalizado en nuevas zonas periféricas son sus rasgos definatorios (Guado, 2021).

2.3.2. Crecimiento Urbano

Alude al crecimiento de la población que vive en un área determinada y a la extensión de la mancha urbana. También, es el resultado de una confluencia de procesos ecológicos y migratorios como la concentración, la centralización, la descentralización y la segregación; todos estos procesos implican interacción (Guado, 2021).

2.3.3. Uso de Suelo

Con la vista puesta en el crecimiento de ciudades a nivel productivo como sostenible, se refiere a lo que el ser antrópico identifica como usos diferenciados a una unidad de superficie. Los clasifica a gran escala como: industrial, comercial, de uso mixto (residencial y comercial), comercial, residencial, agrícola y regiones ecológicamente sensibles. Se distingue porque gira en torno a tres ejes: las tipologías de edificación, las características constructivas y la morfología de la ocupación del suelo (Guado, 2021).

2.3.4. Cambio de la cobertura de uso del suelo

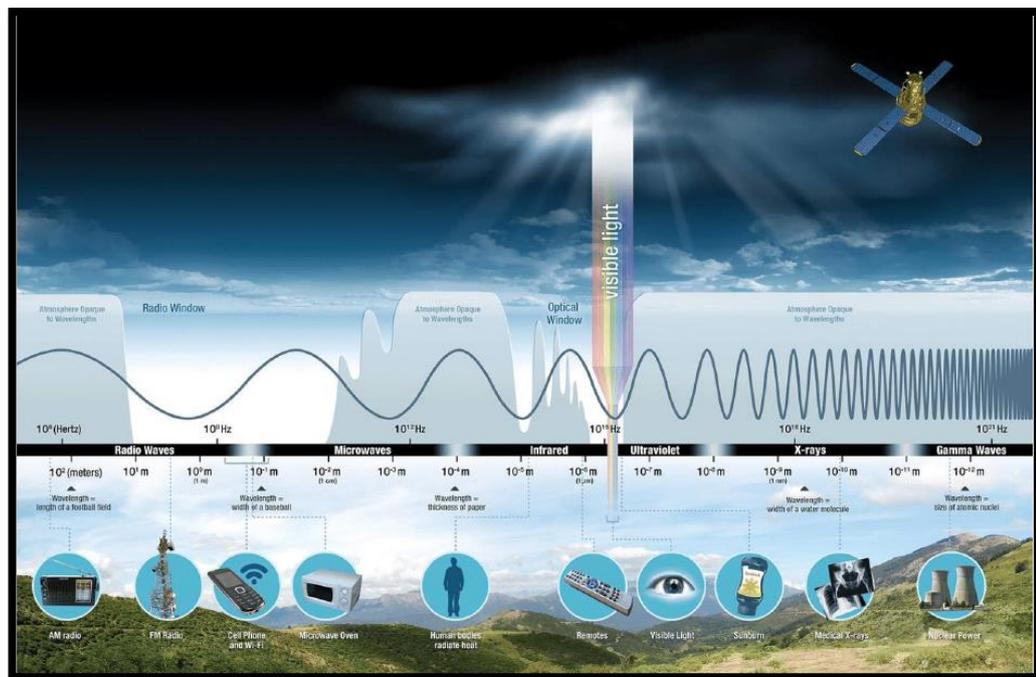
El cambio de uso del suelo es la manifestación dinámica de la actividad antropogénica en un área que sugiere una transición de un uso del suelo a otro tipo de uso de suelo (Huaman, 2022).

2.3.5. Imágenes Satelitales

Los satélites de visualización de los recursos naturales viajan en dirección norte-sur a una altitud de unos 700 km y están equipados con una serie de sensores que recogen la irradiación solar reflejada desde diversas partes de la superficie de la tierra y la separan en varias bandas. A modo que el satélite se desplaza por el espacio, observa líneas de componentes diminutas que dispuestas unas junto a otras crean imágenes de satélite (Córdoba & Sánchez, 2020).

Figura 2

Espectro Electromagnético



Nota: Frecuencias de onda caracterizadas mediante la radiación solar. Fuente (Nasa).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

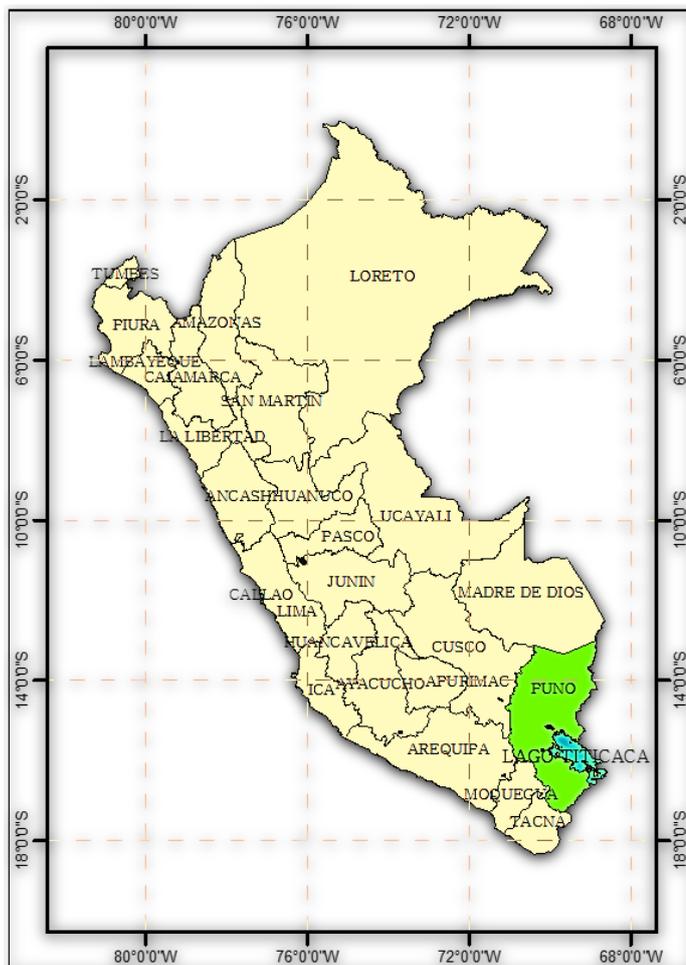
3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación Geográfica

La zona geográfica en estudio está situada en la localidad de Ilave, Provincia de El Collao, Departamento de Puno; con una altitud de 3845 m.s.n.m., cuyas coordenadas geográficas son 16°05'12.58" de Latitud Sur y 69°38'18.83" de Longitud Oeste.

Figura 3

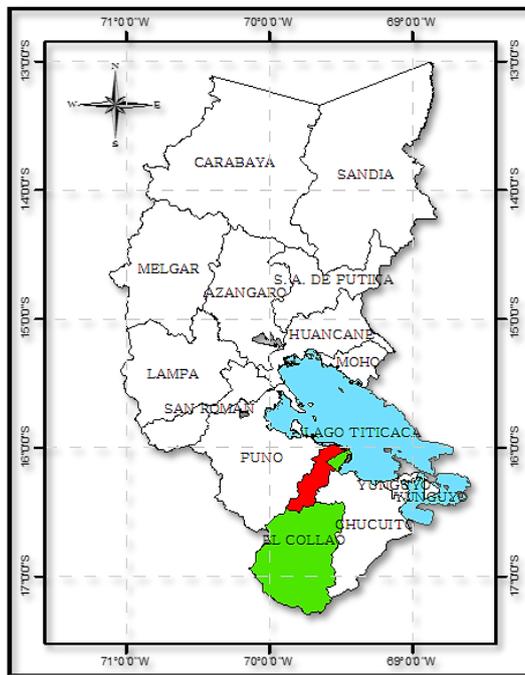
Mapa de Ubicación Departamental



Nota: Datos extraídos del portal web de <https://www.geogpsperu.com/>.

Figura 4

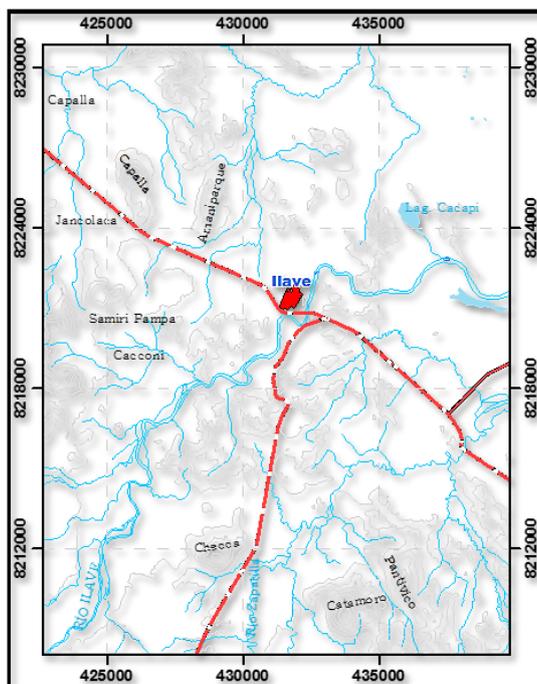
Mapa de ubicación Provincial



Nota: Datos extraídos del portal web de <https://www.geogpsperu.com/>.

Figura 5

Mapa de Ubicación de la Zona de estudio



Nota: Datos extraídos del portal web de <https://www.geogpsperu.com/>.

3.1.2. Límites

El distrito de Ilave, viene limitando por el norte con el Lago Titicaca, por el Sur con el distrito de Conduriri, por el Este con la provincia de Chucuito y distrito de Pilcuyo; y por el Oeste con el distrito Acora.

3.1.3. Vías de Comunicación y Accesibilidad

La principal vía de acceso y comunicación desde la capital departamental se muestra a continuación en la tabla 5.

Tabla 5

Vías de acceso al área de estudio desde la Capital Departamental

PARTIDA	FIN	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA
Puno	Chucuito	19.7 km	0.25 h	asfaltada
Chucuito	Platería	9 km	0.08 h	asfaltada
Platería	Acora	4.8 km	0.06 h	asfaltada
Acora	Ilave	21.7 km	0.22 h	asfaltada
TOTAL		55.2 km	1.10 h	

Nota: Datos extraídos del portal web de <https://www.geogpsperu.com/>.

3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

a) Técnicas

Las técnicas aplicadas para el desarrollo de la información en estudio fueron las siguientes:

- Teledetección.

b) Equipos

- GPS Navegador (Submétrico) Garmin 64sx.



- Laptop HP con un procesador Core i5, con 8 GB de memoria RAM, Sistema operativo 64 bits, procesador x64.
- Impresora EPSON L575.
- Cámara fotográfica: Canon de 15 y 25 megapíxeles de zoom, color y Pancromático 360.

c) Software

- ArcGis 10.5.
- Qgis 3.28.4.
- ENVI 5.3.
- AutoCAD Civil 3D 2018.
- SPSS Statistics versión 26.
- Microsoft Excel 2019.
- Microsoft Office 2019.

d) Materiales

- Papel Bond EPAPER A4 75 gr.
- Libreta Topográfica.
- Bolígrafos.

e) Material Web

- Imágenes satelitales LANDSAT 5, LANDSAT 7, LANDSAT 8 de los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020.



3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación desarrollada en este proyecto es mixta, ya que en forma cuantitativa se identifica las áreas de las coberturas de suelo en hectáreas y en forma cualitativa se define si existe cambios en el uso de suelos. El tipo de metodología empleada es correlacional porque se pretende determinar si la variable (área urbana) tiene alguna incidencia o alteración en las demás coberturas de uso de suelo y descriptiva analítica porque se pretende describir y comparar la clasificación de suelos, mediante en reglamento de clasificación de tierras según su capacidad de su mayor emitido por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

En este caso, el método de clasificación empleado es la teledetección por máxima verosimilitud la cual producirá una clasificación supervisada de la cubierta terrestre. Para evaluar la fiabilidad de la clasificación se utilizará una matriz de confusión que permitirá obtener los valores de error de comisión, el valor de error de omisión, el valor de fiabilidad global, el valor de precisión del productor, el valor de precisión del usuario y un valor de índice Kappa; un método discreto multivariante que calcula el valor de significancia estadística en la variedad de matrices de error.

3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO

En la siguiente investigación se aplica el método correlación de Pearson para todas las variables con distribución normal (paramétricas) y el método de correlación de Spearman para todas las variables que no tienen una distribución normal (no paramétrica) y el método de regresión lineal para la prospectiva de la variable (área urbana).

En el proyecto de investigación se considera un nivel de confianza de 95% y un error muestral de 5%.



3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.5.1. Población

La población en estudio está conformada por el Crecimiento Urbano en el periodo de 1990 a 2020, de la ciudad de Ilave.

3.5.2. Muestra

La muestra en estudio está conformada por las Imágenes Satelitales Landsat de los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020; de la ciudad de Ilave.

3.6. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El desarrollo de métodos, en cierto modo de lograr los objetivos planteados en este estudio, las secuencias que empleamos para lograr los resultados de la investigación se compilan seguidamente:

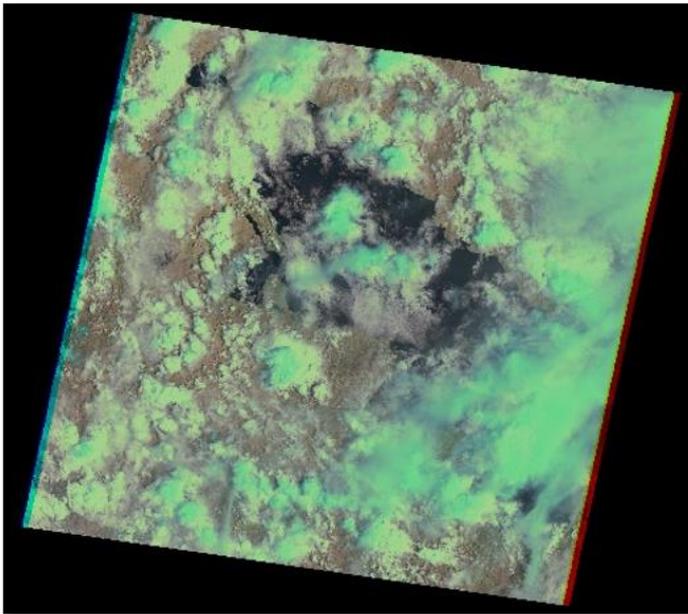
Para el cumplimiento del objetivo planteado; Análisis del crecimiento urbano con respecto al cambio de la cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave, mediante imágenes satelitales LANDSAT. La metodología empleada fue dividida en los siguientes procesos.

a) Adquisición de las Imágenes Satelitales

La recopilación y descarga de imágenes satelitales Landsat se realizó del explorador Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y se eligió el cuadrante que contenía la zona de estudio. Se eligieron las imágenes de satélite que mostraban condiciones adecuadas, como escasa nubosidad y condiciones meteorológicas apropiadas, como la estación seca; siendo las descargas durante los años 1990 al 2020; obteniendo así cada 5 años (total 30 años) respectivamente para el área en estudio.

Figura 6

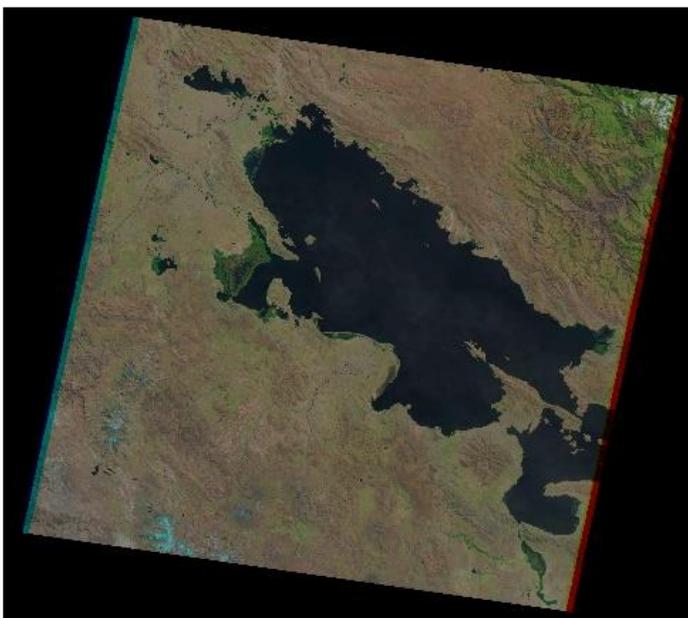
Imagen satelital con alta nubosidad



Nota: Identificador del producto Landsat LC08_L2SP_002071_20200124_20200823_02_T1 del Servicio Geológico de Estados Unidos. Fuente: (USGS).

Figura 7

Imagen satelital Landsat sin nubosidad



Nota: Identificador del producto Landsat LC08_L2SP_002071_20200531_20200820_02_T1 del Servicio Geológico de Estados Unidos. Fuente: (USGS).

Para la presente investigación, se efectúa la recopilación de imágenes satelitales de las siguientes fechas de cada año determinado:

Tabla 6

Lista de Imágenes satelitales obtenidas

AÑO	NOMBRE	FECHA
1990	LANDSAT 5	29/05/1990
1995	LANDSAT 5	27/05/1995
2000	LANDSAT 7	16/05/2000
2005	LANDSAT 7	14/05/2005
2010	LANDSAT 7	12/05/2010
2015	LANDSAT 8	10/05/2015
2020	LANDSAT 8	31/05/20203

Nota: Imágenes satelitales obtenidas del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS).

Figura 8

Zona de Estudio (Ciudad de Ilave)



Nota: Imagen recopilada del Servicio Geológico de Estados Unidos. Fuente: (USGS).

b) Corrección Atmosférica

Consecutivamente se realizó la corrección atmosférica de las imágenes satelitales obtenidas; para la eliminación de perturbaciones atmosféricas; en este sentido también se puede decir que sirve para reducir la influencia de espectros atmosféricos en la estimación numérica de cada píxel de la imagen compilada. disminuyendo el impacto del polvo y el vapor de los volcanes y de agua (humedad). todo ello mediante la caja de herramientas del software QGIS; para previsualizar con más detalle y mejor nitidez sobre los cambios de uso de suelo.

Figura 9

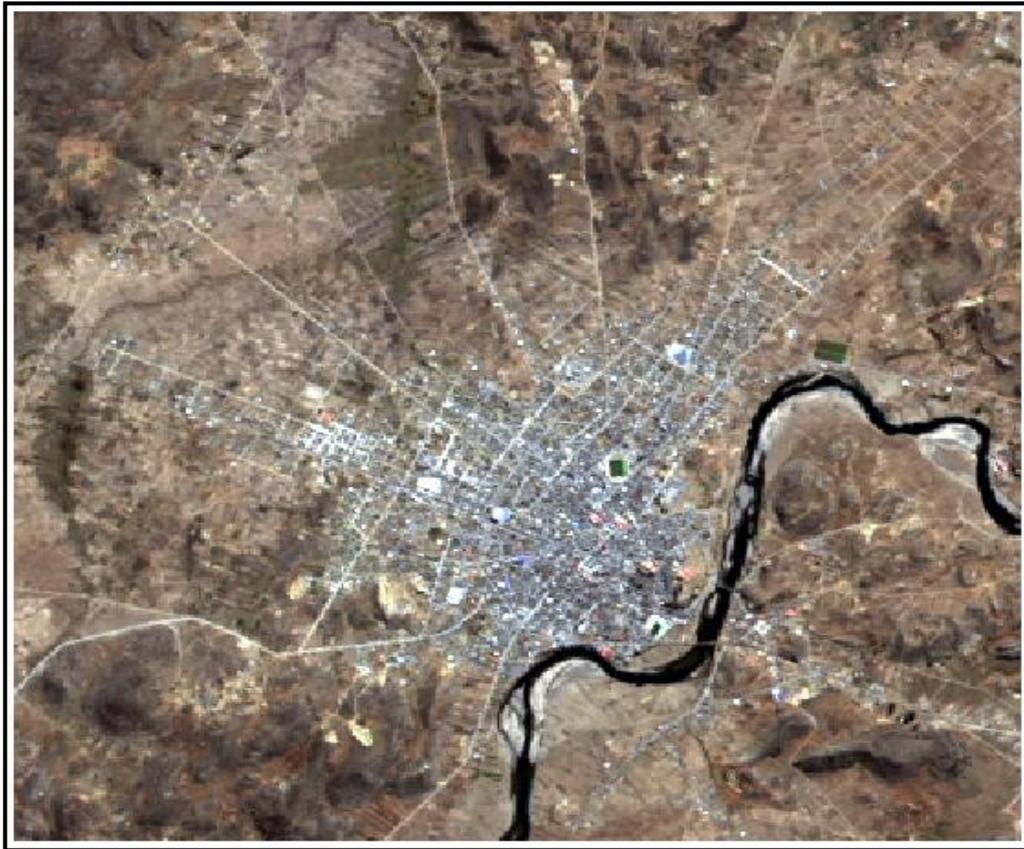
Imagen sin corrección atmosférica



Nota: Imagen satelital RGB color natural del Servicio Geológico de los Estados Unidos.
Fuente: (USGS).

Figura 10

Imagen satelital con corrección atmosférica



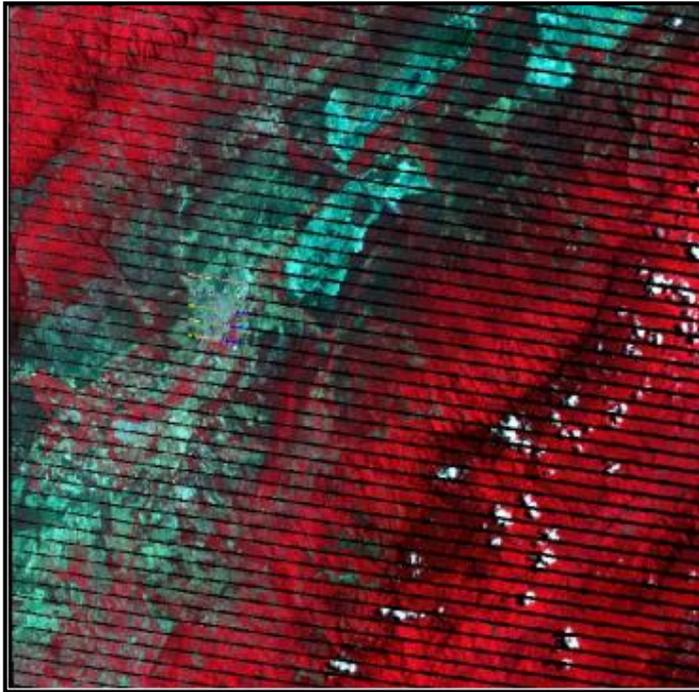
Nota: Imagen satelital RGB color natural del Servicio Geológico de los Estados Unidos. Fuente: (USGS).

c) Corrección Radiométrica

La corrección radiométrica de las imágenes satelitales Landsat, se realiza a razón de que las imágenes pueden presentar algún tipo de objeto, brillo excesivo o algún tipo de fenómeno que pueda alterar la correcta clasificación. Como ejemplo tenemos la figura 10 donde se observa que la imagen presenta líneas oscuras que alteran la calidad de la imagen y en la figura 11 se muestra la imagen satelital corregida. Empleando el complemento de clasificación semiautomática SCP del software QGIS, el cual elimina las interferencias atmosféricas que el sensor pueda sufrir; permitiendo visualizar la imagen de una mejor calidad numérica y visual.

Figura 11

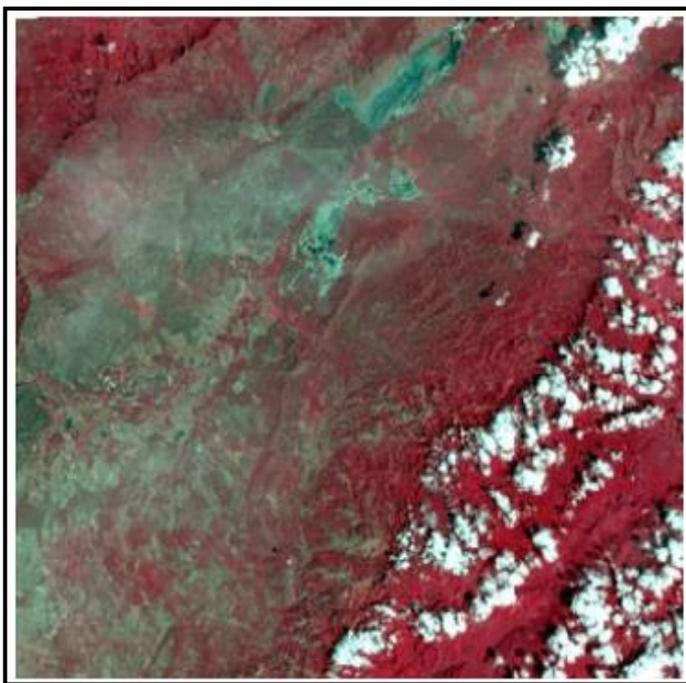
Imagen sin corrección radiométrica



Nota: Imagen satelital con presencia de líneas oscuras. Fuente: Ruiz & Barón (2022).

Figura 12

Imagen con corrección radiométrica



Nota: Imagen satelital sin ningún tipo de fenómeno. Fuente: Ruiz & Barón (2022).

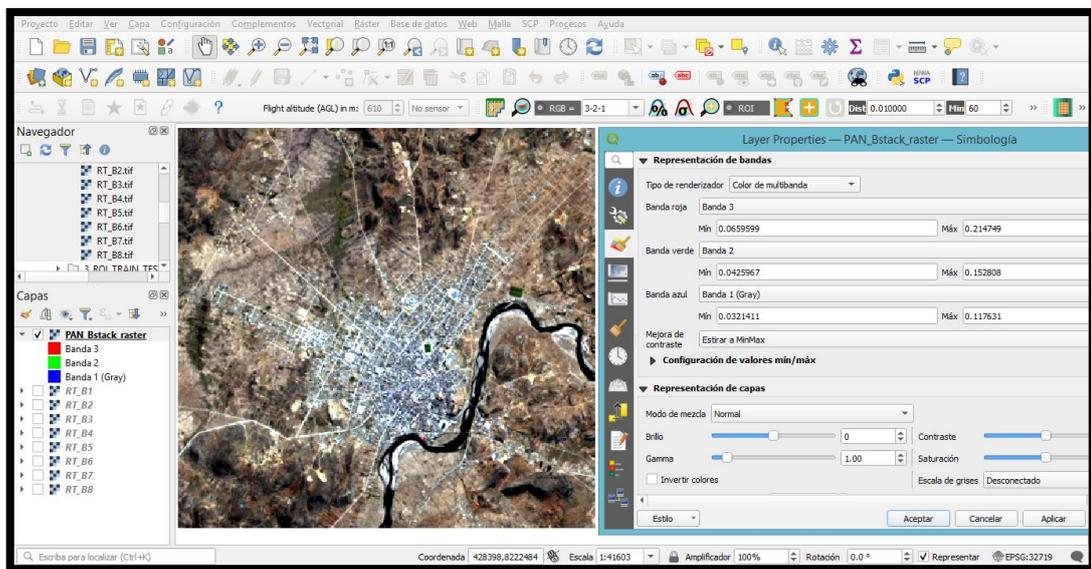
d) Combinación de Bandas

Para el análisis de las diferentes áreas a clasificar es necesario generar la combinación de bandas, una de las cualidades de la teledetección es distribuir las imágenes satelitales en bandas de tres canales como es el rojo, verde y azul.

Es importante mencionar que, para una clasificación involucra tener las bandas visibles y tener como resultado una combinación de color natural del área de estudio. Entre las diferentes combinaciones de color natural de los Landsat tenemos el Landsat 8 (4,3,2), Landsat 7 (3,2,1) y en Landsat 5 (3,2,1), que es la utilizaremos para determinar áreas de estudio y áreas de entrenamiento.

Figura 13

Combinación de bandas en Qgis



Nota: Combinación de Bandas RGB de color natural en el software QGIS.

e) Identificación de Cobertura de Uso de Suelos

Consecutivamente con la ayuda de programas de teledetección espectral, como es el caso de ENVI, se identificaron los cinco tipos de cobertura de uso del suelo de la zona de estudio, se estimó cinco categorías, así como se demuestra en la tabla 7.

Tabla 7*Leyenda de descripción de la zona de estudio*

NUMERO	DESCRIPCIÓN
1	Área Urbana
2	Cuerpos de Agua
3	Suelo Cultivado
4	Suelo No Cultivado
5	Vegetación

Nota: Descripción de cinco usos de suelo identificadas en la zona de estudio.

En la tabla 8 identifica sistemas de clasificación de suelos que está determinado por su capacidad máxima de uso y es la categoría que representa el mayor desempeño del sistema y agrupa a los suelos de acuerdo con su uso máximo, es decir, los cinco grupos de suelos especificados en las reglas de clasificación de suelos.

Tabla 8*Clasificación de Tierras*

CLASIFICACIÓN DE TIERRAS SEGÚN SU CAPACIDAD DE USO MAYOR	
Grupo	Definición de Grupos
Tierras aptas para cultivo en Limpio (símbolo A)	Agrupa el suelo con el clima, la topografía y las propiedades del suelo para producir cultivos puros que requieren remoción del suelo o arado regular.
Tierras aptas para cultivo permanente (Símbolo C)	Agrupa terrenos cuyo clima, topografía y propiedades del suelo permiten ser cultivados con cultivos perennes, ya sean arbustos o árboles. (frutales principalmente).
Tierras aptas para pastos (Símbolo P)	Agrupa áreas cuyo clima, topografía y propiedades del suelo permiten el pastoreo continuo o de corto plazo sin reducir las áreas de los recursos del suelo.
Tierras aptas para producción forestal (Símbolo F)	Agrupa terrenos donde el clima, la topografía y las características del suelo es propicio para el cultivo de especies forestales leñosas.
Tierras de Protección (Símbolo X)	Están constituidos por terrenos que no cuentan con las características topográficas, climáticas y edáficas necesarias para una producción sustentable.

Nota: Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, *MIDAGRI, DECRETO SUPREMO N° 005-2022-MIDAGRI*.

En la tabla 9 describimos las especies que predominan la zona de estudio, estas presentan una variabilidad considerable en función de la humedad, topografía, altitud, ubicación, exposición, etc.

Tabla 9

Especies clasificadas que predominan el área de estudio

Categoría	Especie
Suelo no cultivado	- Stipa ichu (ichu)
	- Festuca dolichophylla o (chilligua)
	- Calamagrostis recta
	- Stipa obtusa (tisña)
Vegetación	- Azorella diapensoides (pasto estrella)
	- Pycnophyllum molle (césped pastizal)
	- Azorella (Pastos)
	- Distichia muscoides (bofedales) (Turbera de Distichia)
	- Eleocharis, Phylloscirpus (pastizales inundados) (Prado turboso)
	- Werneria pygmaea (Plantago tubulosa) (Césped de arroyo)
Suelos Cultivados	- Hordeum vulgare (cebada)
	- Vicia faba (haba)
	- Solanum tuberosum (papa)
	- Chenopodium quinoa Willdenow (quinua)
	- Chenopodium pallidicaule (cañihua)

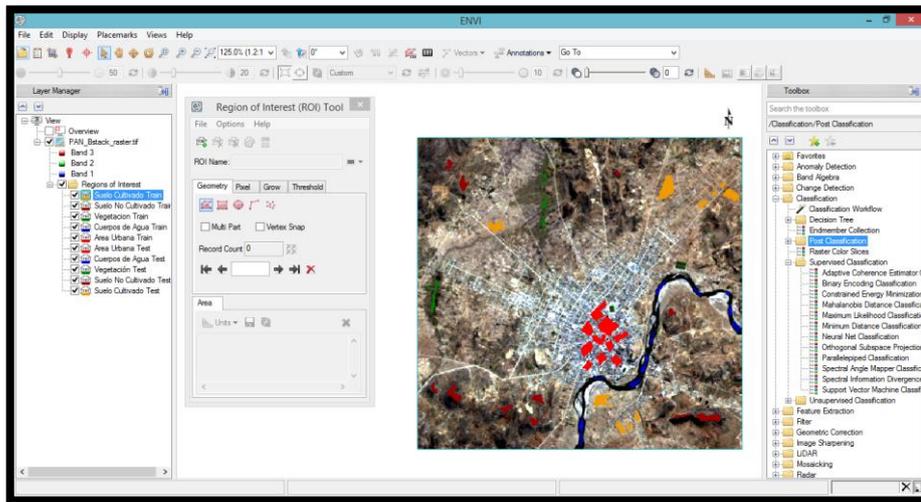
Nota: Especies que predominan la zona de estudio según la categoría y especie de MIDAGRI (2022).

f) Regiones de Interés

Una vez determinada los rangos de clasificación. En esta etapa procedemos a generar las áreas de clasificación y también las áreas de entrenamiento, para así poder obtener una descripción numérica de las escenas espectrales, así como se observa en la figura 13.

Figura 14

Regiones de interés (ROI)



Nota: Regiones de interés ubicadas en la zona de estudio.

En la tabla 10 se muestra la codificación de áreas descritas en la zona de estudio.

Tabla 10

Leyenda de códigos de la zona de estudio

NUMERO	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1	AU	Área Urbana
2	CA	Cuerpos de Agua
3	SC	Suelo Cultivado
4	SNC	Suelo No Cultivado
5	VG	Vegetación

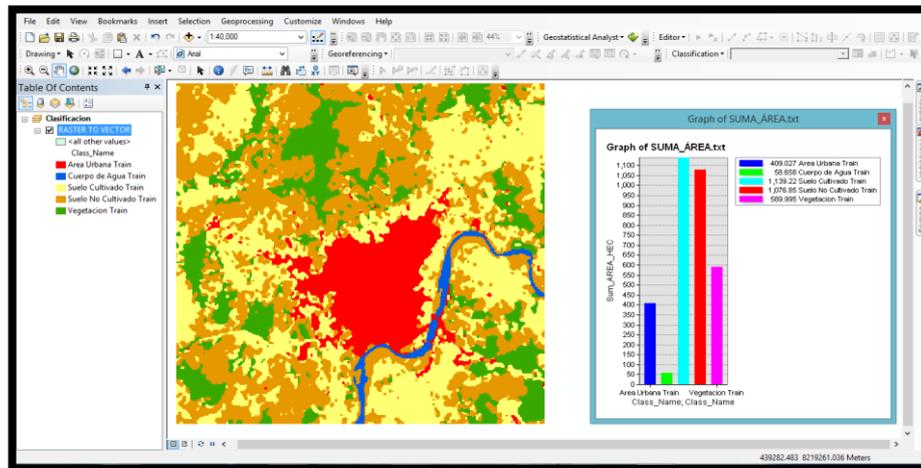
Nota: Códigos utilizados en la clasificación de la zona de estudio.

g) Clasificación por Máxima Verosimilitud

Culminado la asignación de áreas de interés de las cinco categorías de clasificación, se procede a configurar las probabilidades muy bajas de rechazo dentro de la clasificación, para poder considerar solo los pixeles que corresponden realmente a la clasificación. Por lo tanto, si no se obtiene el porcentaje adecuado con las regiones de entrada y salida o áreas de entrenamiento, se volverá a monitorear y deducir nuevas categorías, para perfeccionar la clasificación por probabilidad máxima.

Figura 15

Clasificación de suelos



Nota: Clasificación de cinco usos de suelo en estudio con el programa ENVI.

3.6.1. Proceso Metodológico para el Primer Objetivo Específico

Para el cumplimiento del presente objetivo; análisis relacional entre el proceso de expansión urbana y el cambio de cobertura de uso de suelos, entre los años 1990 al 2020; se realizó los siguientes procesos de validación de datos encontrados en gabinete con respecto a la realidad.

a) Clasificación Supervisada

Se realizó la clasificación supervisada de cada cobertura de uso de suelos generando puntos de control aleatorio, utilizando la herramienta (clasificación de máxima verosimilitud) en ENVI; para seguidamente ir a campo y visualizar que efectivamente se trata de la cobertura de uso de suelo que se halló mediante el procedimiento en el Software.

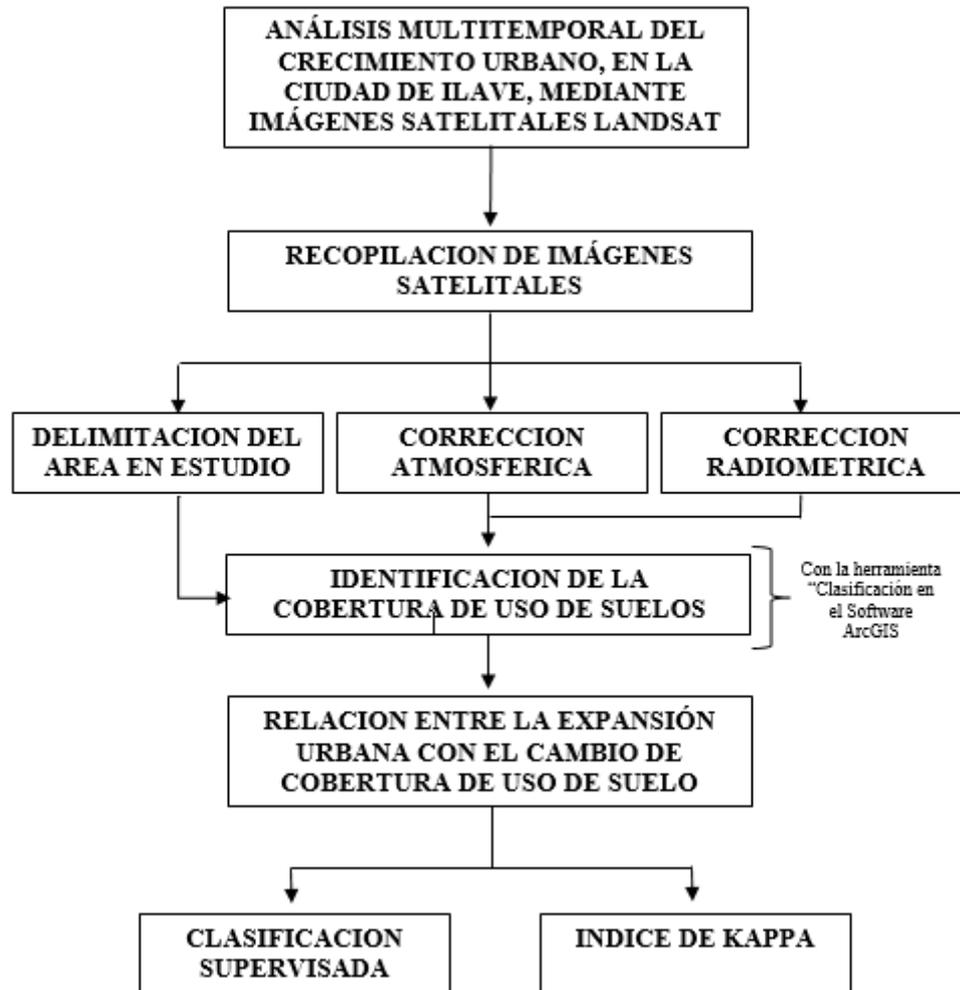
b) Validación de los Mapas

Adicional a la clasificación supervisada se realizó la validación de la cobertura de uso de suelos entre el mapa observado y la coincidencia de la realidad;

para conocer la precisión de los resultados de cada categoría obtenida en el software con la realidad mediante el índice de Kappa.

Figura 16

Organigrama del procedimiento metodológico



c) Metodo de Muestreo

El método de muestreo: es el conjunto de unidades, eventos extraídos de una población, el muestreo determina la confiabilidad probabilística.

Tamaño de Muestra: Se determina el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{(Z)^2(P)(Q)}{(E)^2}$$

Donde:

Z = Valor de distribución Normal para un α .

P = Proporciones Favorables a la Investigación.

Q = Proporciones desfavorable a la Investigación.

E = Error máximo permisible.

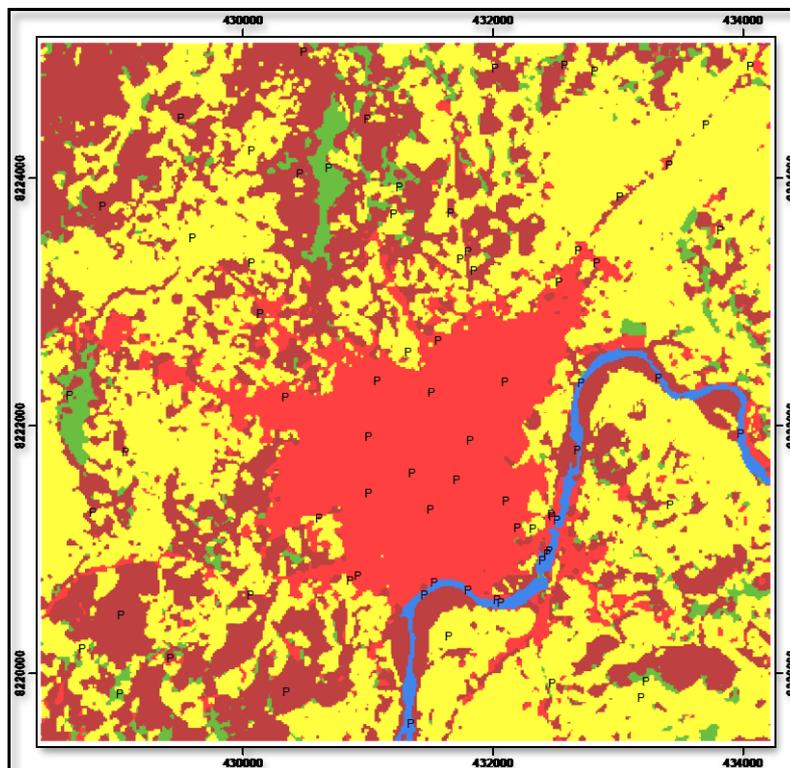
Seguidamente, el tamaño de muestra para la investigación es:

$$n = \frac{(1.96)^2 \cdot (95) \cdot (5)}{5^2} = 72.99 \cong 73 \text{ Muestras.}$$

Técnica de muestreo: La distribución de Puntos se realizó de forma aleatoria sobre la imagen clasificada.

Figura 17

Puntos aleatorios obtenidos en QGIS.



Nota: Puntos generados de forma aleatoria para su validación. Los puntos ubicados con software QGIS coinciden con la cobertura identificada en campo. Clasificadas en la imagen Landsat LC08_L2SP_002071_20230524_20230602_02_T1



d) Influencia del crecimiento urbano sobre la cobertura de uso de suelos

Finalmente, luego de conocer la cobertura y usos de suelo del área en estudio; se realizó el contraste de las coberturas de uso de suelos; mediante la conversión de los datos hallados en formato ráster a formato vector; para estimar las áreas de los años 1990 al 2020 en datos cuantificables; y con ello conocer si existe o no un crecimiento urbano.

3.6.2. Proceso Metodológico para el Segundo Objetivo Específico

Para el cumplimiento del presente objetivo Modelo prospectivo del crecimiento urbano para el año 2030; la metodología empleada fueron los siguientes pasos.

Se realizó la proyección de un escenario futuro del crecimiento urbano al año 2030, efectuándose mediante regresión lineal.

La regresión lineal predice el valor de datos desconocidos mediante el uso de datos ya conocidos o matemáticamente se puede decir, que se realiza teniendo en cuenta datos de una variable conocida para la búsqueda de datos de una variable desconocida como una ecuación lineal.

Para el presente proyecto se buscó una ecuación lineal de crecimiento urbano; tomando en cuenta datos de crecimiento urbano de diferentes años (1990 al 2020); para realizar una proyección a un determinado año; para posteriormente generar una línea de tendencia y establecer la razón de crecimiento del área urbana; y mediante ello conocer un estimado de la extensión del área al año 2030.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS PARA LOS OBJETIVOS

4.1.1. Resultado para el Primer Objetivo Especifico

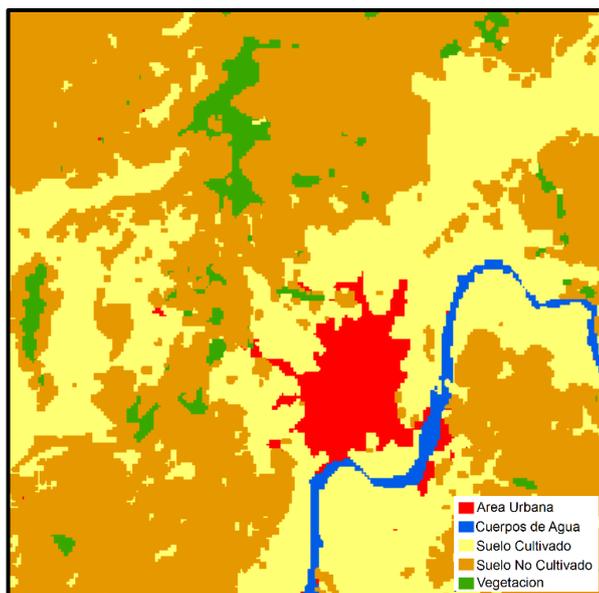
A continuación, se muestran las principales categorías de cobertura de uso de suelos entre los periodos 1990 al 2020; los resultados a continuación:

4.1.1.1. Categorías de Cobertura de Uso de Suelo

En la figura 17, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 1990 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 144.90 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1218.91 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1717.97 hectáreas; la vegetación en 135.63 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 56.34 hectáreas respectivamente.

Figura 18

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 1990

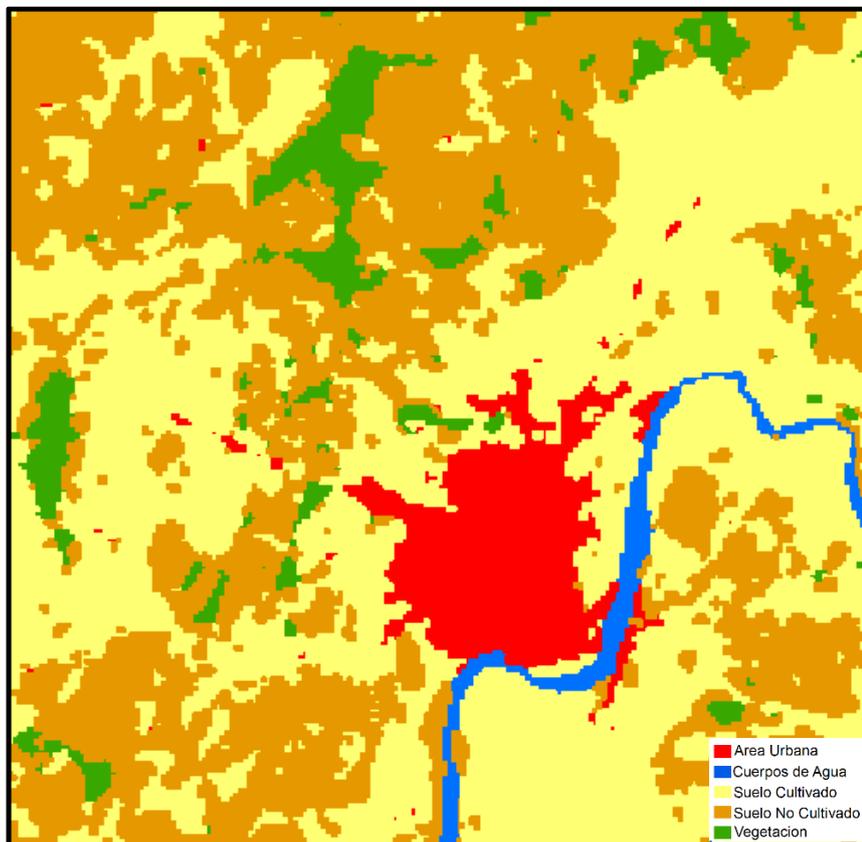


Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 1990.

En la figura 18, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 1995 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 216.00 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1210.27 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1602.76 hectáreas; la vegetación en 185.86 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 58.86 hectáreas respectivamente.

Figura 19

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 1995



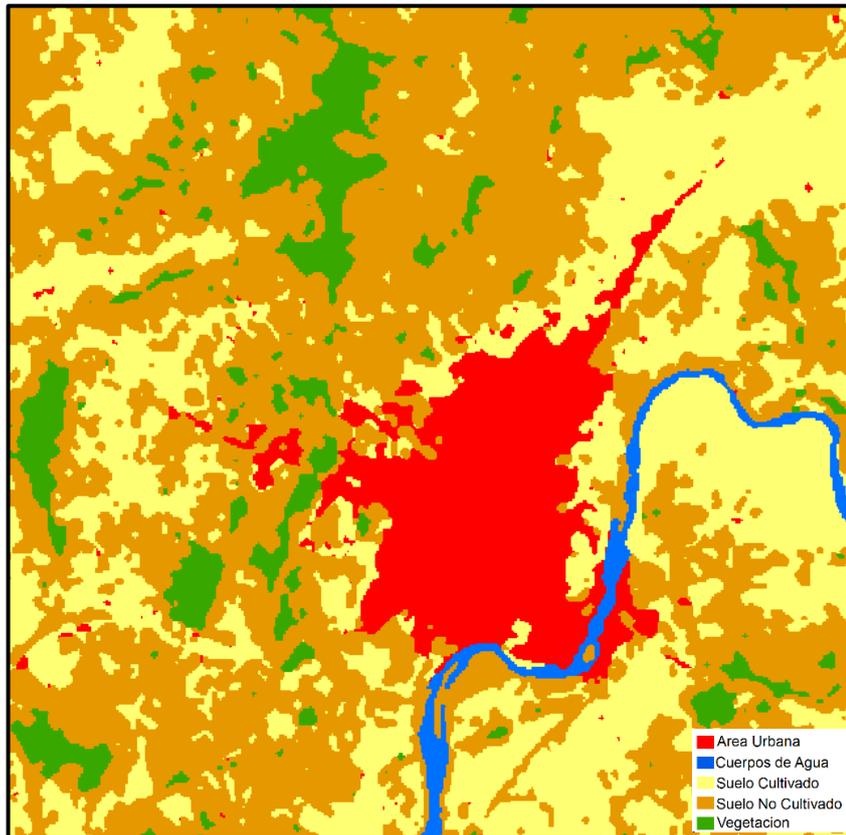
Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 1995.

En la figura 19, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 2000 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 329.47 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1126.71 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1527.59 hectáreas; la

vegetación en 243.99 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 45.99 hectáreas respectivamente.

Figura 20

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2000

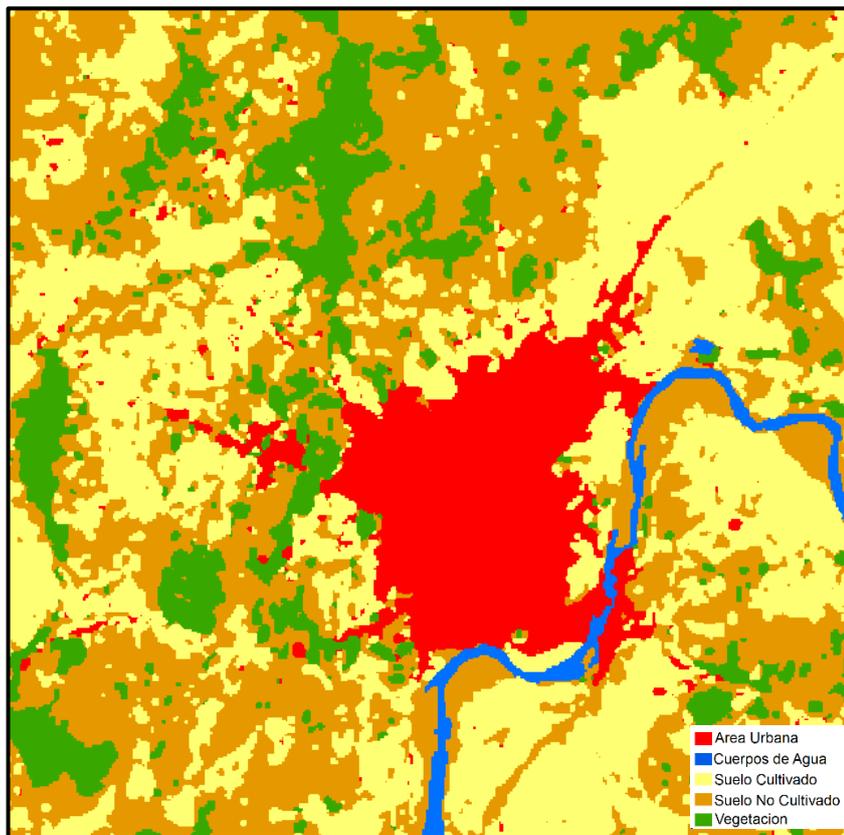


Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 2000.

En la figura 20, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 2005 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 354.08 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1119.58 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1410.37 hectáreas; la vegetación en 344.32 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 45.41 hectáreas respectivamente.

Figura 21

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2005

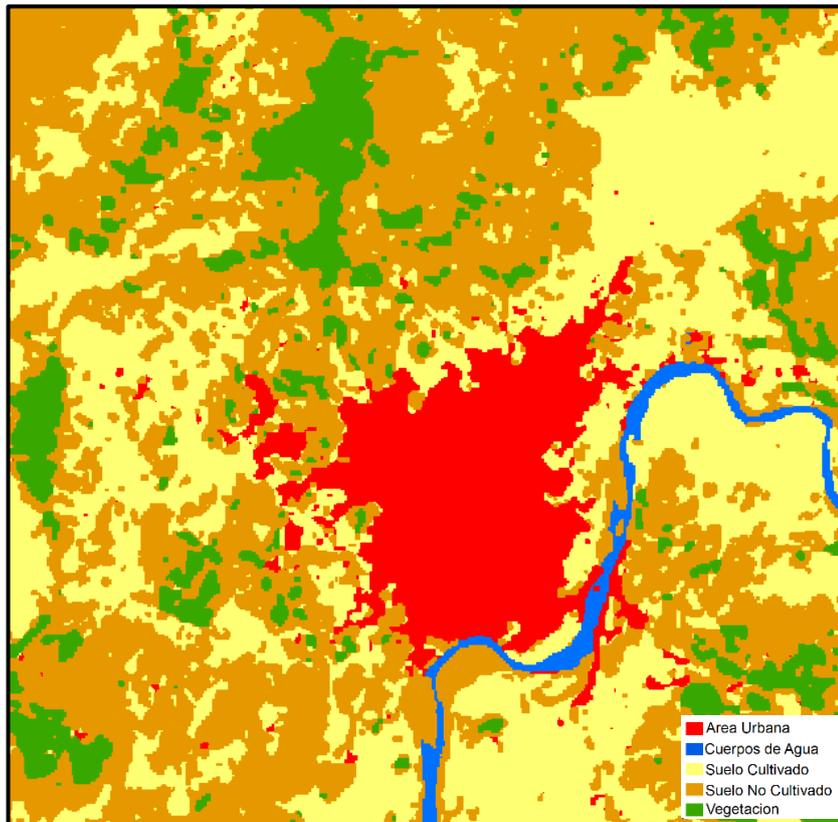


Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 2005.

En la figura 21, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 2010 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 358.02 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1161.09 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1403.50 hectáreas; la vegetación en 298.40 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 52.74 hectáreas respectivamente.

Figura 22

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2010

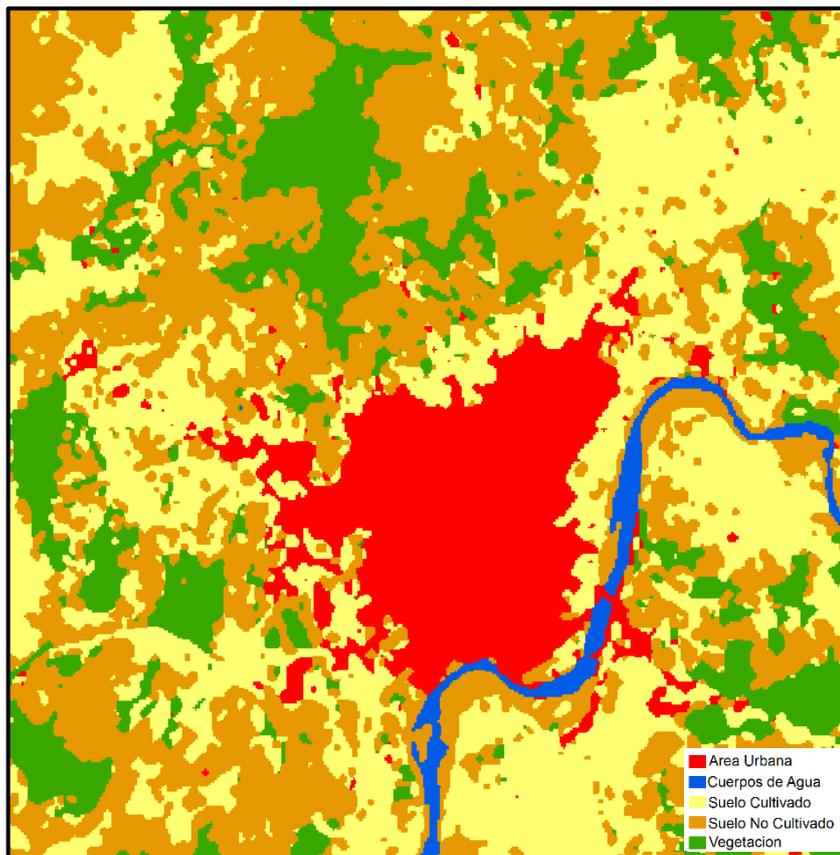


Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 2010.

En la figura 22, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 2015 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 409.03 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1139.22 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 1076.85 hectáreas; la vegetación en 589.99 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 58.66 hectáreas respectivamente.

Figura 23

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2015

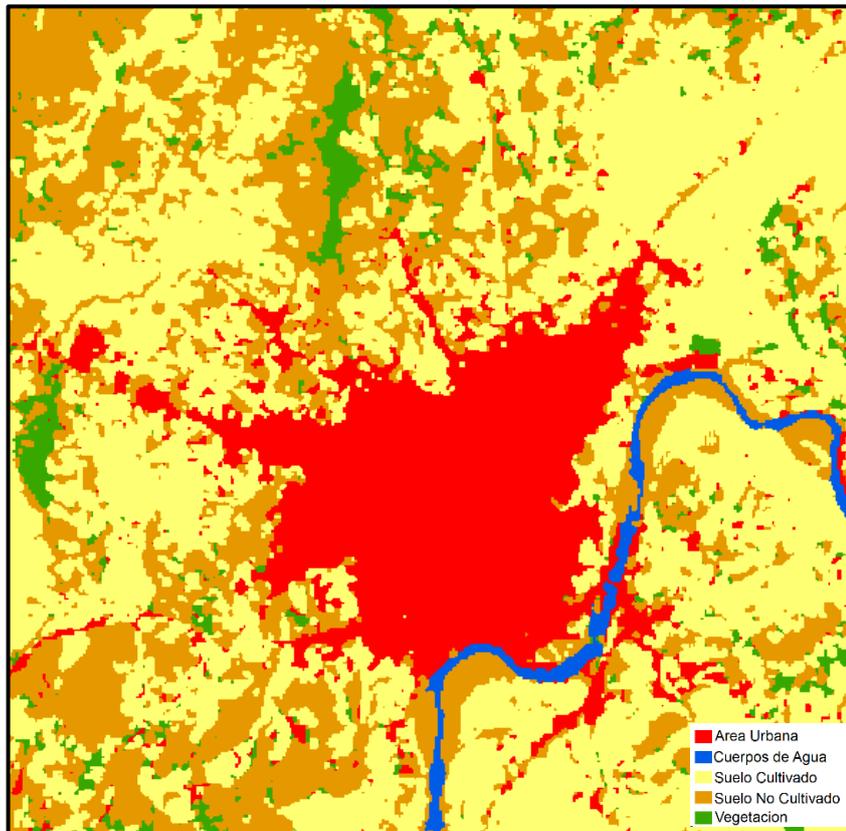


Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 2015.

En la figura 23, se aprecia las categorías de cobertura de uso de suelos del año 2020 sobre el área en estudio; indicando que la categoría de carácter Urbano presenta una extensión territorial de 604.17 hectáreas, mientras que los Suelos Cultivados en 1490.31 hectáreas, los Suelos no Cultivados en 967.79 hectáreas; la vegetación en 167.85 hectáreas y finalmente los Cuerpos de Agua presenta una extensión de 43.63 hectáreas respectivamente.

Figura 24

Tipos de cobertura de uso de suelos del año 2020



Nota: Clasificación de cinco usos de suelo del año 2020.

Deduciendo, que según el procesamiento elaborado sobre las imágenes satelitales en el área de estudio existe un crecimiento de la cobertura urbana a lo largo del periodo analizado entre los años 1990 al 2020; provocando cambios en las demás coberturas de uso de suelos.

- **Área Urbana:** Con un incremento promedio anual de 0.47 % y un crecimiento periódico de 14.03 % en treinta años de estudio desde 1990 hasta 2020. Descubriendo que la región detectada del ámbito urbano son los edificios construidos, calles, Plazas, Parques, Plataformas deportivas y todo ámbito material o elemento construido de manera artificial (construidos por el ser humano). Los materiales constructivos más comunes son el hormigón armado,



el adobe, ladrillo y la teja. También se han descubierto caminos de conexión hasta cierto punto.

- **Suelo Cultivado:** Con un incremento promedio anual de 0.28 % y un crecimiento periódico de 8.29 % en treinta años de estudio desde 1990 hasta 2020. En el lugar de investigación, estos cultivos se dan en condiciones de secano con una sola cosecha al año. Como es el caso de la cebada (*Hordeum vulgare*), el haba (*Vicia Faba*), la papa (*Solanum toberosum*), la quinua (*Chenopodium quinoa Willdenow*), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) son los principales cultivos. Algunos de estos cultivos se cultivan para la venta y otros para el consumo personal.
- **Suelo No Cultivado:** Con una disminución promedio anual de -0.76 % y una disminución periódica de -22.91 % en treinta años de estudio desde 1990 a 2020. La forma de describir el suelo no cultivado es observando una cubierta espesa o abierta, dominada por componentes generalmente zonas inertes (sin vida) como rocas y zonas cubiertas por algún tipo de Gramíneas secas o muertas por el cambio de la época del año.
- **Vegetación:** Con un incremento promedio anual de 0.03 % y un crecimiento periódico de 0.98 % en treinta años de estudio desde 1990 a 2020. Son áreas que han crecido de forma natural en una variedad de densidades y sustratos. En la zona estudiada predomina más el (*Stenotaphrum secundatum*) o comúnmente llamados pastos, lo que es típico de las tierras altas de la Puna. Por supuesto variando según la época del año.
- **Cuerpos de Agua:** Con una disminución promedio anual de -0.01 % y una disminución periódica de -0.39 % en treinta años de estudio desde 1990 hasta

2020. En la zona de estudio existe lagunas, río y pantanos naturales. Estas masas de agua se alimentan de las precipitaciones, la esorrentía de ríos y arroyos, en algunos casos, de la filtración ascendente de aguas del nivel trófico que se concentran en depresiones o cuencas del terreno.

4.1.1.2. Validación de Mapas

A continuación, se muestra el resumen de datos numéricos para su mejor análisis de todas las categorías clasificadas. En la tabla 11, se aprecia el área de cobertura de uso de suelos entre los periodos de 1900 al 2020; indicando que las áreas de las diferentes coberturas de suelo encontradas en la zona en estudio; se encuentran distribuidas en una extensión total de 3273.75 hectáreas.

Tabla 11

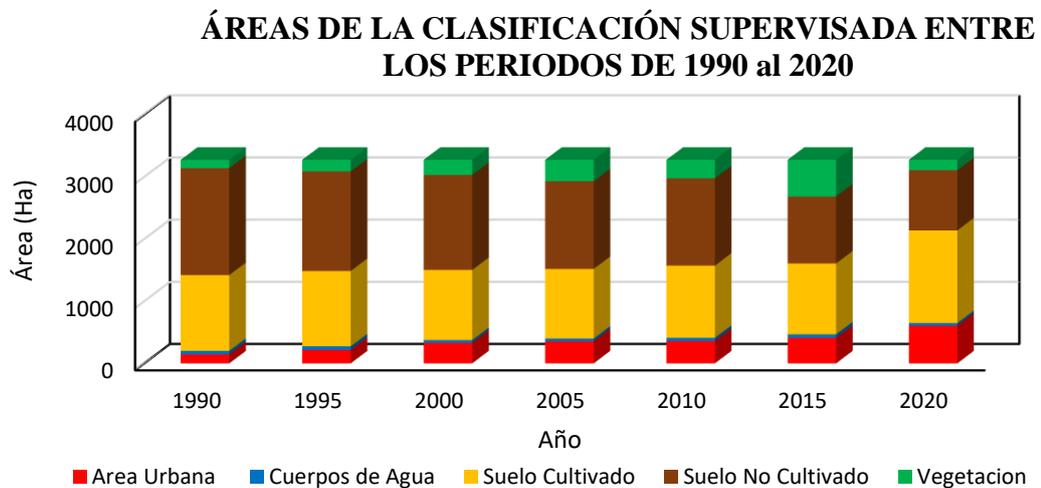
Áreas de cobertura de uso de suelos entre los periodos de 1990 a 2020

COBERTURA DE USO DE SUELOS EN HECTÁREAS ENTRE LOS PERIODOS DE 1990 - 2020							
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Área Urbana	144.90	216.00	329.47	354.08	358.02	409.03	604.17
Cuerpos de Agua	56.34	58.86	45.99	45.41	52.74	58.66	43.63
Suelo Cultivado	1218.9	1210.2	1126.7	1119.5	1161.0	1139.2	1490.3
Suelo no Cultivado	1717.9	1602.7	1527.5	1410.3	1403.5	1076.8	967.79
Vegetación	135.63	185.86	243.99	344.32	298.40	589.99	167.85
ÁREA TOTAL	3273.7						

Nota: Cobertura de uso de suelos en un periodo de 30 años, generados por la clasificación.

Figura 25

Áreas de clasificación supervisada



Nota: La figura muestra la clasificación de áreas cada cinco años en un periodo de 30 años.

En la tabla 12, se aprecia el área de cobertura de uso de suelos en porcentajes entre el periodo 1900 al 2020; indicando que la cobertura de Áreas Urbanas fluctúan entre el rango de 4.43 % a 18.45% de extensión, deduciendo que su incremento es de manera secuencial ascendente en cada periodo de estudio y que el periodo de mayor crecimiento es entre los años 2015 a 2020; además las áreas de extensión de los Suelos Cultivados fluctúa entre 34.20 % a 45.52%, comprobando que el periodo de disminución promedio es entre los años 1990 a 2005 con un 3.03 % y el periodo de incremento es en los años 2005 a 2020 con un 11.32 %; con respecto a la extensión de Suelos no Cultivados esta entre 52.48 % a 29.56 %, deduciendo que existe una disminución en todo el periodo de estudio; también se muestra resultados de las áreas de Vegetación que fluctúa entre 4.14 % a 18.02 %, deduciendo que entre los años 1990 a 2005 se produce un ligero crecimiento en un 6.38 %, entre los años 2005 a 2010 resulta una disminución en un 1.41 %, entre los años 2010 a 2015 resulta un incremento de 8.91 %, entre los años 2015 a 2020 se

produce una disminución en un 12.89 % y finalmente con respecto a la cobertura de Cuerpos de Agua fluctúan entre 1.33 % a 1.80 %, deduciendo que el periodo de mayor disminución fue entre los años 2015 a 2020 en un 0.46 %.

Tabla 12

Áreas de cobertura de suelos en (%) entre los periodos de 1990 a 2020

	COBERTURA DE USO DE SUELOS EN PORCENTAJE (%) ENTRE LOS PERIODOS DE 1990 - 2020						
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Área Urbana	4.43	6.60	10.06	10.82	10.94	12.49	18.45
Cuerpos de Agua	1.72	1.80	1.40	1.39	1.61	1.79	1.33
Suelo Cultivado	37.23	36.97	34.42	34.20	35.47	34.80	45.52
Suelo no Cultivado	52.48	48.96	46.66	43.08	42.87	32.89	29.56
Vegetación	4.14	5.68	7.45	10.52	9.11	18.02	5.13
ÁREA TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Datos de cobertura de uso de suelos de la zona de estudio.

4.1.1.3. Indicadores de Validación

Para determinar una confiable clasificación se obtuvo la matriz de confusión y el índice Kappa donde muestra medidas de evaluación cuantitativa de la validez y corrección de los mapas entre los períodos de tiempo entre 1990 al 2020, a continuación, se presenta los resultados:

En la tabla 13; se aprecia la valoración del índice Kappa; indicando que las categorías de cobertura de uso de suelo entre los años 1990 al 2020 tienen valores de 0.91 a 0.99; es decir, se valida la clasificación generada por el método de teledetección sobre las imágenes satelitales Landsat y una precisión global entre 95.47% a 99.29%, lo que indica que está dentro del rango casi perfecta; lo que demuestra que nuestra clasificación está dentro de los parámetros del índice de Kappa.

Tabla 13*Validación de mapas mediante el Índice Kappa*

Año	Precisión Global (%)	Índice Kappa
1990	95.47%	0.91
1995	97.42%	0.96
2000	95.55%	0.93
2005	94.04%	0.92
2010	99.29%	0.99
2015	98.77%	0.98
2020	98.07%	0.97

Nota: Datos de precisión Global e Índice de Kappa.

El resumen del desarrollo se encuentra en el anexo 1 al 7 donde se muestra los niveles de exactitud temática.

En la tabla 14, se resume los resultados de la clasificación promedio de los errores de comisión y omisión de la validación entre los años de 1990 a 2020, el resultado obtenido de la clasificación fue que se obtuvo en la cobertura (Área Urbana) un promedio del error de comisión de 1.89%, significa que se obtuvieron desviaciones que no corresponden a la interpretación, lo que implica que probablemente exista pixeles clasificados no correspondientes a la cobertura (Área Urbana), mientras que el promedio de error de omisión fue de 0.59%, lo que significa que existe una relación casi perfecta entre la clasificación y la identificación en campo.

Por consiguiente el resultado obtenido después de clasificarse la cobertura (Vegetación), se obtuvo un promedio del error de comisión de 0.88%, significa que se obtuvieron desviaciones que no corresponden a la interpretación como Vegetación, lo que implica que probablemente exista pixeles clasificados que no se relacionan con el área de estudio involucrado, mientras que el promedio de error de



omisión fue de 5.05%, lo que significa que existe una relación cercana de correspondencia en la clasificación y la identificación ínsito.

Por otro lado el resultado obtenido después de clasificarse la cobertura (Cuerpos de Agua), se obtuvo un promedio del error de comisión de 0.00%, significa que no se obtuvieron desviaciones que no corresponden a la interpretación como Cuerpos de Agua, lo que implica que no existen pixeles clasificados de manera errónea que no se relacionan con el área de estudio, mientras que el promedio de error de omisión fue de 1.47%, lo que significa que existe una relación cercana de correspondencia en la clasificación y la identificación ínsito.

Por lo tanto el resultado obtenido después de clasificarse la cobertura (Suelos no Cultivados), se obtuvo un promedio del error de comisión de 8.77%, significa que se obtuvieron desviaciones que no corresponden a la interpretación como Suelos no Cultivados, lo que implica que probablemente existen pixeles clasificados que no se relacionan con el área de estudio, mientras que el promedio de error de omisión fue de 2.38%, lo que significa que existe una relación cercana de correspondencia en la clasificación y la identificación ínsito.

Finalmente el resultado obtenido después de clasificarse la cobertura (Suelos Cultivados), se obtuvo un promedio del error de comisión de 1.11%, significa que se obtuvieron desviaciones que no corresponden a la interpretación como Suelos Cultivados, lo que implica que probablemente existen pixeles clasificados que no se relacionan con el área de estudio, mientras que el promedio de error de omisión fue de 4.39%, lo que significa que existe una relación cercana de correspondencia en la clasificación y la identificación ínsito.

Tabla 14*Error de Omisión y Comisión*

	Error	Años							Promedio (%)
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	
AU	Comisión	0.00	0.00	6.34	1.81	2.24	0.00	2.81	1.89
	Omisión	0.00	0.00	0.00	3.56	0.00	0.59	0.00	0.59
VG	Comisión	0.00	0.00	1.56	1.09	0.00	3.51	0.00	0.88
	Omisión	20.59	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	13.68	5.05
CA	Comisión	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Omisión	0.00	2.78	1.64	0.00	0.88	1.12	3.86	1.47
SNC	Comisión	18.15	6.86	13.86	17.74	0.37	1.57	2.86	8.77
	Omisión	0.36	5.00	2.72	3.04	0.18	3.09	2.30	2.38
SC	Comisión	0.11	1.98	0.90	2.11	0.07	2.58	0.00	1.11
	Omisión	5.84	2.55	6.56	12.59	1.46	1.73	0.00	4.39

Nota: Datos obtenidos después de la clasificación, descritas en la tabla 10.

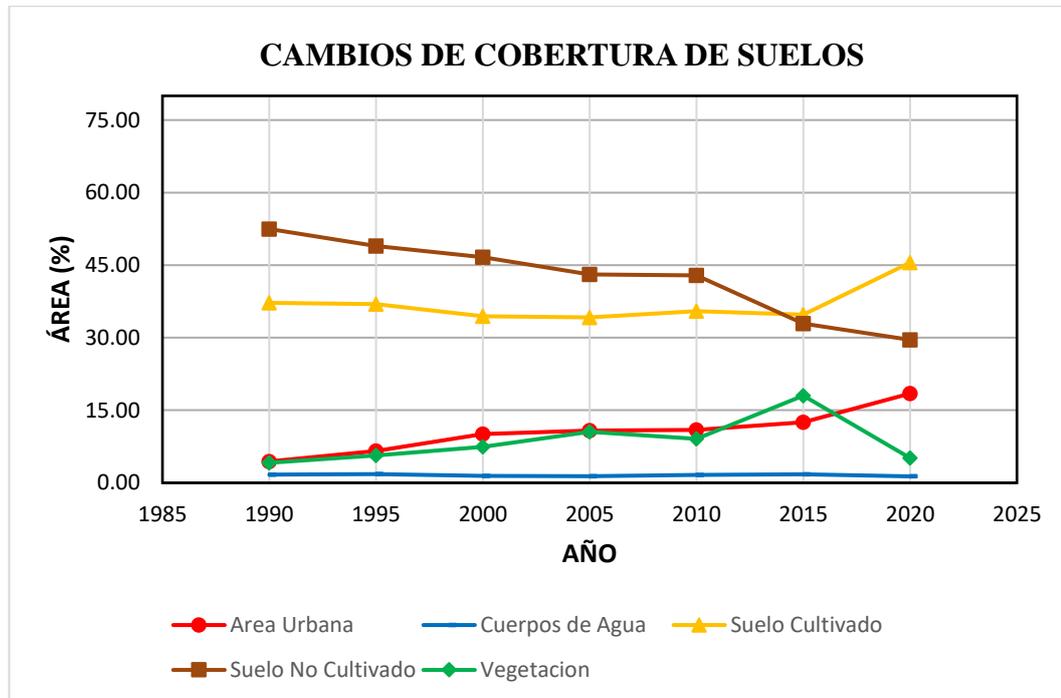
4.1.1.4. Relación de la expansión urbana y cambio de uso de suelos

En la figura 25, se aprecia la relación de la expansión urbana sobre el cambio de cobertura del uso de suelos entre el periodo 1990 - 2020; se identificó que a medida que incrementa la cobertura urbana; existe una disminución significativa elevada de la extensión del Suelo no Cultivado, dicho suceso se muestra en cada periodo de estudio, lo que significa que existe una relación inversamente proporcional; mientras que los Suelos Cultivados muestran como resultado una alteración muy baja con respecto a su área, lo cual podemos deducir que tiene una relación significativa baja; la Vegetación muestra como resultado que entre los años 1990 al 2015 existe un incremento y una disminución entre los años 2015 al 2020, la cual podemos deducir que no tiene alteración secuencial, por lo tanto no tiene relación significativo; por ultimo tenemos a los Cuerpos de Agua donde muestra una alteración relativamente baja en sus áreas, obteniendo un

incremento y disminución no secuencial, lo que implica que no tiene una relación significativa.

Figura 26

Cambios de cobertura de suelos



Nota: Relación de la expansión urbana con respecto al cambio de uso de suelos, entre los periodos de 1990 al 2020.

4.1.2. Resultados para el Segundo Objetivo Especifico

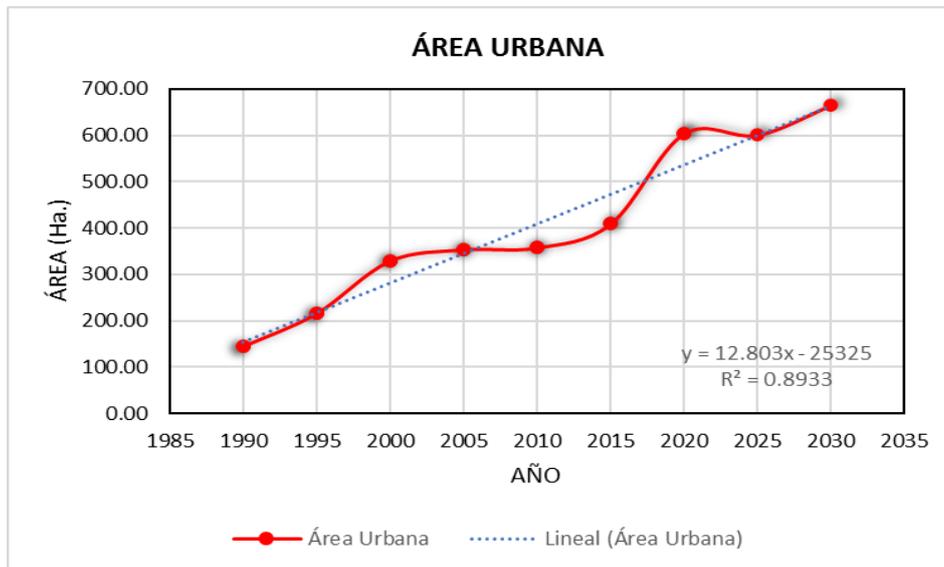
4.1.2.1. Uso de Suelos al año 2030

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó la proyección mediante regresión lineal; obteniendo los siguientes resultados:

En la figura 26, se aprecia la superficie con cobertura urbana al año 2030; indicando que existe una tendencia de crecimiento de las superficies con cobertura urbana; presentándose para el año 2030 una superficie de 665.17 hectáreas.

Figura 27

Índice de crecimiento Urbano al año 2030

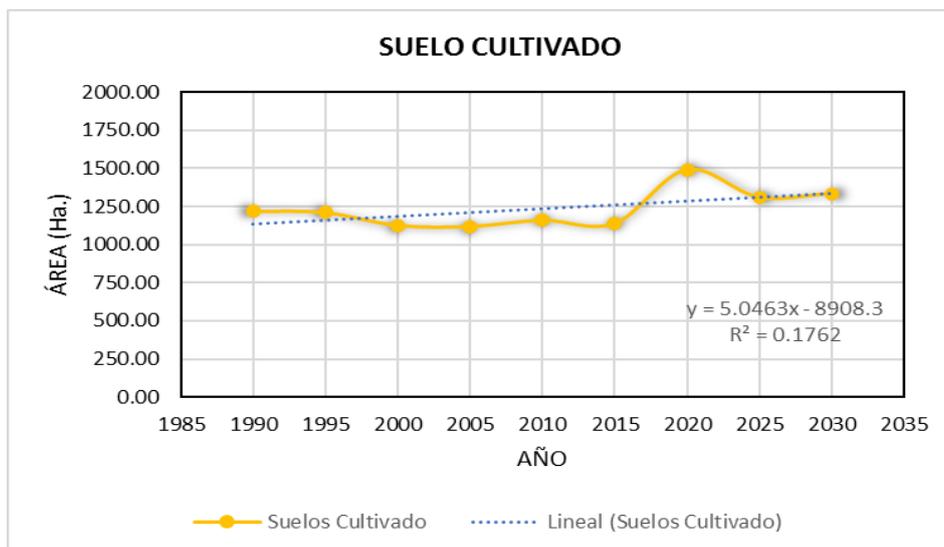


Nota: Prospectiva Urbana para el año 2030, con una bondad de ajuste (89.3 %).

En la figura 27, se aprecia la superficie con cobertura de Suelos Cultivados al año 2030; indicando que existe una tendencia de crecimiento de las superficies de Suelos Cultivados; presentándose para el año 2030 una superficie de 1335.60 hectáreas.

Figura 28

Índice de linealidad de Suelo Cultivado al año 2030

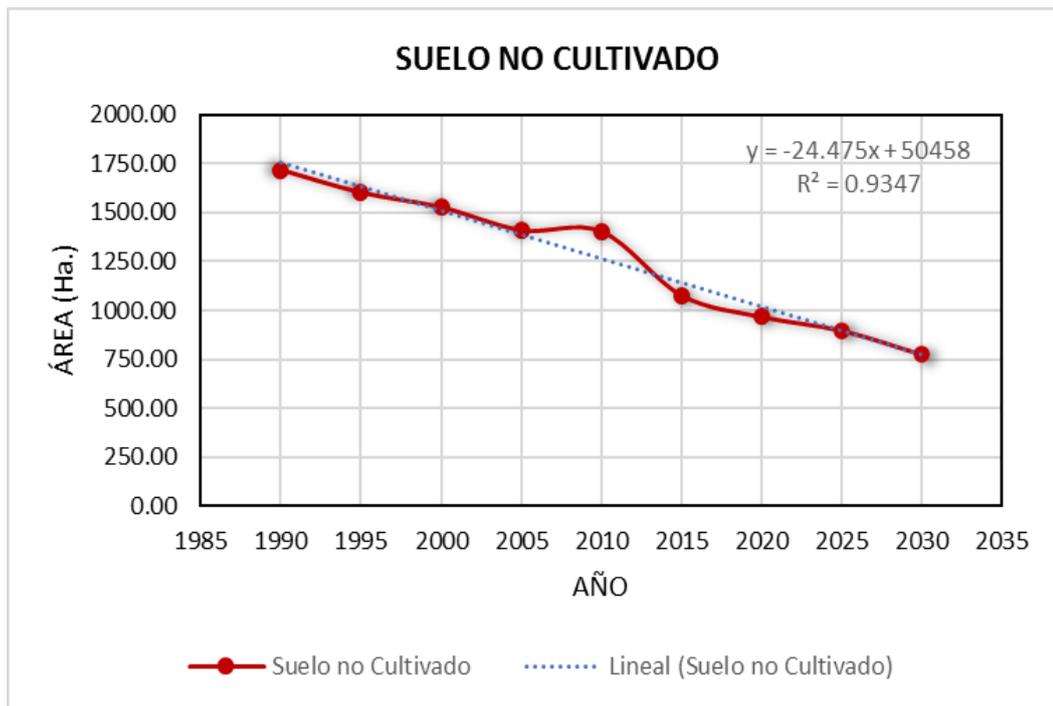


Nota: Prospectiva de suelo cultivado, con una bondad de ajuste (17.6 %).

En la figura 28, se aprecia la superficie de Suelos no Cultivados al año 2030; indicando que existe una tendencia en decrecimiento de las superficies de suelos no cultivados, presentándose para el año 2030 una superficie de 774.83 hectáreas.

Figura 29

Índice de linealidad de Suelo no Cultivado al año 2030

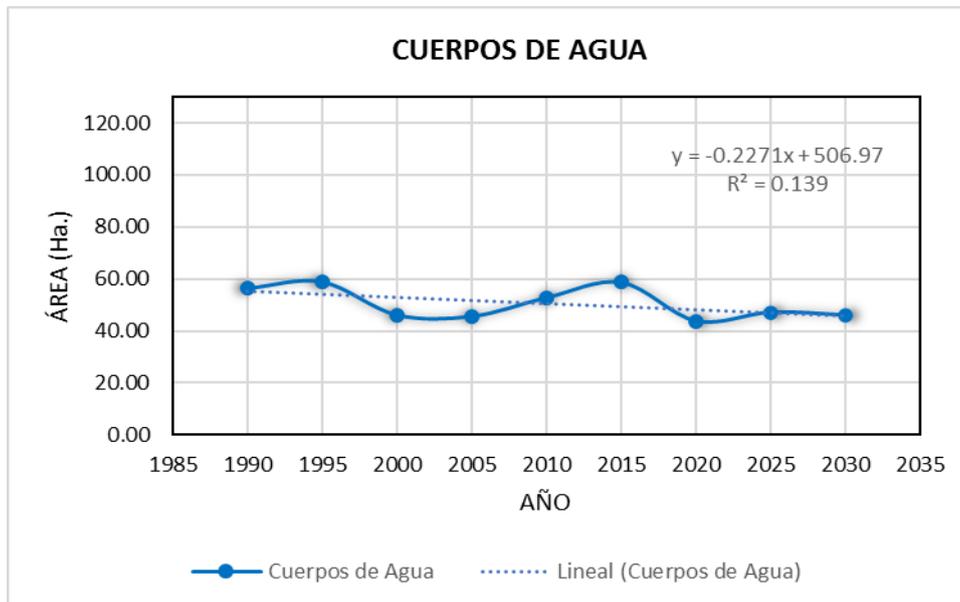


Nota: Prospectiva de Suelo no cultivado para el año 2030, con una bondad de ajuste (93.5 %).

En la figura 29, se aprecia la superficie con Cuerpos de Agua al año 2030; indicando que existe una tendencia en decrecimiento de las superficies con Cuerpos de Agua; presentándose para el año 2030 una superficie de 45.98 hectáreas.

Figura 30

Índice de linealidad de Cuerpos de Agua al año 2030

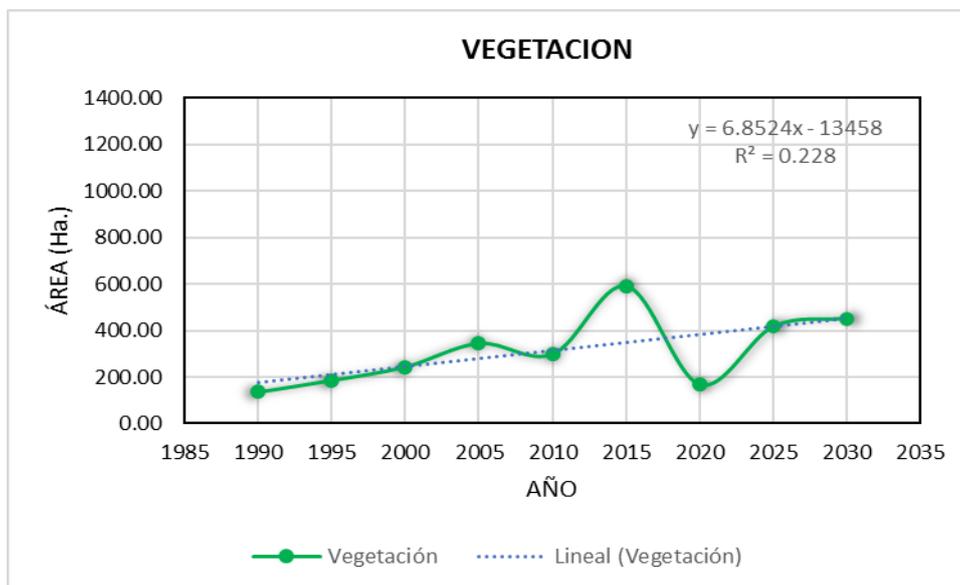


Nota: Prospectiva de cuerpos de agua, con una bondad de ajuste (13.9 %).

En la figura 30, se aprecia la superficie con cobertura de Vegetación al año 2030; indicando que existe una tendencia de crecimiento de la Vegetación; presentándose para el año 2030 una superficie de 452.17 hectáreas.

Figura 31

Índice de linealidad de Vegetación al año 2030



Fuente: Prospectiva de la vegetación, con una bondad de ajuste (22.8 %).

4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS

En el desarrollo demostraremos el objetivo planteado que es analizar el crecimiento urbano respecto al cambio de la cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave mediante imágenes satelitales LANDSAT en el periodo 1990 a 2020. Para eso empezaremos comprobando la prueba de normalidad.

4.2.1. Prueba de Normalidad

a) Planteamiento de Hipótesis

- H_0 = Los Datos tienen una distribución Normal
- H_1 = Los Datos no Tienen una distribución Normal

b) Nivel de Significancia

- Confianza: 95%
- Significancia: 5% ($\alpha = 0.05$)

c) Prueba Estadística por Emplear

- Emplearemos la prueba de Shapiro-Wilk.

Tabla 15

Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

	Pruebas de Normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
Área Urbana	0.947	7	0.699
Cuerpos de Agua	0.863	7	0.160
Suelo Cultivado	0.715	7	0.005
Suelo no Cultivado	0.925	7	0.513
Vegetación	0.862	7	0.157

Nota: Prueba de normalidad para cada uso de suelo, generados en el programa SPSS.

d) Criterio de decisión

En la tabla 15, Se aprecia el análisis de Shapiro – Wilk para determinar la normalidad de los datos; indicando que se ha obtenido como resultado el valor de significancia ‘p’, nos muestra que en cuatro de las cinco clasificaciones ‘p’ > 0.05, donde Área Urbana (p = 0.699) > 0.05, Cuerpos de Agua (p = 0.160) > 0.05, Suelo no Cultivado (p = 0.513) > 0.05, Vegetación (p = 0.157) > 0.05. Entonces aceptamos la Hipótesis Nula H₀ y rechazamos la Hipótesis Alternativa H₁, es decir que los datos tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística paramétrica (Pearson). también podemos observar el resultado de Suelo Cultivado en donde el valor de significancia (p = 0.005) es menor que la significancia propuesta (p = 0.05), lo que indica que rechazaremos la Hipótesis Nula H₀ y aceptaremos la hipótesis alternativa H₁, es decir que los valores no representan una distribución normal, por lo tanto, usaremos la estadística no paramétrica (Spearman).

4.2.2. Prueba Estadística para el Primer Objetivo Especifico

En donde se analiza la relación entre el proceso de expansión urbana y las coberturas de usos de suelos, durante los años 1990 al 2020. Para eso utilizaremos los métodos de correlación de Pearson y de Spearman.

CORRELACIÓN DE PEARSON

Este indicador es utilizado para medir la relación existente entre dos variables cuantitativas en estudio. Utilizaremos la distribución de t (T-Student), a continuación, los pasos a seguir para este tipo de pruebas de hipótesis:

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i) - (\sum_{i=1}^n X_i) \cdot (\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} * \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \quad \text{y} \quad T_c = r \cdot \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$



Donde:

n = Tamaño de muestra

r = Coeficiente de Correlación

Y = Variable dependiente (Área Urbana)

X = Variable independiente (Años transcurridos entre 1990 a 2020)

T_c = T calculada

Tabla 16

Rango de Valores de nivel de correlación de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.4 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.2 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderado
0.7 a 0.89	Correlación positiva alta
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Nota: Valores de correlación de Hernández Sampieri et al. (2014).

AÑO Y ÁREA URBANA

a) Prueba de Hipótesis

Las Hipótesis son planteados de la siguiente manera:

H_0 : $r = 0$; Diremos que NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Año)
y (Área Urbana).

H_1 : $r \neq 0$; Diremos que SI EXSTE CORRELACIÓN entre las variables (Año) y
(Área Urbana).

b) Nivel de Significancia

- Significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)
- Confianza: 95%

c) Regla de decisión

Si $T_c > T_t$, entonces se rechaza la hipótesis Nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 .

d) Prueba Estadística

Según nuestra investigación se usará la distribución la tabla (t – Student) descrito en el Anexo 8 con (n - 2) grados de libertad; $T_{t=(12g.l.,\alpha=0.05)} = 1.7823$

Prueba de correlación: Paramétrica (Pearson)

Tabla 17

Calculo para la correlación de Pearson para Área Urbana

N°	Año	Área Urbana (Ha)	X ²	Y ²	X*Y
1	1990	144.90	3960100	20996.01	288351.00
2	1995	216.00	3980025	46656.00	430920.00
3	2000	329.47	4000000	108547.26	658930.24
4	2005	354.08	4020025	125374.42	709935.41
5	2010	358.02	4040100	128178.32	719620.20
6	2015	409.03	4060225	167303.50	824190.41
7	2020	604.17	4080400	365021.39	1220423.40
Total	14035	2415.67	28140875	962076.90	4852370.66
Promedio	2005	603.92			

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la correlación.

$$r = \frac{7 \cdot (4852370.6625) - (14035) \cdot (2415.6651)}{\sqrt{7 \cdot (28140875) - (14035)^2} \cdot \sqrt{7 \cdot (962076.8963) - (2415.6651)^2}}$$

$$r = 0.94516$$

$$T_c = 6.4709378$$

Correlación de Pearson entre el crecimiento de Área Urbana y el periodo de 1990 a 2020.

Tabla 18

Correlación de Pearson para la Área Urbana

Correlaciones			
	Descripción	Año	Área Urbana
Año	Correlación de Pearson	1	0.945
	Sig. (bilateral)		0.001
	N	7	7
Área Urbana	Correlación de Pearson	0.945	1
	Sig. (bilateral)	0.001	
	N	7	7

Nota: valores obtenidos en el programa SPSS.

e) Decisión

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos indicar que existe una Correlación positiva muy alta entre la variable (Año) y la variable (Área Urbana), obteniendo un valor de $r = 0.945$, es decir, a medida que pasan los años incrementa la expansión Urbana con el transcurrir del tiempo. También obtenemos que ($T_c = 6.47093782$) es mayor que ($T_t = 1.7823$), entonces se rechaza la Hipótesis nula H_0 y se acepta la Hipótesis alterna H_1 , lo que significa que, si existe grado de correlación entre la variable (Año) y la variable (Área Urbana). Se demuestra para un valor de significancia ($\alpha = 0.05$) y para un 95 % de nivel de confianza.

ÁREA URBANA Y SUELO NO CULTIVADO

a) Prueba de Hipótesis

Las Hipótesis son planteados de la siguiente manera:

$H_0: r = 0$, Diremos que NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Suelo no Cultivado).

$H_1: r \neq 0$, Diremos que SI EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Suelo no Cultivado).

b) Nivel de Significancia

- Significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)
- Confianza: 95%

c) Regla de decisión

Si $T_c > T_t$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

d) Prueba Estadística

Según nuestra investigación se usará la distribución la tabla (t – Student) descrito en el Anexo 8 con (n - 2) grados de libertad; $T_{t=(12g.l.,\alpha=0.05)} = 1.7823$

Prueba de correlación: paramétrica (Pearson)

Tabla 19

Calculo para la Correlación entre área urbana y suelo no cultivado

Nº	Año	Área Urbana (Ha)	Suelo no Cultivado (Ha)	X ²	Y ²	X*Y
1	1990	144.90	1717.97	20996	2951420.92	248933.85
2	1995	216.00	1602.76	46656	2568839.62	346196.16
3	2000	329.47	1527.59	108547	2333538.85	503288.44
4	2005	354.08	1410.37	125374	1989136.49	499386.45
5	2010	358.02	1403.50	128178	1969826.29	502482.86
6	2015	409.03	1076.85	167303	1159605.92	440461.26
7	2020	604.17	967.79	365021	936622.32	584711.19
Total	14035	2415.67	9706.837	962077	13908990.40	3125460.23
Promedio	2005	345.10	2426.709			

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la correlación.

$$r = -0.934507$$

$$T_c = -5.870640$$

Tabla 20

Correlación de Pearson entre área Urbano y suelo no cultivado

Correlaciones		
Descripción		Suelo no Cultivado
Área Urbana	Correlación de Pearson	-0.935
	Sig. (bilateral)	0.002
	N	7

Nota: Valores obtenidos en el programa SPSS.

e) Decisión

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos decir que existe una Correlación negativa muy alta entre la variable (Área Urbana) y la variable (Suelo no Cultivado), obteniendo un valor de $r = -0.935$, es decir, a medida que incrementa el área Urbano por otro lado disminuyen los Suelos no Cultivados, siendo la expansión urbana un factor de alta variación para los suelos no cultivados. también obtenemos que ($|T_c| = 5.870640$) es mayor que ($T_t = 1.7823$), entonces se rechaza la Hipótesis nula H_0 y se acepta la Hipótesis alterna H_1 , lo que significa que, si existe grado de correlación entre la variable Área Urbana con la variable (Suelo no Cultivado), en marco de la investigación (Análisis Multitemporal). Se demuestra para un valor de significancia ($\alpha = 0.05$) y para un 95 % de nivel de confianza.

ÁREA URBNA Y VEGETACIÓN

a) Prueba de Hipótesis

Las Hipótesis son planteados de la siguiente manera:

$H_0: r = 0$, Diremos que NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Vegetación).

$H_1: r \neq 0$, Diremos que SI EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Vegetación).

b) Nivel de Significancia

- Significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)
- Confianza: 95%

c) Regla de decisión

Si $T_c > T_t$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

d) Prueba Estadística

Según nuestra investigación se usará la distribución la tabla (t – Student) descrito en el Anexo 8 con (n - 2) grados de libertad; $T_{t=(12g.l.,\alpha=0.05)} = 1.7823$

Prueba de correlación: paramétrica (Pearson)

Tabla 21

Calculo para la correlación entre área urbana y vegetación

N°	Año(X)	Área Urbana (Ha)	Vegetación (Ha)	X ²	Y ²	X*Y
1	1990	144.90	135.63	20996	18395.50	19652.79
2	1995	216.00	185.86	46656	34543.94	40145.76
3	2000	329.47	243.99	108547	59531.12	80386.19
4	2005	354.08	344.32	125374	118554.54	121916.80
5	2010	358.02	298.40	128178	89039.58	106831.38
6	2015	409.03	589.99	167303	348094.10	241324.18
7	2020	604.17	167.85	365021	28173.62	101409.93
Total	14035	2415.67	1966.037	962077	696332.40	711667.03
Promedio	2005	345.10	491.509			

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la correlación.

$$r = 0.24397538$$

$$T_c = 0.56254484$$

Tabla 22

Correlación de Pearson entre Crecimiento Urbano y Vegetación

Descripción	Correlaciones	
	Correlación de Pearson	Vegetación
Área Urbana	Correlación de Pearson	0.244
	Sig. (bilateral)	0.598
	N	7

Nota: Valores obtenidos en el programa SPSS.

e) Decisión

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos decir que existe una Correlación positiva baja entre la variable (Área Urbana) y la variable (Vegetación), obteniendo un valor de $r = 0.244$, es decir, a medida que incrementa la expansión urbana por otro lado el incremento es relativamente baja en la Vegetación, siendo la expansión urbana un factor de baja variación para la vegetación. También obtenemos que ($|T_c| = 0.56254484$) es menor que ($T_t = 1.7823$), entonces se acepta la Hipótesis nula H_0 y se rechaza la Hipótesis alterna H_1 , lo que significa que, no existe grado de correlación de la variable (Área Urbana) y la variable (Vegetación), en marco de la investigación (Análisis Multitemporal). Se demuestra para un valor de significancia ($\alpha = 0.05$) y para un 95 % de nivel de confianza.

ÁREA URBANA Y CUERPOS DE AGUA

a) Prueba de Hipótesis

Las Hipótesis son planteados de la siguiente manera:



$H_0: r = 0$, Diremos que NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Cuerpos de Agua).

$H_1: r \neq 0$, Diremos que SI EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Cuerpos de Agua).

b) Nivel de Significancia

- Significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)
- Confianza: 95%

c) Regla de decisión

Si $T_c > T_t$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

d) Prueba Estadística

Según nuestra investigación se usará la distribución la tabla (t – Student) descrito en el Anexo 8 con (n - 2) grados de libertad; $T_{t=(12g.l.,\alpha=0.05)} = 1.7823$

Prueba de correlación: paramétrica (Pearson)

Tabla 23

Calculo para la correlación entre área urbana y cuerpos de agua

Nº	Año	Área Urbana (Ha)	Cuerpos de Agua (Ha)	X ²	Y ²	X*Y
1	1990	144.90	56.34	20996	3174.20	8163.67
2	1995	216.00	58.86	46656	3464.50	12713.76
3	2000	329.47	45.99	108547	2115.03	15151.94
4	2005	354.08	45.41	125374	2061.61	16077.12
5	2010	358.02	52.74	128178	2781.51	18881.97
6	2015	409.03	58.66	167303	3440.70	23992.53
7	2020	604.17	43.63	365021	1903.36	26358.43
Total	14035	2415.67	361.62	962077	18940.91	121339.41
Promedio	2005	345.10	90.40			

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la correlación.

$$r = -0.598015$$

$$T_c = -1.668406$$

Tabla 24

Correlación de Pearson entre área urbano y cuerpos de agua

Descripción	Correlaciones	
	Correlación de Pearson	Cuerpos de Agua
Área Urbana	Correlación de Pearson	-0.598
	Sig. (bilateral)	0.156
	N	7

Nota: Valores obtenidos en el programa SPSS.

e) Decisión

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos decir que existe una Correlación negativa moderada entre la variable (Área Urbana) y la variable (Cuerpos de Agua), obteniendo un valor de $r = -0.598$, es decir, a medida que incrementa el área Urbano se reduce de manera moderada o mínima los Cuerpos de Agua, siendo la expansión urbana un factor de mínima variación para los cuerpos de agua. También obtenemos que ($|T_c| = 1.668406$) es menor que ($T_t = 1.7823$), entonces se acepta la Hipótesis nula H_0 y se rechaza la Hipótesis alterna H_1 , lo que significa que, no existe grado de correlación entre la variable Área Urbana y la variable (Cuerpos de Agua), en marco de la investigación (Análisis Multitemporal). Se demuestra para un valor de significancia ($\alpha = 0.05$) y para un 95 % de nivel de confianza.

ÁREA URBANA Y SUELO CULTIVADO

Correlación de Spearman

Denominado coeficiente de correlación por rangos, cuando las variables aun teniendo valores cuantitativos, no presentan una distribución comparable en la curva normal; A continuación, determinaremos los valores:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

$$T_c = \frac{\rho}{\sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}}$$

Donde:

ρ = Coeficiente de correlación de Spearman.

n = Numero de variables.

D^2 = Representa la diferencia entre los rangos pareados de cada par de variantes x_i, y_j .

Tabla 25

Rango de valores de nivel de correlación de Spearman

Valor	Significado
-1	Correlación negativa perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy fuerte
-0.75 a -0.89	Correlación negativa considerable
-0.5 a -0.74	Correlación negativa media
-0.25 a -0.49	Correlación negativa débil
-0.1 a -0.24	Correlación negativa muy débil
0	No existe correlación alguna
0.1 a 0.24	Correlación positiva muy débil
0.25 a 0.49	Correlación positiva débil
0.5 a 0.74	Correlación positiva media
0.75 a 0.89	Correlación positiva considerable
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy fuerte
1	Correlación positiva perfecta

Nota: Valores de correlación de Spearman de Hernández et al. (2014).

a) Prueba de hipótesis

Las Hipótesis son planteados de la siguiente manera:

$H_0: \rho = 0$, Diremos que NO EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Suelo Cultivado).

$H_1: \rho \neq 0$, Diremos que SI EXISTE CORRELACIÓN entre las variables (Área Urbana) y (Suelo Cultivado).

b) Nivel de Significancia

- Significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)
- Confianza: 95%

c) Regla de decisión

Si $T_c > T_t$, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

d) Prueba Estadística

Según nuestra investigación se usará la distribución la tabla (t – Student) descrito en el Anexo 8 con (n - 2) grados de libertad; $T_{t=(12g.l.,\alpha=0.05)} = 1.7823$

Prueba de correlación: No paramétrica (Spearman)

Tabla 26

Cálculos para la correlación entre área urbana y suelo cultivado

Nº	Año	Área Urbana (Ha)	Suelo Cultivado (Ha)	R _{xi}	R _{yj}	D=(R _{xi} -R _{yj})	D ²
1	1990	144.90	1218.91	1	6	-5	25
2	1995	216.00	1210.27	2	5	-3	9
3	2000	329.47	1126.71	3	2	1	1
4	2005	354.08	1119.58	4	1	3	9
5	2010	358.02	1161.09	5	4	1	1
6	2015	409.03	1139.22	6	3	3	9
7	2020	604.17	1490.31	7	7	0	0
Suma							54

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la correlación.

$$\rho = 0.035714$$

$$T_c = 0.079911$$

Tabla 27*Correlación de Spearman entre área urbano y suelo cultivado*

Correlaciones		
Descripción		Suelo Cultivado
Área Urbana	Coefficiente de correlación Spearman	0.036
	Sig. (bilateral)	0.939
	N	7

Nota: Valores obtenidos en el programa SPSS.

e) Decisión

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos decir que no existe Correlación alguna entre la variable (Área Urbana) y la variable (Suelos Cultivados), obteniendo un valor de $\rho = 0.036$, es decir, que la expansión Urbana no tiene ningún tipo de incidencia variable sobre los Suelos Cultivados. También obtenemos que ($T_c = 0.079910$) es menor que ($T_t = 2.178812$), entonces se acepta la Hipótesis nula H_0 y se rechaza la Hipótesis alterna H_1 , lo que significa que, no existe grado de correlación entre la variable Área Urbana con la variable Suelo Cultivado, en marco de la investigación (Análisis Multitemporal). Se demuestra para un valor de significancia ($\alpha = 0.05$) y para un 95 % de nivel de confianza.

4.2.3. Prueba Estadística para el Segundo Objetivo Especifico

REGRESIÓN LINEAL

La regresión lineal es una prueba estadística que se emplea para pronosticar valores de la variable dependiente, también se analiza la relación que existe entre dos variables. En nuestra investigación se define como variable independiente 'X' (Años) y la variable dependiente 'Y' (Área Urbana).



A continuación, el modelo matemático de la regresión muestral se define del siguiente modo:

$$Y_i = \alpha + \beta \cdot X_i + e_i$$

Donde:

α = Estimador muestral, intercepto

β = Estimador muestral, pendiente de la recta

Y_i = Variable dependiente (Área Urbana)

X_i = Variable Independiente (Año)

e_i = Error Muestral

El modelo estimado de la recta de regresión muestral se define de la siguiente manera:

$$\hat{Y}_i = \alpha + \beta \cdot X_i$$

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i$$

Estimadores del modelo de regresión son los siguientes:

$$\beta = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2}$$

$$\alpha = \bar{Y} - \beta \cdot \bar{X}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}$$

R^2 , indica la cantidad de mejoramiento en términos de reducción del error total, usando la recta de regresión o también demuestra la bondad del ajuste.

a) Estimando el modelo de regresión lineal

Para obtener el modelo se realiza los siguientes cálculos:

Tabla 28*Calculo para la regresión lineal*

Nº	AÑO (X)	Área Urbana (Y)	X ²	Ȳ	(ŷ _i - Ȳ) ²	(y _i - Ȳ) ²
1	1990	144.90	3960100	153.05	36881.28	40078.05
2	1995	216.00	3980025	217.07	16391.68	16665.52
3	2000	329.47	4000000	281.08	4097.92	244.29
4	2005	354.08	4020025	345.09	0.00	80.78
5	2010	358.02	4040100	409.11	4097.92	167.06
6	2015	409.03	4060225	473.13	16391.68	4087.36
7	2020	604.17	4080400	537.14	36881.28	67119.85
Total	14035	2415.67	28140875	2415.67	114741.75	128442.90
Promedio	2005	345.09			0.89332886	

Nota: Datos obtenidos de la clasificación de suelos y generados para la regresión lineal.

Calculamos el estimador β :

$$\beta = \frac{7 \cdot (4852370.66) - (14035) \cdot (2415.67)}{7 \cdot (28140875) - (14035)^2} = 12.80299915$$

Calculamos el estimador α :

$$\alpha = 345.09 - (12.80299915) \cdot (2005) = -25324.91828$$

Entonces la ecuación de regresión lineal es:

$$\hat{Y}_i = -25324.91828 + (12.80299915) \cdot X_i$$

Coefficiente de determinación:

$$R^2 = \frac{114741.75}{128442.90} = 0.89332886$$

Este modelo nos servirá para hacer las predicciones, en una futura observación de la variable (área Urbana) según el tiempo transcurrido, en este caso será para el año 2030.

b) Justificando la hipótesis

Existirá un aumento prospectivo del crecimiento urbano para el año 2030 de la ciudad de Ilave.

$$\hat{Y}_{2030} = - 25324.91828 + 12.80299915 \cdot (2030)$$

$$\hat{Y}_{2030} = 665.17 \text{ Ha.}$$

c) Interpretación

Según el resultado obtenido en la investigación y la prueba de Hipótesis planteado, podemos deducir que el valor de coeficiente de determinación es pronosticable, en tal sentido se demuestra una de las condiciones de predicción que es $(R^2 = 89.33\%) > 80\%$, cumpliendo la estimación futura de manera positiva. De esta manera se estima que la extensión del Área Urbano para cuando llegue el año 2030, se obtendrá un área de 665.17 hectáreas.

4.3. DISCUSIONES

La presente investigación busca determinar el análisis del crecimiento urbano con respecto al cambio de la cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave mediante imágenes satelitales LANDSAT durante el periodo de los años 1990 a 2020.

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), indica que los métodos empleados para el análisis multitemporal del crecimiento urbano entre los años 1980 al 2017, han presentado cambios en un 1149.3881 hectáreas que representa un 15.58 %, con un crecimiento promedio anual de 31.0645 hectáreas. Siendo el resultado una correlación



positiva muy alta y una relación muy significativa entre las variables de estudio, empleando la correlación de Pearson. En cuanto a nuestra investigación decimos que el análisis de espacio y tiempo del crecimiento urbano entre los periodos de 1990 al 2020, presenta un incremento de 459.27 hectáreas que representa un 14.03 % del área total de estudio y se determinó un crecimiento anual de 15.31 hectáreas, logrando obtenerse un valor de 0.945 de correlación de Pearson entre la variable de años transcurridos y la variable área urbana; de esta manera podemos decir que existe un crecimiento proporcional en tiempo y espacio en cada una de las coberturas urbanas continuas investigados, por lo tanto queda demostrado que la metodología aplicada mediante imágenes satelitales es analizable en un marco espacio temporal. En cuanto a la determinación del nivel de exactitud clasificada en los mapas temáticos para cada categoría difiere a sus resultados obtenidos, en donde los investigadores por su lado obtienen valores de precisión global de 89.81% a 99.02%; mientras en nuestra investigación se obtuvo valores de precisión global entre 94.04% a 99.29%, por lo que los resultados deberían ser mayores o más cercano posible al nivel de confianza de estudio, que es el 95% en ambas investigaciones, de modo que el nuestro está relativamente cercano al propuesto. Por esta razón implica buscar imágenes satelitales Landsat en otras fechas que puedan diferenciarse en los espectros detectados y dependiendo de la ubicación urbe se sugiere buscar imágenes con espectros diferenciables para su mejor clasificación y así poder obtener un nivel de exactitud muy cercana a lo propuesto.

Rosales (2017), presenta características similares el cual encontró que la cubierta vegetal de la cuenca del río Tahuando sufrirá alteraciones tanto positivas como negativas durante los próximos 14 años, según la previsión de este estudio sobre cómo será de 2017 a 2031. También menciona que la razón de la degradación de la cubierta



vegetal y agrícola se debe a que habrá un aumento de 0,35 hectáreas por año en las zonas destinadas a la ganadería y de 32 hectáreas por año en las zonas urbanas. Esto se refleja en nuestra investigación, obteniendo una pérdida promedio de 19.29 hectáreas por año respecto a los Suelos no Cultivados, y un incremento promedio de 6.10 hectáreas por año de área Urbana, áreas deducibles de mayor precisión; deduciendo que a medida que se incrementa la extensión urbana tiende a tener efecto en otras áreas, así como se evidencia en las dos investigaciones comparadas.

Carvajal (2022), indica que la expansión urbana de la ciudad de Ambato durante un período de 17 años; siendo el área de construcción de la ciudad de 2318.93 hectareas en 2004 a 7149.24 hectareas en 2021 en expansión, causando una conversión de las áreas rurales alrededor de la ciudad. De tal forma también observamos en nuestra investigación un incremento de 459.27 ha de extensión urbana en un período de 30 años. Por lo tanto, coincidimos que la teledetección y los SIG son eficaces para identificar la dinámica de los cambios de la cubierta terrestre en un territorio; todo ello debido principalmente a factores antropogénicos.

Huaman (2022), evaluó el incremento de Área Urbano del distrito de Lurigancho al año 2030; encontrando que en un escenario futuro el área en estudio tendrá un pronóstico positivo de crecimiento urbano; y mediante ello existirá una tendencia de cambio de la cobertura del suelo. Comparado con la investigación que nosotros desarrollamos, se asemeja en la tendencia de crecimiento de área urbana y un cambio en la cobertura de suelos, por lo cual en nuestra investigación se detalla el uso de suelos, con una incidencia mayor en los suelos no cultivados y relativamente muy baja en los suelos cultivados, vegetación y cuerpos de agua.



V. CONCLUSIONES

Según el resultado obtenido y objetivo general planteado, se concluye que el incremento de la extensión urbana no produjo una alteración sobre los suelos cultivados, mientras que en la vegetación y cuerpos de agua si produjo una alteración gradual mínima; con un incremento de 9.05 hectáreas anualmente en áreas de suelo cultivado, así como 1.07 hectáreas de incremento anual en áreas de vegetación y una disminución anual de 0.42 hectáreas de cuerpos de agua, en cambio los suelos no cultivados tuvieron una alteración alta con una disminución anual de 25.01 hectáreas convirtiéndolas en áreas urbanas; determinando de esa manera identificamos que la mayor alteración surge en zonas que no contienen cultivos. Comparado con el plan directoral urbano y la clasificación de la cobertura urbana del año 2020 existe una variación de 3.71 hectáreas. Entonces concluimos que la clasificación empleada para el análisis multitemporal del crecimiento urbano respecto al cambio de cobertura de uso de suelo en la ciudad de Ilave, ha presentado cambios durante el periodo de 1990 a 2020.

Según los resultados y de acuerdo con el primer objetivo específico, se concluye que se ha encontrado una dependencia de las coberturas de uso de suelos respecto a la extensión urbana entre los periodos de 1990 a 2020; en donde se demostró la eficacia relacional con la correlación de Pearson, entre la variable área urbana y las demás coberturas de suelo para un grado de confianza del 95%; obteniendo así una correlación negativa muy alta entre los suelos no cultivados y área urbana, obteniendo un valor de $r = -0.93$, es decir, a medida que incrementa la cobertura urbana por otro lado disminuye las áreas de suelo no cultivado, siendo así la expansión urbana un factor de alta variación para los suelos no cultivados; respecto a la cobertura vegetal y área urbana se identificó una correlación positiva baja obteniendo un valor de $r = 0.244$, es decir, a medida que incrementa la extensión urbana también incrementan de forma mínima la



cobertura vegetal; en cambio en los cuerpos de agua y área urbana se identificó una correlación negativa moderada obteniendo un valor de $r = -0.598$, es decir, a medida que incrementa la extensión urbana por otro lado disminuyen de forma moderada los cuerpos de agua; por último se identificó la correlación entre área urbana y suelo cultivado en donde se demostró por la correlación de Spearman para un grado de confianza de 95%, obteniendo una correlación casi nula con un valor de $\rho = 0.04$, es decir, que no existe una incidencia variable sobre los suelos cultivados. Donde la clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor, se determinó la influencia de la extensión urbana en los usos de suelo, no se produjo alteración de tierras aptas para cultivo en limpio y Tierras aptas para cultivo permanente, en cambio en la alteración de tierras aptas para pastos se produjo una alteración de forma elevada y en las tierras aptas para producción forestal se produjo una alteración de forma mínima. Finalmente concluimos con los valores obtenidos que serán de vital importancia para toma de decisiones de planificación urbana, donde el crecimiento urbano incremento en un 459.27 hectáreas que representa un 14.02%, los suelos no cultivados disminuyeron en 750.18 hectáreas que representa un 22.91%, mientras los suelos cultivados incrementaron en un 271.40 hectáreas que representa el 9.05%, las coberturas vegetales incrementaron en un 32.22 hectáreas que representa el 1.07% y finalmente los cuerpos de agua disminuyeron en un 12.71 hectáreas que representa el 0.42%.

Según los resultados y de acuerdo con el objetivo específico número dos, se concluye que la tendencia de crecimiento urbano al año 2030 presentará un cambio significativo sobre la cobertura de uso de suelos; presentando una extensión de 665.17 hectáreas que representa un 20.32% del área de estudio, lo que significa un incremento de 61 hectáreas de extensión urbana en un periodo de diez años, equivalentes a un 6.10



hectáreas en un año, esto a partir del año 2020. Lo que implica que seguirá la tendencia de crecimiento urbano en los años consiguientes.



VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda contar con imágenes satelitales corregidas tanto atmosféricamente como radiométricamente, en vista de que algunas imágenes presentan problemas en resolución provocando una difícil distinción.
- Se recomienda efectuar un análisis multitemporal utilizando datos de otros satélites para poder comparar las variaciones de los resultados y minimizar los sesgos que puede provocar la variabilidad de los sensores o de cualquier técnica de análisis.
- Se recomienda emplear el procedimiento de la clasificación supervisada para la identificación de la cobertura de uso de suelo, para contrastar la información obtenida en el software con la realidad y obtener resultados más certeros.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C., Cabrera, S., Fenández, G. & Icasuriaga, M. (2017). *Firmas espectrales y características de coberturas fundamentales*. Universidad de la Republica de Uruguay.
- Acosta Ovalle, A. P. (2017). *Elaboración de una clasificación no supervisada y supervisada para generar las coberturas vegetales de una imagen satelital Landsat 7 - ETM usando los programas R y PCI GEOMATICS con el fin de comparar los resultados obtenidos*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Allcca Benites, J. F. (2021). *Análisis multitemporal de la expansión urbana, del distrito de Ayacucho, mediante imágenes satelitales, en el periodo 1990-2020*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/73287>
- Botana, M. I. & Fernández, S. E. (2019). *Teledetección como experiencia de aprendizaje: Una mirada desde Geografía Física I, Geografía de los Espacios Marítimos y Cartografía*. Memoria Académica. Obtenido de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13501/ev.13501.pdf Información adicional en www.memoria.fahce.unlp.edu.ar
- Briones Becerra, P. S. (2018). *Análisis de cambio de Cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Namora periodos 2000 - 2016*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Caballero Vázquez, J. & Espinal Monsefú, M. de F. (2021). *Determinación de la Variación de cobertura vegetal mediante Imágenes Satelitales en el Caserío Shiracmaca Huamachuco por la expansión minera 2000-2021*. Universidad César Vallejo.
- Carrillo Huarahuara, A. E. & Choquehuanca Zapana, V. E. (2019). *Análisis Multitemporal del crecimiento Urbano de la ciudad de Puno mediante imágenes satelitales, entre los años 1980 - 2017*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Carvajal Aldás, L. H. (2022). *Análisis Multitemporal de la expansión Urbana y cambios en el uso del suelo entre los años 2004 - 2021 de la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato.



- Chariarse Muñiz, A. D. & Chariarse Muñiz, P. F. (2021). *Análisis multitemporal del uso de suelo y cobertura vegetal mediante el uso de herramientas SIG aplicados a la cuenca de Chuyapi-Santa Ana-La Convención-Cusco*. Universidad Andina del Cusco.
- Chaua Melgar, E. (2019). *Análisis de la deforestación en el periodo 2006 - 2018 del distrito Daniel Alomía Robles - Huánuco*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Choque Chicani, J. L. & Laura Vilca, E. (2022). *Análisis Multiespectral a través de imágenes satelitales del crecimiento Urbano y su impacto en el cambio de uso del suelo Agrícola en la ciudad de Juli (2000-2019)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Córdoba Reyes, J. R. & Sánchez de Souza, L. O. (2020). *Análisis de la variación multitemporal de la cobertura vegetal entre los años 2010-2018, en la cuenca del río Neshuya, Ucayali, Perú*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Cozo Narvaez, C. M. (2022). *Análisis de cambio de uso de suelo por actividad minera mediante percepción remota en el distrito de Ananea, periodos 2015-2021* Universidad Privada San Carlos. Obtenido de www.gonitro.com
- De la Cruz Ancajima, F. del R. & Gamarra Bustamante, R. J. (2021). *Efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de vida silvestre Laquipampa entre 1990-2020*. Universidad César Vallejo.
- ESRI. (2017). *ARCGIS*. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>
- Flórez Yepes, G. Y., Rincon Santamaría, A., Santiago Cardona, P. & Alzate Alvarez, A. M. (2017a). *Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. DYNA (Colombia)*. Obtenido de <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>



- Gichenje, H., Muñoz Rojas, J. & Pinto Correia, T. (2019). Opportunities and limitations for achieving land degradation-neutrality through the current land-use policy framework in Kenya. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land8080115>
- Giraldo Malca, U. F. & Vasquez Ruesta, P. G. (2020). Evaluación y medición de la expansión territorial de la minería informal en la cuenca alta del Ramis, Puno, Perú, usando imágenes satelitales. *Espacio y Desarrollo*. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.001>
- González Jaramillo, V., Fries, A. & Bendix, J. (2019). AGB estimation in a tropical mountain forest (TMF) by means of RGB and multispectral images using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Remote Sensing*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/rs11121413>
- Guado Coque, N. E. (2021). *Análisis Multitemporal de la Expansión Urbana en la cabecera cantonal, del Cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua; entre los años 1990-2020*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. & Baptista Lucio, P. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: Vol. Quinta Edición*. México.
- Huaman Vela, G. D. (2022). *Escenarios de crecimiento urbano mediante análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de suelo del distrito de Lurigancho - Lima - Perú*. <https://hdl.handle.net/20.500.14005/12327>
- Imaña Encinas, J., Banks Machado, E. G., Oliveira Ramos, N. & Riesco Muñoz, G. (2019). Análisis de imágenes Landsat para la determinación de cambios de uso del suelo en un área de preservación ambiental (APA) en la zona de influencia de la ciudad de Brasilia (Brasil). *Revista Forestal Del Perú*, 34. <https://doi.org/10.21704/rfp.v34i2.1327>
- INEGI. (2017). *Aspectos Técnicos de la Imagen Landsat*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Jiménez Párraga, H. P. (2018). *Análisis de crecimiento urbano a partir de imágenes Landsat en el cantón Durán, provincia del Guayas, en el período 1990 - 2015*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.



- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *International Biometric Society*, 33(1), 159–174. <https://about.jstor.org/terms>
- León Fernández, L. T. & Garavito Rincón, L. N. (2020). *Procesamiento de imágenes satelitales*.
- Loza Del Carpio, A. & Taype Huamán, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Uniciencia*, 35(2). <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- MIDAGRI. (2022). *Decreto Supremo que aprueba el reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor*. www.gob.pe/midagri
- Morales Hernández, J. C., Carrillo González, F. M., Farfán Molina, L. M. & Cornejo López, V. M. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Caldasia*, 38. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v38n1.57831>
- Nasa, C. (2021). La NASA y el USGS publican las primeras imágenes del Landsat. *Ciencia de La NASA*.
- Navarrete Quelal, M. C. (2018). *Análisis multitemporal de cobertura vegetal, mediante el análisis de imágenes satelitales para diseñar estrategias de conservación en la microcuenca del río blanco, en la provincia del Carchi*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Pardo Carrasco, S. C. (2017). Uso de sistemas de información geográfica (SIG) en la valoración del potencial piscícola a nivel municipal. *Orinoquia*, 21(2), 13–21. <https://doi.org/10.22579/20112629.413>
- Rosales Enríquez, O. A. (2017). *Análisis Multitemporal del Uso del Suelo y Cobertura Vegetal de la Cuenca del Río Tahuando y Proyección de Cambios al Año 2031, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura*. Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7745>



- Ruiz Moreno, N. M. & Barón Pertuz, I. T. (2022). *Análisis multitemporal de la expansión urbana de los municipios de Fonseca y Barrancas del departamento de La Guajira, Colombia*. Universidad Antonio Nariño.
- Sevillano Rodríguez, M. E. & Bravo Peña, L. C. (2018). Análisis multitemporal de la expansión física en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. In *Núm. 3* (Vol. 3). <https://orcid.org/0000-0003-4640-9314>
- Singh, A. I. & Singh, K. (2021). Remote Sensing and GIS based Land Use Land Cover Analysis in Chandel District, Manipur, India. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 889(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/889/1/012046>
- Steurer, M. & Bayr, C. (2020). Measuring urban sprawl using land use data. *Land Use Policy*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104799>
- Subia Tito, Y. (2020). *Análisis multitemporal de cambio de cobertura vegetal y uso de suelos en el parque nacional Bahuaja Sonene y su zona de amortiguamiento*. Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/14781>
- Tibaquira Castro, H. G. (2016). *Análisis Multitemporal del crecimiento Urbano de la zona de expansión para el periodo de 1987-2015 en el municipio de Ibagué, Tolima*. Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15506/TibaquiraCastroHeidyGisedd2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torracchi C., S. (2018). Deforestación de Bosques Montanos y Patrones de pérdida de hábitats en la región sur del Ecuador. *Infobosques*, 1–54.
- Torre Pillpa, M. I. & Rivas Aquino, P. D. (2019). *Análisis temporal de la pérdida de cobertura vegetal mediante teledetección en el distrito de Satipo-Satipo-Junin, durante los años 2015 - 2018*. Universidad César Vallejo.
- USGS. (2001). *Uses Science for a Changing World*. 1–2. www.usgs.gov



ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 1990.

Overall Accuracy = (1308/1370) 95.4745%
Kappa Coefficient = 0.9123

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	SNC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	SC_TEST	CA_TEST	
SNC_TRAIN	275	7	0	54	0	336
VG_TRAIN	0	27	0	0	0	27
AU_TRAIN	0	0	91	0	0	91
SC_TRAIN	1	0	0	870	0	871
CA_TRAIN	0	0	0	0	45	45
Total	276	34	91	924	45	1370

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	SNC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	SC_TEST	CA_TEST	
SNC_TRAIN	99.64	20.59	0	5.84	0	24.53
VG_TRAIN	0	79.41	0	0	0	1.97
AU_TRAIN	0	0	100	0	0	6.64
SC_TRAIN	0.36	0	0	94.16	0	63.58
CA_TRAIN	0	0	0	0	100	3.28
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission		Omission	
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	18.15	0.36	61/336	1/276
VG_TRAIN	0	20.59	0/27	7/34
AU_TRAIN	0	0	0/91	0/91
SC_TRAIN	0.11	5.84	1/871	54/924
CA_TRAIN	0	0	0/45	0/45

Class	Prod. Acc.		User Acc.	
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	99.64	81.85	275/276	275/336
VG_TRAIN	79.41	100	27/34	27/27
AU_TRAIN	100	100	91/91	91/91
SC_TRAIN	94.16	99.89	870/924	870/871
CA_TRAIN	100	100	45/45	45/45



Anexo 2. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 1995.

Overall Accuracy = (905/929) 97.4166%
Kappa Coefficient = 0.9586

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	SNC_TEST	CA_TEST	
SC_TRAIN	496	0	0	10	0	506
VG_TRAIN	0	27	0	0	0	27
AU_TRAIN	0	0	157	0	0	157
SNC_TRAIN	13	0	0	190	1	204
CA_TRAIN	0	0	0	0	35	35
Total	509	27	157	200	36	929

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	SNC_TEST	CA_TEST	
SC_TRAIN	97.45	0	0	5	0	54.47
VG_TRAIN	0	100	0	0	0	2.91
AU_TRAIN	0	0	100	0	0	16.90
SNC_TRAIN	2.55	0	0	95	2.78	21.96
CA_TRAIN	0	0	0	0	97.22	3.77
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SC_TRAIN	1.98	2.55	10/506	13/509
VG_TRAIN	0	0	0/27	0/27
AU_TRAIN	0	0	0/157	0/157
SNC_TRAIN	6.86	5	14/204	10/200
CA_TRAIN	0	2.78	0/35	1/36

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SC_TRAIN	97.45	98.02	496/509	496/506
VG_TRAIN	100	100	27/27	27/27
AU_TRAIN	100	100	157/157	157/157
SNC_TRAIN	95	93.14	190/200	190/204
CA_TRAIN	97.22	100	35/36	35/35



Anexo 3. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 2000.

Overall Accuracy = (4016/4203) 95.5508%
Kappa Coefficient = 0.9264

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	SNC_TEST	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	
SNC_TRAIN	752	121	0	0	0	873
SC_TRAIN	21	2323	0	0	0	2344
VG_TRAIN	0	0	126	0	2	128
AU_TRAIN	0	42	0	635	1	678
CA_TRAIN	0	0	0	0	180	180
Total	773	2486	126	635	183	4203

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	SNC_TEST	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	
SNC_TRAIN	97.28	4.87	0	0	0	20.77
SC_TRAIN	2.72	93.44	0	0	0	55.77
VG_TRAIN	0	0	100	0	1.09	3.05
AU_TRAIN	0	1.69	0	100	0.55	16.13
CA_TRAIN	0	0	0	0	98.36	4.28
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	13.86	2.72	121/873	21/773
SC_TRAIN	0.9	6.56	21/2344	163/2486
VG_TRAIN	1.56	0	2/128	0/126
AU_TRAIN	6.34	0	43/678	0/635
CA_TRAIN	0	1.64	0/180	3/183

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	97.28	86.14	752/773	752/873
SC_TRAIN	93.44	99.1	2323/2486	2323/2344
VG_TRAIN	100	98.44	126/126	126/128
AU_TRAIN	100	93.66	635/635	635/678
CA_TRAIN	98.36	100	180/183	180/180



Anexo 4. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 2005.

Overall Accuracy = (2478/2635) 94.0417%
Kappa Coefficient = 0.9193

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	SNC_TEST	
SC_TRAIN	743	0	0	0	16	759
VG_TRAIN	0	182	0	0	2	184
AU_TRAIN	15	0	813	0	0	828
CA_TRAIN	0	0	0	165	0	165
SNC_TRAIN	92	2	30	0	575	699
Total	850	184	843	165	593	2635

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	SC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	SNC_TEST	
SC_TRAIN	87.41	0	0	0	2.7	28.80
VG_TRAIN	0	98.91	0	0	0.34	6.98
AU_TRAIN	1.76	0	96.44	0	0	31.42
CA_TRAIN	0	0	0	100	0	6.26
SNC_TRAIN	10.82	1.09	3.56	0	96.96	26.53
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SC_TRAIN	2.11	12.59	16/759	107/850
VG_TRAIN	1.09	1.09	2/184	2/184
AU_TRAIN	1.81	3.56	15/828	30/843
CA_TRAIN	0	0	0/165	0/165
SNC_TRAIN	17.74	3.04	124/699	18/593

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SC_TRAIN	87.41	97.89	743/850	743/759
VG_TRAIN	98.91	98.91	182/184	182/184
AU_TRAIN	96.44	98.19	813/843	813/828
CA_TRAIN	100	100	165/165	165/165
SNC_TRAIN	96.96	82.26	575/593	575/699



Anexo 5. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 2010.

Overall Accuracy = (3491/3516) 99.2890%
Kappa Coefficient = 0.99

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	VG_TEST	SC_TEST	SNC_TEST	AU_TEST	CA_TEST	
VG_TRAIN	279	0	0	0	0	279
SC_TRAIN	0	1488	1	0	0	1489
SNC_TRAIN	0	2	540	0	0	542
AU_TRAIN	0	20	0	960	2	982
CA_TRAIN	0	0	0	0	224	224
Total	279	1510	541	960	226	3516

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	VG_TEST	SC_TEST	SNC_TEST	AU_TEST	CA_TEST	
VG_TRAIN	100	0	0	0	0	7.94
SC_TRAIN	0	98.54	0.18	0	0	42.35
SNC_TRAIN	0	0.13	99.82	0	0	15.42
AU_TRAIN	0	1.32	0	100	0.88	27.93
CA_TRAIN	0	0	0	0	99.12	6.37
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
VG_TRAIN	0	0	0/279	0/279
SC_TRAIN	0.07	1.46	1/1489	22/1510
SNC_TRAIN	0.37	0.18	2/542	1/541
AU_TRAIN	2.24	0	22/982	0/960
CA_TRAIN	0	0.88	0/224	2/226

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
VG_TRAIN	100	100	279/279	279/279
SC_TRAIN	98.54	99.93	1488/1510	1488/1489
SNC_TRAIN	99.82	99.63	540/541	540/542
AU_TRAIN	100	97.76	960/960	960/982
CA_TRAIN	99.12	100	224/226	224/224



Anexo 6. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 2015.

Overall Accuracy = (3683/3729) 98.7664%
Kappa Coefficient = 0.9825

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	SNC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	SC_TEST	
SNC_TRAIN	628	0	7	2	1	638
VG_TRAIN	2	412	0	0	13	427
AU_TRAIN	0	0	1674	0	0	1674
CA_TRAIN	0	0	0	176	0	176
SC_TRAIN	18	0	3	0	793	814
Total	648	412	1684	178	807	3729

Class	Ground Truth (Percent)					Total
	SNC_TEST	VG_TEST	AU_TEST	CA_TEST	SC_TEST	
SNC_TRAIN	96.91	0	0.42	1.12	0.12	17.11
VG_TRAIN	0.31	100	0	0	1.61	11.45
AU_TRAIN	0	0	99.41	0	0	44.89
CA_TRAIN	0	0	0	98.88	0	4.72
SC_TRAIN	2.78	0	0.18	0	98.27	21.83
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	1.57	3.09	10/638	20/648
VG_TRAIN	3.51	0	15/427	0/412
AU_TRAIN	0	0.59	0/1674	10/1684
CA_TRAIN	0	1.12	0/176	2/178
SC_TRAIN	2.58	1.73	21/814	14/807

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
SNC_TRAIN	96.91	98.43	628/648	628/638
VG_TRAIN	100	96.49	412/412	412/427
AU_TRAIN	99.41	100	1674/1684	1674/1674
CA_TRAIN	98.88	100	176/178	176/176
SC_TRAIN	98.27	97.42	793/807	793/814



Anexo 7. Matriz de Confusión de la Clasificación Supervisada del Año 2020.

Overall Accuracy = (1475/1504) 98.0718%

Kappa Coefficient = 0.9729

Class	Ground Truth (Pixels)					Total
	AU_TEST	VG_TEST	CA_TEST	SNC_TEST	SC_TEST	
AU_TRAIN	656	3	8	8	0	675
VG_TRAIN	0	82	0	0	0	82
CA_TRAIN	0	0	199	0	0	199
SNC_TRAIN	0	10	0	340	0	350
SC_TRAIN	0	0	0	0	198	198
Total	656	95	207	348	198	1504

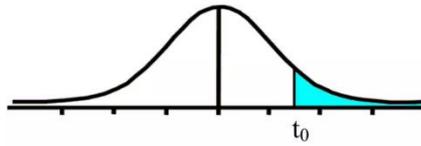
Class	Ground Truth (Percent)					Total
	AU_TEST	VG_TEST	CA_TEST	SNC_TEST	SC_TEST	
AU_TRAIN	100	3.16	3.86	2.3	0	44.88
VG_TRAIN	0	86.32	0	0	0	5.45
CA_TRAIN	0	0	96.14	0	0	13.23
SNC_TRAIN	0	10.53	0	97.7	0	23.27
SC_TRAIN	0	0	0	0	100	13.16
Total	100	100	100	100	100	100

Class	Commission	Omission	Commission	Omission
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
AU_TRAIN	2.81	0	19/675	0/656
VG_TRAIN	0	13.68	0/82	13/95
CA_TRAIN	0	3.86	0/199	8/207
SNC_TRAIN	2.86	2.3	10/350	8/348
SC_TRAIN	0	0	0/198	0/198

Class	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Pixels)	(Pixels)
AU_TRAIN	100	97.19	656/656	656/675
VG_TRAIN	86.32	100	82/95	82/82
CA_TRAIN	96.14	100	199/207	199/199
SNC_TRAIN	97.7	97.14	340/348	340/350
SC_TRAIN	100	100	198/198	198/198

Anexo 8. Tabla de t-Student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Anexo 9. Cobertura de cuerpos de agua.

Fotografía: Rio Huenque de la ciudad de Ilave.



Fotografía: Área del rio Huenque alterado por la expansión urbana.



Anexo 10. Cobertura de uso de suelos cultivados.

Fotografía: Suelo cultivado de papa.



Fotografía: Suelo cultivado de cebada.



Anexo 11. Cobertura de uso de suelo (Vegetación).

Fotografía: Pastos herbáceos.



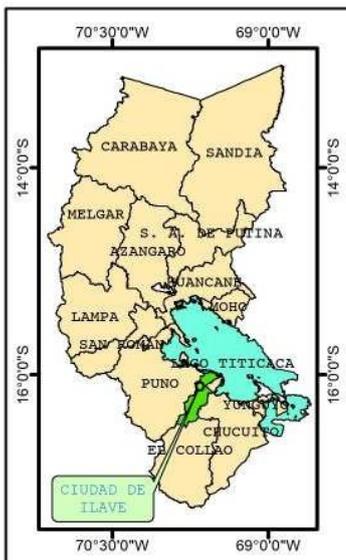
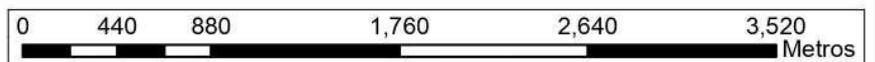
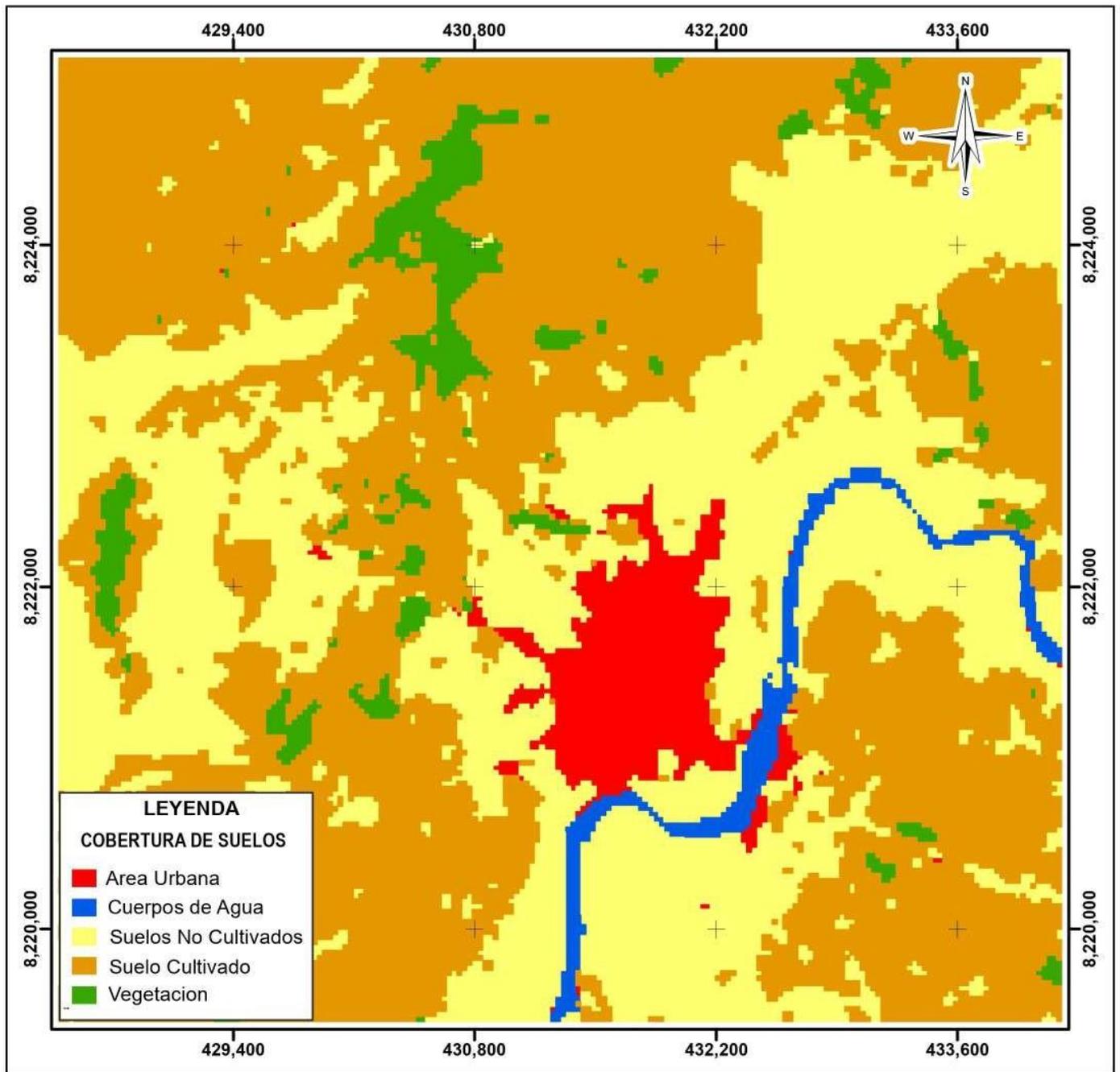
Anexo 12. Cobertura de uso de suelo (área urbana).



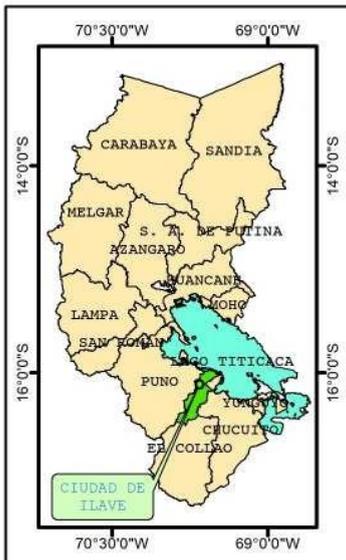
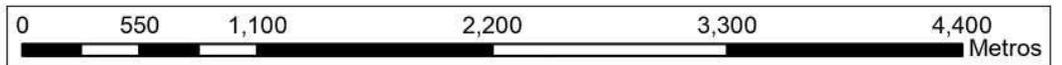
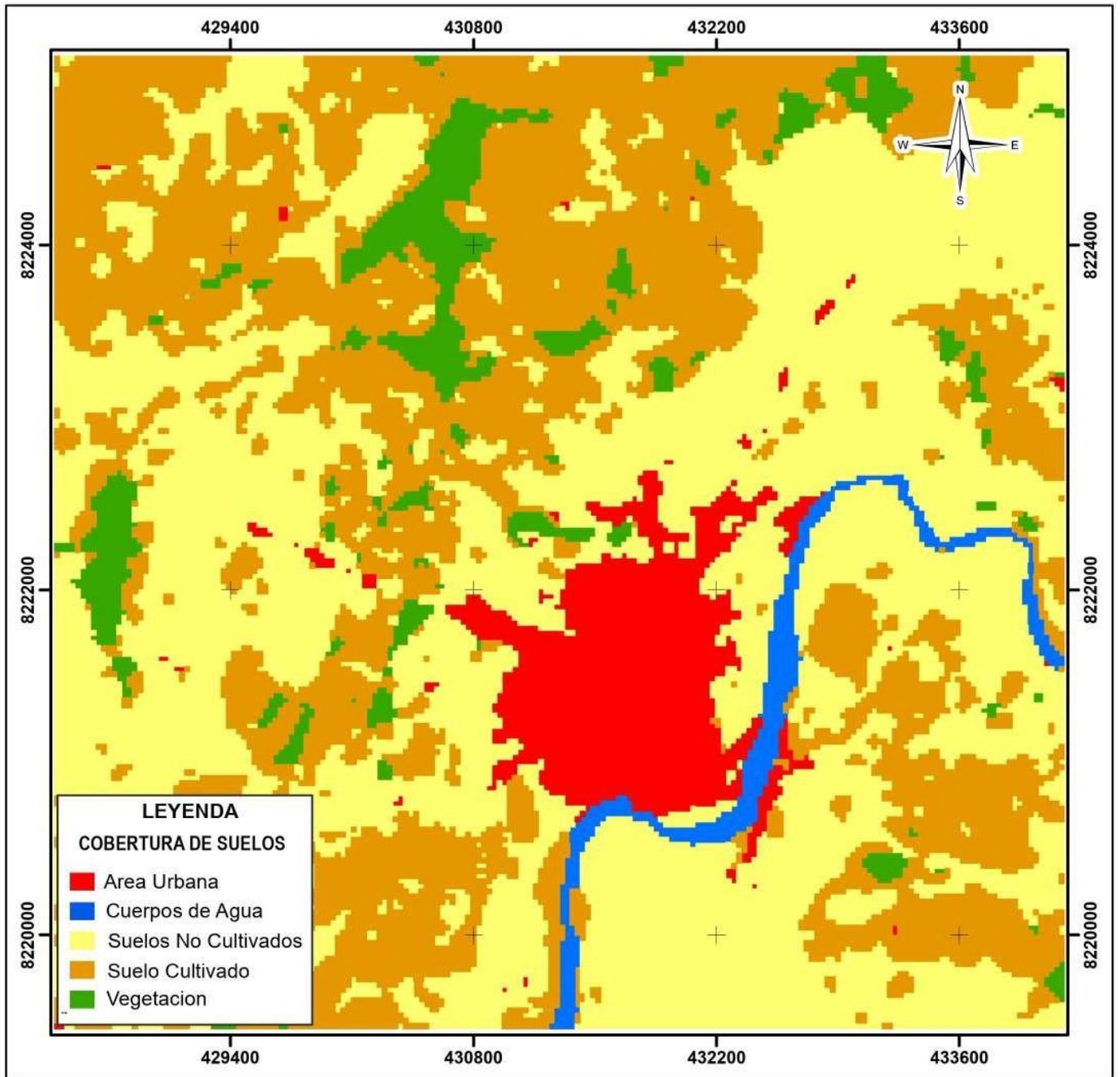


Anexo 13. Mapas de clasificación

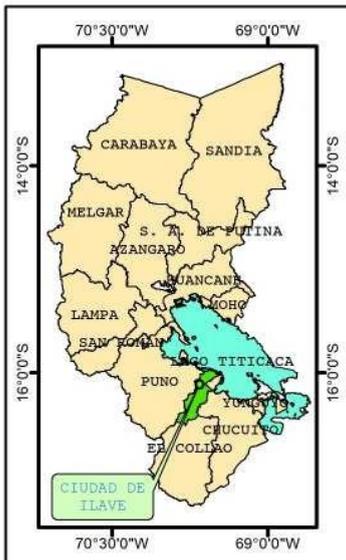
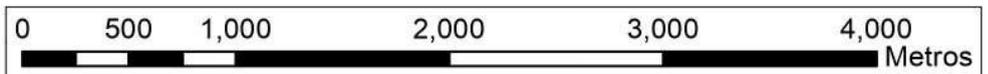
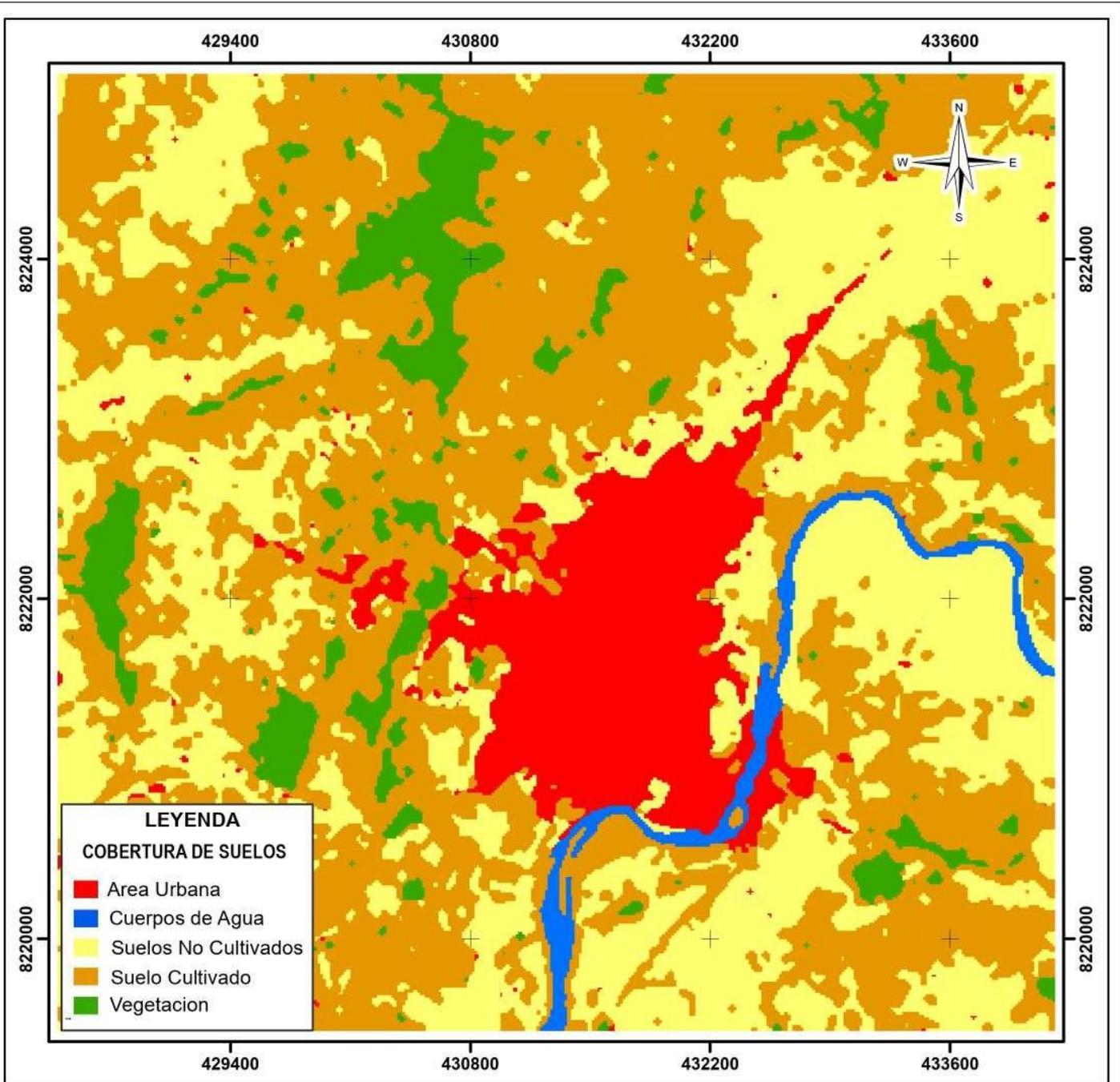
- *Mapa clasificado del año 1990.*
- *Mapa clasificado del año 1995.*
- *Mapa clasificado del año 2000.*
- *Mapa clasificado del año 2005.*
- *Mapa clasificado del año 2010.*
- *Mapa clasificado del año 2015.*
- *Mapa clasificado del año 2020.*
- *Plano urbano de la ciudad de Ilave.*



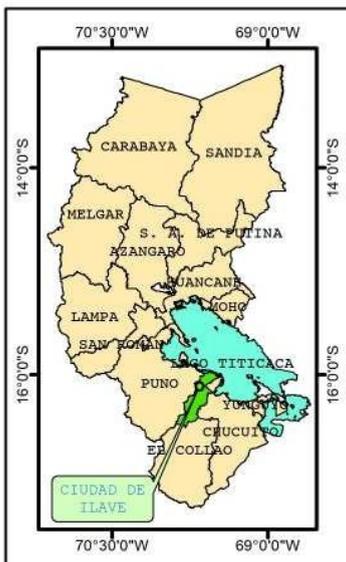
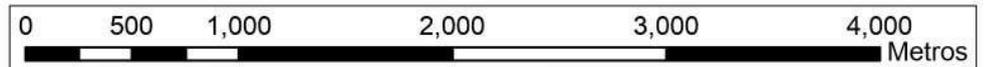
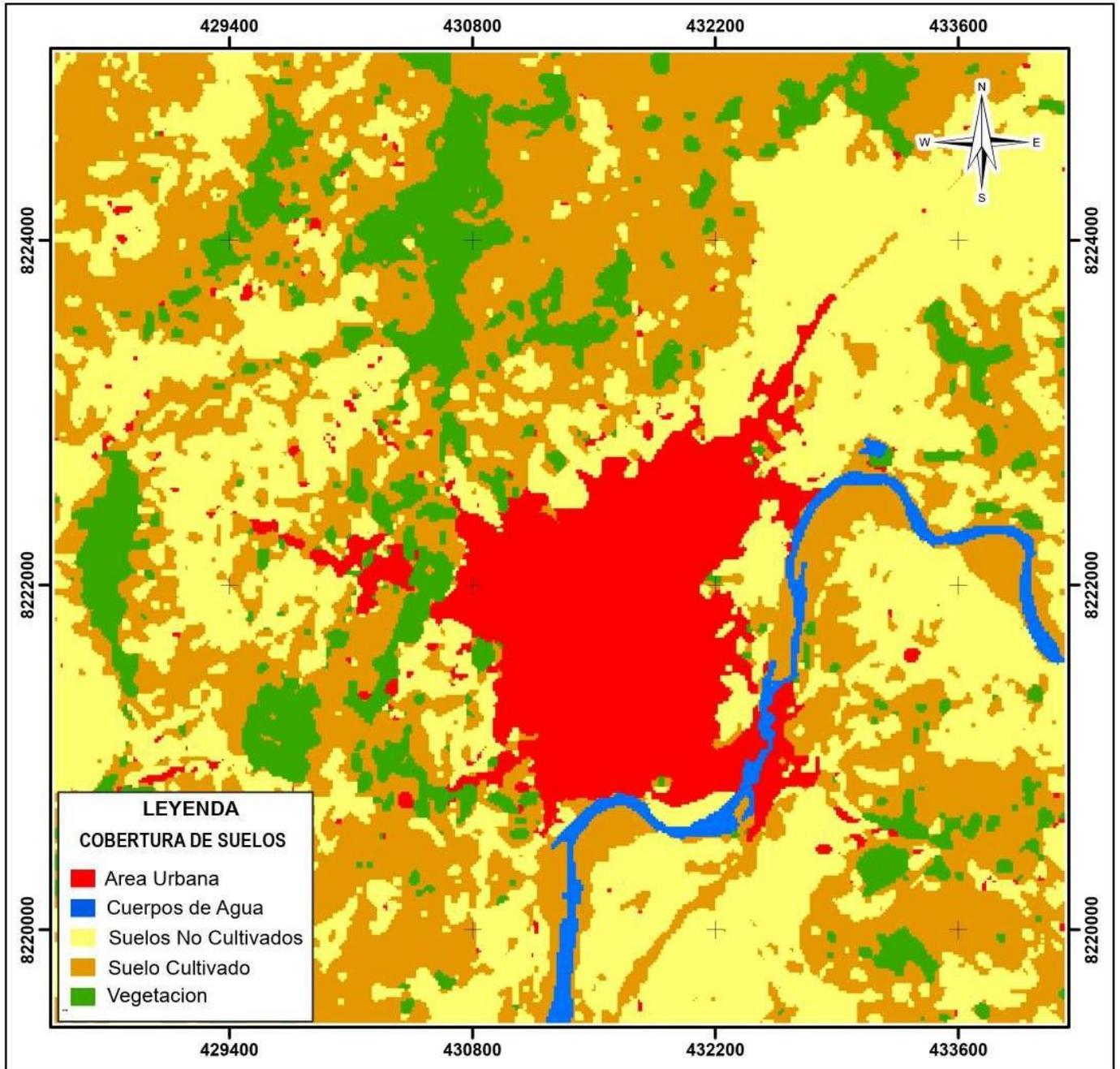
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 1990	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 01	
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84		



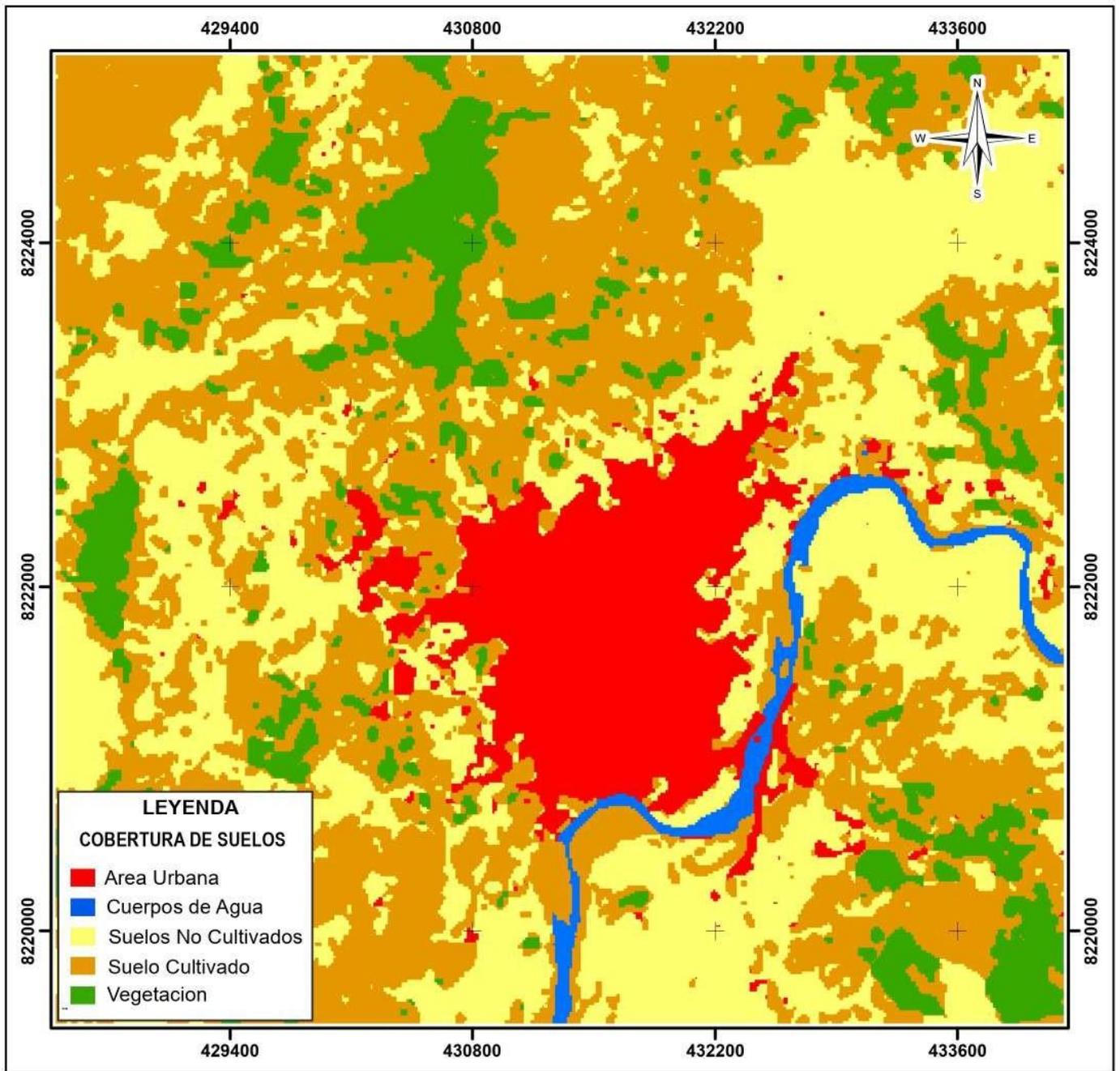
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 1995	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 02	
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA		
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT		
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 2000	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 03
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA		
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84	PROYECCION: UTM - ZONA 19S
ESCALA: 1:35,000		

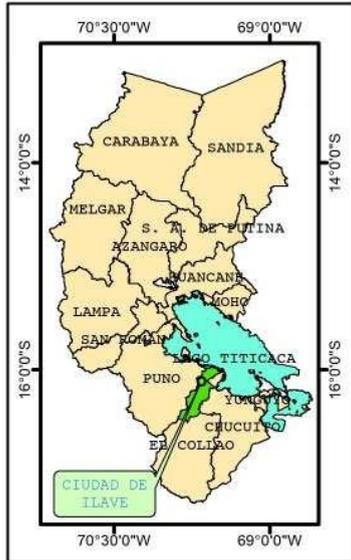
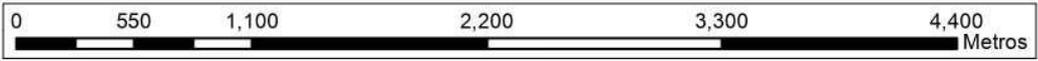


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS:			
ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA:	UBICACIÓN:	LAMINA N°:	
CRECIMIENTO URBANO - AÑO 2005	CIUDAD DE ILAVE	04	
TESISTA:			
YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA:	DATUM:	PROYECCION:	ESCALA:
MAYO - 2023	WGS 84	UTM - ZONA 19S	1:35,000

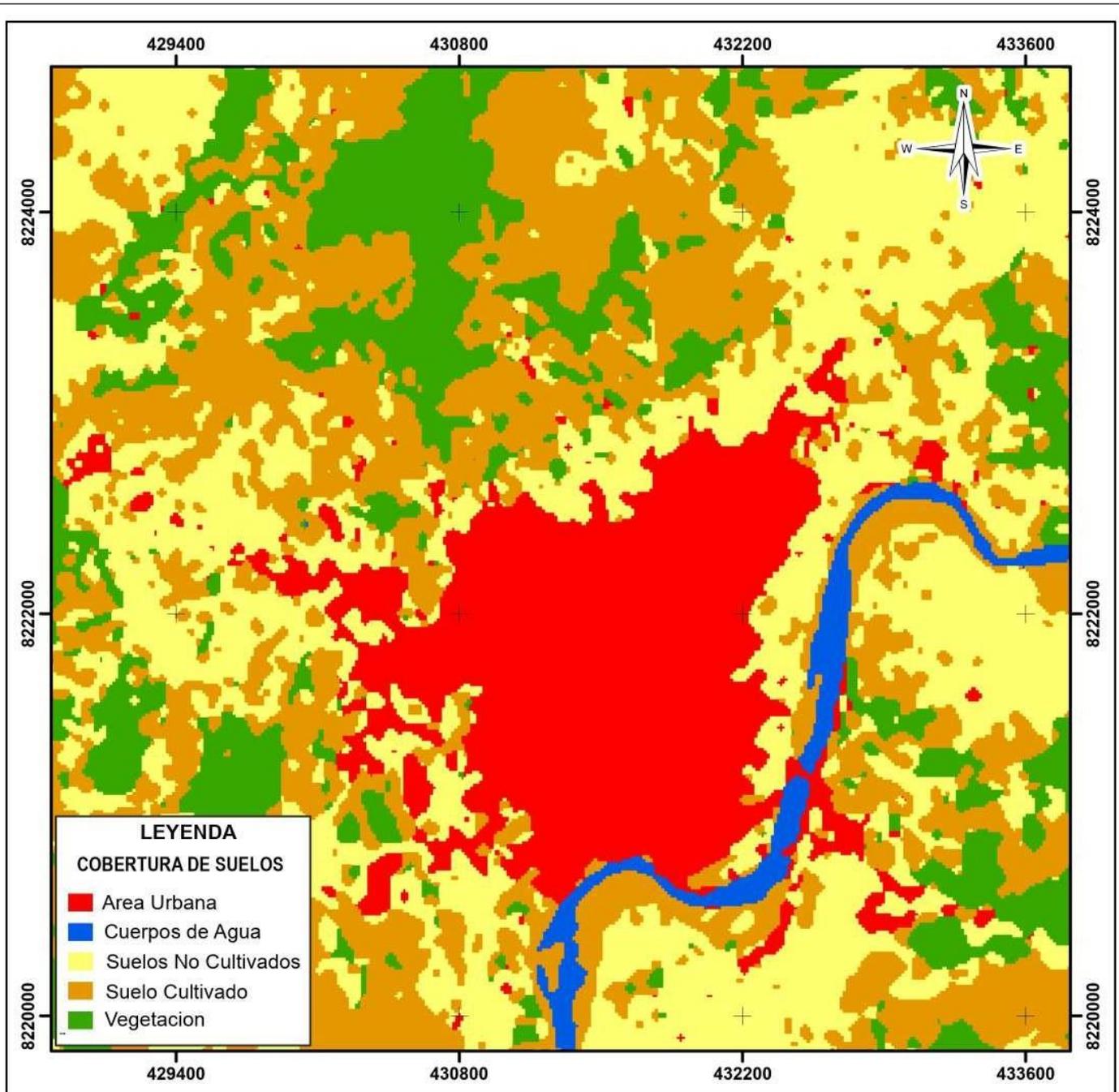


LEYENDA
COBERTURA DE SUELOS

- Area Urbana
- Cuerpos de Agua
- Suelos No Cultivados
- Suelo Cultivado
- Vegetacion

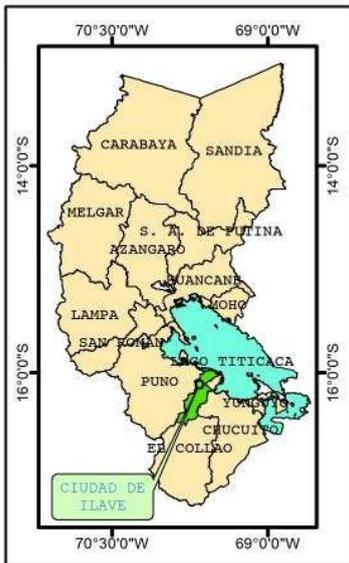
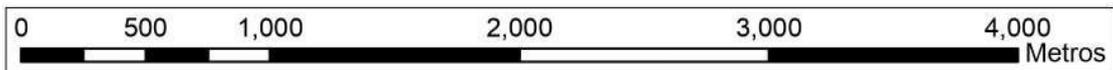


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 2010	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 05	
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84		

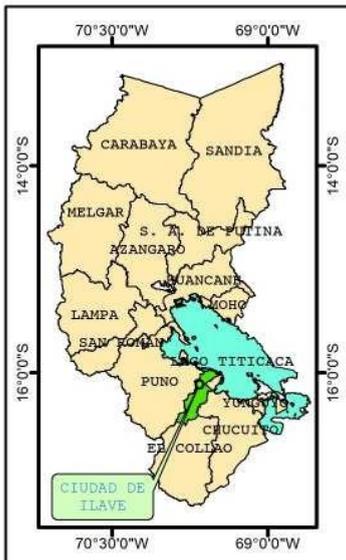
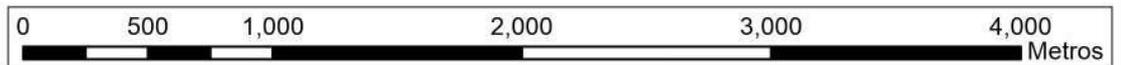
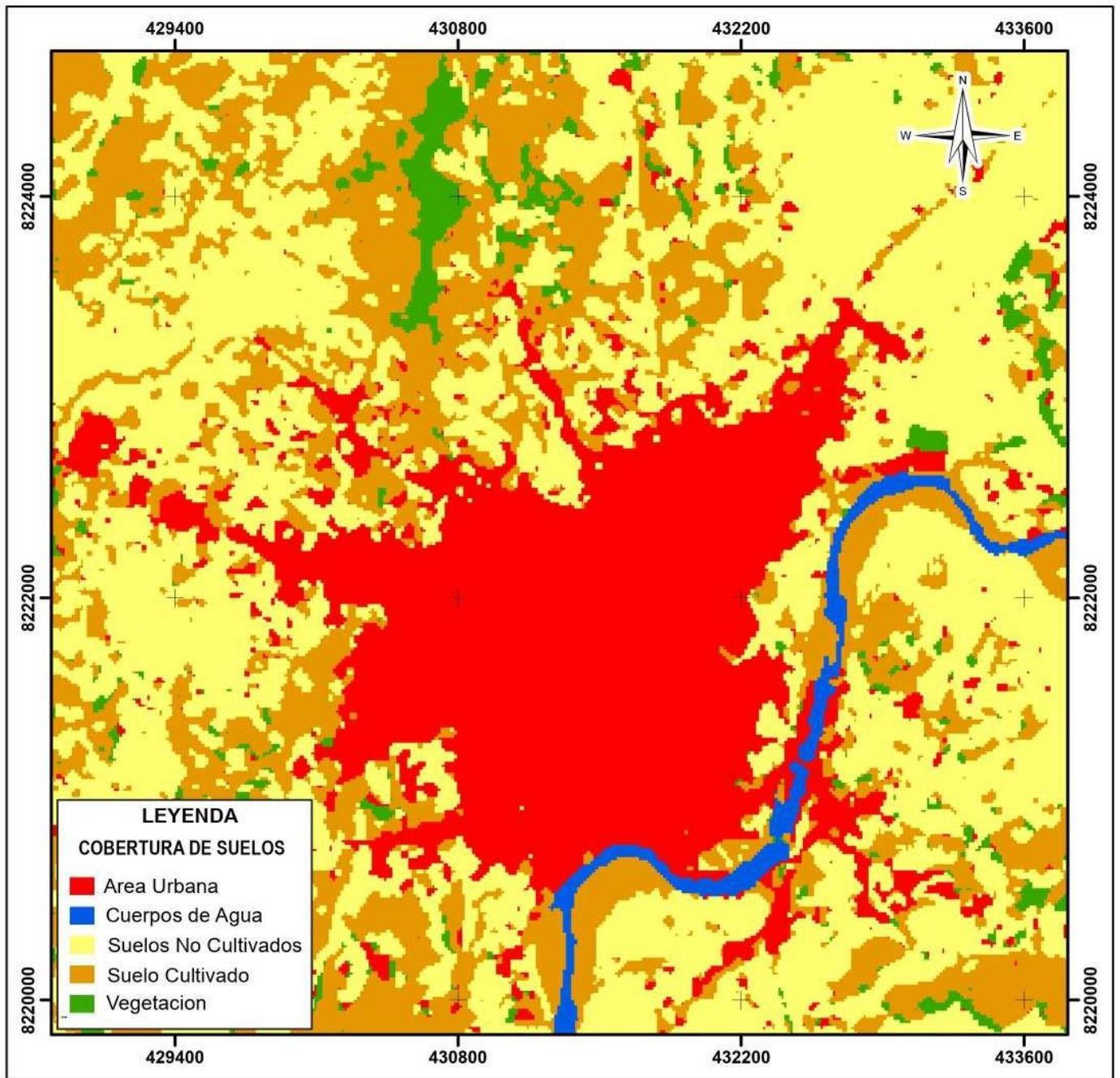


LEYENDA
COBERTURA DE SUELOS

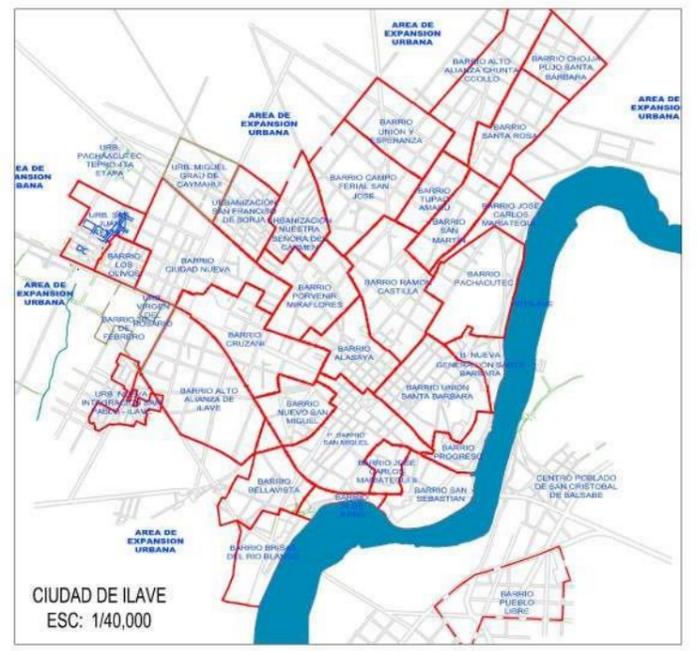
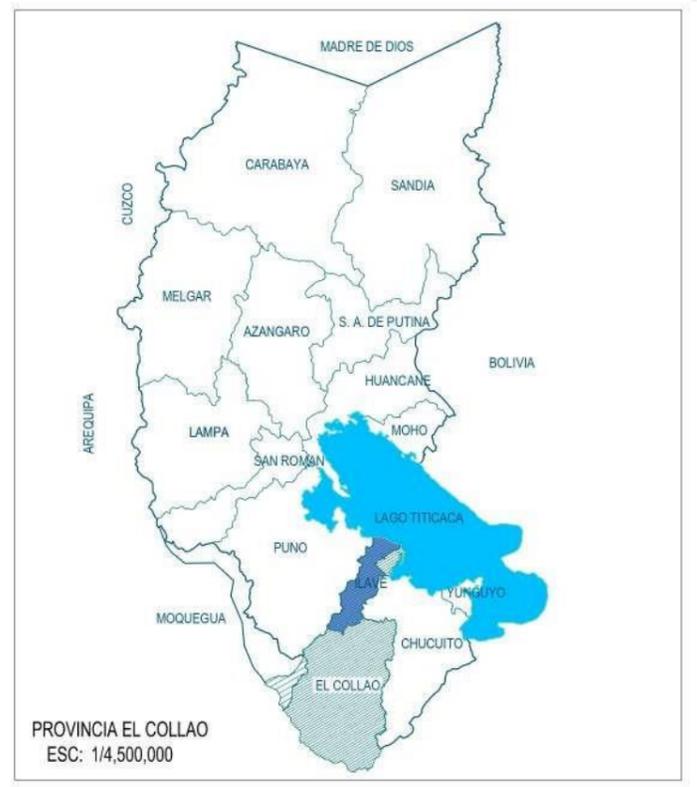
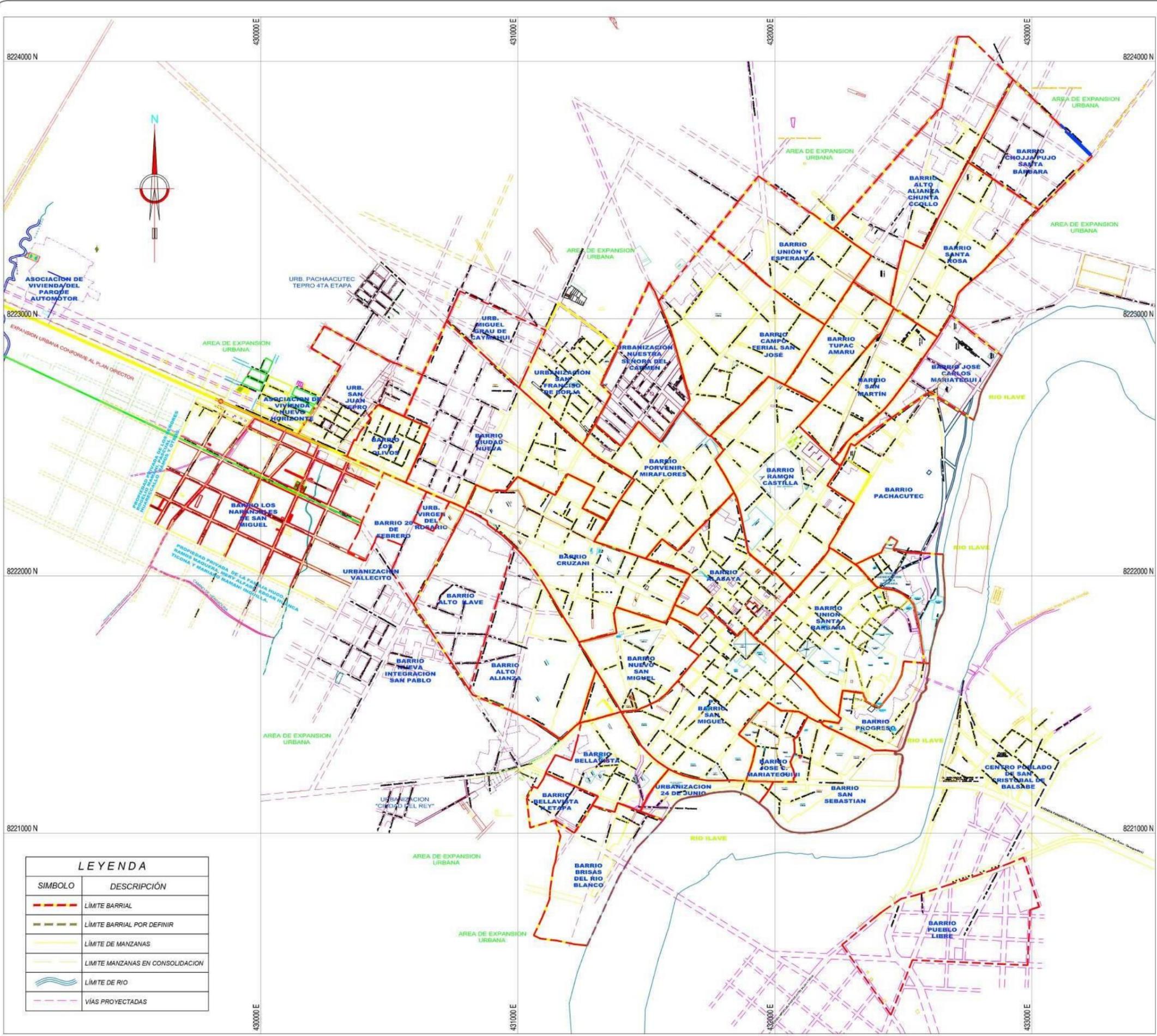
- Area Urbana
- Cuerpos de Agua
- Suelos No Cultivados
- Suelo Cultivado
- Vegetacion



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 2015	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 06	
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84	PROYECCION: UTM - ZONA 19S	ESCALA: 1:35,000



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA			
TESIS: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT			
MAPA: CRECIMIENTO URBANO - AÑO 2020	UBICACIÓN: CIUDAD DE ILAVE	LAMINA N°: 07	
TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA			
FECHA: MAYO - 2023	DATUM: WGS 84		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

TESISTA: YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA

PLANO: PLANO URBANO - CIUDAD DE ILAVE - 2020

ESCALA: 1/15000 DEPARTAMENTO: PUNO

PROVINCIA: EL COLLAO DISTRITO: ILAVE



FORMATO N°

SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA
PROFESIONAL INGENIERIA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado **ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT**, con código PILAR N° 2021-144 presentado por el bachiller **YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA**, el jurado revisor lo declara:

APTO (X)

Por tanto, esta expedito para la sustentación no presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **12 Octubre del 2023** a las 10:00 horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectúe los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

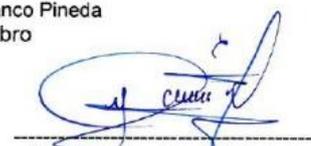
En Puno (C.U.), a los 03 días del mes de octubre del 2023


Ing. Victor Cipriano Flores Flores
Presidente


Dr. Jorge Luis Aroste Villa
Primer miembro


Msc. Angel Abraham Franco Pineda
Segundo miembro


Dr. Elmer Elio Calizaya Llatasi
Director o asesor de Tesis


Yefri Brandon Mamani Cutipa
Tesisista

PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaro como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el tramite y la publicación de la exposicion y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, con las respectivas medidas de bioseguridad para dicho acto. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (e)

Puno C.U. 03 de octubre del 2023


M. Sc. Luis Alberto Mamani Huanca
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPITA



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA,
identificado con DNI 70415021 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD
DE ILAYE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT "

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 03 de OCTUBRE del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo YEFRI BRANDON MAMANI CUTIPA,
identificado con DNI 70415021 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y AGRIMENSURA,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, EN LA CIUDAD
DE ILAVE, MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES LANDSAT ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 03 de OCTUBRE del 2023


FIRMA (obligatoria)


Huella