



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



**“RELACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA CON EL
CRECIMIENTO POBLACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS
MULTITEMPORAL DE LA CIUDAD DE ILAVE, ENTRE LOS
AÑOS 1993 – 2022”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YURGUIÑO CABRERA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO TOPÓGRAFO Y AGRIMENSOR

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

**RELACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA
CON EL CRECIMIENTO POBLACIONAL M
EDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL D
E LA CIUDAD DE ILAVE, ENTRE LOS AÑO
S 1993 – 2022**

AUTOR

YURGUIÑO CABRERA MAMANI

RECuento DE PALABRAS

28606 Words

RECuento DE CARACTERES

150172 Characters

RECuento DE PÁGINAS

191 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

17.3MB

FECHA DE ENTREGA

May 11, 2024 3:44 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 11, 2024 3:46 PM GMT-5

● **14% de similitud general**

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% 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 10 palabras)


JUAN E. ARAOZ BARRIOS
DIRECTOR DE TESIS


Dr. Valeria Condellanza
SUBDIRECTORA DE INVESTIGACIÓN
EPITA - FGA

Resumen



DEDICATORIA

A la persona que más quiero en este mundo, mi madre Rosalinda, que me dio más fuerzas y motivos para triunfar y superarme. A mi padre Luis Uriel y mi hermana Yasmin por su apoyo incondicional.

A Camila, cuyo respaldo y apoyo incondicional han sido fundamentales en este camino.

A mis amigos, este logro lleva la huella de nuestra amistad.

Yurguiño



AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, quiero destacar que este logro se ha materializado gracias al sólido respaldo y la excelencia educativa proporcionada por esta institución.

Agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Topográfica y Agrimensura por su inestimable acogida y guía a lo largo de mi formación académica. Aprecio enormemente la orientación invaluable de los catedráticos que han enriquecido mi proceso de aprendizaje.

Al honorable jurado, compuesto por el Dr. Nestor Quispe Condori, Dr. Jorge Luis Aroste Villa y M.Sc Angel Abraham Franco Pineda, por sus invaluable guías durante la conclusión de este trabajo de investigación.

Agradezco sinceramente al Ing. Juan Esteban Araoz Barrios por su valioso apoyo y orientación a lo largo de mi formación profesional, así como por su colaboración durante la realización de este trabajo de investigación.

Yurguiño



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.2.1. Problema general.....	23
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.3.1. Hipótesis general	23
1.3.2. Hipótesis específicas	23
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	24
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
1.5.1. Objetivo general	26
1.5.2. Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27



2.1.1. Antecedentes internacionales	27
2.1.2. Antecedentes nacionales	29
2.1.3. Antecedentes locales	33
2.2. MARCO TEÓRICO	36
2.2.1. Ciudades	36
2.2.2. Expansión urbana	36
2.2.3. Plan de desarrollo urbano	37
2.2.4. Crecimiento poblacional	38
2.2.5. Análisis multitemporal	38
2.2.6. Imágenes satelitales.....	39
2.2.7. Percepción remota	39
2.2.8. Espectro electromagnético	40
2.2.9. Firma espectral	41
2.2.10. Satélite LANDSAT	42
2.2.11. Escáner Multiespectral LANDSAT 1-5 (MSS)	43
2.2.12. Mapeador Temático LANDSAT 4-5 (TM).....	44
2.2.13. Mapeador Temático Mejorado LANDSAT 7 Plus (ETM+).....	45
2.2.14. LANDSAT 8-9 Operational Land Imager (OLI)	46
2.2.15. Corrección atmosférica	47
2.2.16. Corrección geométrica	48
2.2.17. Corrección radiométrica.....	49
2.2.18. Clasificación supervisada de Máxima Probabilidad	50
2.2.19. Metodología Corine Land Cover	51
2.2.20. Índice KAPPA.....	56
2.2.21. Coeficiente de correlación de Spearman	58



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES.....	60
3.1.1. Materiales	60
3.1.2. Materiales Web	60
3.1.3. Equipos.....	60
3.1.4. Softwares.....	60
3.2. ZONA DE ESTUDIO.....	61
3.2.1. Ubicación política	61
3.2.2. Ubicación geográfica	61
3.2.3. Ubicación por coordenadas UTM	61
3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	62
3.3.1. Nivel de investigación.....	62
3.3.2. Tipo de investigación	62
3.3.3. Diseño de investigación	63
3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO	63
3.4.1. Variable de estudio.....	63
3.4.2. Población y muestra	63
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	64
3.5.1. Recopilación y adquisición de imágenes LANDSAT.....	64
3.5.2. Ubicación de la Zona de estudio	65
3.6. PROCEDIMIENTO PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO	67
3.6.1. Niveles de clasificación Corine Land Cover.....	67
3.6.2. Procesamiento de imágenes satelitales.....	68



3.7. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PRIMER OBJETIVO	
ESPECÍFICO	74
3.7.1. Post-clasificación - verificación de resultados	74
3.8. PROCEDIMIENTO SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	79
3.8.1. Tasa de crecimiento poblacional	79
3.8.2. Modelo geométrico	80
3.8.3. Datos de Población (INEI)	80
3.9. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO SEGUNDO OBJETIVO	
ESPECÍFICO	81
3.9.1. Prueba de normalidad de Shapiro -Wilk	81
3.9.2. Coeficiente de correlación de Spearman	81
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS.....	84
4.1.1. Resultados primer objetivo específico	84
4.1.2. Prueba estadística primer objetivo específico	116
4.1.3. Resultados segundo objetivo específico.....	129
4.1.4. Prueba estadística segundo objetivo específico	133
4.2. DISCUSIÓN	142
V. CONCLUSIONES	144
VI. RECOMENDACIONES	145
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXOS.....	151

ÁREA: Sistemas de Información Geográfica

TEMA: Ciencias Naturales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de mayo 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características LANDSAT 1-5 Multispectral Scanner (MSS).....	44
Tabla 2 Características LANDSAT 4-5 Thematic Mapper (TM).....	45
Tabla 3 Características LANDSAT 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+).....	46
Tabla 4 Características de LANDSAT 8-9 Operational Land Imager (OLI)	47
Tabla 5 Categorías de cobertura de la tierra Corine Land Cover	52
Tabla 6 Matriz de confusión para dos observadores.....	56
Tabla 7 Valoración del índice de KAPPA	58
Tabla 8 Valoración del grado de correlación de Spearman	59
Tabla 9 Lista de imágenes satelitales LANDSAT	66
Tabla 10 Niveles de clasificación CLC seleccionados para la ciudad de Ilave	68
Tabla 11 Coordenadas de las regiones de referencia	70
Tabla 12 Significancia de un valor Z.....	78
Tabla 13 Datos poblacionales de la zona urbana y rural según el INEI	81
Tabla 14 Valores críticos del coeficiente de correlación de Spearman	83
Tabla 15 Clasificación Corine Land Cover para el año 1993	99
Tabla 16 Clasificación Corine Land Cover para el año 1994.....	100
Tabla 17 Clasificación Corine Land Cover para el año 1995	100
Tabla 18 Clasificación Corine Land Cover para el año 1996.....	101
Tabla 19 Clasificación Corine Land Cover para el año 1997	101
Tabla 20 Clasificación Corine Land Cover para el año 1998.....	102
Tabla 21 Clasificación Corine Land Cover para el año 1999	102
Tabla 22 Clasificación Corine Land Cover para el año 2000	103
Tabla 23 Clasificación Corine Land Cover para el año 2001	103



Tabla 24 Clasificación Corine Land Cover para el año 2002	104
Tabla 25 Clasificación Corine Land Cover para el año 2003	104
Tabla 26 Clasificación Corine Land Cover para el año 2004	105
Tabla 27 Clasificación Corine Land Cover para el año 2005	105
Tabla 28 Clasificación Corine Land Cover para el año 2006	106
Tabla 29 Clasificación Corine Land Cover para el año 2007	106
Tabla 30 Clasificación Corine Land Cover para el año 2008	107
Tabla 31 Clasificación Corine Land Cover para el año 2009	107
Tabla 32 Clasificación Corine Land Cover para el año 2010	108
Tabla 33 Clasificación Corine Land Cover para el año 2011	108
Tabla 34 Clasificación Corine Land Cover para el año 2012	109
Tabla 35 Clasificación Corine Land Cover para el año 2013	109
Tabla 36 Clasificación Corine Land Cover para el año 2014	110
Tabla 37 Clasificación Corine Land Cover para el año 2015	110
Tabla 38 Clasificación Corine Land Cover para el año 2016	111
Tabla 39 Clasificación Corine Land Cover para el año 2017	111
Tabla 40 Clasificación Corine Land Cover para el año 2018	112
Tabla 41 Clasificación Corine Land Cover para el año 2019	112
Tabla 42 Clasificación Corine Land Cover para el año 2020	113
Tabla 43 Clasificación Corine Land Cover para el año 2021	113
Tabla 44 Clasificación Corine Land Cover para el año 2022	114
Tabla 45 Crecimiento urbano 1993 - 2022	114
Tabla 46 Matriz de confusión para el año 1993	116
Tabla 47 Matriz de confusión para el año 2022	117
Tabla 48 Estadístico KAPPA para el año 1993	122



Tabla 49 Estadístico KAPPA para el año 2022	122
Tabla 50 Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1993	123
Tabla 51 Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2022	124
Tabla 52 Validación de la clasificación supervisada CLC	125
Tabla 53 Número de habitantes y tasas de crecimiento de la ciudad de Ilave.....	130
Tabla 54 Expansión urbana y crecimiento poblacional	132
Tabla 55 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	135
Tabla 56 Asignación de Rangos para la Correlación de Spearman	136
Tabla 57 Correlación de Spearman.....	139



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Elaboración del PDU.....	38
Figura 2 Esquema de percepción remota.....	40
Figura 3 Espectro Electromagnético.....	41
Figura 4 Gráficos de firmas espectrales de hierba, encina y suelo desnudo.....	42
Figura 5 Cronología de las misiones LANDSAT.....	43
Figura 6 Corrección Atmosférica en LANDSAT 8.....	48
Figura 7 Corrección Geométrica de una imagen satelital.....	49
Figura 8 Corrección Radiométrica de una imagen satelital.....	50
Figura 9 Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	62
Figura 10 Plataforma de USGS (United States Geological Survey).....	64
Figura 11 Imagen satelital LANDSAT.....	65
Figura 12 Imagen satelital LANDSAT.....	69
Figura 13 Polígonos de regiones de referencia.....	72
Figura 14 Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad.....	73
Figura 15 Puntos de control de la muestra.....	75
Figura 16 Clasificación supervisada según CLC 1993 – 1994.....	85
Figura 17 Clasificación supervisada según CLC 1994 – 1995.....	85
Figura 18 Clasificación supervisada según CLC 1995 – 1996.....	86
Figura 19 Clasificación supervisada según CLC 1996 - 1997.....	86
Figura 20 Clasificación supervisada según CLC 1997 – 1998.....	87
Figura 21 Clasificación supervisada según CLC 1998 – 1999.....	87
Figura 22 Clasificación supervisada según CLC 1999 – 2000.....	88



Figura 23 Clasificación supervisada según CLC 2000 - 2001	88
Figura 24 Clasificación supervisada según CLC 2001 – 2002.....	89
Figura 25 Clasificación supervisada según CLC 2002 - 2003	89
Figura 26 Clasificación supervisada según CLC 2003 – 2004.....	90
Figura 27 Clasificación supervisada según CLC 2004 - 2005	90
Figura 28 Clasificación supervisada según CLC 2005 – 2006.....	91
Figura 29 Clasificación supervisada según CLC 2006 - 2007	91
Figura 30 Clasificación supervisada según CLC 2007 – 2008.....	92
Figura 31 Clasificación supervisada según CLC 2008 – 2009.....	92
Figura 32 Clasificación supervisada según CLC 2009 - 2010	93
Figura 33 Clasificación supervisada según CLC 2010 – 2011.....	93
Figura 34 Clasificación supervisada según CLC 2011 - 2012	94
Figura 35 Clasificación supervisada según CLC 2012 – 2013.....	94
Figura 36 Clasificación supervisada según CLC 2013 - 2014	95
Figura 37 Clasificación supervisada según CLC 2014 – 2015.....	95
Figura 38 Clasificación supervisada según CLC 2015 - 2016	96
Figura 39 Clasificación supervisada según CLC 2016 – 2017.....	96
Figura 40 Clasificación supervisada según CLC 2017 - 2018	97
Figura 41 Clasificación supervisada según CLC 2018 – 2019.....	97
Figura 42 Clasificación supervisada según CLC 2019 - 2020	98
Figura 43 Clasificación supervisada según CLC 2020 – 2021.....	98
Figura 44 Clasificación supervisada según CLC 2021 - 2022	99
Figura 45 Ingreso de datos y configuración para calcular el índice KAPPA para el año 1993.....	120



Figura 46 Configuración de datos para calcular el índice KAPPA para el año 1993.....	121
Figura 47 Índice KAPPA para el año 1993 en el programa SPSS 25.0	121
Figura 48 Diagrama de la región crítica	128
Figura 49 Número de habitantes de Ilave desde 1993 al 2022	131
Figura 50 Ingreso de datos y configuración para la prueba de normalidad Shapiro- Wilk	134
Figura 51 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk	134
Figura 52 Ingreso de datos y configuración para calcular la correlación de Spearman.....	138
Figura 53 Correlación de Spearman entre la expansión urbana y crecimiento poblacional	139
Figura 54 Diagrama de dispersión de puntos	140
Figura 55 Diagrama de la región crítica	141



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Matriz de consistencia	152
ANEXO 2. Operacionalización de variables.....	154
ANEXO 3. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1994.....	155
ANEXO 4. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1995.....	156
ANEXO 5. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1996.....	157
ANEXO 6. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1997.....	158
ANEXO 7. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1998.....	159
ANEXO 8. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1999.....	160
ANEXO 9. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2000.....	161
ANEXO 10. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2001.....	162
ANEXO 11. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2002.....	163
ANEXO 12. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2003.....	164
ANEXO 13. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2004.....	165
ANEXO 14. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2005.....	166
ANEXO 15. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2006.....	167
ANEXO 16. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2007.....	168
ANEXO 17. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2008.....	169
ANEXO 18. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2009.....	170
ANEXO 19. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2010.....	171
ANEXO 20. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2011.....	172
ANEXO 21. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2012.....	173
ANEXO 22. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2013.....	174



ANEXO 23. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2014.....	175
ANEXO 24. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2015.....	176
ANEXO 25. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2016.....	177
ANEXO 26. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2017.....	178
ANEXO 27. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2018.....	179
ANEXO 28. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2019.....	180
ANEXO 29. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2020.....	181
ANEXO 30. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2021.....	182
ANEXO 31. Evolución de la expansión urbana de la ciudad de Ilave.....	183
ANEXO 32. Áreas urbanizadas - ciudad de Ilave.....	184
ANEXO 33. Áreas urbanizadas - ciudad de Ilave.....	184
ANEXO 34. Río - Ilave.....	185
ANEXO 35. Río - Ilave.....	185
ANEXO 36. Bofedales - afueras de la ciudad de Ilave.....	186
ANEXO 37. Bofedales - afueras de la ciudad de Ilave.....	186
ANEXO 38. Mosaico de pastos y cultivos - afueras de la ciudad de Ilave.....	187
ANEXO 39. Mosaico de pastos y cultivos - afueras de la ciudad de Ilave.....	187
ANEXO 40. Tierras desnudas - afueras de la ciudad de Ilave.....	188
ANEXO 41. Tierras desnudas - afueras de la ciudad de Ilave.....	188
ANEXO 42. Áreas arenosas naturales - río Ilave.....	189
ANEXO 43. Áreas arenosas naturales - río Ilave.....	189
ANEXO 44. Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	190
ANEXO 45. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	191



ACRÓNIMOS

CLC:	Corine Land Cover (Cobertura Terrestre Corine)
CUS:	Coefficiente de Utilización del Suelo
DOS:	Dark Object Subtraction (Resta de Objetos Oscuros)
ETRS:	Earth Resources Technology Satellites (Satélites de Tecnología de Recursos Terrestres)
ETM+:	Enhanced Thematic Mapper (Mapeador Temático Mejorado)
LANDSAT:	Land Remote Sensing Satellite (Satélite terrestre de teledetección)
MMS:	Multispectral Scanner (Escáner Multispectral)
NASA:	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio)
OLI:	Operational Land Imager (Generador de Imágenes Terrestres Operativo)
PAN:	Panchromatic image (Imagen Pancromática)
SCP:	Semi-Automatic Classification Plugin (Complemento de clasificación semiautomática)
SIG:	Sistema de Información Geográfica
TIFF:	Tagged Image File Format (Formato de Archivo de Imagen Etiquetado)
TIRS:	Thermal Infrared Sensor (Sensor Infrarrojo Térmico)
TM:	Thematic Mapper (Mapeador Temático)
TOA:	Top Of Atmosphere (Parte Superior de la Atmósfera)
USGS:	United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)
WGS:	World Geodetic System (Sistema Geodésico Mundial)



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Ilave, provincia El Collao, departamento de Puno, con el objetivo de analizar multitemporalmente la relación de la expansión urbana con el crecimiento poblacional de la ciudad entre los años de 1993 a 2022, teniendo como planteamiento del problema que en los últimos años, la extensión del entorno urbano continuo creciendo, dando lugar a la aparición de nuevas zonas urbanas debido a la migración y la tasa de crecimiento poblacional, lo que resultó en un crecimiento desordenado por la ausencia de una planificación adecuada por parte de las autoridades municipales, la metodología utilizada consistió en el uso de Corine Land Cover adaptada para el Perú, se analizaron 6 clases de cobertura y los datos obtenidos fueron sometidos al análisis estadístico KAPPA. Los datos de población y crecimiento urbano fueron analizados mediante el coeficiente de correlación de Spearman, los resultados mostraron un área de incremento de 104.12 hectáreas para el año 1993 y un área de 524.069 hectáreas para el año 2022, lo que representó un incremento significativo en el periodo analizado, así mismo, la población aumentó en 9346 habitantes. Al analizar los resultados de las clasificaciones supervisadas mediante el coeficiente KAPPA, se alcanzó un nivel de exactitud "casi perfecta", con coeficientes que fluctuaron entre 0.876 y 0.967, al correlacionar la expansión urbana con el crecimiento poblacional mediante la correlación de Spearman, se encontró un grado de relación de 1.000**, indicando una relación lineal y positiva, la indicación de ** denotó significancia estadística adicional, concluyendo que la expansión urbana y el crecimiento poblacional tienen una estrecha relación.

Palabras Clave: Cobertura Terrestre Corine, Crecimiento demográfico, Sistema de Información Geográfica, Teledetección, Urbanización.



ABSTRACT

The present research work was carried out in the city of Ilave, El Collao province, department of Puno, with the objective of multi-temporally analyzing the relationship of urban expansion with the population growth of the city between the years from 1993 to 2022, taking as statement of the problem that in recent years, the extension of the urban environment continued to grow, giving rise to the appearance of new urban areas due to migration and the population growth rate, which resulted in disordered growth due to the absence of planning adequate by the municipal authorities, the methodology used consisted of the use of Corine Land Cover adapted for Peru, 6 types of coverage were analyzed and the data obtained were subjected to KAPPA statistical analysis. The population and urban growth data were analyzed using the Spearman correlation coefficient, the results showed an area of increase of 104.12 hectares for the year 1993 and an area of 524,069 hectares for the year 2022, which represented a significant increase in the analyzed period, likewise, the population increased by 9,346 inhabitants. When analyzing the results of the supervised classifications using the KAPPA coefficient, an "almost perfect" level of accuracy was reached, with coefficients that fluctuated between 0.876 and 0.967, when correlating urban expansion with population growth using Spearman's correlation, it was found a degree of relationship of 1,000**, indicating a linear and positive relationship, the indication of ** denoted additional statistical significance, concluding that urban expansion and population growth have a close relationship.

Keywords: Corine Land Cover, Population growth, Geographic Information System, Remote sensing, Urbanization.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolla en 4 capítulos que exploran los aspectos esenciales vinculados con la expansión urbana de la ciudad de Ilave, un fenómeno de gran trascendencia en el desarrollo urbano, especialmente en un contexto marcado por el crecimiento demográfico y transformaciones en el uso del suelo.

El Capítulo I, inicia con el planteamiento del problema que surge ante la necesidad de comprender el fenómeno de la expansión urbana en la ciudad de Ilave. Se plantea la hipótesis y justificación del estudio donde resalta la importancia de abordar este fenómeno, mientras que se delinear los objetivos de la investigación, tanto general como específicos.

El Capítulo II, se enfoca en la revisión exhaustiva de la literatura, presentando antecedentes a nivel internacional, nacional y local que contextualizan el problema de la expansión urbana. Se exploran conceptos teóricos esenciales como ciudades, planificación urbana y análisis multitemporal.

El Capítulo III, proporciona un detallado desglose de los materiales y métodos utilizados en la investigación. Se describe la zona de estudio, incluyendo su ubicación política y geográfica, así como los materiales, equipos y software empleados. La metodología de la investigación se explica minuciosamente, abarcando el diseño de investigación, el método estadístico utilizado y los procedimientos específicos para alcanzar los objetivos planteados.

El Capítulo IV, presenta los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior. Se discuten los hallazgos correspondientes a



cada uno de los objetivos específicos, respaldados por pruebas estadísticas que validan los resultados. Finalmente, se ofrece una discusión que interpreta los resultados a la luz de la literatura revisada, concluyendo con recomendaciones para futuras investigaciones y la gestión urbana.

En resumen, este estudio de investigación ofrece un análisis minucioso de la expansión urbana de la ciudad de Ilave, empleando herramientas de percepción remota y análisis estadístico para un mejor entendimiento de este fenómeno y para brindar información relevante para la planificación y gestión urbana.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ciudad de Ilave, se ha experimentado un notable crecimiento urbano en las últimas décadas, lo que ha ocasionado cambios significativos en el uso del suelo y una expansión demográfica evidente. Sin embargo, este crecimiento ha sido desorganizado y poco supervisado debido a la falta de estrategias de desarrollo bien definidas y a la ausencia de una planificación urbana eficiente. La carencia de planes por parte de las autoridades locales ha contribuido a esta situación. La migración de personas de las zonas rurales hacia la zona urbana, a menudo sin la debida orientación, junto con la tasa de crecimiento poblacional ha provocado una expansión urbana caótica y desordenada. Esta expansión se caracteriza por la ausencia de una estructura organizativa que asegure un desarrollo sostenible para todos los habitantes.

El aumento exponencial de la población a nivel mundial y la expansión continua de las áreas urbanas ejercen un impacto significativo en la superficie del suelo, generando amenazas potenciales para la fertilidad del suelo y la preservación de las reservas de agua subterránea, lo cual podría tener consecuencias adversas para las futuras poblaciones (Changa & Tamayo, 2023). En el Perú, la urbanización y litoralización se han acentuado



debido a las migraciones internas. Para el 2007, el 75.9% de la población vivía en áreas urbanas, mientras que el 24.1% residía en zonas rurales, durante el periodo de 1993 a 2007, la población urbana aumentó en 5 352 101 habitantes, mientras que la rural apenas creció en 18 837 habitantes, además el número de ciudades con más de 200 mil habitantes pasó de 9 a 13 en el mismo período, por lo tanto, se reconoce como desafío principal abordar la rápida urbanización del país (Escobedo, 2013). Se destaca la urgencia crítica de abordar de manera sostenible los desafíos derivados de la expansión urbana y su impacto en el uso del suelo a nivel global, se requiere una planificación urbana estratégica y sostenible que considere la eficiencia en el uso del suelo, la conservación de áreas verdes y la mitigación de la huella ambiental, además, es esencial adoptar enfoques innovadores que promuevan la resiliencia urbana y la coexistencia armoniosa entre el desarrollo urbano y la preservación de los ecosistemas naturales, la búsqueda de soluciones equitativas y sostenibles se vuelve imperativa para garantizar un futuro habitable y equilibrado para las generaciones venideras (Monclús & Díez, 2018).

En consecuencia, se utilizará los sistemas de información geográfica como una herramienta esencial en el análisis y procesamiento de datos, se empleará imágenes satelitales LANDSAT y Google Earth para realizar un estudio multitemporal de la ciudad de Ilave. Estas imágenes serán procesadas empleando la metodología Corine Land Cover adaptada para el contexto peruano, a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad. Esto posibilitará la identificación y comprensión de los cambios a lo largo del tiempo que han influido en la transformación del espacio geográfico de la ciudad de Ilave.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Es posible analizar de manera multitemporal la relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave utilizando la metodología Corine Land Cover durante el período de 1993 a 2022?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el área de la expansión urbana durante el período de 1993 a 2022, determinada mediante la metodología Corine Land Cover a través el método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad?
- ¿Cuál es la correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

- La relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave utilizando la metodología Corine Land Cover durante el período de 1993 a 2022 puede ser analizada de manera multitemporal.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad es adecuada para determinar el área de la expansión urbana en la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.



- Existe correlación significativa entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio reviste una importancia crucial en el contexto del desarrollo urbano y el bienestar de la población. En primer lugar, comprender los patrones y las dinámicas de crecimiento urbano, permite identificar áreas de intervención prioritarias para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Al analizar cómo la migración rural y la tasa de crecimiento influyen en la expansión de la ciudad de Ilave, se pueden diseñar políticas y estrategias más efectivas para gestionar este fenómeno, asegurando una distribución equitativa de recursos y servicios básicos.

Además, la falta de planificación y la dispersión de la urbanización pueden tener consecuencias negativas en términos de degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, contaminación del agua, entre otros aspectos. Al comprender mejor estas implicaciones, se pueden implementar medidas de mitigación y adaptación que promuevan un desarrollo urbano más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, beneficiando tanto a la población actual como a las generaciones futuras. Por último, el estudio de la expansión urbana en la ciudad de Ilave proporciona una base para la formulación de políticas y planes de desarrollo urbano más efectivos y acordes a las necesidades de la población. Al contar con información detallada sobre los patrones de crecimiento urbano, las autoridades locales pueden tomar decisiones más informadas y orientadas hacia la creación de ciudades seguras y habitables para todos sus residentes. En definitiva, este estudio contribuye a mejorar la calidad de vida de la población de Ilave y a promover un desarrollo urbano más equitativo y sostenible.



En la actualidad, los asentamientos humanos a nivel mundial están experimentando un incremento en la tasa de crecimiento urbano que supera cualquier periodo histórico registrado, esta tendencia ha sido estrechamente vinculada a diversos movimientos migratorios, cuyo principal polo ha sido las áreas urbanas, impulsados por una serie de factores socioeconómicos, este fenómeno refleja una dinámica global en la que las ciudades se posicionan como centros de oportunidades económicas y sociales, atrayendo a poblaciones en busca de mejores perspectivas de empleo, educación y calidad de vida (López, 2023). El enfoque de estudio, basado en el análisis multitemporal de imágenes de satélite LANDSAT, ha demostrado su eficacia en numerosas investigaciones, generando resultados positivos en este campo específico, la aplicabilidad de esta metodología se ha destacado, ya que permite la identificación y cuantificación de las áreas de crecimiento urbano, este método no solo se revela como una herramienta valiosa para entender la dinámica demográfica a lo largo del tiempo, sino que también proporciona una visión detallada y cuantificable de la expansión urbana y sus implicaciones en el entorno, la capacidad de observar de manera integral los cambios en la distribución y densidad de la población a través de imágenes satelitales LANDSAT ofrece una perspectiva única y enriquecedora para la comprensión de patrones demográficos y su relación con el desarrollo urbano (van Maarseveen et al., 2018).

La importancia de este estudio radica en su objetivo de comprender la relación entre el crecimiento poblacional y la expansión urbana. Esto es fundamental para tomar buenas decisiones en la planificación del desarrollo urbano y el uso del suelo.



1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

- Analizar multitemporalmente la relación de la expansión urbana con el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave mediante la metodología Corine Land Cover entre los años de 1993 a 2022.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el área de la expansión urbana utilizando la metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad entre los años de 1993 a 2022.
- Determinar la correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Canelón et al., (2018), en la investigación titulada “Análisis multitemporal del crecimiento de la ciudad de Arauca, departamento Arauca, Colombia” efectuaron un análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Arauca durante las últimas tres décadas. La metodología empleada consistió en el uso del programa ArcGis 10.2 que facilitó la definición de zonas urbanas. Luego, calculó la extensión territorial y la población utilizando el software Statistix 8.0. Se aplicó un modelo de regresión lineal, revelando que entre los años 1988 y 2018, la ciudad experimentó un crecimiento de 738.12 hectáreas y un aumento poblacional de 55 638 habitantes. Se calculó que el espacio necesario para el crecimiento urbano en los próximos 20 años sería de 395.79 hectáreas. Si se mantuviera el mismo patrón de crecimiento poblacional y espacial observado entre 1978 y 2018, la superficie requerida para la expansión urbana en las próximas dos décadas sería de 395.39 hectáreas, con una confiabilidad $R^2 = 0.95$. La ciudad de Arauca creció espontáneamente durante ese período, se situó en una zona geográfica de alto riesgo debido a las inundaciones causadas por el aumento del nivel del río Arauca. La disponibilidad limitada de espacio para construcción demanda una cuidadosa planificación y ordenamiento territorial.

Según Suárez (2020), en la investigación titulada “Análisis multitemporal de la expansión urbana de acuerdo con el aumento de la densidad poblacional del



municipio de Chía para los años 1991, 2003 y 2018” determinó la crecida de la zona urbana y cambios generales del uso del suelo y la densidad de población. La metodología consistió en el análisis mediante Corine Land Cover, aplicando técnicas convencionales para clasificar imágenes de LANDSAT y combinando resultados con datos censales de población. Los resultados obtenidos indicaron un aumento significativo en la población a nivel urbano, mostrando un crecimiento de 32 220 habitantes entre 1993 y 2005, seguido de un incremento de 31 657 habitantes entre 2005 y 2018. Asimismo, se tuvo un incremento de 671.796 has en suelo urbano desde 1991 a 2018. En cuanto a las densidades poblacionales estimadas, se observa que el crecimiento urbano está relacionado positivamente con el marcado aumento de la población, ya que la densidad de población urbana aumentó de 192 habitantes por kilómetro cuadrado a 339.

Según Rana & Sarkar (2021), en la investigación titulada “Prediction of urban expansion by using land cover change detection approach” el estudio se enfoca en utilizar técnicas de modelado geoespacial para analizar los cambios en la cobertura del suelo en el municipio de Pabna, Bangladesh. La metodología consiste en una clasificación de imágenes satelitales en base a los modelos de Cellular Automata Markov y Multi-Layer Perceptron Markov, para proyectar la cobertura terrestre en 2023 y 2028. El análisis comparativo mostró que el Multi-Layer Perceptron Markov fue el modelo más adecuado, con un valor KAPPA de 0.83. Los resultados muestran un incremento significativo en el área urbana de 3.39 a 8.79 kilómetros cuadrados entre 1998 y 2018, con una expansión urbana principalmente hacia el noreste. Además, se proyecta que el área construida aumentará a 11.01 kilómetros cuadrados en 2023 y 12.44 kilómetros cuadrados en 2028. El mapa de cobertura del suelo futuro indica una expansión urbana hacia



el noreste. Este análisis proporciona información útil para los planificadores urbanos al cuantificar el crecimiento urbano bajo distintas condiciones de cobertura del suelo, lo que les permite preparar estrategias adecuadas para la gestión urbana.

Según Shabrina et al. (2023), en la investigación titulada “Analysis of the Correlation Between Urban Development and Population with the Urban Heat Island Phenomenon in South Jakarta City” investigaron la relación entre la densidad poblacional, el desarrollo urbano y la temperatura superficial, con un enfoque específico en el fenómeno de la isla de calor urbana. La metodología consistió en el uso de imágenes LANDSAT 8 OLI correspondientes a los años 2016 y 2021, utilizando un muestreo aleatorio estratificado. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación bivariada de Pearson y se llevaron a cabo análisis de regresión múltiple para profundizar en la relación entre las variables estudiadas. Los resultados indicaron que la densidad poblacional en el año 2021 se estimó en 16 262.92 habitantes por kilómetro cuadrado, en comparación con 15 484.37 habitantes por kilómetro cuadrado en 2016. El coeficiente de correlación entre el terreno urbanizado y la población para el año 2016 y 2021 fue de 0.38 y 0.77 respectivamente. Concluyeron que la zona sur de Yakarta experimenta un rápido crecimiento poblacional y expansión urbana, convirtiéndose en una metrópolis en desarrollo. Se ha observado que el aumento de la población en esta área tiene un impacto directo en la temperatura superficial de la ciudad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Vergara (2018), en la investigación titulada “Análisis del cambio de cobertura y uso de la tierra del distrito de Pucará - provincia de Jaén



departamento Cajamarca, utilizando imágenes de satélite periodo 2000-2017” examinó las modificaciones en la cobertura y el uso del suelo en el distrito de Pucará utilizando imágenes satelitales. La metodología implicó la obtención de información temática y cartográfica proveniente del Gobierno Regional de Cajamarca, con la descarga de imágenes LANDSAT 5 y 8. Se procedió a identificar el tipo de cobertura presente en el área de estudio y a desarrollar un mapa de cobertura correspondiente al año 2000. Se llevó a cabo una evaluación de exactitud mediante la creación de una matriz de confusión y el análisis del índice KAPPA. Utilizando la información del área de cobertura y el mapa de uso del suelo, se definieron las categorías pertinentes relacionadas con tejido urbano continuo, cultivos de transición, bosque bajo abierto, bosque de alta densidad y tierra desnuda. Los resultados arrojaron un cambio de uso del suelo de 10 202.28 hectáreas. La categoría que experimentó el mayor cambio fue la tierra desnuda, con un aumento de 512.27 hectáreas, el área urbana tuvo un incremento de 174.11 hectáreas. El cálculo del Índice KAPPA de 0.93 para el año 2000, indicando una fuerza de concordancia casi perfecta. Asimismo, se obtuvo un Índice KAPPA de 0.95 para el año 2017, también caracterizado como casi perfecto en términos de fuerza de concordancia. La exactitud del mapa para el año 2000 es del 95.72%, y para el año 2017 se elevó a un 96.55%, lo cual indica un nivel muy bajo de error en la clasificación de cobertura. Estos resultados resaltan la confiabilidad del análisis y señalan una transformación sustancial en la cobertura del área estudiada. Concluye que la expansión territorial, la agricultura expansiva y la erosión son los factores fundamentales que impulsan el cambio en el uso del suelo.

Según Huaman (2022), en su trabajo titulado “Escenarios de crecimiento urbano mediante análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de suelo



del distrito de Lurigancho - Lima - Perú” analizó la evolución del cambio de cobertura y uso del suelo (CUS) en la región de Lurigancho entre 1986 y 2018. La aplicación de la metodología CLC en Perú demostró ser eficaz y fiable al emplear el algoritmo Random Forest en un proceso de clasificación supervisada. Este método permitió analizar 11 categorías diferentes de cobertura y uso del suelo. Los resultados de este estudio muestran que el Cambio de Uso del Suelo (CUS) cubrió un área total de 10 474.91 hectáreas durante el lapso de tiempo entre 1986 y 2018. Además, se observó un incremento de 2913.09 hectáreas en el área urbana. Asimismo, mediante el método CLC mostraron una exactitud global superior al 95% al evaluar imágenes satelitales correspondientes a los años 1986, 1998, 2013 y 2018. Además, los valores del índice KAPPA fueron de 0.9644, 0.9450, 0.9749 y 0.9702, respectivamente, indicando una elevada concordancia entre las clasificaciones predichas y las observadas en cada periodo analizado. Concluyendo que el método CLC junto con los programas ArcGIS, ENVI y R Studio son las herramientas efectivas para analizar CUS.

Según Chihuan et al. (2023), en su trabajo titulado “Analysis of urban expansion and its relationship with climate change in Huancayo 1969-2019” examinaron la relación entre la expansión urbana y el cambio climático en Huancayo. La metodología consistió en el uso de datos meteorológicos del SENAMHI, datos demográficos del INEI e imágenes satelitales, aplicando el modelo de correlación de Pearson. Los resultados muestran que la temperatura promedio aumentó en 1.87 °C, mientras que la precipitación anual acumulada se mantuvo constante. La población urbana aumentó en 316 698 habitantes mientras que la rural disminuyó en 41 850 habitantes. En relación con el cambio de uso de suelo, se observa que la extensión de la zona urbana aumentó a 6036.52 has,



6810.27 has, 7306.65 has, 7949.34 has y 8060.33 has, respectivamente, en los años 1990, 1997, 2007, 2014 y 2018. Por otro lado, la superficie agrícola experimentó un crecimiento a 172 202.57 has, 176 389.66 has, 179 200.97 has, 180 305.99 has y 180 826.81 has durante los mismos años. Por otro lado, la zona forestal mostró una disminución a 178 788.70 has, 172476.08 has, 168 897.16 has, 166 827.47 has y 166 107.75 has en los años mencionados. Se encontró un fuerte vínculo entre las variables de temperatura y crecimiento urbano, con un coeficiente de correlación de 0.646 y un coeficiente de determinación (R^2) de 0.45. En el caso de las zonas urbanas, se empleó la prueba de Spearman debido a que implicaba una correlación no paramétrica. Esta prueba reveló una relación indirecta con un valor de p menor a 0.1 y un nivel de confianza del 99%, demostrando una relación perfecta con un coeficiente de correlación de -1 y un coeficiente de determinación (R^2) de 1. Concluyeron que es necesario una planificación urbana y regulación, el cambio climático tendrá graves consecuencias. Es crucial implementar medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático en la planificación urbana.

Según Huaraca & Socorro (2023), “El crecimiento urbano y los cambios de cobertura vegetal de la Loma Manchay en el periodo 1986-2022, Lima” tuvieron como propósito investigar la relación entre el crecimiento urbano y los cambios en la cobertura vegetal de la Loma Manchay. Recopilaron datos sobre desarrollo vegetal, distribución de vegetación, urbanización y población. Emplearon una metodología aplicada con un enfoque cuantitativo y pruebas estadísticas de correlación de Rho de Spearman para analizar la relación entre estas variables. Los datos de cobertura vegetal fueron derivados de imágenes satelitales LANDSAT, mostrando un aumento de 1.457 km² entre 1986 y 2022



mediante el uso del índice de vegetación normalizada (NDVI). Además, para el año 2022, el grado de urbanización llegó a 0.669 km². Por otro lado, el crecimiento poblacional, determinado a través de censos nacionales, aumentó en 128 329 habitantes desde 1986 a 2022. Los resultados revelaron correlaciones significativas, mostrando una relación inversa entre la presencia de cobertura vegetal y el crecimiento urbano dando un coeficiente de correlación de Spearman de -0.7, mientras que la ausencia de vegetación mostró una relación directa con el aumento urbano dando un coeficiente de correlación de Spearman de 0.716. Concluyeron que a medida que la urbanización crece, las áreas cubiertas por vegetación disminuyen, y al mismo tiempo, aumentan las áreas sin vegetación. Estos hallazgos sugieren la importancia de considerar estas relaciones en la planificación urbana y ambiental.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Carrillo & Choquehuanca (2019), en la investigación titulada “Análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Puno mediante Imágenes satelitales, en los años 1980 – 2017”, llevaron a cabo un análisis de la dinámica de la expansión urbana de la ciudad de Puno durante el periodo comprendido entre los años 1980 y 2017. La metodología utilizada para determinar el crecimiento urbano de la ciudad consistió en emplear imágenes satelitales de LANDSAT. Para ello, se aplicaron técnicas de vectorización visual y clasificación supervisada en el proceso de análisis. Entre 1980 y 2017, la expansión urbana abarcó 1149.3881 hectáreas, con un promedio anual de 31.0645 hectáreas. Los resultados de la prueba t de Student, con niveles de significancia de $\alpha = 0.01$ y $\alpha = 0.05$, indicaron que el proceso de crecimiento urbano es estadísticamente igual al emplear dos métodos de clasificación. Además, se



observó una correlación significativa y positiva entre el crecimiento poblacional y el crecimiento espacial urbano, medida mediante el coeficiente de Pearson, con un valor de 0.947, destacando una conexión significativa entre ambos aspectos. Mediante el método de Kendall y Spearman, se logró un coeficiente de correlación de 1, indicando una correlación positiva perfecta, y la exactitud temática alcanzó niveles prácticamente perfectos. El coeficiente KAPPA varió entre 0.87 y 0.99, y la exactitud global se situó en un rango del 89.81% al 99.02%. En relación con los errores de omisión y comisión, el error promedio de omisión para la clase de área urbana fue del 7.02%, mientras que el error de comisión fue del 2.15%.

Según Anahua (2020), en la investigación titulada “Modelamiento dinámico espacial del crecimiento urbano mediante autómatas celulares en el periodo 1974 al 2065 de la ciudad de Puno” predijo el crecimiento urbano de Puno, debido a la migración de población rural asentada en áreas urbanas, debido a la falta de una planificación adecuada y la falta de difusión de la planificación urbana. La metodología, se empleó un modelo de autómatas celulares para estudiar la dinámica espacial del crecimiento urbano y determinar los factores físicos espaciales que influyen en dicho crecimiento. En el proceso de modelado, se utilizaron mapas correspondientes a los años 1974 a 2019 como variables dinámicas, revelando que el área de la ciudad experimentó un incremento de 1436 hectáreas a lo largo de este periodo. Basándose en este análisis, los factores fundamentales que influyeron en el crecimiento urbano fueron la pendiente del terreno, la litoestratigrafía, la accesibilidad a vías principales y servicios. La verificación del modelo de simulación se realizó en 2019 para validar la exactitud y la aplicabilidad, el resultado se derivó mediante un análisis de similitud difusa, donde se estableció un umbral del 70% de similitud para una matriz de 5 x 5



celdas. Este valor se interpreta como una dinámica espacial aceptable según los resultados del modelo, el área urbana medida en 2019 se toma como modelo de simulación para el año 2065 según el peso de la evidencia obtenida del modelado. El análisis de correlación de pesos de evidencia, que involucra el cálculo de la asociación espacial, mostró que, en una única asociación de variables, el valor de Cramer es de 0.5461, y en la incertidumbre conjunta de información (Joint Uncertainty) es de 0.4090. Según el modelo, se concluye que las áreas de Totorani, Patallani, Urus Chulluni, Mi Perú, Jayllihuaya e Ichu tienen mayores probabilidades de urbanización.

Según Castillo (2022), en la investigación titulada “Efecto del crecimiento poblacional urbano y el impacto ambiental por el uso de suelo, en el centro poblado de Buena Vista - Pomata – Chucuito - Puno 2020” investigó el crecimiento de la población urbana y su influencia en el entorno ambiental debido al uso del suelo en el año 2020. El enfoque metodológico se centró en el análisis de imágenes satelitales obtenidas de LANDSAT, SAS Planet. Además, se llevó a cabo una evaluación del impacto ambiental del uso del suelo provocado por el crecimiento poblacional, utilizando el método simplificado de CONESA y considerando una muestra de 82.20 hectáreas. Los resultados censales señalan un marcado incremento poblacional, evidenciando un aumento de 1011 habitantes y 164 viviendas entre 2007 y 2020. Respecto al uso del suelo, se observa una disminución en las tres primeras categorías (bofedales, cuerpos de agua y pastizales), equivalente a 61 200 metros cuadrados, mientras que se registra un incremento en las dos últimas clasificaciones (suelo agrícola y áreas urbanas), que representan 67 000 metros cuadrados. Concluye que, en términos de impacto



ambiental, las tres primeras categorías de uso del suelo presentan un impacto moderado, mientras que las dos últimas muestran un impacto ambiental severo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Ciudades

La ciudad representa un entorno excepcionalmente dinámico y lleno de vida, donde convergen diversos elementos que abarcan lo social, económico y cultural, su caracterización va más allá de meros números demográficos, explorando aspectos tan diversos como la configuración arquitectónica urbana, la prestación de servicios públicos esenciales, la movilidad eficiente, y la interacción diaria entre sus habitantes (Goytia & Martínez, 2020).

Además de ser un espacio residencial, la ciudad emerge como un epicentro vital de oportunidades, ofreciendo una amplia gama de posibilidades en términos laborales, educativos y recreativos, dando forma a un tejido social intrincado y multifacético (Goytia & Martínez, 2020).

2.2.2. Expansión urbana

La expansión urbana es el crecimiento territorial de las áreas urbanas, marcado por la expansión de la infraestructura y la ocupación de tierras antes no urbanizadas, este fenómeno afecta tanto áreas periféricas como centrales de las ciudades, generando cambios en el uso del suelo y teniendo impactos significativos en el entorno, la calidad de vida y la sostenibilidad regional, la relación entre la expansión urbana y el desarrollo sostenible a menudo se percibe como excluyente, manifestándose especialmente en la franja urbano-rural, donde



se observan transformaciones directas que afectan la sostenibilidad de la región (Cahe & de Prada, 2022).

La expansión de las áreas urbanas tiene consecuencias negativas tanto para las condiciones ecológicas como para la calidad de vida, especialmente en las zonas periféricas de las ciudades latinoamericanas, este crecimiento provoca la degradación del entorno, la aparición de comunidades marginales y suburbios, y una reducción en la probabilidad de interacciones sociales (Molina et al., 2020).

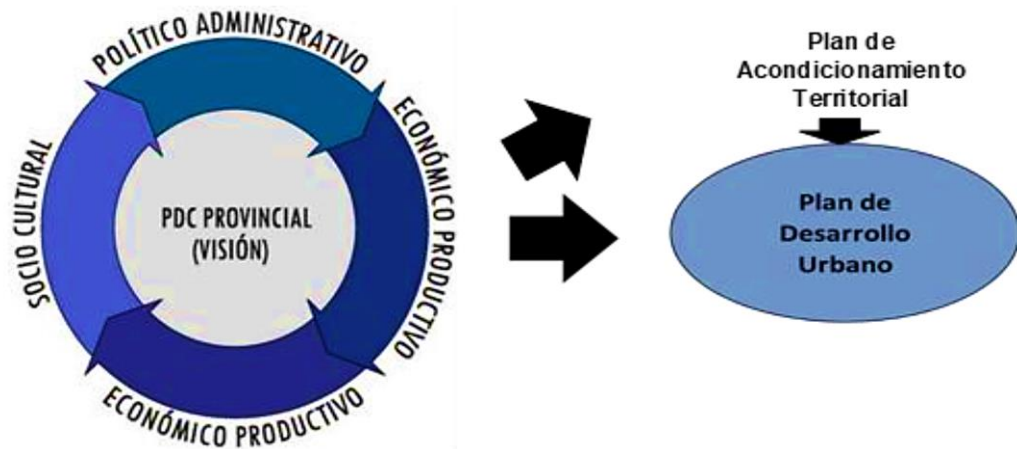
2.2.3. Plan de desarrollo urbano

Esta herramienta sirve como medio para gestionar y fomentar el desarrollo urbano, estableciendo estrategias para el crecimiento sostenible de los centros urbanos, como herramienta de gestión, el urbanismo debe ser lo bastante flexible para adaptarse a los cambios dinámicos e imprevistos de una realidad en constante evolución (MVCS, 2021).

El plan urbanístico se desarrolla a través de un amplio proceso participativo, con el objetivo de formar un acuerdo social cohesionado, este proceso implica el establecimiento de pactos y compromisos entre los diversos agentes públicos y privados implicados en el desarrollo de los centros urbanos (MVCS, 2021).

Figura 1

Elaboración del PDU



Nota: muestra la elaboración del Plan de Desarrollo Urbano (MVCS, 2021).

2.2.4. Crecimiento poblacional

La dinámica demográfica de una población se caracteriza por cambios en la cantidad a lo largo de un periodo específico, reflejando aumentos, disminuciones o estabilización, el método habitual para medir este cambio es a través de la tasa de crecimiento anual, este fenómeno es de gran interés en la comunidad académica, y en él participan demógrafos, economistas, sociólogos y otros profesionales del campo de la planificación del desarrollo, el número de poblaciones situadas en un territorio específico también se ve afectado por el número de nacimientos, muertes y movimientos relativos a la población mencionada, lo que influye en su tamaño total (Hernández, 2022).

2.2.5. Análisis multitemporal

Los estudios multitemporales constituyen un enfoque espacial especializado que se lleva a cabo mediante la comparación de interpretaciones de coberturas en diversas representaciones, como imágenes satelitales, mapas o fotografías aéreas, capturadas en distintos momentos a lo largo del tiempo en una

misma área geográfica, este método posibilita la evaluación minuciosa de las transformaciones que han ocurrido en las coberturas del suelo, las cuales han sido clasificadas anteriormente, logrando determinar la evolución del entorno natural o las consecuencias derivadas de la intervención humana en ese entorno, estos estudios multitemporales se erigen como una herramienta altamente efectiva en la comparación y estimación de los cambios que han tenido lugar en un periodo temporal específico (García & Hachi, 2022).

2.2.6. Imágenes satelitales

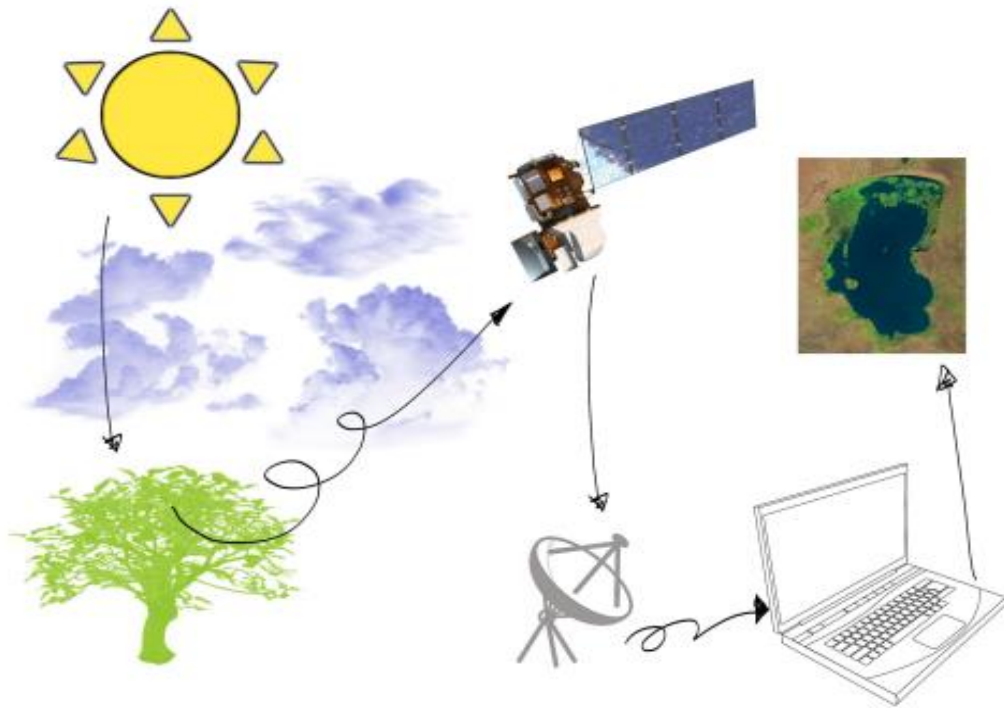
Una imagen satelital se obtiene mediante la captura de información a través de un sensor, siendo esencialmente una fotografía de gran tamaño y a todo color en términos de resolución de píxeles, esta representación visual proviene de un dispositivo ubicado en el espacio aéreo, generalmente administrado por la NASA u otra entidad especializada, la clasificación de estas imágenes se puede dar en base a la resolución espacial, y estas imágenes proporcionan información espacial para el seguimiento de las características de la superficie terrestre (Dellepiane, 2018).

2.2.7. Percepción remota

La percepción remota, también conocida como teledetección, trata de una disciplina que se centra en la obtención de datos e información sobre elementos específicos sin requerir la presencia física cercana, utilizando para ello técnicas y tecnologías avanzadas de captura y análisis de datos a distancia, este enfoque permite explorar y comprender diversos aspectos del entorno natural o construido, facilitando la obtención de datos valiosos sin la necesidad de intervención directa en el lugar de interés (León & Garavito, 2020).

Figura 2

Esquema de percepción remota



Nota: muestra el esquema de la percepción remota (Andreu et al., 2021).

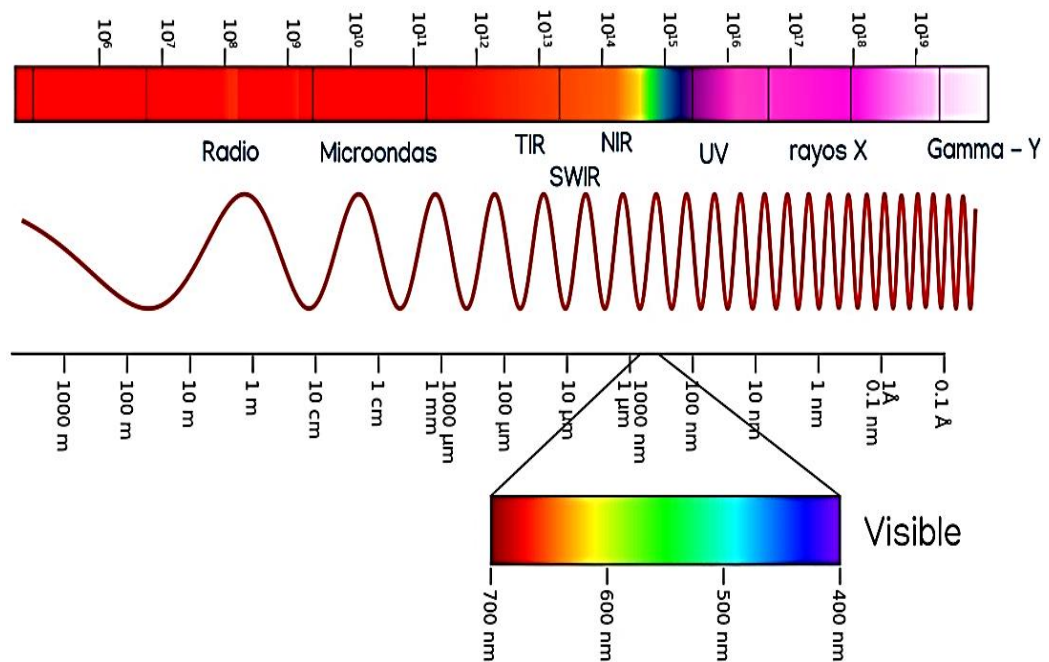
2.2.8. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético abarca desde la radiación de baja energía y baja frecuencia, que se desplaza en ondas largas (como las ondas de radio y las microondas), hasta la radiación de alta energía y alta frecuencia que se desplaza en ondas cortas (como los rayos X y los rayos gamma) (Andreu et al., 2021).

El espectro electromagnético es continuo, en muchos casos se divide en bandas para facilitar la detección y análisis, dentro de las cuales la radiación exhibe comportamientos similares, estas divisiones permiten comprender mejor las características particulares de cada rango de frecuencia y energía en el espectro electromagnético (Andreu et al., 2021).

Figura 3

Espectro Electromagnético



Nota: muestra el espectro electromagnético caracterizadas por sus longitudes de onda (Andreu et al., 2021).

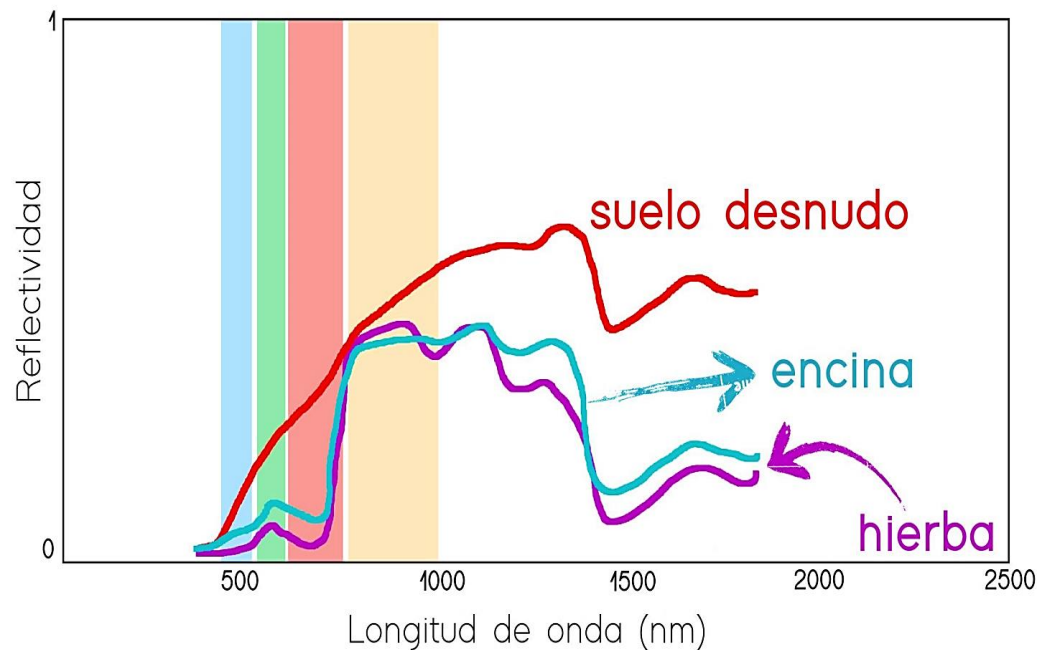
2.2.9. Firma espectral

Las firmas espectrales exhiben el espectro de radiancia específico de cada elemento presente en la superficie terrestre. Cada objeto tiene una respuesta a la radiación reflejada, absorbida y transmitida (Geoinnova, 2021).

Las firmas espectrales son únicas para cada superficie y estado, desempeña un papel esencial en la discriminación y clasificación de usos del suelo, materiales y el estado de crecimiento de la vegetación, su capacidad para proporcionar información detallada hace que sea una herramienta valiosa en diversos campos, desde estudios medioambientales hasta planificación urbana y gestión del territorio (Andreu et al., 2021).

Figura 4

Gráficos de firmas espectrales de hierba, encina y suelo desnudo



Nota: muestra las firmas espectrales de hierba, encina y suelo desnudo (Andreu et al., 2021).

2.2.10. Satélite LANDSAT

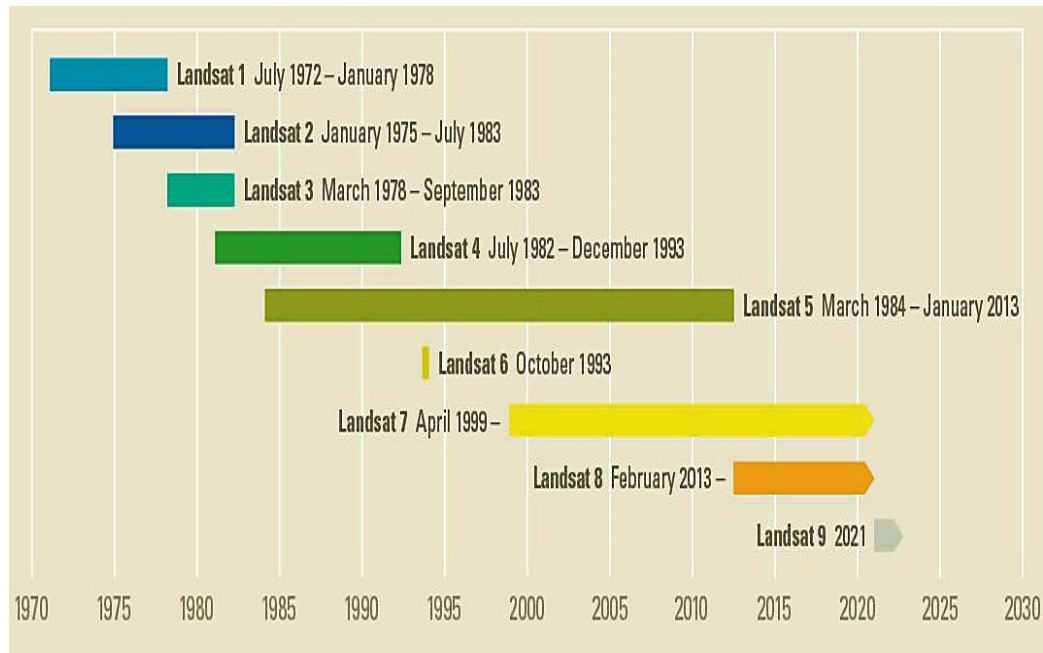
La misión LANDSAT se compone de ocho satélites operativos de observación de la Tierra, los cuales emplean sensores remotos para adquirir información detallada sobre nuestro planeta, a partir de la década de 1960, las comunidades científicas y de teledetección se han dedicado a llevar a cabo estas tareas en beneficio de la humanidad (U.S. Geological Survey, 2019).

El 23 de julio de 1972, se lanzó el Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (ERTS-1), posteriormente renombrado como LANDSAT 1, LANDSAT 2, LANDSAT 3 y LANDSAT 4 se lanzaron en 1975, 1978 y 1982 respectivamente, el lanzamiento de LANDSAT 5 en 1984 comenzó a proporcionar datos de alta calidad a nivel global sobre la superficie terrestre, sin embargo LANDSAT 6 no logró alcanzar la órbita en 1993, los satélites

LANDSAT restantes se lanzaron con éxito, LANDSAT 7 en 1999, LANDSAT 8 en 2013 y LANDSAT 9 en septiembre de 2021 (U.S. Geological Survey, 2019).

Figura 5

Cronología de las misiones LANDSAT



Nota: muestra la cronología de las misiones LANDSAT (U.S. Geological Survey, 2019).

2.2.11. Escáner Multiespectral LANDSAT 1-5 (MSS)

Los satélites LANDSAT incluyen 4 bandas espectrales con una resolución espacial de 60 metros, la dimensión aproximada de la escena es de 170 kilómetros de norte a sur y 185 kilómetros de este a oeste (106 millas por 115 millas), las designaciones de bandas específicas varían de LANDSAT 1-3 a LANDSAT 4-5 (U.S. Geological Survey, 2018).

Tabla 1

Características LANDSAT 1-5 Multispectral Scanner (MSS)

LANDSAT 1-3	LANDSAT 4-5	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 4 - Verde	Banda 1 - Verde	0.5-0.6	60
Banda 5 - Rojo	Banda 2 - Rojo	0.6-0.7	60
Banda 6 - Infrarrojo Cercano (NIR)	Banda 3 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.7-0.8	60
Banda 7 - Infrarrojo Cercano (NIR)	Banda 4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.8-1.1	60

Nota: la tabla muestra las características LANDSAT 1-5 Multispectral Scanner (MSS) (U.S. Geological Survey, 2018).

2.2.12. Mapeador Temático LANDSAT 4-5 (TM)

Cuenta con un conjunto de siete bandas espectrales que poseen una resolución espacial de 30 metros, aplicada específicamente a las bandas 1 a 5 y 7, las dimensiones aproximadas de la escena abarcan 170 kilómetros en sentido norte-sur y 183 kilómetros de este a oeste (equivalentes a 106 millas por 114 millas), la alta resolución espacial en las bandas espectrales seleccionadas amplifica nuestra capacidad para analizar y comprender de manera exhaustiva el entorno geoespacial, proporcionando valiosa información para una variedad de aplicaciones, desde la monitorización del medio ambiente hasta la planificación territorial (U.S. Geological Survey, 2018).

Tabla 2

Características LANDSAT 4-5 Thematic Mapper (TM)

LANDSAT 4-5	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Azul	0.45-0.52	30
Banda 2 - Verde	0.52-0.60	30
Banda 3 - Rojo	0.63-0.69	30
Banda 4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.76-0.90	30
Banda 5 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 1	1.55-1.75	30
Banda 6 - Térmica	10.40-12.50	120 (30)
Banda 7 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 2	2.08-2.35	30

Nota: la tabla muestra las características LANDSAT 4-5 Thematic Mapper (TM) (U.S. Geological Survey, 2018).

2.2.13. Mapeador Temático Mejorado LANDSAT 7 Plus (ETM+)

Incluyen 8 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas 1 a 7, la banda 8 (pancromática) tiene una resolución de 15 metros, todas las bandas pueden compilar una de las dos configuraciones de ganancia (alta o baja) para maximizar la sensibilidad radiométrica y rango dinámico, mientras que la banda 6 reúne tanto la ganancia alta como la baja para todas, las dimensiones aproximadas son de 170 kilómetros de norte a sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 millas por 114 millas) (U.S. Geological Survey, 2018).

Tabla 3

Características LANDSAT 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

LANDSAT 7	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Azul	0.45-0.52	30
Banda 2 - Verde	0.52-0.60	30
Banda 3 - Rojo	0.63-0.69	30
Banda 4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.77-0.90	30
Banda 5 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 1	1.55-1.75	30
Banda 6 - Térmica	10.40-12.50	60 (30)
Banda 7 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 2	2.09-2.35	30
Banda 8 - Pancromática	0.52-0.90	15

Nota: la tabla muestra las características LANDSAT 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) (U.S. Geological Survey, 2018).

2.2.14. LANDSAT 8-9 Operational Land Imager (OLI)

Incluyen 9 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas 1 a 7 y 9, la banda 1 (ultra azul) se puede utilizar para estudios costeros y de aerosoles, la nueva banda 9 se puede utilizar para detectar cirros, la banda 8 (pancromático) tiene una resolución de 15 metros, las bandas térmicas 10 y 11 son útiles para obtener datos de temperatura superficial más precisos a una distancia de 100 metros, las dimensiones aproximadas de la escena son de 170

kilómetros de norte a sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 millas por 114 millas) (U.S. Geological Survey, 2018).

Tabla 4

Características de LANDSAT 8-9 Operational Land Imager (OLI)

LANDSAT 8-9	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1 - Aerosol Costero	0.43-0.45	30
Banda 2 - Azul	0.45-0.51	30
Banda 3 - Verde	0.53-0.59	30
Banda 4 - Rojo	0.64-0.67	30
Banda 5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.85-0.88	30
Banda 6 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 1	1.57-1.65	30
Banda 7 - Infrarrojos de Onda Corta (SWIR) 2	2.11-2.29	30
Banda 8 - Pancromática	0.50-0.68	15
Banda 9 - Cirro	1.36-1.38	30

Nota: la tabla muestra las características LANDSAT 8-9 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) (U.S. Geological Survey, 2018).

2.2.15. Corrección atmosférica

La corrección atmosférica es un procedimiento fundamental aplicado a las imágenes satelitales, es esencial mitigar o eliminar los efectos perturbadores

asociados con la información espectral captada por los sensores en las plataformas espaciales (Paz, 2018).

Tiene como finalidad mejorar la calidad de la imagen al reducir las distorsiones atmosféricas, permitiendo una representación más precisa de la superficie terrestre, la confiabilidad de la información obtenida mediante tecnología satelital (GIS&BEERS, 2018b).

Figura 6

Corrección Atmosférica en LANDSAT 8



Nota: muestra la corrección atmosférica en LANDSAT 8 (GIS&BEERS, 2018b).

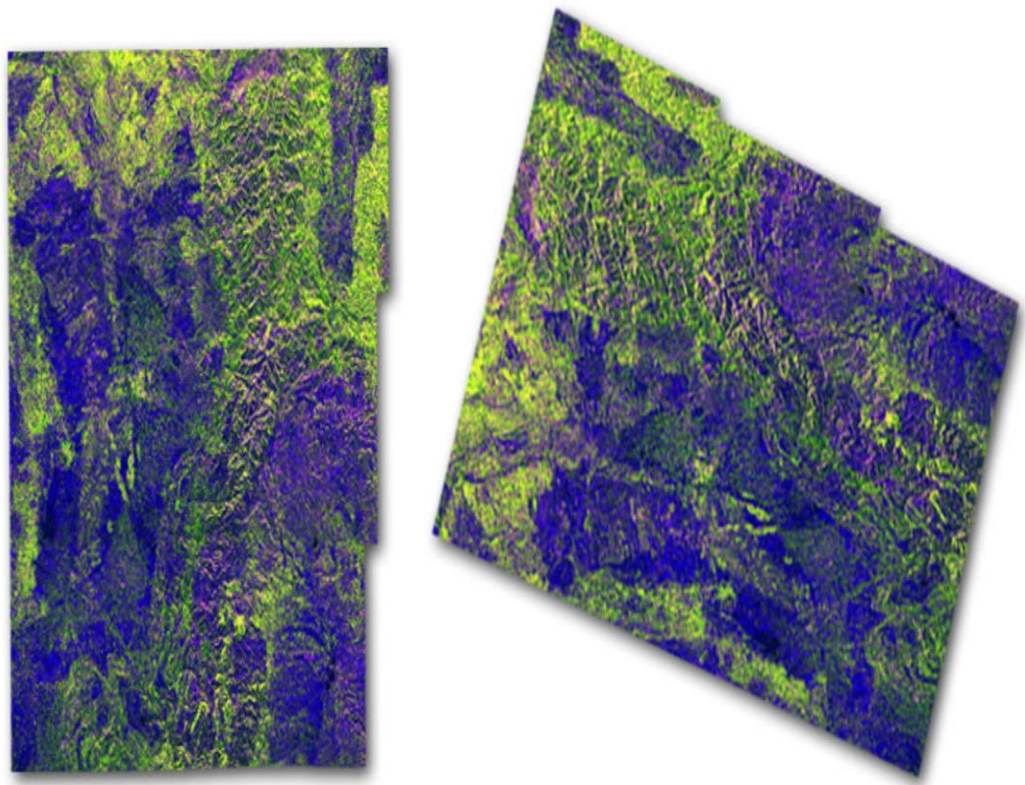
2.2.16. Corrección geométrica

La corrección geométrica es un proceso destinado a posicionar la imagen en la zona territorial correcta y eliminar distorsiones en la imagen, para llevar a cabo esta corrección, se emplean diversas técnicas como la identificación de puntos de control, el manejo de efemérides, modelos digitales de elevación (DEM)

o remuestreos de píxeles, estas metodologías se aplican con el objetivo de garantizar la precisión espacial de la imagen y corregir cualquier desplazamiento o deformación que pueda haberse producido durante la adquisición de datos (GIS&BEERS, 2018b).

Figura 7

Corrección Geométrica de una imagen satelital



Nota: muestra la corrección geométrica de una imagen satelital Sentinel (GIS&BEERS, 2018b).

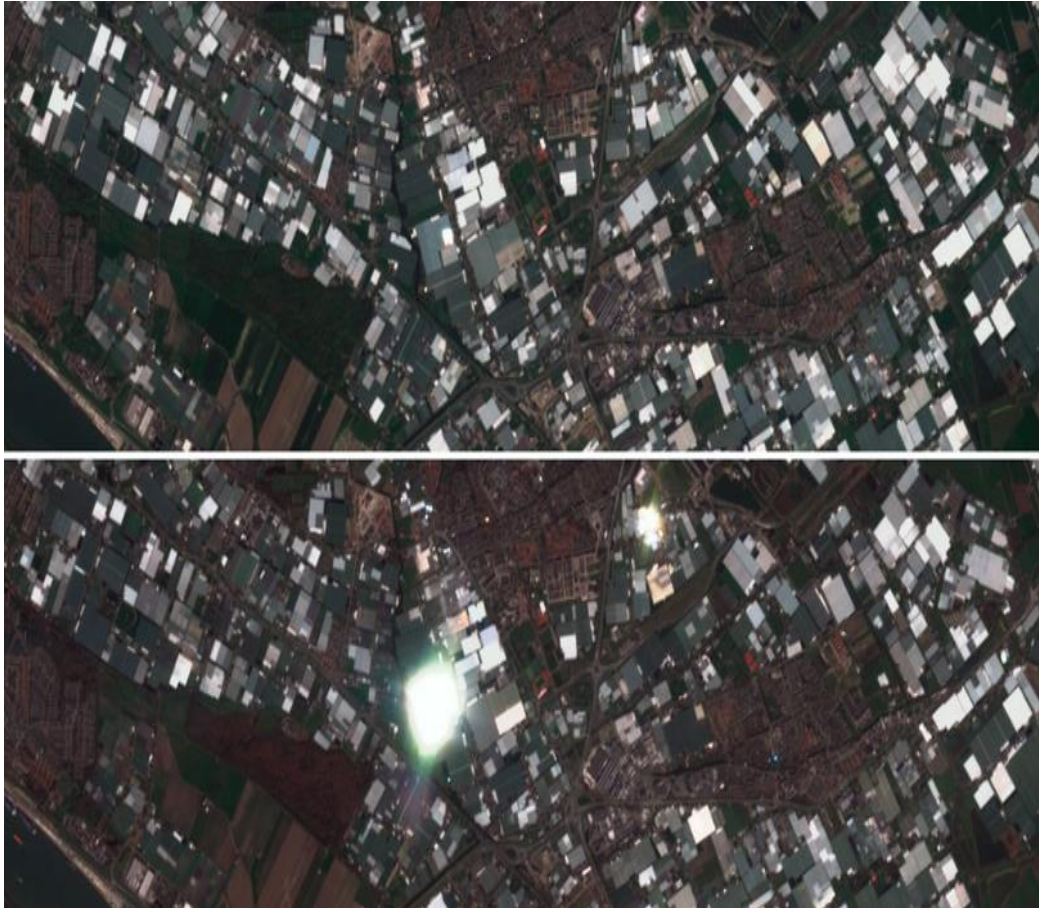
2.2.17. Corrección radiométrica

La corrección radiométrica es un método de procesamiento utilizado en imágenes satelitales para obtener valores de intensidad uniformes, este proceso implica el equilibrio del histograma o la corrección de defectos presentes en los píxeles, con el objetivo de mejorar la consistencia y la calidad de la información radiométrica en la imagen, es imprescindible para poder comparar imágenes

captadas en diferentes tiempos y bajo diferentes condiciones climáticas, y calcular valores de índice confiables (PIX4D, 2019).

Figura 8

Corrección Radiométrica de una imagen satelital



Nota: muestra la corrección radiométrica de una imagen satelital (GIS&BEERS, 2018a).

2.2.18. Clasificación supervisada de Máxima Probabilidad

En la clasificación supervisada, el usuario elige muestras representativas para cada categoría de cobertura terrestre en la imagen digital, el método de Máxima Probabilidad opera bajo la suposición de que la información sigue una distribución normal y, posteriormente, asigna la probabilidad de que un píxel específico pertenezca a una clase determinada (NASA, 2018).



Este enfoque busca realizar asignaciones de clase basadas en la probabilidad máxima, utilizando la información estadística de las muestras seleccionadas, el píxel se le da de esta manera a la clase que es más factible que se asiente, este procedimiento es posible que se use de manera automática, o es posible que se establecieran ciertos parámetros que posibiliten asociar los pixeles a una clase únicamente si la probabilidad que se le asigne es mayor a un cierto límite (NASA, 2018).

2.2.19. Metodología Corine Land Cover

La Metodología Corine Land Cover tuvo su origen en Europa en la década de 1990 con el objetivo principal de estandarizar las categorías de clasificación de la cobertura del suelo para todos los países de la región, el Ministerio del Ambiente (MINAM), en cumplimiento de sus funciones y competencias relacionadas con el Ordenamiento Territorial, emitió la Resolución Ministerial, que aprueba la Guía Metodológica para la elaboración de los Instrumentos Técnicos Sustentatorios para el Ordenamiento Territorial, hace referencia al estudio de análisis de los cambios de la cobertura y uso de la tierra, y actualmente se están elaborando guías de procedimiento metodológico que contemplan la inclusión del uso de Corine Land Cover, con el propósito de contar con bases que incorporen la utilización de la metodología en los distintos estamentos del Estado Peruano (Valdivia, 2018).

Tabla 5

Categorías de cobertura de la tierra Corine Land Cover

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo
	1.2. Áreas industriales e infraestructura	1.2.1. Áreas industriales o comerciales
		1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
		1.2.3. Áreas portuarias
		1.2.4. Aeropuertos
		1.2.5. Obras hidráulicas
		1.2.6. Infraestructura petrolera
	1.3. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos y escombreras	1.3.1. Áreas de extracción de minería e hidrocarburos
		1.3.2. Áreas de disposición de residuos
	1.4. Áreas verdes artificializadas, no agrícolas	1.4.1. Áreas verdes urbanas
		1.4.2. Instalaciones recreativas



NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
2. Áreas agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1.1. Otros cultivos transitorios
		2.1.2. Cereales
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas
		2.1.4. Hortalizas
		2.1.5. Tubérculos
	2.2. Cultivos permanentes	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos
		2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos
		2.2.4. Cultivos agroforestales
		2.2.5. Cultivos confinados
	2.3. Pastos	
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales		



NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
		3.1.1. Bosque denso bajo
		3.1.2. Bosque abierto bajo
		3.1.3. Bosque denso alto
	3.1. Bosques	3.1.4. Bosque abierto alto
		3.1.5. Bosque fragmentado
		3.1.6. Bosque Ripario
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.2. Bosques plantados	3.2.1. Plantación Foresta
		3.3.1. Herbaza
		3.3.2. Arbustal
		3.3.3. Vegetación secundaria o en transición
	3.3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustivo	3.3.4. Vegetación arbustiva / herbácea
		3.3.5. Arbustal / área intervenida
		3.3.6. Herbazal / área intervenida
		3.3.7. Arbustal-Herbazal / área intervenida



NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
		3.4.1. Áreas arenosas naturales
		3.4.2. Afloramientos rocosos
	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
		3.4.4. Áreas quemadas
		3.4.5. Glaciares
		3.4.6. Salares
		4.1.1. Áreas pantanosas
	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales
4. Áreas húmedas		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
		4.2.1. Pantanos costeros
	4.2. Áreas húmedas costeras	4.2.2. Salitral
		4.2.3. Sustratos y sedimentos expuestos en bajamar
		5.1.1. Ríos (50 m)
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales permanentes
	5.1. Aguas continentales	5.1.3. Lagunas, lagos y ciénagas naturales estacionales
5. Superficies de Agua		5.1.4. Canales
		5.1.5. Cuerpos de agua artificiales
		5.2.1. Lagunas costeras
	5.2. Aguas costeras	5.2.2. Mares y océanos
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Nota: la tabla muestra las categorías de cobertura de la tierra Corine Land Cover (MINAM, 2015)

2.2.20. Índice KAPPA

El índice KAPPA es una medida que compara los resultados de la clasificación con valores asignados por azar, este valor varía entre 0 y 1, donde 0 indica una falta de concordancia entre la clasificación y los datos de referencia, mientras que 1 indica una concordancia perfecta (Manterola et al., 2018).

Tabla 6

Matriz de confusión para dos observadores

		Método B		Total
		Positivo	Negativo	
Método A	Positivo	a	c	f1
	Negativo	b	d	f2
Total		c1	c2	n

Nota: se muestra la matriz de confusión para dos observadores (Manterola et al., 2018).

La fórmula para calcular el índice de concordancia KAPPA esta dado de la siguiente manera:

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Donde:

k= coeficiente KAPPA

P_0 = proporción de concordancia esperada

P_e = proporción esperada por azar



La proporción de concordancia esperada está dada por la siguiente formula:

$$P_o = \frac{a + d}{n}$$

Donde:

P_o = proporción de concordancia esperada o exactitud global

a = verdadero positivo

d = verdadero negativo

n = total de datos

La proporción esperada por azar está dada por la siguiente formula:

$$P_e = \frac{(f_1 * c_1) + (f_2 * c_2)}{n^2}$$

Donde:

P_e = proporción esperada por azar

f_1 = sumatoria de la fila 1

f_2 = sumatoria de la fila 2

c_1 = sumatoria de la columna 1

c_2 = sumatoria de la columna 2

n = total de datos

Tabla 7

Valoración del índice de KAPPA

KAPPA (k)	GRADO DE ACUERDO
< 0.01	No acuerdo
0.01 - 0.20	Ninguna o escaso
0.21 - 0.40	Regular o razonable
0.41 - 0.60	Moderado
0.61 - 0.80	Substancial
0.81 - 1.00	Casi perfecto

Nota: se muestra la valoración del índice de KAPPA (Manterola et al., 2018).

2.2.21. Coeficiente de correlación de Spearman

La prueba de correlación de Spearman se emplea como una estadística no paramétrica, especialmente cuando al menos una de las variables no sigue una distribución normal, su objetivo es evaluar el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas u ordinales (X, Y), determina la fuerza y dirección de esta asociación a través del cálculo del coeficiente de correlación, cuyos valores oscilan en el intervalo de [-1, +1], un coeficiente cercano a 1 indica una fuerte asociación, mientras que valores próximos a cero sugieren una relación débil o inexistente (Mayorga, 2022).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s = Coeficiente de correlación de Spearman

n = Número de observaciones

d = Diferencias de rangos entre variables X y Y



Tabla 8

Valoración del grado de correlación de Spearman

RANGO	SIGNIFICADO
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa débil
0.00	No existe correlación
+0.01 a +0.10	Correlación positiva débil
+0.11 a +0.50	Correlación positiva media
+0.51 a +0.75	Correlación positiva considerable
+0.75 a +0.90	Correlación positiva muy fuerte
+0.91 a +1.00	Correlación positiva perfecta

Nota: muestra la escala para interpretar el coeficiente de correlación de Spearman (Mayorga, 2022).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES, EQUIPOS Y SOFTWARES

3.1.1. Materiales

- Hojas bond Millenium de 75 gr tamaño A4
- Libreta Topográfica
- 12 lapiceros
- 03 correctores
- 04 resaltadores

3.1.2. Materiales Web

- Mas de 120 escenas LANDSAT

3.1.3. Equipos

- Computadora Ryzen 5
- GPS Navegador Garmin Map 64s
- Impresora Multifuncional MFCT920DW
- Cámara Fotográfica 7k Pentax Mx Lente 50 F 1.7

3.1.4. Softwares

- ArcMap 10.5 (versión de prueba)
- AutoCAD Civil 3D 2021 (licencia estudiantil)
- QGIS 3.14 (software libre)
- IBM SPSS 25.0 (versión de prueba)



3.2. ZONA DE ESTUDIO

3.2.1. Ubicación política

El desarrollo de esta investigación tuvo como lugar en:

- Departamento: Puno
- Distrito: El Collao
- Provincia: Ilave
- Ciudad: Ilave

3.2.2. Ubicación geográfica

La ciudad de Ilave colinda con los siguientes límites:

- Norte: Distrito de Acora y provincia de Puno
- Sur: Distrito de Juli
- Este: Lago Titicaca y distrito de Pilcuyo
- Oeste: Distrito de Acora y Juli

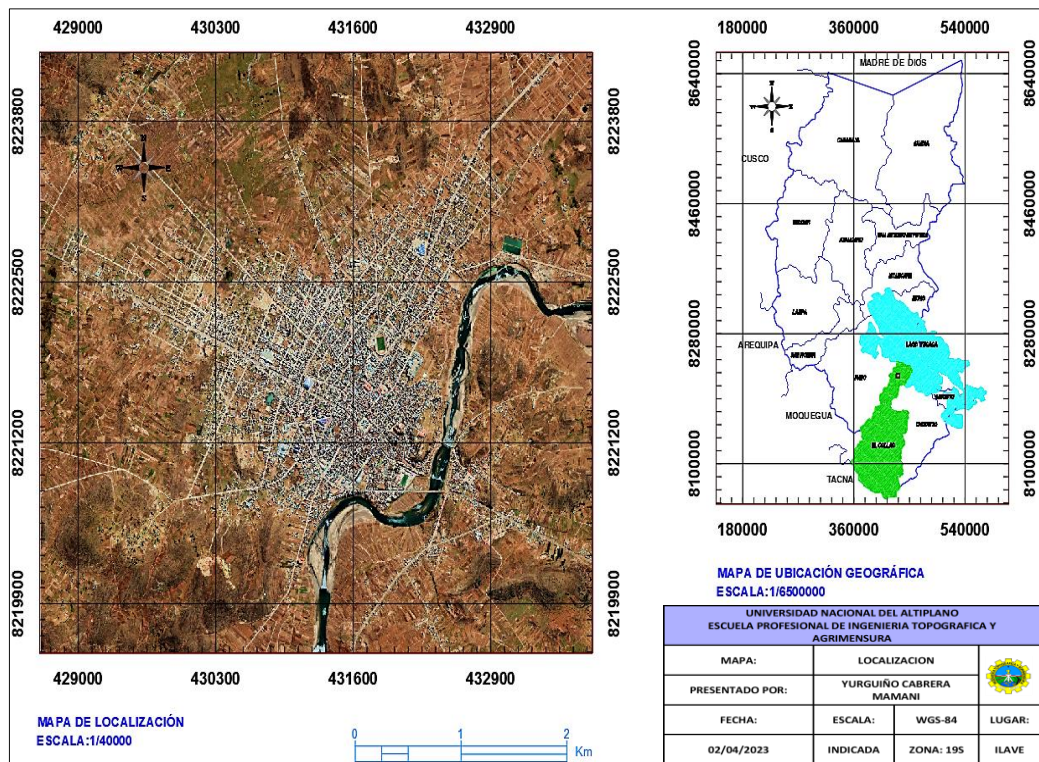
3.2.3. Ubicación por coordenadas UTM

WGS84 en la zona 19 S

- Norte: 8222381.00 m
- Este: 432046.00 m

Figura 9

Mapa de ubicación de la zona de estudio



Nota: la figura muestra el mapa de la ubicación de la ciudad de Ilave.

3.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Nivel de investigación

Es de naturaleza descriptivo y correlacional, ya que tiene como objetivo evaluar la relación o nivel de asociación entre dos o más variables.

3.3.2. Tipo de investigación

El estudio actual adopta un enfoque analítico, siendo retrospectivo y de corte longitudinal. En términos de metodología, se clasifica como cuantitativo, ya que su objetivo es verificar la hipótesis a través de la recopilación y análisis de datos numéricos.



3.3.3. Diseño de investigación

Su diseño es no experimental, ya que implica la recopilación y procesamiento de datos provenientes de imágenes de satélite LANDSAT para deducir y determinar la expansión urbana, sin la manipulación directa de las variables de estudio.

3.4. MÉTODO ESTADÍSTICO

En el presente estudio, se emplea el coeficiente KAPPA de Cohen para la fiabilidad de los mapas resultantes. Y el método de correlación de Spearman para evaluar la relación entre las variables. En el marco de la investigación, se establece un nivel de confianza del 95% y un margen de error muestral del 5%.

3.4.1. Variable de estudio

a) Variable dependiente

La variable dependiente es la expansión urbana de la ciudad de Ilave medida en hectáreas.

b) Variable independiente

La variable independiente es la población de la ciudad de Ilave medida en número de habitantes.

3.4.2. Población y muestra

a) Población

La población de estudio es la ciudad de Ilave durante el período comprendido entre 1993 y 2022.

b) Muestra

La muestra de estudio comprende los datos de los censos poblacionales del INEI y las imágenes satelitales LANDSAT que cubren el área total de la ciudad de Ilave entre los años 1993 y 2022.

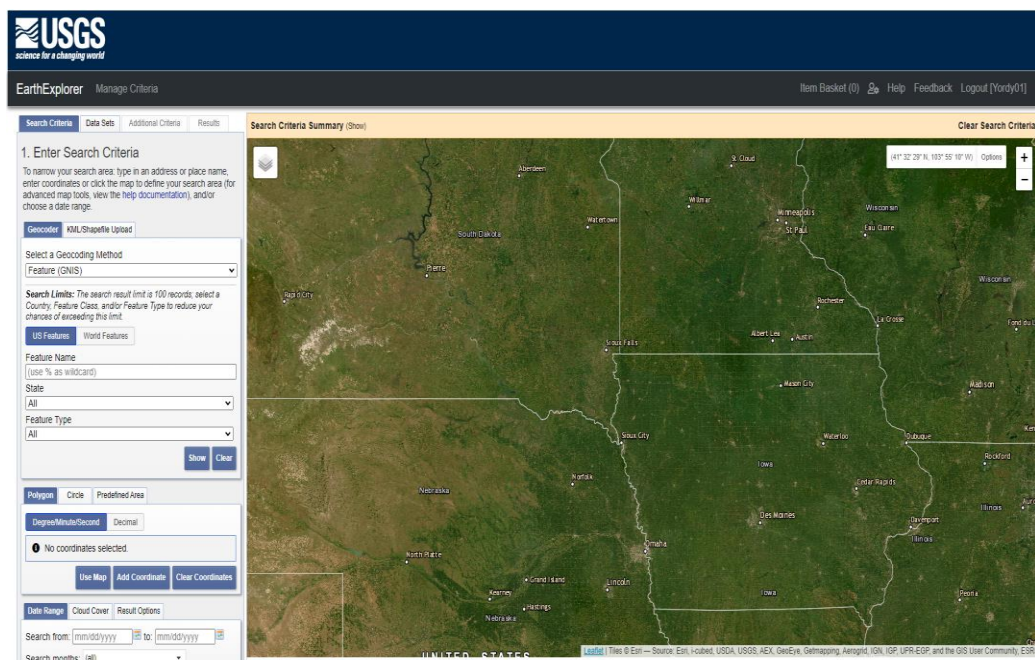
3.5. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

3.5.1. Recopilación y adquisición de imágenes LANDSAT

Se emplearon imágenes satelitales de LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ y LANDSAT 8 OLI/TIRS para obtener información sobre la cobertura terrestre, estas imágenes están disponibles gratuitamente en el formato TIFF del servidor USGS (United States Geological Survey), correspondiente a la ciudad de Ilave.

Figura 10

Plataforma de USGS (United States Geological Survey)



Nota: la figura muestra la plataforma USGS (United States Geological Survey)

3.5.2. Ubicación de la Zona de estudio

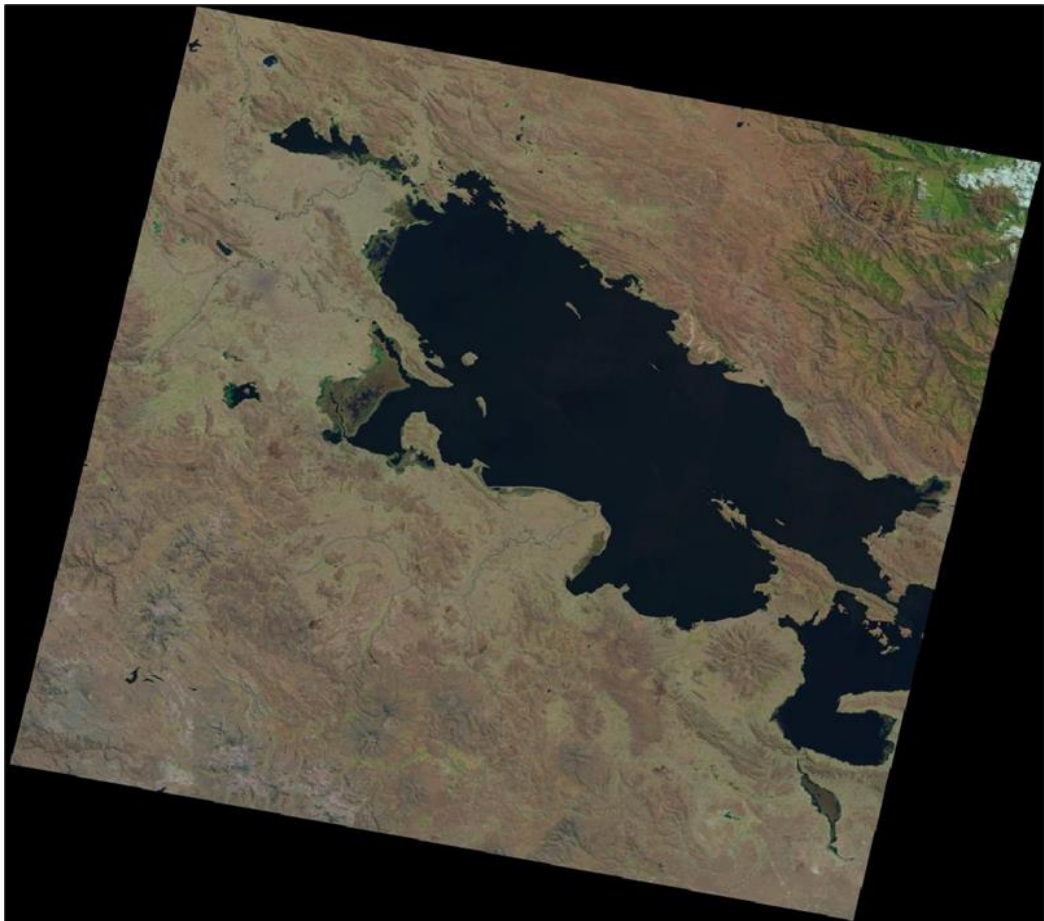
La región de investigación abarca a la escena LANDSAT Path 02 y Row 71 de la Colección 2, Nivel-2.

Se eligieron imágenes que cumplieran con criterios de ausencia de distorsiones radiométricas, geométricas y atmosféricas, y que presentaran un máximo del 15% de cobertura de nubes y sombras en la zona de investigación.

La plataforma USGS suministra datos LANDSAT en su forma “cruda”, reflectancia de superficie y una gama de productos listos para utilizar.

Figura 11

Imagen satelital LANDSAT



Nota: imagen satelital LANDSAT 8: LC08_L2SP_002071_20220817_20230402_02_T1



Tabla 9

Lista de imágenes satelitales LANDSAT

AÑO	SENSOR	ESCENA
1993	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19930825_20200913_02_T1
1994	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19940812_20200913_02_T1
1995	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19950831_20200912_02_T1
1996	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19960801_20200911_02_T1
1997	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19970804_20200910_02_T1
1998	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19980807_20200908_02_T1
1999	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_19990826_20200907_02_T1
2000	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20000828_20230212_02_T1
2001	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20010730_20200905_02_T1
2002	LANDSAT 7 ETM+	LE07_L2SP_002071_20020810_20200916_02_T1
2003	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20030821_20200904_02_T1
2004	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20040722_20200903_02_T1
2005	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20050810_20200902_02_T1
2006	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20060914_20200831_02_T1
2007	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20070715_20200830_02_T1
2008	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20080903_20200829_02_T1
2009	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20090821_20200827_02_T1
2010	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20100824_20200823_02_T1
2011	LANDSAT 5 TM	LT05_L2SP_002071_20110827_20200820_02_T1
2012	LANDSAT 7 ETM+	LE07_L2SP_002071_20120805_20200908_02_T1
2013	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20130816_20200913_02_T1
2014	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20140803_20200911_02_T1

AÑO	SENSOR	ESCENA
2015	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20150806_20200909_02_T1
2016	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20160808_20200906_02_T1
2017	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20170811_20200903_02_T1
2018	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20180814_20200831_02_T1
2019	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20190817_20200827_02_T1
2020	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20200803_20200915_02_T1
2021	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20210806_20210811_02_T1
2022	LANDSAT 8 OLI/TIRS	LC08_L2SP_002071_20220817_20230402_02_T1

Nota: se muestra la lista de imágenes satelitales LANDSAT utilizadas.

3.6. PROCEDIMIENTO PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Para determinar el área de la expansión urbana utilizando la metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad entre los años de 1993 a 2022.

La delimitación de la zona de investigación se llevó a cabo en la plataforma USGS, utilizando imágenes de los satélites LANDSAT 5, 7 y 8. Se descargaron escenas satelitales clasificadas como categoría 2 y nivel 2.

3.6.1. Niveles de clasificación Corine Land Cover

El análisis se fundamenta en la interpretación de la cobertura terrestre utilizando imágenes de satélite LANDSAT 5, 7 y 8, las cuales fueron validadas en el terreno. La metodología utilizada fue CLC adaptado al Perú desarrollado por el MINAM y aplicado a la ciudad de Ilave. Esta metodología elabora una lista jerárquica de clasificación, donde se eligieron las categorías descritas en la tabla 10 para llevar a cabo su respectiva clasificación.

Tabla 10

Niveles de clasificación CLC seleccionados para la ciudad de Ilave

NIVEL I	NIVEL II	NIVEL III
1. Áreas artificializadas	1.1. Áreas urbanizadas	
2. Áreas agrícolas	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos
		3.4.1. Áreas arenosas naturales
3. Bosques y áreas mayormente naturales	3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)
4. Áreas húmedas	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales
5. Superficies de Agua	5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)

Nota: niveles de clasificación CLC seleccionados para la ciudad de Ilave

3.6.2. Procesamiento de imágenes satelitales

Después de descargar las imágenes satelitales LANDSAT, se llevaron a cabo las correcciones necesarias. Una de las herramientas de corrección atmosférica en el software QGIS se conoce como “plugin SCP”. La corrección atmosférica se implementa mediante el método “DOS1”, y también se puede

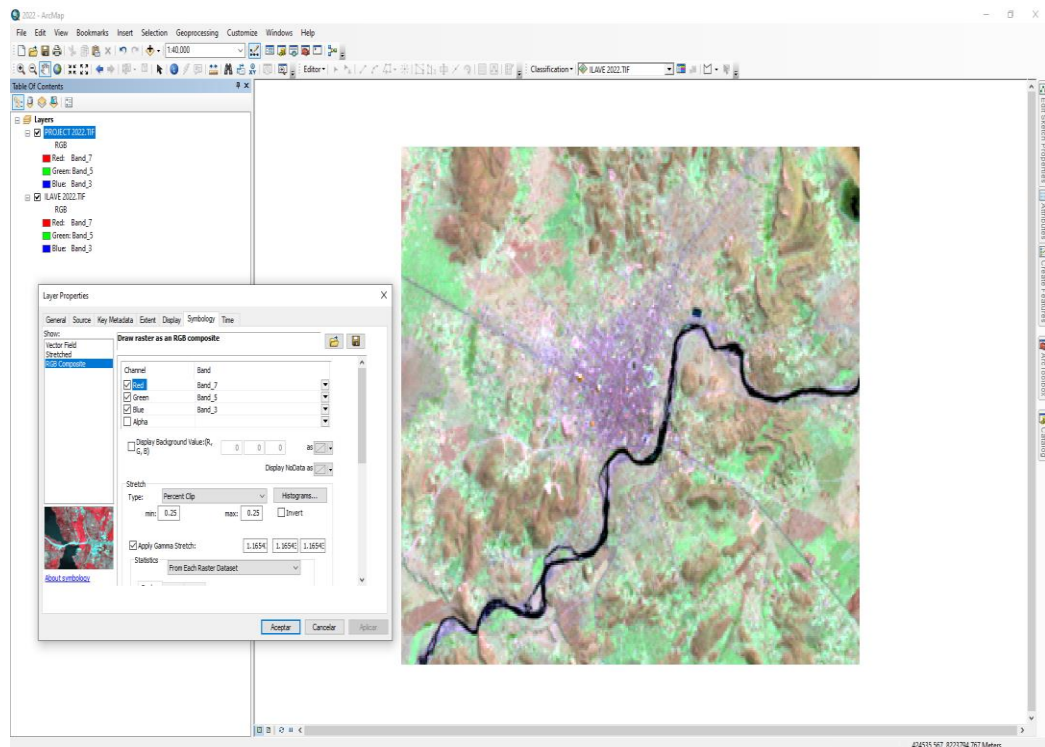
aplicar el pansharpining para mejorar la resolución, llevando todas las bandas a una resolución de 15 m.

A continuación, se empleó el software ArcGIS para fusionar las bandas corregidas. Esta combinación posibilitó que la imagen distinguiera las áreas urbanas, el suelo, la agricultura, los cuerpos de agua, entre otros, para combinar las bandas de LANDSAT 5 y 7 se utilizaron las bandas 7, 4, 2 (falso color) y para LANDSAT 8 se utilizó las bandas 7, 5, 3 (falso color) (NASA, 2018).

Una vez combinadas las bandas se proyecta la escena satelital al sistema WGS 84 / UTM-19S. Y se realizó el recorte de la imagen satelital LANDSAT según la zona de investigación.

Figura 12

Imagen satelital LANDSAT



Nota: muestra el recorte y la combinación de bandas LANDSAT 8

Luego se identifican las regiones de referencia, que son polígonos que forman muestras representativas de cada categoría de la escena. La clave es comenzar identificando categorías existentes en las imágenes LANDSAT, se identificaron las categorías Corine Land Cover utilizando las imágenes de Google Earth para los años anteriores al 2022 y solo se verificó en campo para el año 2022.

Tabla 11

Coordenadas de las regiones de referencia

NÚMERO	NORTE	ESTE	CATEGORÍA
1	8223006.462	422410.254	Áreas urbanizadas
2	8222841.584	432163.055	Áreas urbanizadas
3	8222460.445	431546.439	Áreas urbanizadas
4	8221787.266	432029.041	Áreas urbanizadas
5	8222009.517	430517.737	Áreas urbanizadas
6	8221399.251	430441.537	Áreas urbanizadas
7	8221101.465	431190.838	Áreas urbanizadas
8	8220942.715	431959.195	Áreas urbanizadas
9	8220910.964	432670.391	Áreas urbanizadas
10	8220434.725	432422.715	Áreas urbanizadas
11	8224003.824	428771.427	Mosaico de pastos y cultivos
12	8224066.921	431311.489	Mosaico de pastos y cultivos
13	8223406.254	433845.147	Mosaico de pastos y cultivos
14	8223844.685	434969.096	Mosaico de pastos y cultivos
15	8221922.521	434429.324	Mosaico de pastos y cultivos
16	8220993.835	433841.477	Mosaico de pastos y cultivos
17	8219128.244	434548.408	Mosaico de pastos y cultivos
18	8219549.175	430095.988	Mosaico de pastos y cultivos
19	8221747.897	427745.957	Mosaico de pastos y cultivos
20	8221605.754	429571.714	Mosaico de pastos y cultivos
21	8222271.125	427452.472	Áreas arenosas naturales
22	8218104.152	428261.895	Áreas arenosas naturales
23	8218580.761	429825.584	Áreas arenosas naturales
24	8218485.577	430214.524	Áreas arenosas naturales



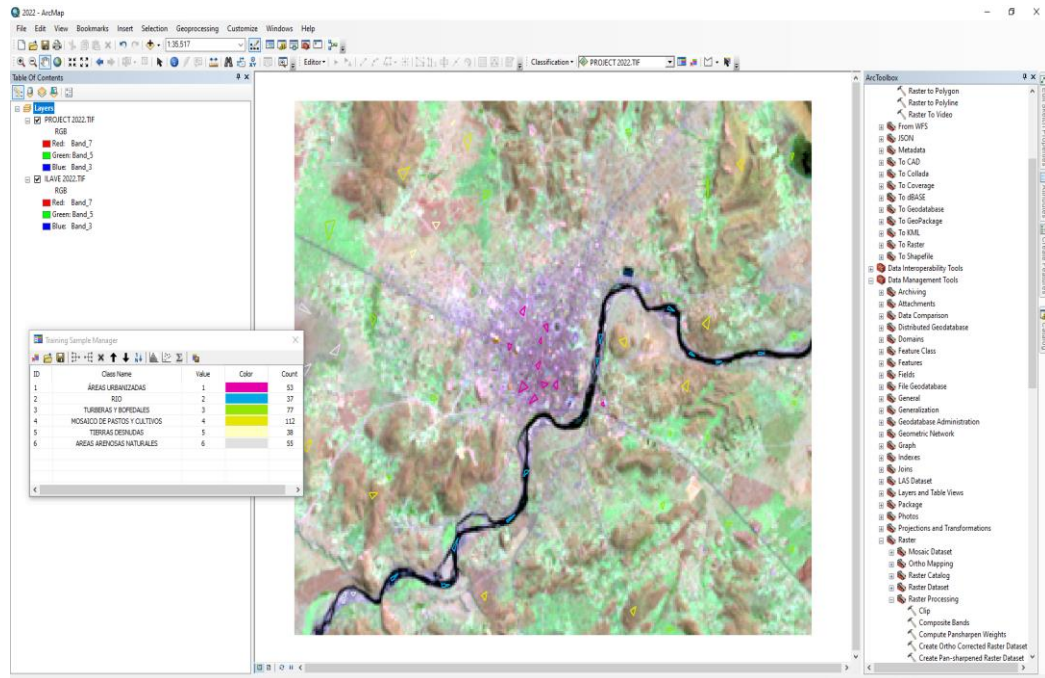
NÚMERO	NORTE	ESTE	CATEGORÍA
25	8218937.455	430326.542	Áreas arenosas naturales
26	8219300.966	430632.096	Áreas arenosas naturales
27	8219333.877	430990.025	Áreas arenosas naturales
28	8219614.147	431658.911	Áreas arenosas naturales
29	8219874.199	431235.425	Áreas arenosas naturales
30	8220579.958	431601.865	Áreas arenosas naturales
31	8224932.499	430066.547	Tierras desnudas
32	8223710.425	429617.185	Tierras desnudas
33	8222749.988	429800.355	Tierras desnudas
34	8222968.271	431610.108	Tierras desnudas
35	8223071.985	432971.555	Tierras desnudas
36	8221614.667	433495.968	Tierras desnudas
37	8219701.982	436122.532	Tierras desnudas
38	8219678.952	434249.225	Tierras desnudas
39	8220191.254	430198.025	Tierras desnudas
40	8219142.123	427454.951	Tierras desnudas
41	8219030.266	428363.003	Turberas y bofedales
42	8220164.125	428780.789	Turberas y bofedales
43	8221180.958	429767.969	Turberas y bofedales
44	8222265.463	428682.658	Turberas y bofedales
45	8224051.258	430561.045	Turberas y bofedales
46	8224950.025	433094.125	Turberas y bofedales
47	8224236.157	434457.901	Turberas y bofedales
48	8224335.005	435952.514	Turberas y bofedales
49	8220539.054	433815.821	Turberas y bofedales
50	8218514.987	432876.539	Turberas y bofedales
51	8221603.541	435784.122	Ríos
52	8221689.791	434065.014	Ríos
53	8222592.002	433030.394	Ríos
54	8221791.152	432600.712	Ríos
55	8220708.189	432295.912	Ríos
56	8219707.054	431318.008	Ríos
57	8219093.024	430318.939	Ríos
58	8218340.695	429960.163	Ríos
59	8218439.589	428997.058	Ríos
60	8224347.831	436171.422	Ríos

Nota: coordenadas de las regiones de referencia seleccionados para la ciudad de Ilave

Se crearon al menos 10 polígonos por categoría y/o subcategoría. Si los polígonos no son reconocidos de la manera correcta, pueden provocar confusión en la clasificación resultante.

Figura 13

Polígonos de regiones de referencia



Nota: muestra la creación de polígonos de las regiones de referencia de cada categoría según CLC en la ciudad de Ilave.

Se utilizó un algoritmo de clasificación supervisada de máxima probabilidad para clasificar la cobertura del suelo según la metodología CLC adaptado al Perú.

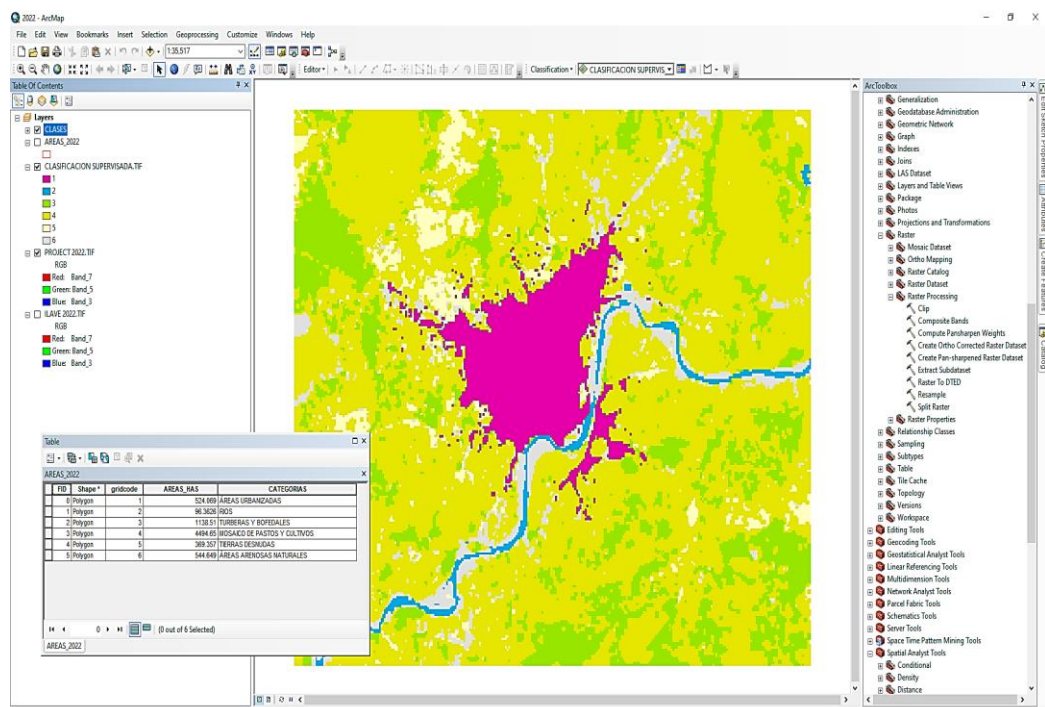
Después de asignar píxeles a diversas clases, se definen umbrales de probabilidad para que cada clase descarte píxeles con probabilidades muy bajas, evitando la clasificación errónea de píxeles en categorías a las que no pertenecen realmente.

A continuación, utilizando las regiones de referencia, llevamos a cabo la clasificación basada en los polígonos representados en la escena para obtener una representación de la zona de investigación.

Para concluir, convertimos el archivo raster (TIF) a un archivo shapefile (SHP) mediante la herramienta “Raster to Polygon”, con el propósito de obtener las áreas (ha) correspondientes a cada clase clasificada según la metodología CLC.

Figura 14

Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad



Nota: muestra la clasificación supervisada de máxima probabilidad con las respectivas áreas (ha) según la metodología CLC adaptada para el Perú.



3.7. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

3.7.1. Post-clasificación - verificación de resultados

a) Validación de resultados

En esta etapa se verifica la clasificación obtenida, para cada año clasificado, mediante la matriz de confusión y el índice KAPPA.

b) Tamaño de muestra para validación del mapa

El tamaño de la muestra se refiere al número específico de sujetos o elementos que constituyen la muestra extraída de una población, este tamaño se selecciona de manera que los datos obtenidos sean representativos y generalizables a la población completa (Sucasaire, 2022).

Para validar el mapa de clasificación CLC se utilizó la siguiente ecuación de obtención del tamaño de muestra de una población finita:

$$n = \frac{\left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}\right)}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}\right)} = 326$$

Donde:

N= tamaño de muestra

N= tamaño de la población (un total de 2106 polígonos en la clasificación CLC)

e= margen de error (5%)

z= valor asociado a la significancia (1.96)

p= probabilidad de que ocurra el evento (95%)

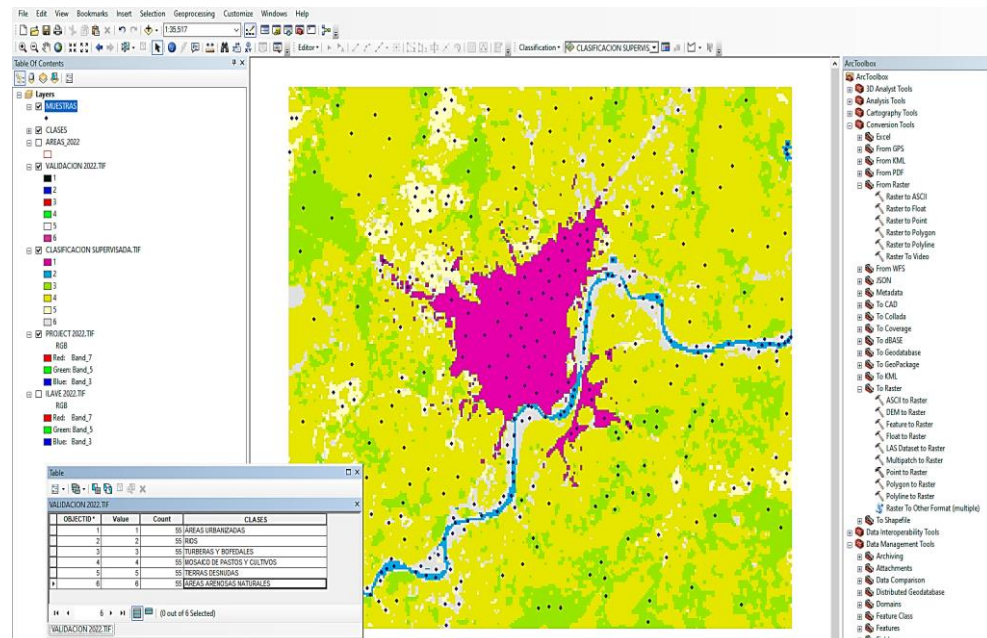
Se necesita como mínimo 326 puntos de control para realizar la validación del mapa (matriz de confusión e índice KAPPA).

c) Distribución de puntos de control mediante muestreo aleatorio

Luego de calcular el tamaño de muestra, se determinó que se necesita como mínimo 326 puntos de control para validar los mapas obtenidos. Los puntos de control son seleccionados de forma aleatoria por el programa ArcGIS en toda el área de evaluación con el fin de llevar a cabo la confiabilidad de la clasificación CLC adaptada para el Perú (Huaman, 2022). El programa seleccionó aleatoriamente 330 puntos de control como total, donde por cada clase seleccionó 55 puntos. Se comparó la clasificación CLC con las imágenes Google Earth.

Figura 15

Puntos de control de la muestra



Nota: muestra los puntos de control aleatorios dentro del área de estudio



d) Matriz de Confusión

Al finalizar la clasificación, el programa ArcGIS construye una muestra de puntos aleatorios (datos de referencia) con el propósito de corroborar los valores reales representados en las columnas y compararlos con las interpretaciones reflejadas en las filas dentro de la matriz.

e) Coeficiente de KAPPA

Una vez obtenidos las matrices de confusión de los años de 1993 a 2022, se procede a calcular el coeficiente de KAPPA. Este coeficiente oscila entre -1 y +1, donde 1 indica una concordancia perfecta entre los observadores, y 0 representa un acuerdo esperado al azar (Manterola et al., 2018).

La fórmula para calcular el índice de concordancia KAPPA esta dado de la siguiente manera:

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

Donde:

k= coeficiente KAPPA

P_0 = proporción de concordancia esperada

P_e = proporción esperada por azar

f) Estadístico de prueba Z

El error estándar en el cálculo del coeficiente de correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional indica cuánto variaría este coeficiente si se repitiera el estudio muchas veces con diferentes muestras de la



misma población. Un error estándar más pequeño implica una estimación más precisa del coeficiente de correlación, lo que sugiere que es menos probable que difiera significativamente del valor real en la población y un error estándar más grande indica una mayor variabilidad en la estimación, lo que conlleva una mayor incertidumbre en el valor del coeficiente de correlación observado (Mayorga, 2022).

Se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$z_k = \frac{k}{Se(k)}$$

Donde:

k = coeficiente KAPPA

$Se(k)$ = es el error estándar de k

g) Error estándar

El error estándar en el cálculo del coeficiente de correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional, indica cuánto variaría este coeficiente si se repitiera el estudio muchas veces con diferentes muestras de la misma población. Un error estándar más pequeño implica una estimación más precisa del coeficiente de correlación, lo que sugiere que es menos probable que difiera significativamente del valor real en la población y un error estándar más grande indica una mayor variabilidad en la estimación, lo que conlleva una mayor incertidumbre en el valor del coeficiente de correlación observado (Mayorga, 2022).

Se calcula utilizando la siguiente fórmula:



$$Se(k) = \sqrt{\frac{1 - k^2}{n - 2}}$$

Donde:

k = coeficiente KAPPA

n= tamaño de la muestra

Tabla 12

Significancia de un valor Z

NIVEL DE CONFIANZA %	VALOR DE Z	NIVEL DE CONFIANZA %	VALOR DE Z
73.00	1.10	93.00	1.81
74.00	1.12	93.50	1.84
75.00	1.15	94.00	1.88
76.00	1.17	94.50	1.91
77.00	1.20	95.00	1.96
78.00	1.22	95.44	2.00
79.00	1.25	95.50	2.01
80.00	1.28	96.00	2.05
81.00	1.31	96.50	2.10
82.00	1.34	97.00	2.17
83.00	1.37	97.50	2.24
84.00	1.40	98.00	2.32
85.00	1.43	98.50	2.43
86.00	1.47	99.00	2.58
87.00	1.51	99.50	2.81
88.00	1.55	99.74	3.00
89.00	1.59	99.75	3.03
90.00	1.64	99.80	3.08
90.50	1.67	99.85	3.18
91.00	1.69	99.90	3.27
91.50	1.72	99.95	3.49
92.00	1.75	99.99	3.89
92.50	1.78	100.00	3.99

Nota: muestran las significancias de los valores Z (Mayorga, 2022).

h) Cálculo de error de comisión y omisión

En la evaluación de errores, se determinaron el índice de exactitud global y el índice KAPPA mediante el uso de un enfoque basado en la matriz de confusión, que toma en consideración tanto los errores de comisión como los de omisión (Manterola et al., 2018).

3.8. PROCEDIMIENTO SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

Para determinar la existencia de una correlación significativa entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional en la ciudad de Ilave, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman utilizando datos cuantitativos obtenidos de la clasificación supervisada de máxima probabilidad (áreas urbanizadas) y datos de población de Ilave proporcionados por el INEI.

3.8.1. Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional es un indicador (%) que muestra el aumento o disminución en el número de individuos de una región específica durante un período definido (Huaraca & Socorro, 2023).

$$r = \sqrt[n]{\frac{Pob_f}{Pob_0}} - 1$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento

n = Año final – año inicial

Pob_f = Población final

Pob₀ = Población inicial

3.8.2. Modelo geométrico

Diversos estudios han explorado la evolución en la población utilizando diversos modelos matemáticos, que incluyen el geométrico, exponencial, logístico y polinomial, estos métodos generalmente proporcionan resultados bastante aproximados para proyectar poblaciones a corto y mediano plazo (INEI, 2022).

$$Pob_f = Pob_0(1 + r)^n$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento intercensal

n = Número de años que se desea proyectar

Pob_f = Población final proyectada

Pob_0 = Población inicial último censo

3.8.3. Datos de Población (INEI)

Los datos poblacionales siguientes han sido extraídos de los censos previos realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Estos datos serán fundamentales para obtener información tanto intermedia como futura sobre el número de habitantes de la ciudad de Ilave durante los años en los que no se realizaron censos, así como para correlacionarlos con la expansión urbana.



Tabla 13

Datos poblacionales de la zona urbana y rural según el INEI

AÑOS CENSALES	SEXO	POBLACION URBANA	POBLACION RURAL
1993	Masculino	7576	16 936
	Femenino	6677	16 865
	Total	14 253	33 801
2005	Masculino	9417	15 751
	Femenino	8848	16 279
	Total	18 265	32 030
2007	Masculino	11 365	16 105
	Femenino	10 788	15 880
	Total	22 153	31 985
2017	Masculino	11 634	11 806
	Femenino	11 483	12 374
	Total	23 117	24 180

Nota: muestra los años censales según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

3.9. PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

3.9.1. Prueba de normalidad de Shapiro -Wilk

El test de Shapiro-Wilk se utiliza para evaluar la normalidad de una muestra cuando esta tiene un tamaño menor a 50 observaciones, y en muestras más grandes es aproximadamente equivalente al test de Kolmogórov-Smirnov, el procedimiento implica ordenar la muestra de menor a mayor valor para obtener un nuevo vector muestral (Flores & Flores, 2021).

3.9.2. Coeficiente de correlación de Spearman

Una vez realizada la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, se procede a calcular el coeficiente de correlación de Spearman entre la expansión urbana y el

crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave. El coeficiente de correlación de Spearman es una medida estadística que evalúa la relación entre dos variables (Mayorga, 2022).

Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s = Coeficiente de correlación de Spearman

n = Número de observaciones

d = Diferencias de rangos entre variables X y Y

En consecuencia, cuando n excede a los valores dados en la tabla 14 se puede probar si existe una correlación significativa mediante la siguiente formula:

$$Z = \frac{r_s}{SE(r_s)}$$

Donde:

r_s = coeficiente de correlación de Spearman

$SE(r_s)$ = es el error estándar de r_s

El error estándar se calcula utilizando la siguiente formula:

$$SE(r_s) = \sqrt{\frac{1 - r_s^2}{n - 2}}$$



Donde:

r_s = coeficiente de correlación de Spearman

n = tamaño de la muestra

Tabla 14

Valores críticos del coeficiente de correlación de Spearman

n	VALOR CRÍTICO			
	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.025$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.005$
5	0.900			
6	0.829	0.886	0.943	
7	0.714	0.786	0.893	
8	0.643	0.738	0.833	0.881
9	0.600	0.683	0.783	0.833
10	0.564	0.648	0.745	0.794
11	0.523	0.623	0.736	0.818
12	0.497	0.591	0.703	0.780
13	0.475	0.566	0.673	0.745
14	0.457	0.545	0.646	0.716
15	0.441	0.525	0.623	0.689
16	0.425	0.507	0.601	0.666
17	0.412	0.490	0.582	0.645
18	0.399	0.476	0.564	0.625
19	0.388	0.462	0.549	0.608
20	0.377	0.450	0.534	0.591
21	0.368	0.438	0.521	0.576
22	0.359	0.428	0.508	0.562
23	0.351	0.418	0.496	0.549
24	0.343	0.409	0.485	0.537
25	0.336	0.400	0.475	0.526
26	0.329	0.392	0.465	0.515
27	0.323	0.385	0.456	0.505
28	0.317	0.377	0.448	0.496
29	0.311	0.370	0.440	0.487
30	0.305	0.364	0.432	0.478

Nota: muestran los valores críticos del coeficiente de correlación de Spearman (Mayorga, 2022).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados primer objetivo específico

Para este trabajo de investigación, se emplearon técnicas de procesamiento de imágenes satelitales, combinando trabajo de campo, oficina y el uso de software especializado.

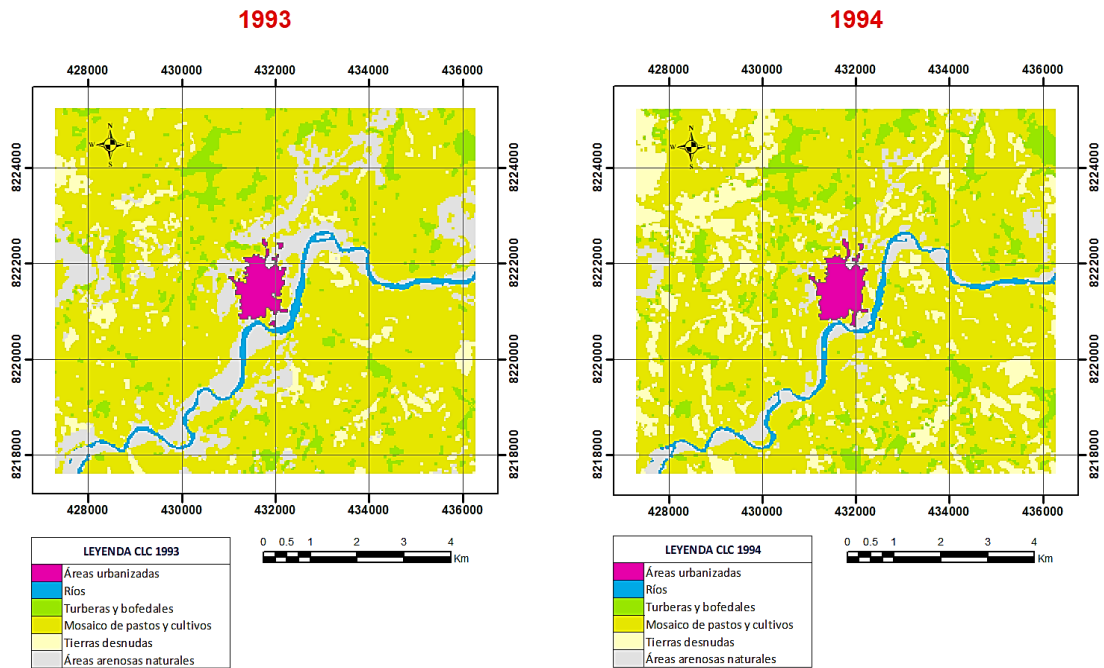
El objetivo fue evaluar la ciudad de Ilave para elaborar un inventario de cambios en la cobertura del suelo, centrándose especialmente en la expansión urbana, utilizando metodología Corine Land Cover adaptada al contexto peruano a través del método de clasificación supervisada. Se examinaron seis categorías diferentes, subdivididas en niveles II y III.

a) Evolución de la cobertura del suelo en la ciudad de Ilave

A continuación, se presentan mapas de clasificación supervisada que muestran la cobertura del suelo en diferentes años, utilizando la metodología CLC adaptada para el Perú desde 1993 hasta 2022. El enfoque se centra en identificar los cambios en la expansión urbana y las demás clases clasificadas.

Figura 16

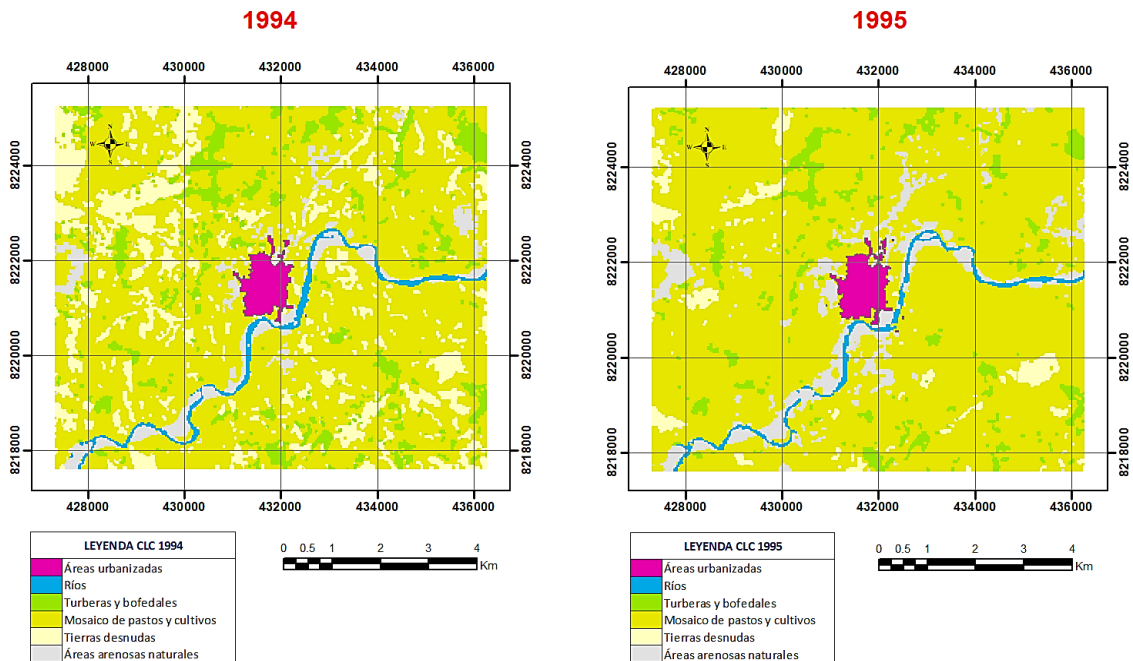
Clasificación supervisada según CLC 1993 – 1994



Nota: para el periodo 1993-1994 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 5.703 has, aumentó en un 1.358% respecto al año 1993.

Figura 17

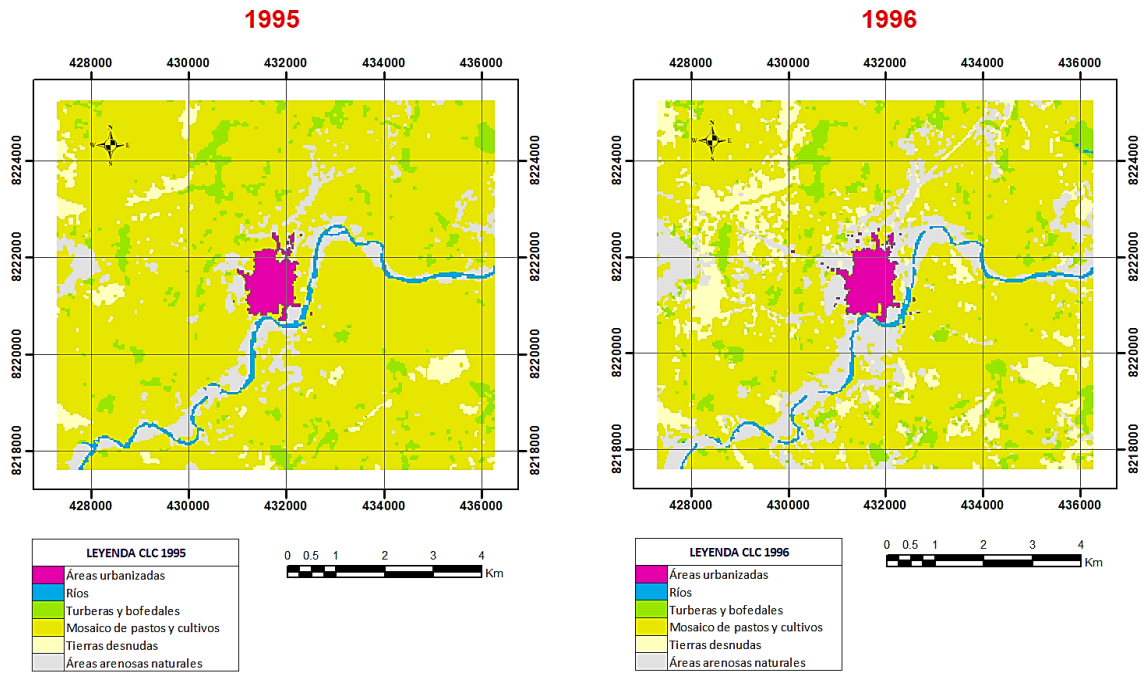
Clasificación supervisada según CLC 1994 – 1995



Nota: para el periodo 1994-1995 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 8.490 has, aumentó en un 2.022% respecto al año 1994.

Figura 18

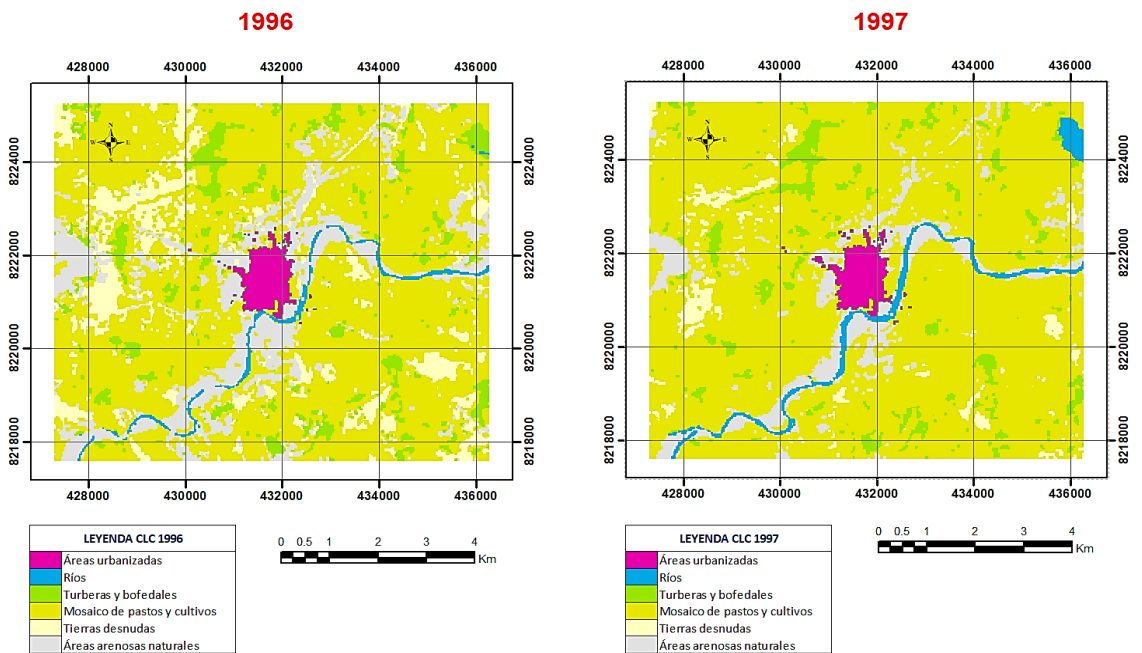
Clasificación supervisada según CLC 1995 – 1996



Nota: para el periodo 1995-1996 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 11.919 has, aumentó en un 2.838% respecto al año 1995.

Figura 19

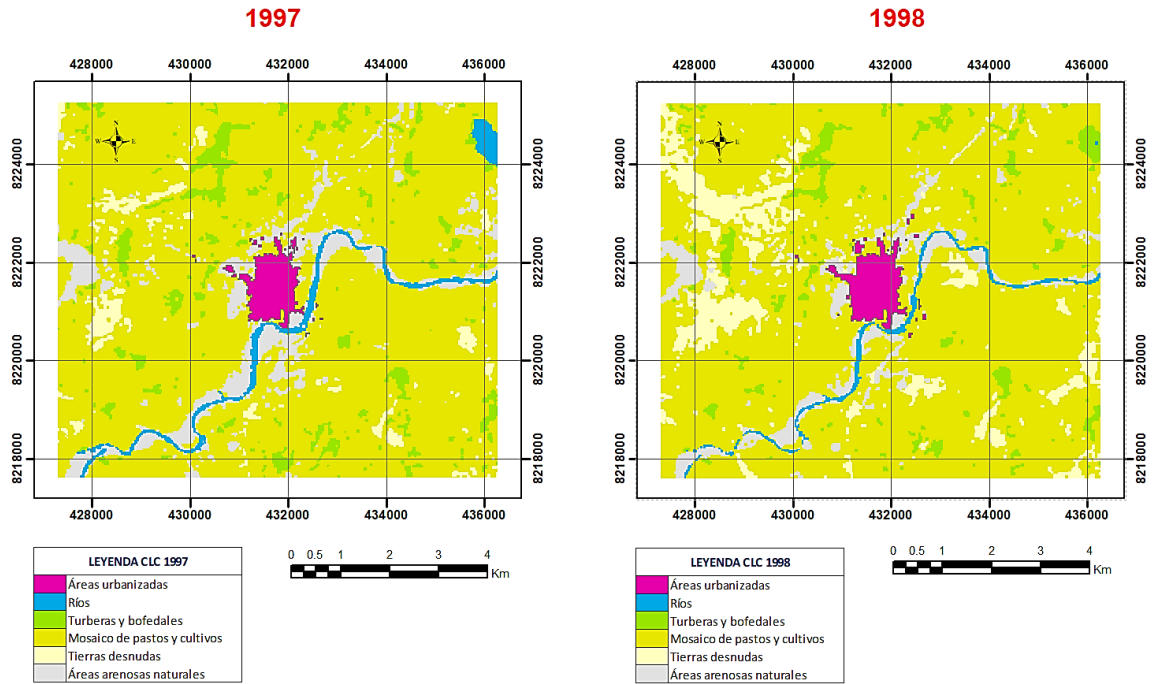
Clasificación supervisada según CLC 1996 - 1997



Nota: para el periodo 1996-1997 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 4.922 has, aumentó en un 1.172% respecto al año 1996.

Figura 20

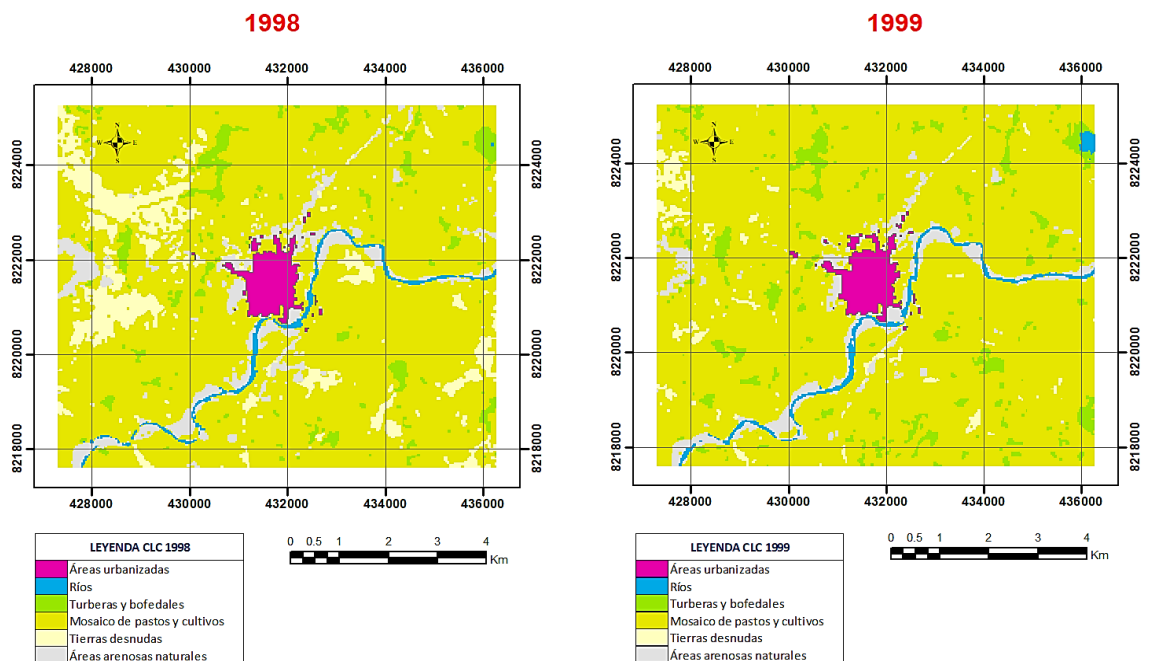
Clasificación supervisada según CLC 1997 – 1998



Nota: para el periodo 1997-1998 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 13.427 has, aumentó en un 3.197% respecto al año 1997.

Figura 21

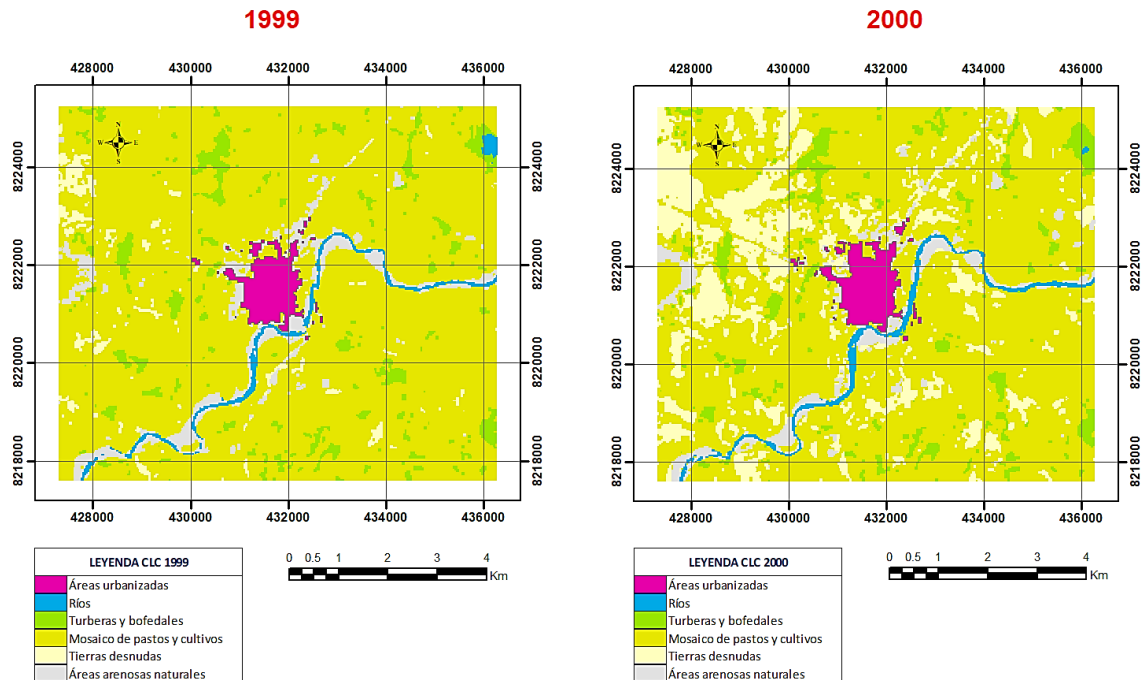
Clasificación supervisada según CLC 1998 – 1999



Nota: para el periodo 1998-1999 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 12.209 has, aumentó en un 2.907% respecto al año 1998.

Figura 22

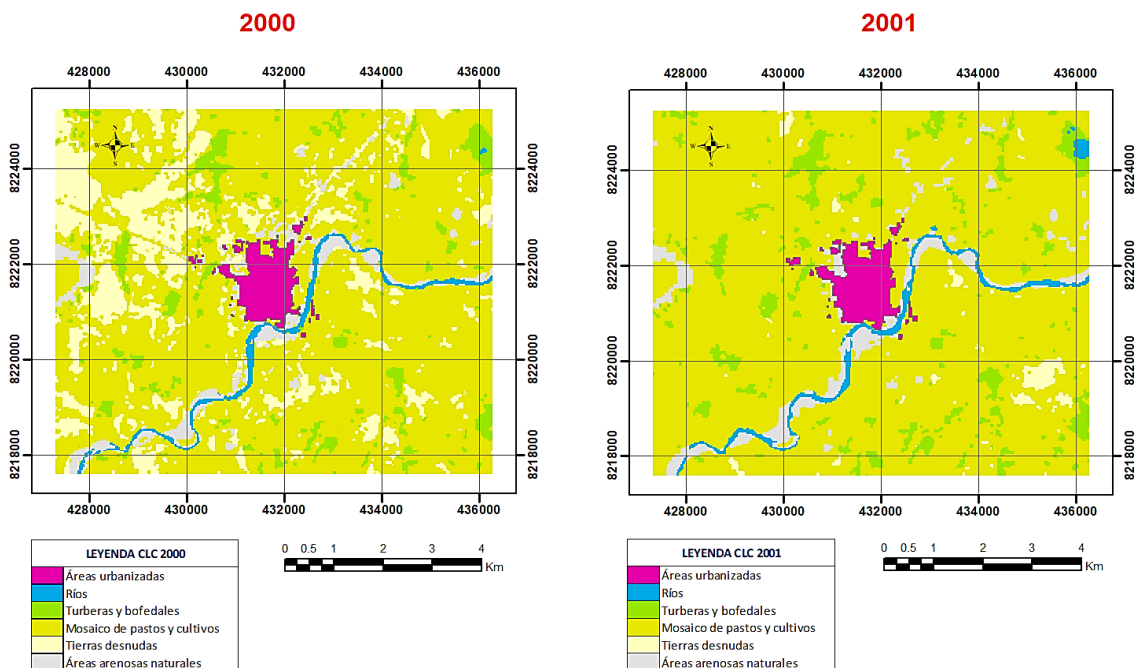
Clasificación supervisada según CLC 1999 – 2000



Nota: para el periodo 1999-2000 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 22.777 has, aumentó en un 5.424% respecto al año 1999.

Figura 23

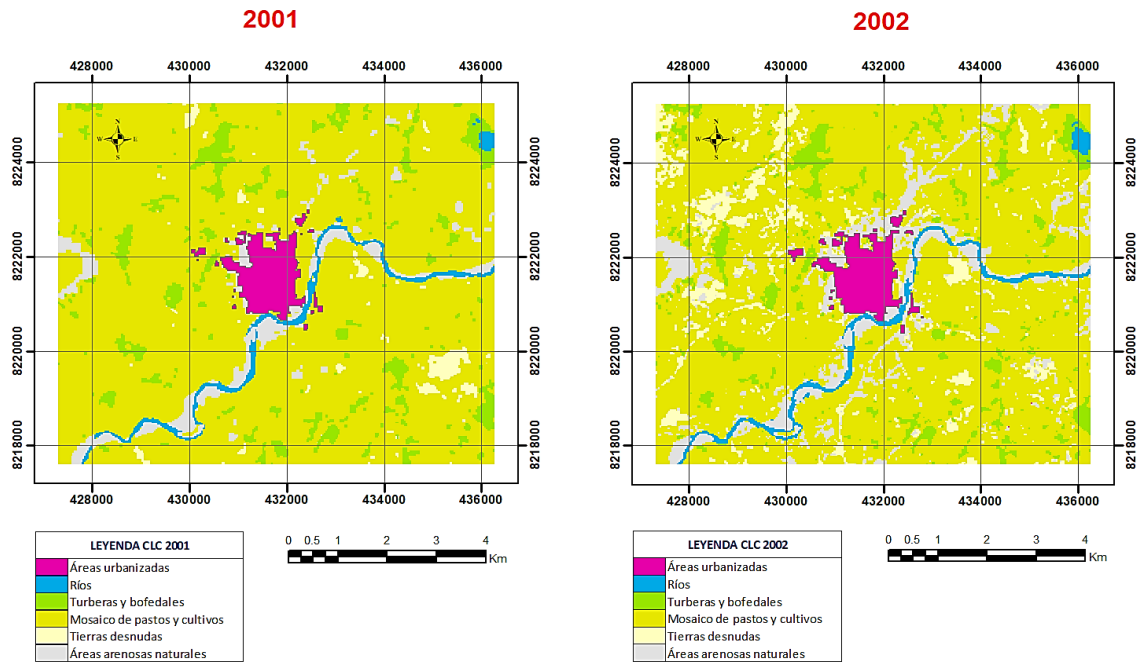
Clasificación supervisada según CLC 2000 - 2001



Nota: para el periodo 2000-2001 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 14.075 has, aumentó en un 3.352% respecto al año 2000.

Figura 24

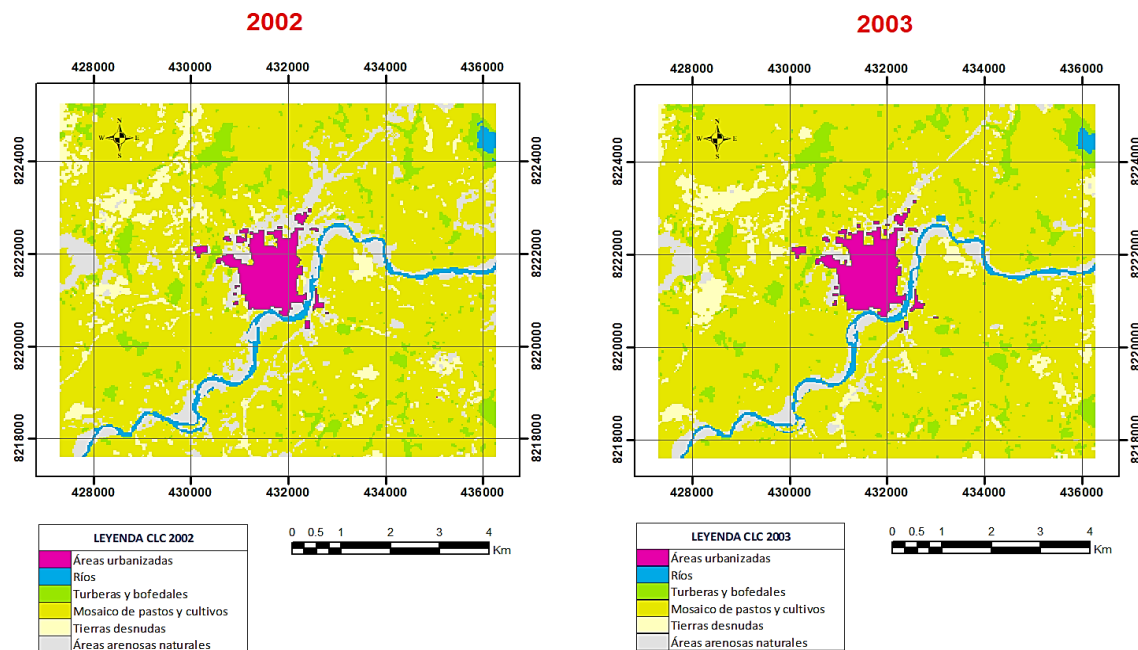
Clasificación supervisada según CLC 2001 – 2002



Nota: para el periodo 2001-2002 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 10.339 has, aumentó en un 2.462% respecto al año 2001.

Figura 25

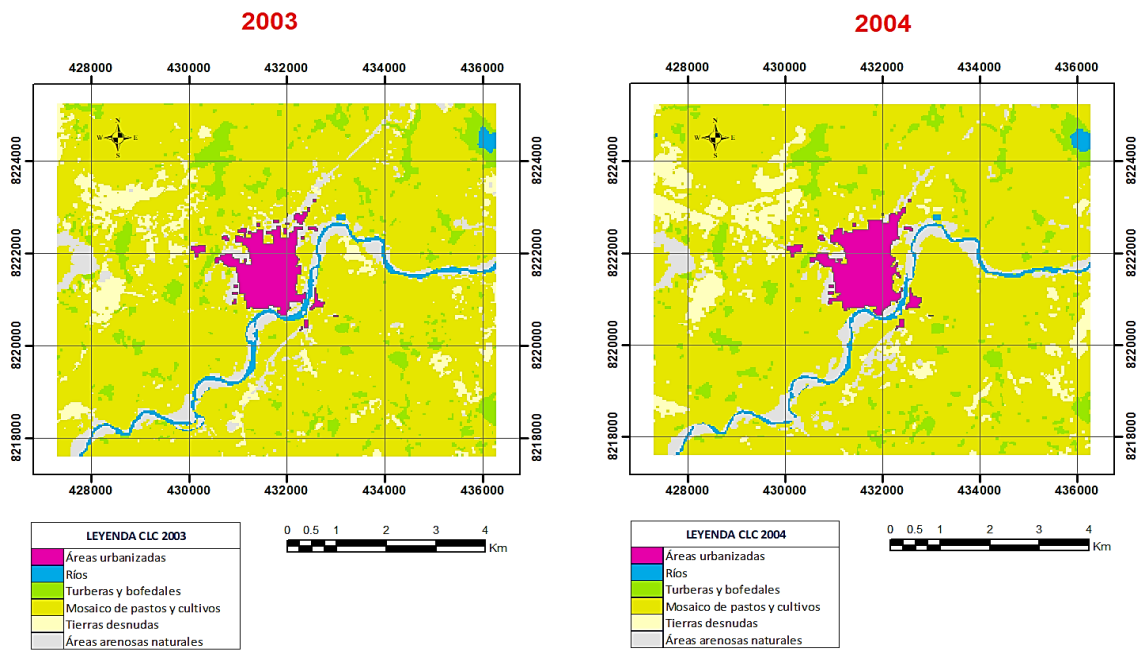
Clasificación supervisada según CLC 2002 - 2003



Nota: para el periodo 2002-2003 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 9.805 has, aumentó en un 2.335% respecto al año 2002.

Figura 26

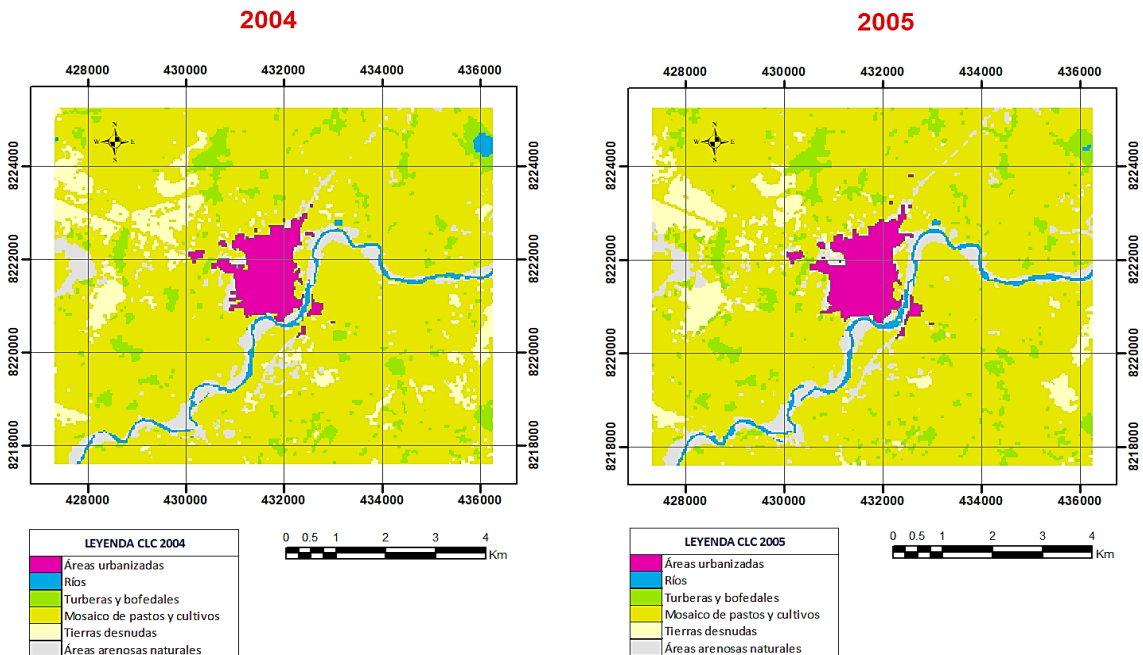
Clasificación supervisada según CLC 2003 – 2004



Nota: para el periodo 2003-2004 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 31.519 has, aumentó en un 7.505% respecto al año 2003.

Figura 27

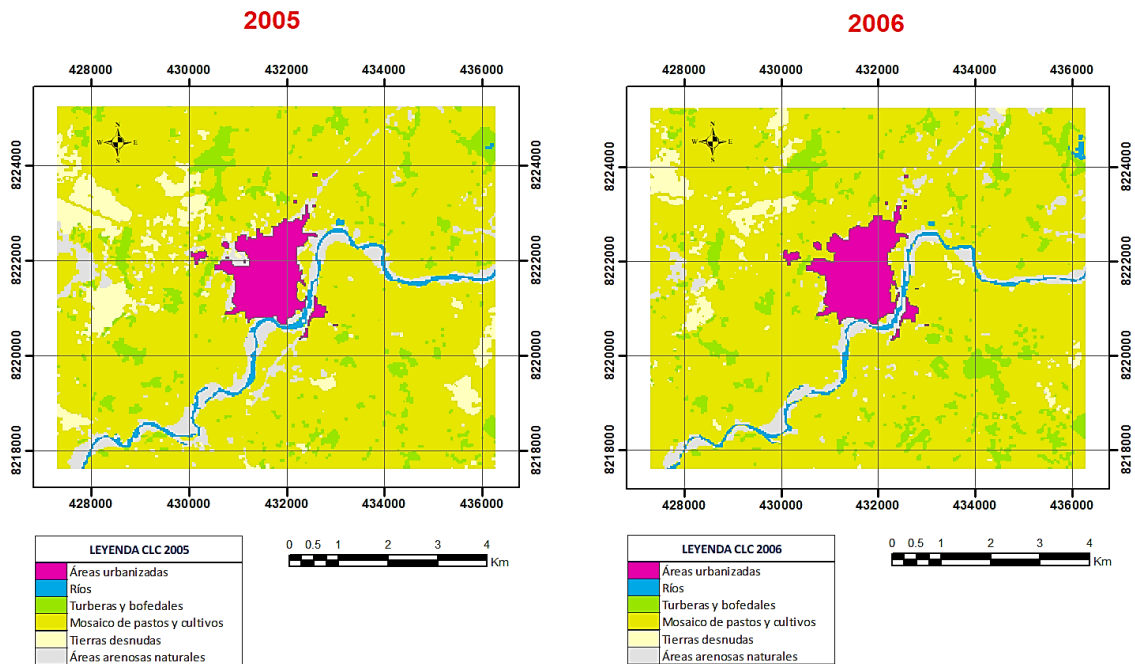
Clasificación supervisada según CLC 2004 - 2005



Nota: para el periodo 2004-2005 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 24.569 has, aumentó en un 5.850% respecto al año 2004.

Figura 28

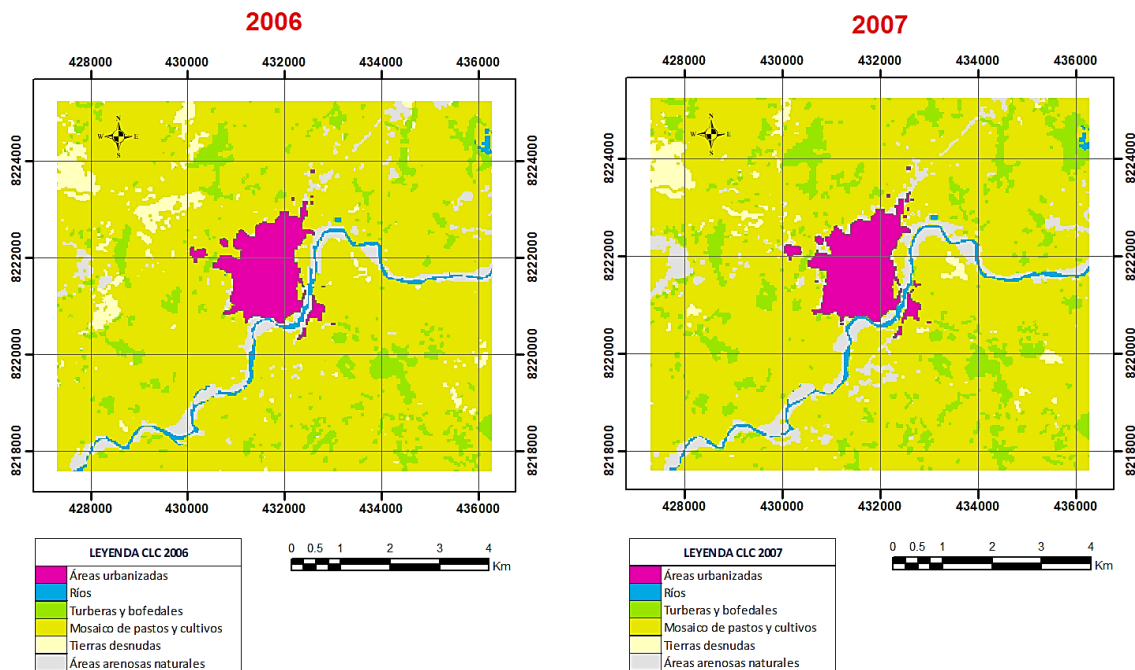
Clasificación supervisada según CLC 2005 – 2006



Nota: para el periodo 2005-2006 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 27.819 has, aumentó en un 6.624% respecto al año 2005.

Figura 29

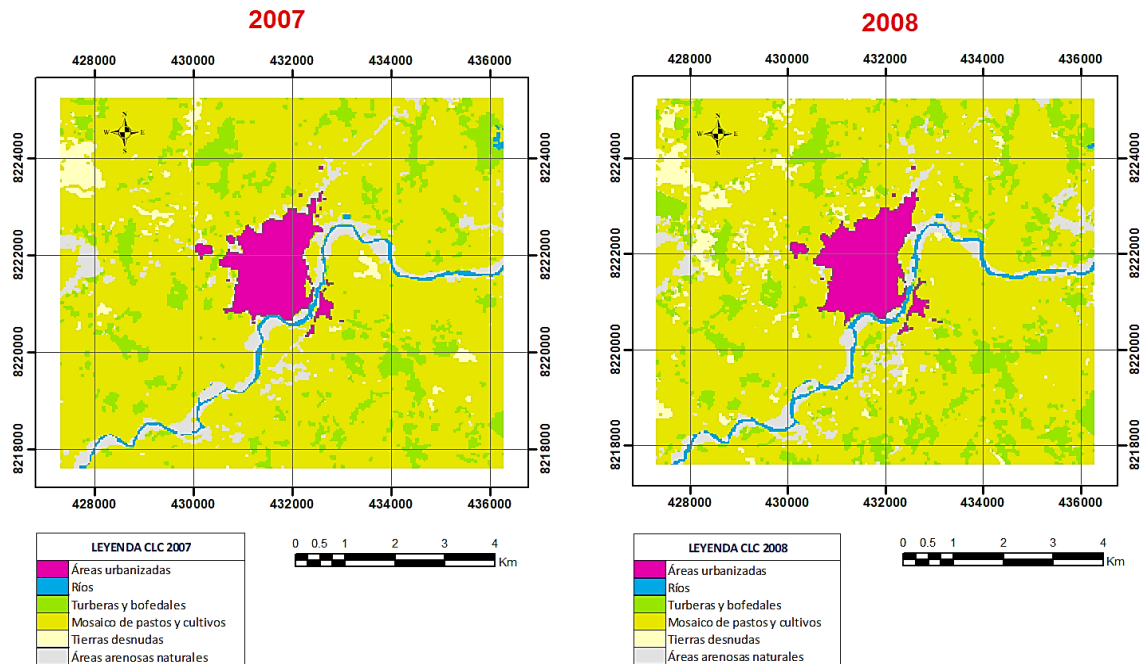
Clasificación supervisada según CLC 2006 - 2007



Nota: para el periodo 2006-2007 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 21.872 has, aumentó en un 5.208% respecto al año 2006.

Figura 30

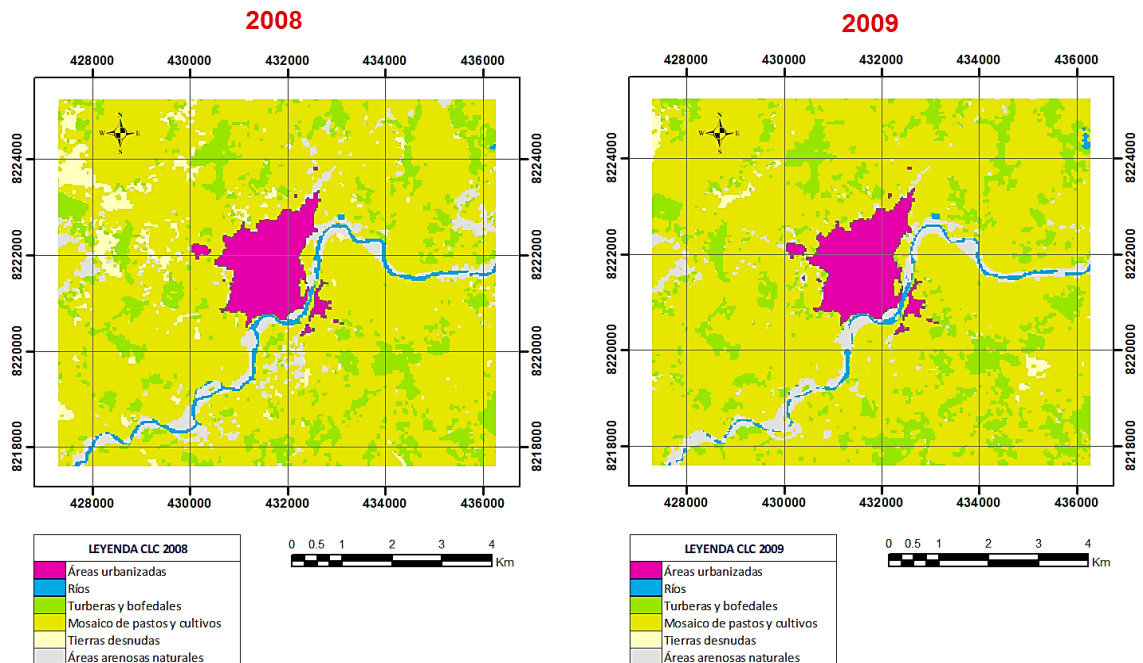
Clasificación supervisada según CLC 2007 – 2008



Nota: para el periodo 2007-2008 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 25.639 has, aumentó en un 6.105% respecto al año 2007.

Figura 31

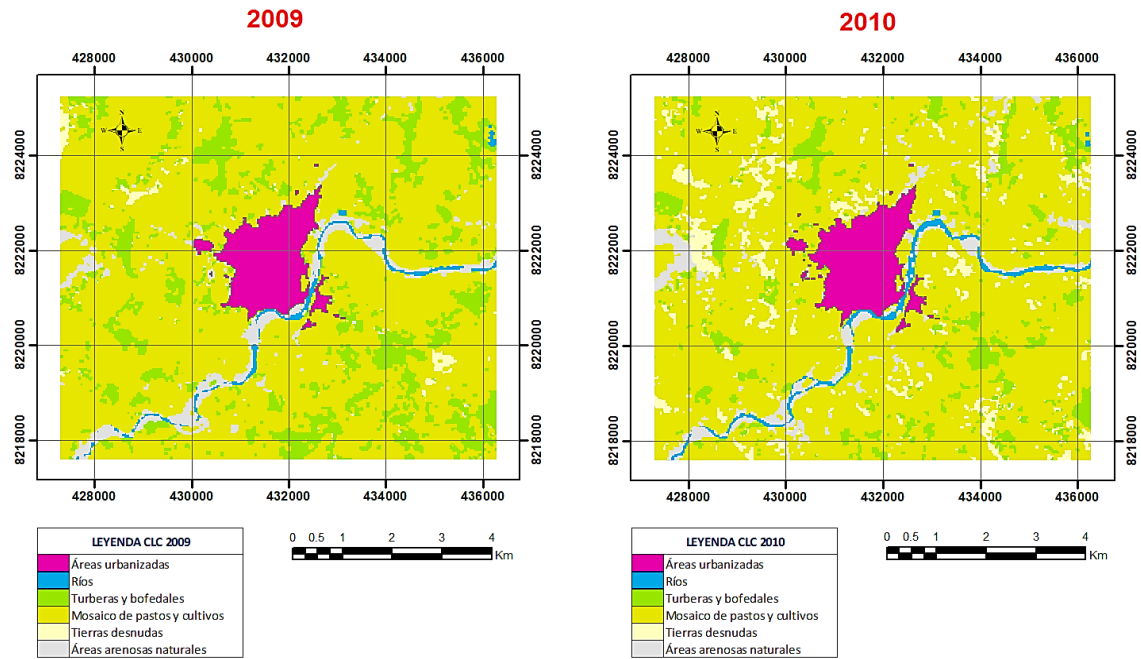
Clasificación supervisada según CLC 2008 – 2009



Nota: para el periodo 2008-2009 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 8.008 has, aumentó en un 1.907% respecto al año 2008.

Figura 32

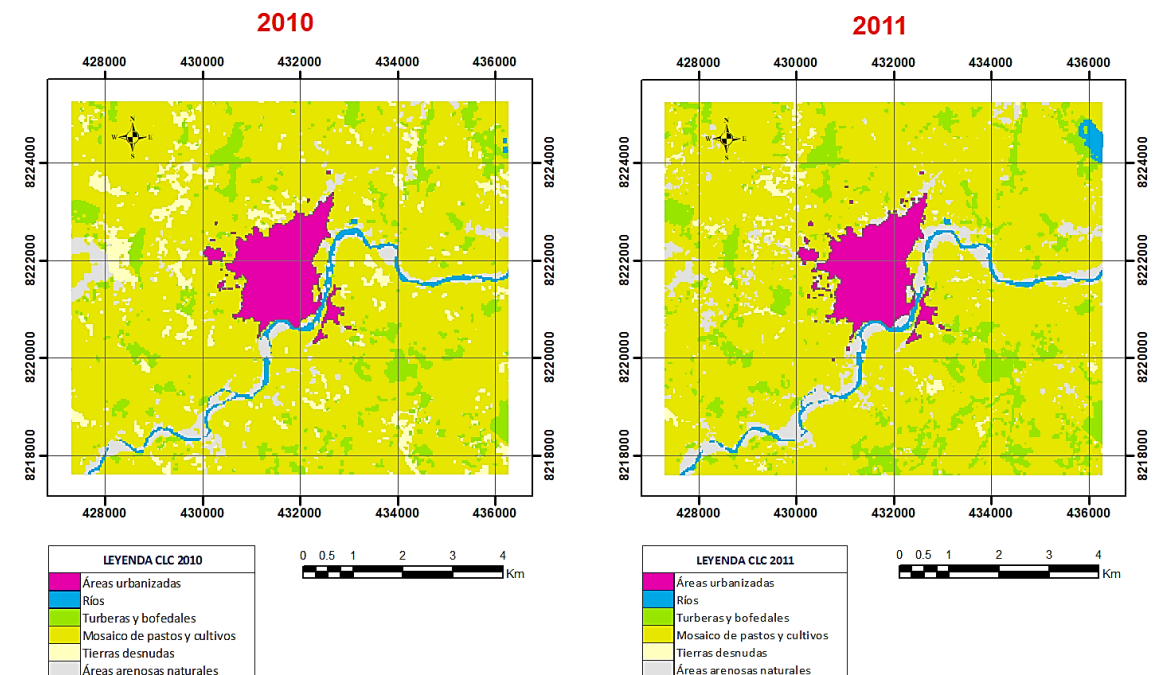
Clasificación supervisada según CLC 2009 - 2010



Nota: para el periodo 2009-2010 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 14.220 has, aumentó en un 3.386% respecto al año 2009.

Figura 33

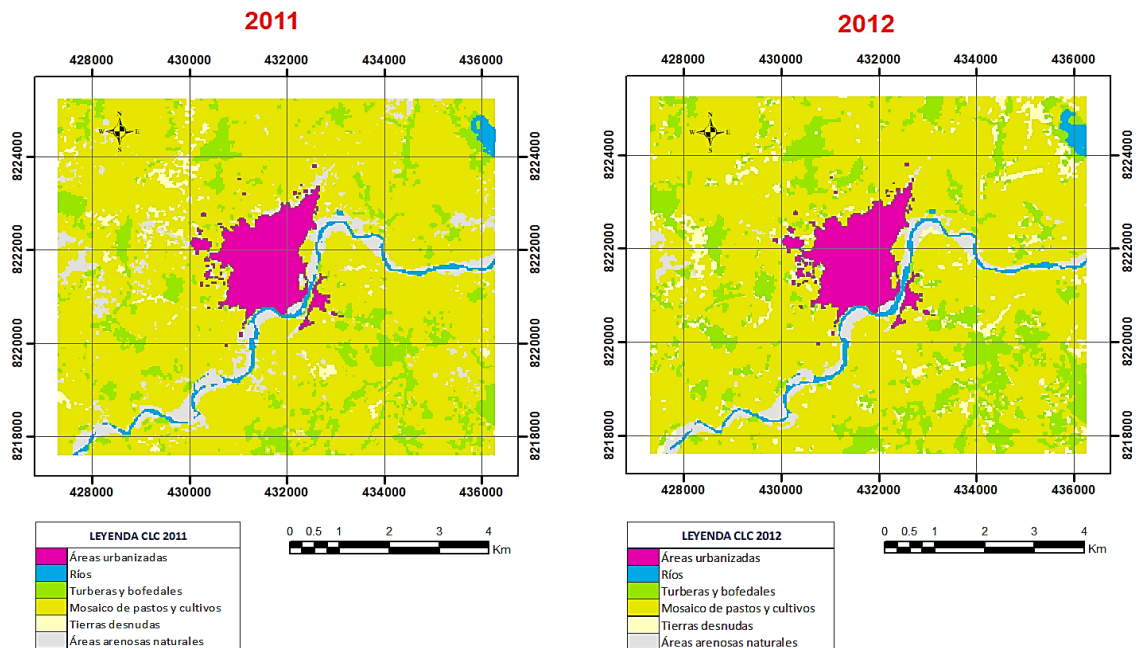
Clasificación supervisada según CLC 2010 – 2011



Nota: para el periodo 2010-2011 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 9.540 has, aumentó en un 2.272% respecto al año 2010.

Figura 34

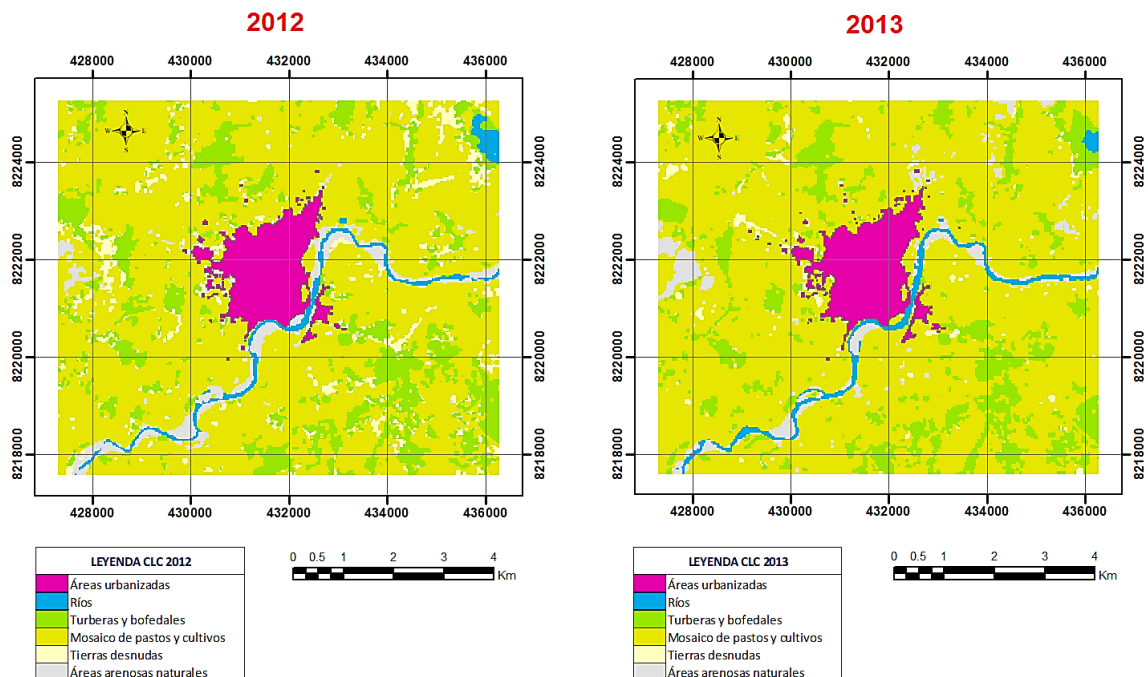
Clasificación supervisada según CLC 2011 - 2012



Nota: para el periodo 2011-2012 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 8.640 has, aumentó en un 2.057% respecto al año 2011.

Figura 35

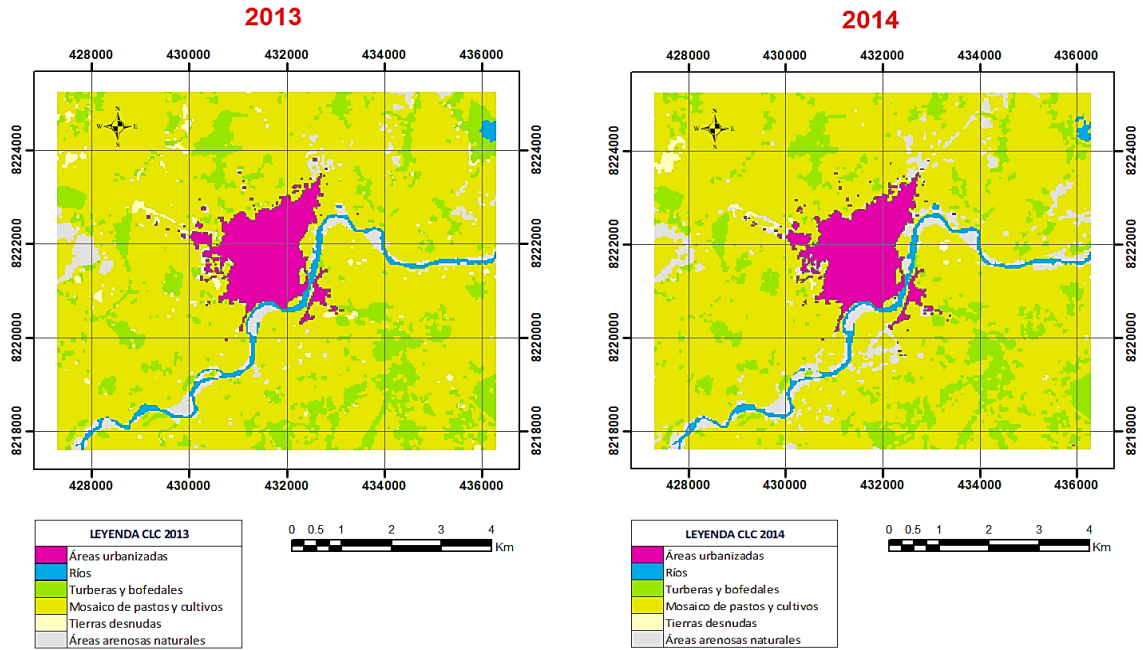
Clasificación supervisada según CLC 2012 – 2013



Nota: para el periodo 2012-2013 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 12.330 has, aumentó en un 2.936% respecto al año 2012.

Figura 36

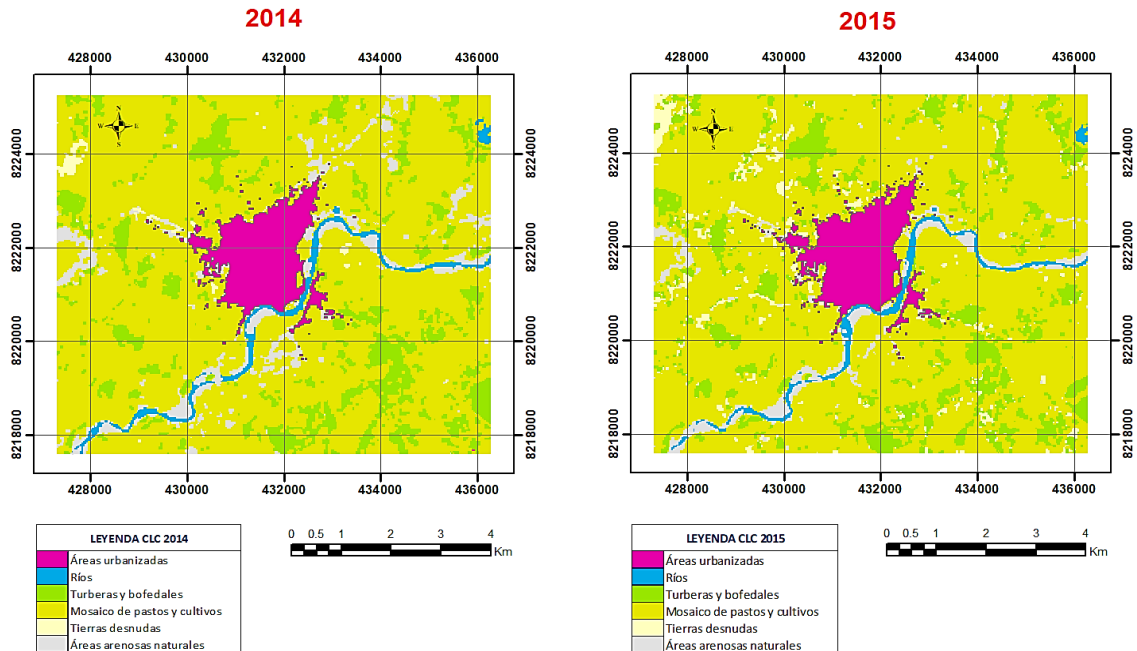
Clasificación supervisada según CLC 2013 - 2014



Nota: para el periodo 2013-2014 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 19.079 has, aumentó en un 4.543% respecto al año 2013.

Figura 37

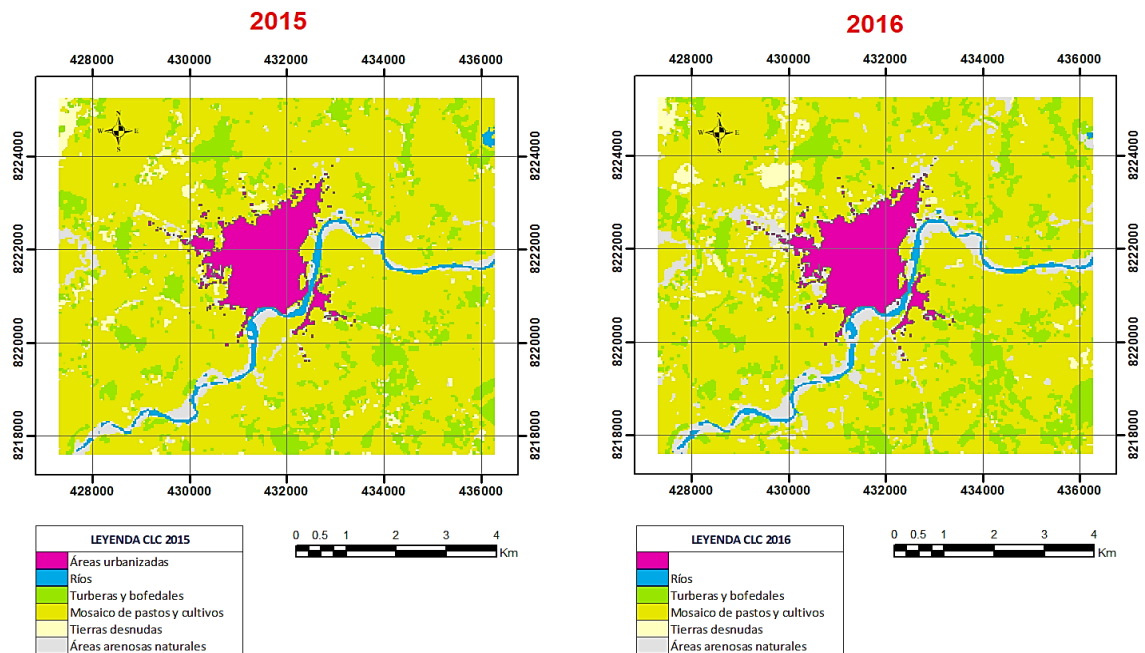
Clasificación supervisada según CLC 2014 – 2015



Nota: para el periodo 2014-2015 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 10.709 has, aumentó en un 2.550% respecto al año 2014.

Figura 38

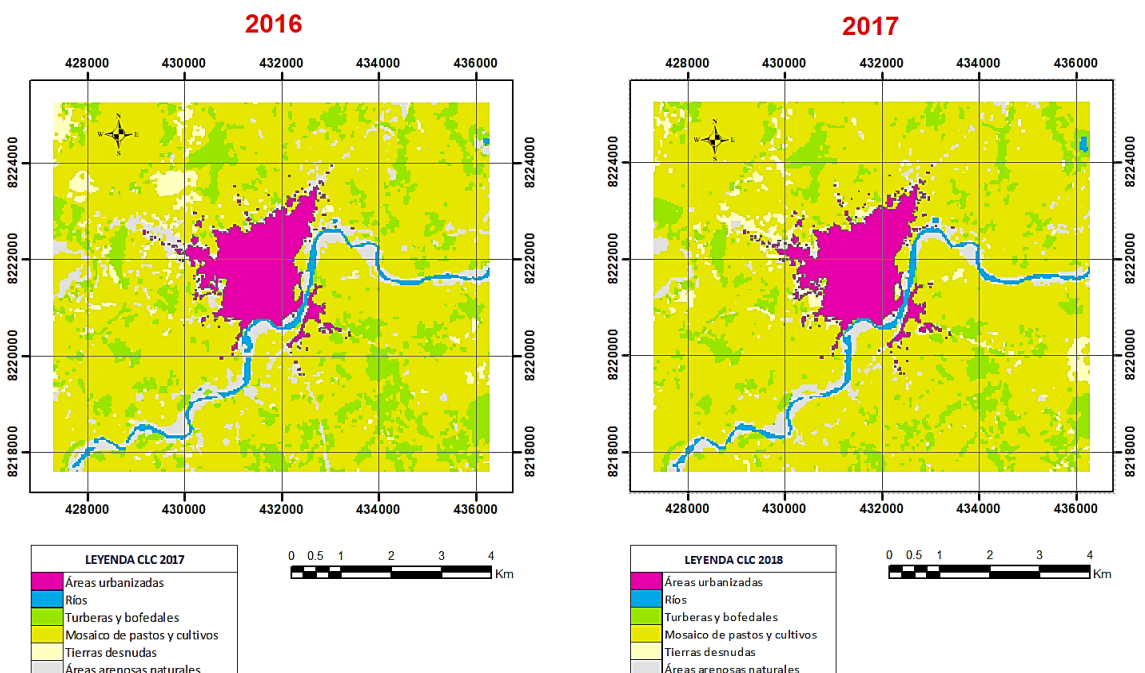
Clasificación supervisada según CLC 2015 - 2016



Nota: para el periodo 2015-2016 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 11.880 has, aumentó en un 2.829% respecto al año 2015.

Figura 39

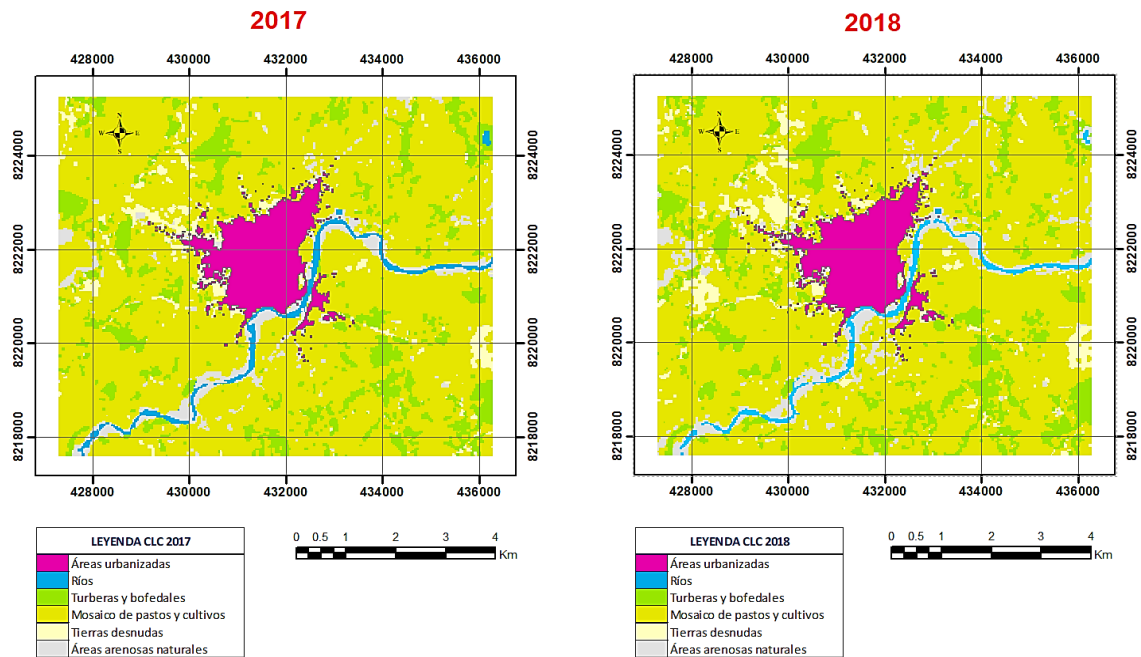
Clasificación supervisada según CLC 2016 – 2017



Nota: para el periodo 2016-2017 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 12.870 has, aumentó en un 3.065% respecto al año 2016.

Figura 40

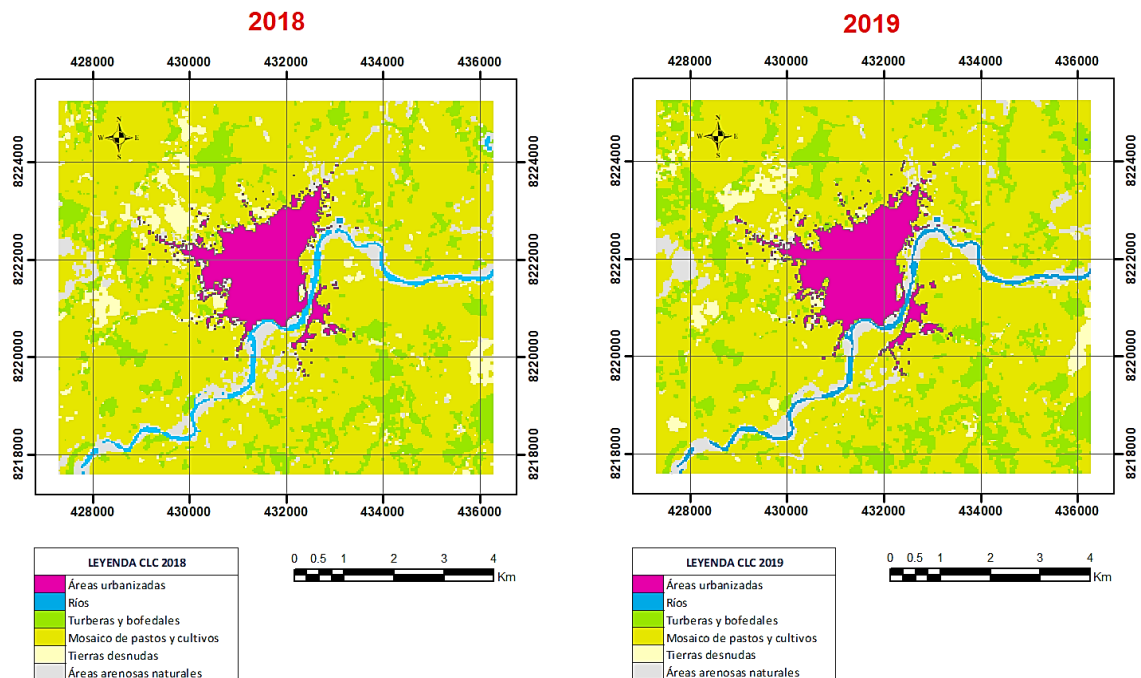
Clasificación supervisada según CLC 2017 - 2018



Nota: para el periodo 2017-2018 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 12.060 has, aumentó en un 2.872% respecto al año 2017.

Figura 41

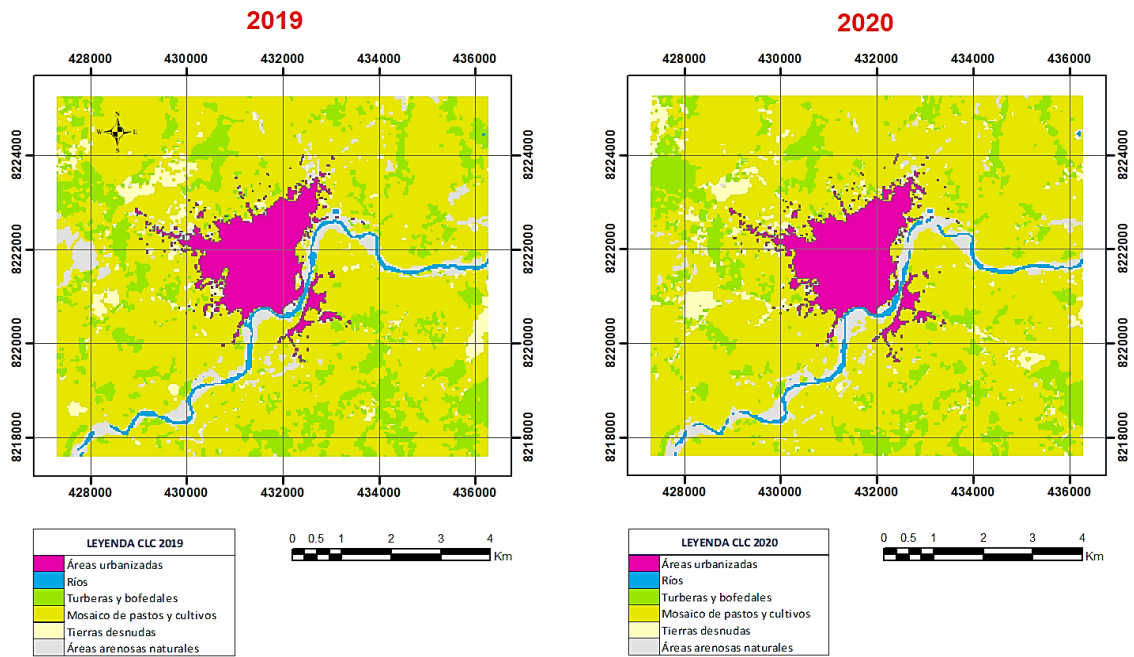
Clasificación supervisada según CLC 2018 – 2019



Nota: para el periodo 2018-2019 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 23.489 has, aumentó en un 5.593% respecto al año 2018.

Figura 42

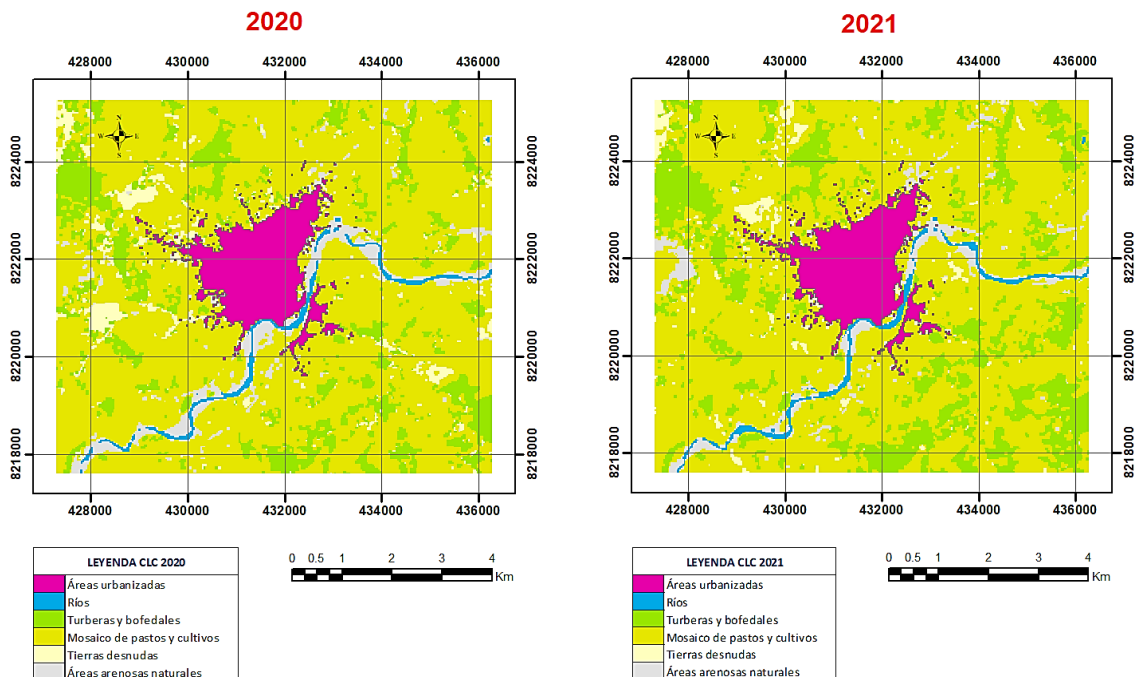
Clasificación supervisada según CLC 2019 - 2020



Nota: para el periodo 2019-2020 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 12.600 has, aumentó en un 3.00% respecto al año 2019.

Figura 43

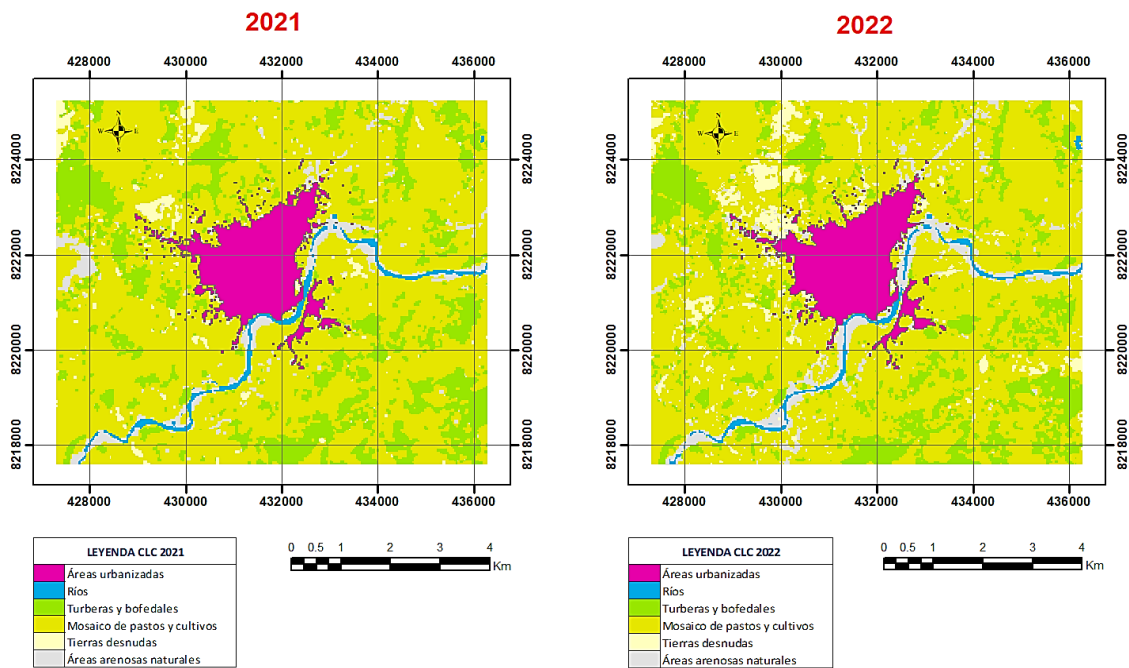
Clasificación supervisada según CLC 2020 – 2021



Nota: para el periodo 2020-2021 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 2.881 has, aumentó en un 0.686% respecto al año 2020.

Figura 44

Clasificación supervisada según CLC 2021 - 2022



Nota: para el periodo 2021-2022 el incremento de área del crecimiento urbano fue de 16.559 has, aumentó en un 3.943% respecto al año 2021.

Tabla 15

Clasificación Corine Land Cover para el año 1993

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		104.120	1.518
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4799.780	69.984
	3.4.1. Áreas arenosas naturales	932.430	13.595
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	412.733	6.018
	4.1.2. Turberas y bofedales	478.984	6.984
4.1. Áreas húmedas continentales			
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	130.343	1.900
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1993 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 16

Clasificación Corine Land Cover para el año 1994

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		109.823	1.601
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4687.846	68.352
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	230.276	3.358
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	1104.117	16.099
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	608.670	8.875
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	117.658	1.716
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1994 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 17

Clasificación Corine Land Cover para el año 1995

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		118.313	1.725
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5495.480	80.128
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	506.970	7.392
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	243.951	3.557
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	395.398	5.765
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	98.278	1.433
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1995 según niveles expresado en hectáreas.



Tabla 18

Clasificación Corine Land Cover para el año 1996

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		130.232	1.899
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4450.907	64.897
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	947.720	13.818
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	791.774	11.545
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	456.321	6.653
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	81.436	1.187
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1996 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 19

Clasificación Corine Land Cover para el año 1997

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		135.154	1.971
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5425.570	79.109
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	576.114	8.400
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	225.340	3.286
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	366.003	5.337
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	130.209	1.899
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1997 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 20

Clasificación Corine Land Cover para el año 1998

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		148.581	2.166
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5265.244	76.771
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	440.436	6.422
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	655.036	9.551
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	277.846	4.051
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	71.247	1.039
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1998 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 21

Clasificación Corine Land Cover para el año 1999

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		160.790	2.344
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5710.865	83.268
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	360.171	5.252
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	157.044	2.290
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	379.781	5.537
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	89.739	1.308
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 1999 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 22

Clasificación Corine Land Cover para el año 2000

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		183.567	2.677
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4861.978	70.891
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	232.177	3.385
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	1099.320	16.029
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	372.195	5.427
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	109.153	1.592
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2000 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 23

Clasificación Corine Land Cover para el año 2001

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		197.642	2.882
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5745.615	83.775
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	195.281	2.847
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	126.152	1.839
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	460.685	6.717
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	133.015	1.939
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2001 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 24

Clasificación Corine Land Cover para el año 2002

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		207.981	3.033
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4983.815	72.667
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	631.642	9.210
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	476.575	6.949
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	420.172	6.126
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	138.205	2.015
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2002 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 25

Clasificación Corine Land Cover para el año 2003

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		217.786	3.175
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5148.196	75.064
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	427.781	6.237
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	442.908	6.458
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	492.751	7.185
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	128.968	1.880
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2003 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 26*Clasificación Corine Land Cover para el año 2004*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		249.305	3.635
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5149.078	75.077
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	429.070	6.256
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	512.629	7.474
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	416.718	6.076
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	101.590	1.481
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2004 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 27*Clasificación Corine Land Cover para el año 2005*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		273.874	3.993
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5017.387	73.157
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	533.565	7.780
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	448.827	6.544
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	483.704	7.053
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	101.033	1.473
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2005 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 28*Clasificación Corine Land Cover para el año 2006*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		301.693	4.399
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5396.136	78.679
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	270.311	3.941
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	257.065	3.748
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	537.404	7.836
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	95.782	1.397
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2006 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 29*Clasificación Corine Land Cover para el año 2007*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		323.565	4.718
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4988.207	72.731
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	539.103	7.860
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	169.886	2.477
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	743.709	10.844
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	93.920	1.369
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2007 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 30*Clasificación Corine Land Cover para el año 2008*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		349.204	5.092
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4700.879	68.542
	3.4.1. Áreas arenosas naturales	504.626	7.358
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	276.525	4.032
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	916.733	13.367
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	110.423	1.610
	TOTAL	6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2008 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 31*Clasificación Corine Land Cover para el año 2009*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		357.212	5.208
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4805.077	70.061
	3.4.1. Áreas arenosas naturales	422.968	6.167
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	95.756	1.396
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1079.000	15.733
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	98.377	1.434
	TOTAL	6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2009 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 32*Clasificación Corine Land Cover para el año 2010*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		371.432	5.416
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4929.888	71.881
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	435.831	6.355
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	454.694	6.630
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	562.829	8.206
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	103.716	1.512
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2010 según niveles expresado en hectáreas

Tabla 33*Clasificación Corine Land Cover para el año 2011*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		380.972	5.555
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4909.966	70.133
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	519.730	9.036
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	186.262	2.716
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	741.454	10.811
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	120.007	1.750
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2011 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 34*Clasificación Corine Land Cover para el año 2012*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		389.612	5.681
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4487.824	65.436
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	433.153	6.316
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	382.071	5.571
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1034.010	15.077
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	131.720	1.921
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2012 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 35*Clasificación Corine Land Cover para el año 2013*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		401.942	5.861
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4852.866	70.758
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	329.068	4.798
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	192.175	2.802
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	946.371	13.799
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	135.968	1.983
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2013 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 36*Clasificación Corine Land Cover para el año 2014*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		421.021	6.139
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5006.328	72.996
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	359.141	5.237
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	69.818	1.018
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	869.665	12.680
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	132.417	1.931
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2014 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 37*Clasificación Corine Land Cover para el año 2015*

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		431.730	6.295
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4884.313	71.217
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	311.816	4.546
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	249.834	3.643
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	865.068	12.613
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	115.629	1.686
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2015 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 38

Clasificación Corine Land Cover para el año 2016

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		443.610	6.468
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4524.070	65.964
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	516.747	7.535
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	213.230	3.109
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1049.550	15.303
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	111.182	1.621
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2016 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 39

Clasificación Corine Land Cover para el año 2017

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		456.480	6.656
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4857.624	70.827
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	324.276	4.728
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	281.858	4.110
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	822.461	11.992
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	115.691	1.687
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2017 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 40

Clasificación Corine Land Cover para el año 2018

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		468.540	6.832
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4672.567	68.129
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	347.602	5.068
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	364.515	5.315
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	892.469	13.013
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	112.697	1.643
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2018 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 41

Clasificación Corine Land Cover para el año 2019

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		492.029	7.174
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4475.169	65.251
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	449.172	6.549
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	258.563	3.770
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1083.164	15.793
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	100.293	1.462
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2019 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 42

Clasificación Corine Land Cover para el año 2020

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		504.629	7.358
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4640.994	67.669
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	412.473	6.014
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	289.505	4.221
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	910.918	13.282
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	99.871	1.456
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2020 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 43

Clasificación Corine Land Cover para el año 2021

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		507.510	7.400
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4557.551	66.452
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	359.842	5.247
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	160.472	2.340
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1169.440	17.051
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	103.575	1.510
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2021 según niveles expresado en hectáreas.

Tabla 44

Clasificación Corine Land Cover para el año 2022

NIVEL II	NIVEL III	ÁREA	
		ha	%
1.1. Áreas urbanizadas		524.069	7.641
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4335.442	63.214
3.4. Áreas sin o con poca vegetación	3.4.1. Áreas arenosas naturales	394.649	5.754
	3.4.3. Tierras desnudas (incluye áreas erosionadas naturales y también degradadas)	369.357	5.385
4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.2. Turberas y bofedales	1138.510	16.600
5.1. Aguas continentales	5.1.1. Ríos (50 m)	96.363	1.405
TOTAL		6858.390	100.000

Nota: clasificación CLC para el año 2022 según niveles expresado en hectáreas.

A continuación, extraemos los datos de las áreas urbanizadas por año, abarcando desde 1993 hasta 2022.

Tabla 45

Crecimiento urbano 1993 - 2022

AÑO	ÁREA URBANA (ha)	CRECIMIENTO ANUAL (ha)	CRECIMIENTO ANUAL (%)
1993	104.120		
1994	109.823	5.703	1.358
1995	118.313	8.490	2.022
1996	130.232	11.919	2.838
1997	135.154	4.922	1.172
1998	148.581	13.427	3.197
1999	160.790	12.209	2.907



AÑO	ÁREA URBANA (ha)	CRECIMIENTO ANUAL (ha)	CRECIMIENTO ANUAL (%)
2000	183.567	22.777	5.424
2001	197.642	14.075	3.352
2003	217.786	9.805	2.335
2004	249.305	31.519	7.505
2005	273.874	24.569	5.850
2006	301.693	27.819	6.624
2007	323.565	21.872	5.208
2008	349.204	25.639	6.105
2009	357.212	8.008	1.907
2010	371.432	14.220	3.386
2011	380.972	9.540	2.272
2012	389.612	8.640	2.057
2013	401.942	12.330	2.936
2014	421.021	19.079	4.543
2015	431.730	10.709	2.550
2016	443.610	11.880	2.829
2017	456.480	12.870	3.065
2018	468.540	12.060	2.872
2019	492.029	23.489	5.593
2020	504.629	12.600	3.000
2021	507.510	2.881	0.686
2022	524.069	16.559	3.943
TOTAL	9362.418	419.949	100.000

Nota: se muestra el crecimiento urbano por año hasta el 2022 según la clasificación supervisada de máxima probabilidad.

Durante el año 2021, en comparación con el año anterior se registró un aumento mínimo en la expansión urbana de 2.881 hectáreas, atribuido a las restricciones y medidas de confinamiento relacionadas con la pandemia de COVID-19.

4.1.2. Prueba estadística primer objetivo específico

a) Datos para el coeficiente KAPPA

Los datos de las matrices de confusión fueron obtenidos en el programa ArcGIS, utilizando la herramienta "Data Management Tools" y seleccionando la opción "Tabla Pivote". Esta herramienta permite comparar nuestra clasificación supervisada con la de Google Earth utilizando los 330 puntos de control aleatorios generados por el programa.

Tabla 46

Matriz de confusión para el año 1993

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	1	52	1
RÍOS	0	50	0	0	0	2	52	2
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	49	1	0	0	51	2
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	1	4	47	3	0	56	9
TIERRAS DESNUDAS	1	0	2	4	50	0	57	7
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	3	0	3	2	52	62	10
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	5	6	8	5	3		

Nota: se muestra la matriz de confusión para el año 1993 obtenida a través de la Tabla Pivote en el programa ArcGIS.

Tabla 47*Matriz de confusión para el año 2022*

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	53	0	0	0	0	0	53	0
RÍOS	0	50	0	0	0	0	50	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	55	4	0	0	60	5
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2	0	0	51	4	0	57	6
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	50	0	50	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	4	0	0	1	55	60	5
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	5	6	8	5	3		

Nota: se muestra la matriz de confusión para el año 2022 obtenida a través de la Tabla Pivote en el programa ArcGIS.

b) Formulación de la hipótesis

$H_0: k = 0$; La metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad no es adecuada para determinar el área de la expansión urbana en la ciudad de Ilave.

$H_1: k \neq 0$; La metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad es adecuada para determinar el área de la expansión urbana en la ciudad de Ilave.

c) Nivel de significancia

Confianza = 0.95

Significancia $\alpha = 0.05$



d) Estadístico de prueba: coeficiente KAPPA

Este estadístico nos permite evaluar la coherencia entre nuestras clasificaciones con las imágenes de alta resolución, como las proporcionadas por Google Earth, brindándonos así una medida de exactitud de nuestro análisis.

La fórmula para calcular el índice de concordancia KAPPA para el año 1993, está dado de la siguiente manera:

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

Primeramente, calculamos la proporción esperada por azar está dada por la siguiente formula:

$$P_e = \frac{(f_1 * c_1) + (f_2 * c_2)}{n^2}$$

$$P_e = \frac{(55 * 52) + (55 * 52) + (55 * 51) + (55 * 56) + (55 * 57) + (55 * 62)}{330^2}$$

$$P_e = 0.1666$$

Seguidamente calculamos, la proporción de concordancia esperada o exactitud global, está dada por la siguiente formula:

$$P_o = \frac{a + d}{n}$$

$$P_o = \frac{51 + 50 + 49 + 47 + 50 + 52}{330}$$

$$P_o = 0.9060$$

Finalmente, procedemos a sustituir los datos en la fórmula para calcular el índice de concordancia KAPPA correspondiente al año 1993.



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

$$k = \frac{0.9060 - 0.1666}{1 - 0.1666}$$

$$k = 0.8872$$

Una vez obtenido el coeficiente KAPPA para el año 1993, procedemos a seguir los mismos pasos para calcular el coeficiente KAPPA correspondiente al año 2022.

Primeramente, calculamos la proporción esperada por azar está dada por la siguiente formula:

$$P_e = \frac{(f_1 * c_1) + (f_2 * c_2)}{n^2}$$

$$P_e = \frac{(55 * 53) + (55 * 50) + (55 * 60) + (55 * 57) + (55 * 50) + (55 * 60)}{330^2}$$

$$P_e = 0.1666$$

Seguidamente calculamos, la proporción de concordancia esperada o exactitud global, está dada por la siguiente formula:

$$P_o = \frac{a + d}{n}$$

$$P_o = \frac{53 + 50 + 55 + 51 + 50 + 55}{330}$$

$$P_o = 0.9515$$

Finalmente, procedemos a sustituir los datos en la fórmula para calcular el índice de concordancia KAPPA correspondiente al año 2022.

$$k = \frac{P_0 - P_e}{1 - P_e}$$

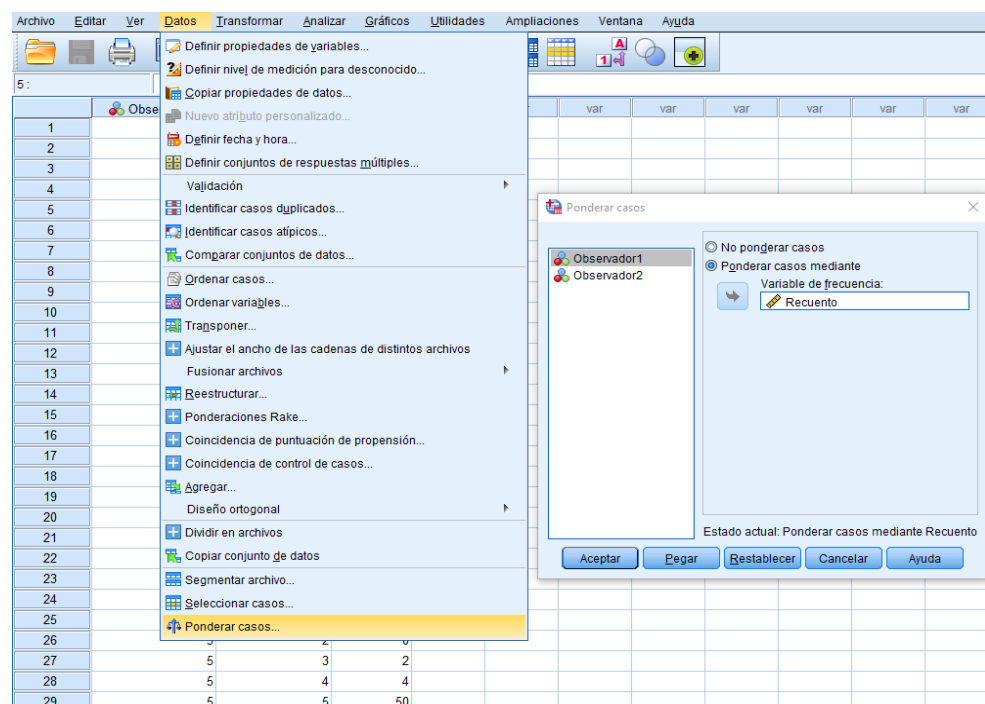
$$k = \frac{0.9060 - 0.1666}{1 - 0.1666}$$

$$k = 0.9418$$

Además, se llevó a cabo el cálculo del coeficiente KAPPA a través del programa SPSS, y se verificó que los resultados obtenidos son iguales con los obtenidos previamente.

Figura 45

Ingreso de datos y configuración para calcular el índice KAPPA para el año 1993



Nota: muestra el ingreso de datos y la configuración necesaria para llevar a cabo el cálculo del índice KAPPA en el año 1993.

Figura 46

Configuración de datos para calcular el índice KAPPA para el año 1993

Nota: muestra la configuración necesaria para llevar a cabo el cálculo del índice KAPPA para el año 1993 en el programa SPSS 25.0

Figura 47

Índice KAPPA para el año 1993 en el programa SPSS 25.0

Recuento	Observador2						Total
	Áreas Urbanizadas	Ríos	Turberas y Boleales	Mosaico de Pastos y Cultivos	Tierras Desnudas	Áreas Arenosas Naturales	
Observador1 - Áreas Urbanizadas	51	0	0	0	0	1	52
Ríos	0	50	0	0	0	2	52
Turberas y Boleales	0	1	49	1	0	0	51
Mosaico de Pastos y Cultivos	1	1	4	47	3	0	56
Tierras Desnudas	1	0	2	4	50	0	57
Áreas Arenosas Naturales	2	3	0	3	2	52	62
Total	55	55	55	55	55	55	330

Medida de acuerdo	Valor	Error estándar asimptótico ^a	T aproximada ^b	Significación aproximada
Medida de acuerdo	.887	.019	36.059	.000
N de casos válidos	330			

a. No se presupone la hipótesis nula.
b. Utilización del error estándar asimptótico que presupone la hipótesis nula.

Nota: muestra la matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1993 en el programa SPSS 25.0.

Tabla 48

Estadístico KAPPA para el año 1993

Estadístico KAPPA		
	Valor	p-valor
KAPPA	0.887	0.000
N° de casos válidos	330	

Nota: estadístico KAPPA junto con su nivel de significación o p-valor realizado en el software SPSS 25.0

Tabla 49

Estadístico KAPPA para el año 2022

Estadístico KAPPA		
	Valor	p-valor
KAPPA	0.942	0.000
N° de casos válidos	330	

Nota: estadístico KAPPA junto con su nivel de significación o p-valor realizado en el software SPSS 25.0

Seguidamente, se presentan tablas de matrices de confusión y tablas de índices KAPPA de las validaciones de los años 1993 y 2022 de la ciudad de Ilave.

Los errores de comisión se refieren a los píxeles que fueron incorrectamente incluidos en la clase evaluada, mientras que los errores de omisión ocurren cuando un píxel se excluye de la clase que se evalúa.

Tabla 50

Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1993

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	1	52	1
RÍOS	0	50	0	0	0	2	52	2
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	49	1	0	0	51	2
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	1	4	47	3	0	56	9
TIERRAS DESNUDAS	1	0	2	4	50	0	57	7
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	3	0	3	2	52	62	10
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	5	6	8	5	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	1.923	7.273				
RÍOS	3.846	9.091				
TURBERAS Y BOFEDALES	3.922	10.909				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	16.071	14.545	0.906	90.606	0.887	88.727
TIERRAS DESNUDAS	12.281	9.091				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	16.129	5.455				

Nota: para el año 1993 el índice KAPPA es de 0.887 que se encuentra en el rango **casi perfecto**.

En la columna error de comisión, 31 áreas fueron colocadas incorrectamente con otras áreas de cobertura debido a ciertas similitudes espectrales clasificadas por el software durante el procesamiento de información y digitalización de zonas de referencia. En la columna de errores de omisión se contrastan los resultados obtenidos con los resultados de la validación de campo, donde 31 áreas fueron ubicadas incorrectamente con otras coberturas debido a algunas similitudes espectrales.

Adicionalmente se obtuvieron 299 regiones en la diagonal principal, las cuales fueron catalogadas como regiones de entrenamiento correctamente digitalizadas.

El coeficiente KAPPA obtenido para 1993 es de 0.887, según la tabla 7 corresponde a “casi perfecto”. Además, para el año en mención se tuvo un porcentaje correctamente clasificado de 90.606%.

Tabla 51

Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2022

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	53	0	0	0	0	0	53	0
RÍOS	0	50	0	0	0	0	50	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	55	4	0	0	60	5
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2	0	0	51	4	0	57	6
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	50	0	50	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	4	0	0	1	55	60	5
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	5	6	8	5	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	3.636				
RÍOS	0.000	9.091				
TURBERAS Y BOFEDALES	8.333	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	10.526	7.273	0.952	95.152	0.942	94.182
TIERRAS DESNUDAS	0.000	9.091				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	8.333	0.000				

Nota: para el año 2022 el índice KAPPA es de 0.942 que se encuentra en el rango **casi perfecto**.

En la columna error de comisión, 16 áreas fueron colocadas incorrectamente con otras áreas de cobertura debido a ciertas similitudes espectrales clasificadas por el software durante el procesamiento de información y digitalización de zonas de referencia. En la columna de errores de omisión se comparan los resultados obtenidos con los resultados de la validación de campo, donde 31 áreas fueron ubicadas incorrectamente con otras coberturas debido a algunas similitudes espectrales. Adicionalmente se obtuvieron 314 regiones en la diagonal principal, las cuales fueron catalogadas como regiones de entrenamiento correctamente digitalizadas.

El coeficiente KAPPA obtenido para 2022 es de 0.942, según la tabla 7 corresponde a “casi perfecto”. Además, para el año en mención se tuvo un porcentaje correctamente clasificado de 95.152%.

Tabla 52

Validación de la clasificación supervisada CLC

AÑO	EXACTITUD GLOBAL (%)	COEFICIENTE KAPPA
1993	90.606	0.887
1994	92.145	0.906
1995	91.212	0.895
1996	90.909	0.891
1997	93.636	0.924
1998	93.333	0.920
1999	93.939	0.927
2000	96.061	0.953
2001	93.939	0.927
2002	93.333	0.920
2003	97.273	0.967
2004	94.848	0.938



AÑO	EXACTITUD GLOBAL (%)	COEFICIENTE KAPPA
2005	95.152	0.942
2006	94.242	0.931
2007	90.881	0.891
2008	92.749	0.913
2009	89.970	0.880
2010	94.848	0.938
2011	90.909	0.891
2012	89.697	0.876
2013	92.121	0.905
2014	91.515	0.898
2015	91.818	0.902
2016	94.545	0.935
2017	93.030	0.916
2018	93.636	0.924
2019	93.939	0.927
2020	93.030	0.916
2021	94.848	0.938
2022	95.152	0.942

Nota: se muestran las exactitudes globales y coeficientes KAPPA del año 1993 hasta el año 2022.

e) Estimación de la región crítica

Implica calcular un valor crítico Z que se utiliza para determinar si un valor observado k está dentro o fuera de la región crítica. Aquí, k representa la estadística de contraste calculada, y $Se(k)$ es el error estándar de esta estadística. Para esta prueba utilizaremos el coeficiente KAPPA más bajo que encontramos en toda la clasificación.

Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$z_k = \frac{k}{Se(k)}$$

Para calcular el error estándar del coeficiente KAPPA para el año 2012, necesitamos el coeficiente KAPPA y luego aplicarla en la fórmula:

$$Se(k) = \sqrt{\frac{1 - k^2}{n - 2}}$$

$$Se(k) = \sqrt{\frac{1 - 0.876^2}{330 - 2}}$$

$$Se(k) = 0.02663$$

Una vez que hemos calculado el error estándar del coeficiente KAPPA, podemos proceder a calcular el estadístico de contraste de KAPPA aplicando la siguiente formula:

$$z_k = \frac{k}{Se(k)}$$

$$z_k = \frac{0.876}{0.02663}$$

$$z_k = 32.8952$$

Para un nivel de significancia de 0.05 el valor de Z crítico se obtiene de la tabla 12, que es 1.96.

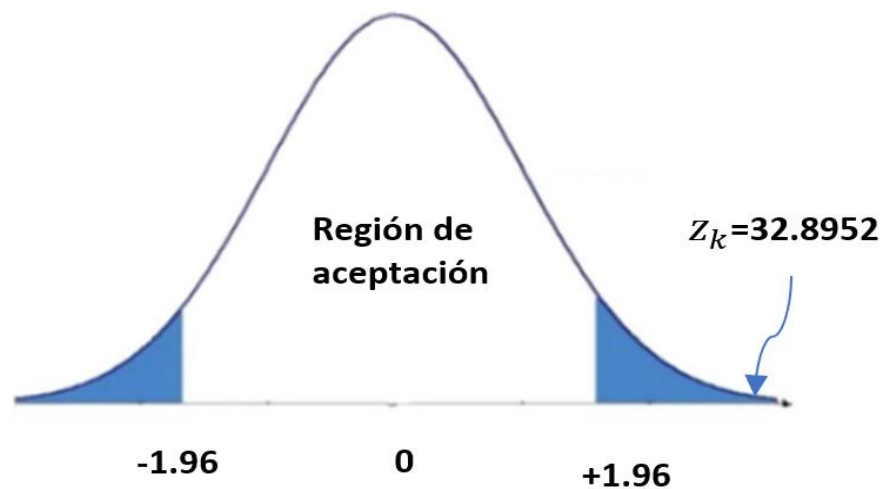
f) Regla de decisión

Si $Z_k > 1.96$ se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

Si $Z_k < -1.96$ se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

Figura 48

Diagrama de la región crítica



Nota: se muestra el diagrama de la región crítica para una significancia de $\alpha = 0.05$

g) Interpretación

Al ser $Z_k > 1.96$, se acepta la hipótesis alterna. Es decir que la metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad es adecuada para determinar el área de la expansión urbana en la ciudad de Ilave.

Además, los coeficientes KAPPA oscilan entre 0.876 y 0.967 y la exactitud global entre 89.697% y 97.273%. Por lo tanto, estos valores se encuentran en el rango casi perfecto según la Tabla 7. De esta manera se validan las áreas obtenidas de los mapas clasificados según CLC adaptado para el Perú.



4.1.3. Resultados segundo objetivo específico

a) Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

Se calcula la tasa de crecimiento poblacional entre 1993-2005

Datos:

$n = 12$ años de diferencia en 2005 - 1993

$Pob_f = 18265$ habitantes en el año 2005

$Pob_0 = 14253$ habitantes en el año 1993

$r =$ Tasa de crecimiento % entre 1993 - 2005

$$r = \sqrt[12]{\frac{18265}{14253}} - 1$$

$$r = 0.0208 * 100$$

$$r = 2.09\%$$

b) Cálculo de la tasa de crecimiento poblacional

Se calcula la población para el año 1994

Datos:

$n = 1$ año de diferencia entre 1993 - 1994

$Pob_f =$ Habitantes para el año 1994

$Pob_0 = 14253$ habitantes en el año 1993

$r = 2.09\%$ tasa de crecimiento entre 1993 - 2005

$$Pob_f = 14\ 253(1 + 2.09\%)^1$$



$$Pob_f = 14\ 550.887$$

$$Pob_f = 14\ 551 \text{ habitantes}$$

Tabla 53

Número de habitantes y tasas de crecimiento de la ciudad de Ilave

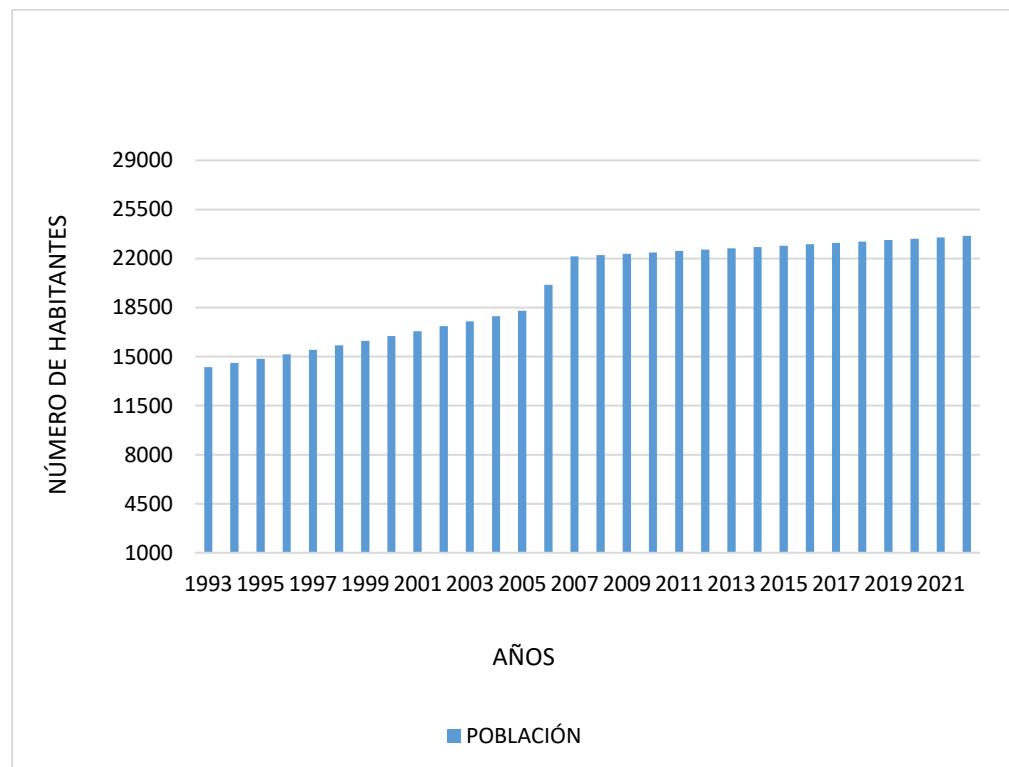
AÑO	POBLACIÓN (hab)	TASA DE CRECIMIENTO INTERCENSAL %
1993	14 253	
1994	14 551	
1995	14 854	
1996	15 165	
1997	15 481	
1998	15 804	
1999	16 134	Tasa intercensal
2000	16 471	1993-2005 = 2.09
2001	16 815	
2002	17 166	
2003	17 525	
2004	17 891	
2005	18 265	
2006	20 115	Tasa intercensal
2007	22 153	2005-2007 = 10.13
2008	22 248	
2009	22 343	
2010	22 438	
2011	22 534	Tasa intercensal
2012	22 630	2007-2017 = 0.43
2013	22 727	
2014	22 824	

AÑO	POBLACIÓN (hab)	TASA DE CRECIMIENTO INTERCENSAL %
2015	22 921	
2016	23 019	
2017	23 117	
2018	23 216	Tasa intercensal proyectada
2019	23 315	2017-2022 = 0.43
2020	23 415	
2021	23 515	
2022	23 615	

Nota: datos del crecimiento poblacional y las tasas de crecimiento de la ciudad de Ilave.

Figura 49

Número de habitantes de Ilave desde 1993 al 2022



Nota: número de habitantes de la ciudad Ilave desde 1993 al 2022.



Tabla 54

Expansión urbana y crecimiento poblacional

N°	AÑO	EXPANSIÓN URBANA (ha)	CRECIMIENTO POBLACIONAL (hab)
1	1993	104.120	14 253
2	1994	109.823	14 551
3	1995	118.313	14 854
4	1996	130.232	15 165
5	1997	135.154	15 481
6	1998	148.581	15 804
7	1999	160.790	16 134
8	2000	183.567	16 471
9	2001	197.642	16 815
10	2002	207.981	17 166
11	2003	217.786	17 525
12	2004	249.305	17 891
13	2005	273.874	18 265
14	2006	301.693	20 115
15	2007	323.565	22 153
16	2008	349.204	22 248
17	2009	357.212	22 343
18	2010	371.432	22 438
19	2011	380.972	22 534
20	2012	389.612	22 630
21	2013	401.942	22 727
22	2014	421.021	22 824
23	2015	431.730	22 921
24	2016	443.610	23 019
25	2017	456.480	23 117



N°	AÑO	EXPANSIÓN URBANA (ha)	CRECIMIENTO POBLACIONAL (hab)
26	2018	468.540	23 216
27	2019	492.029	23 315
28	2020	504.629	23 415
29	2021	507.510	23 515
30	2022	524.069	23 615
CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL:		14.481	323

Nota: datos de expansión urbana y crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave.

4.1.4. Prueba estadística segundo objetivo específico

a) Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

- **Datos de la prueba de normalidad**

Se realizó la prueba de normalidad a los datos de la tabla 54 (expansión urbana y crecimiento poblacional).

- **Formulación de la hipótesis de normalidad**

H_0 = Los datos siguen una distribución normal

H_1 = Los datos no siguen una distribución normal

- **Nivel de significancia**

Confianza = 0.95

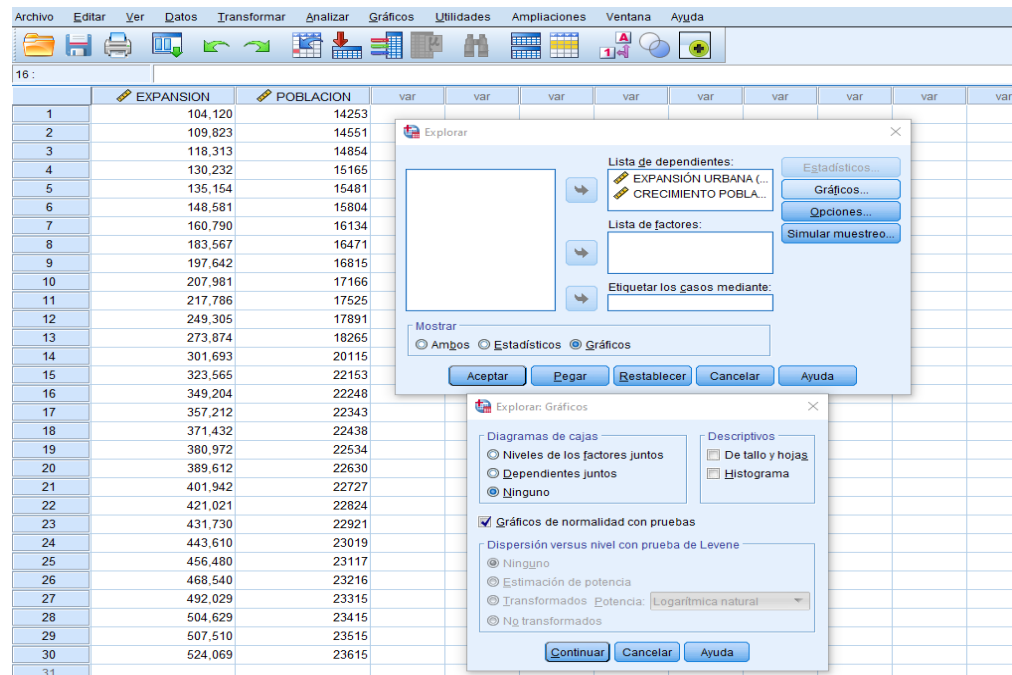
Significancia α = 0.05

- **Estadístico de prueba Shapiro-Wilk**

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk mediante el programa SPSS 25.0, las cuales se presentan a continuación.

Figura 50

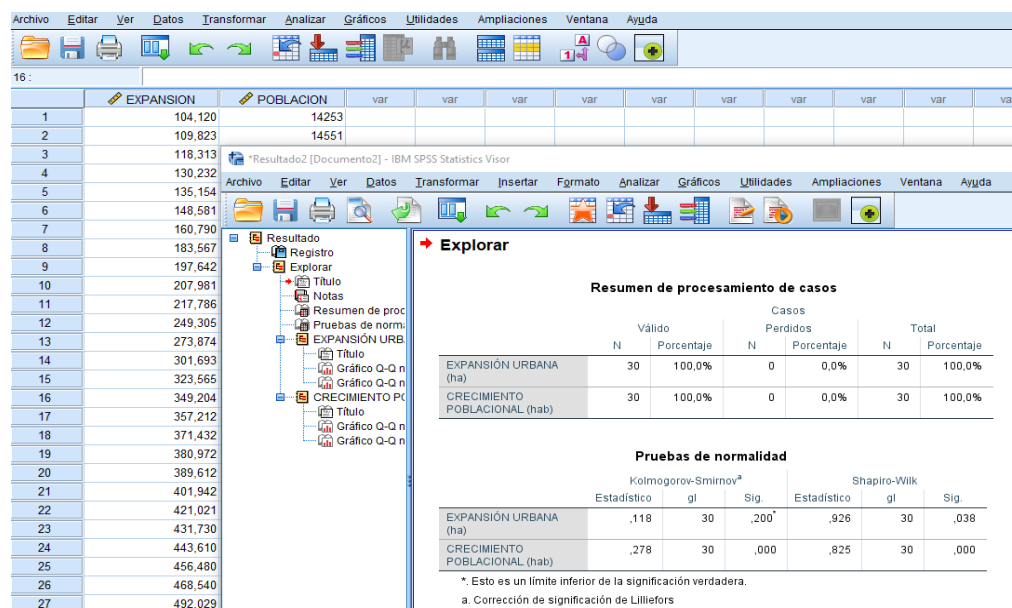
Ingreso de datos y configuración para la prueba de normalidad Shapiro-Wilk



Nota: ingreso de datos y configuración para la prueba de normalidad Shapiro-Wilk en el programa SPSS 25.0

Figura 51

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk



Nota: se muestra la prueba de normalidad Shapiro-Wilk en el programa SPSS 25.0

Tabla 55

Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

	SHAPIRO-WILK		
	Estad.	Grado de libertad	p-valor
EXPANSIÓN URBANA (Ha)	0.926	30	0.038
CRECIMIENTO POBLACIONAL (Hab)	0.825	30	0.000

Nota: se muestra la prueba de Shapiro-Wilk para las variables en el software SPSS 25.0

- **Criterio de decisión**

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta la H_0 y se rechaza la H_1

- **Interpretación**

Según la prueba de “Shapiro-Wilk” desarrollada en el programa SPSS 25.0, las variables de la tabla 54 (expansión urbana y crecimiento poblacional) presentan datos no normalmente distribuidos, debido a que su valor crítico (p-valor) es < 0.05 . Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo que indica que corresponde a una prueba estadística no paramétrica (Spearman).

b) Prueba estadística del coeficiente de correlación de Spearman

Se realizó la prueba del coeficiente de correlación de Spearman a los datos de la tabla 54 (expansión urbana y crecimiento poblacional).

- **Formulación de hipótesis**

$H_0 : r_s = 0$ No existe correlación significativa entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional.

$H_1 : r_s \neq 0$ Existe correlación significativa entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional.

- **Nivel de significancia**

Confianza = 0.95

Significancia $\alpha = 0.05$

- **Estadístico de prueba del coeficiente de correlación de Spearman**

Para calcular el coeficiente de correlación de Spearman, el primer paso es ordenar los datos de la primera y segunda columna.

Asignar valores de rango a cada dato ordenado. El dato más pequeño recibe el rango 1, el segundo dato recibe el rango 2, y así sucesivamente hasta el último dato.

Tabla 56

Asignación de Rangos para la Correlación de Spearman

n	Crecimiento poblacional (X)	Expansión urbana (Y)	rango (x)	rango (y)	d (x-y)	d ²
1	14 253	104.120	1	1	0	0
2	14 551	109.823	2	2	0	0
3	14 854	118.313	3	3	0	0
4	15 165	130.232	4	4	0	0
5	15 481	135.154	5	5	0	0
6	15 804	148.581	6	6	0	0



n	Crecimiento poblacional (X)	Expansión urbana (Y)	rango (x)	rango (y)	d (x-y)	d ²
7	16 134	160.790	7	7	0	0
8	16 471	183.567	8	8	0	0
9	16 815	197.642	9	9	0	0
10	17 166	207.981	10	10	0	0
11	17 525	217.786	11	11	0	0
12	17 891	249.305	12	12	0	0
13	18 265	273.874	13	13	0	0
14	20 115	301.693	14	14	0	0
15	22 153	323.565	15	15	0	0
16	22 248	349.204	16	16	0	0
17	22 343	357.212	17	17	0	0
18	22 438	371.432	18	18	0	0
19	22 534	380.972	19	19	0	0
20	22 630	389.612	20	20	0	0
21	22 727	401.942	21	21	0	0
22	22 824	421.021	22	22	0	0
23	22 921	431.730	23	23	0	0
24	23 019	443.610	24	24	0	0
25	23 117	456.480	25	25	0	0
26	23 216	468.540	26	26	0	0
27	23 315	492.029	27	27	0	0
28	23 415	504.629	28	28	0	0
29	23 515	507.510	29	29	0	0
30	23 615	524.069	30	30	0	0
TOTAL						0

Nota: se muestra la asignación de rangos a los datos para el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman.

Seguidamente calculamos el coeficiente de correlación mediante la formula:

Datos:

r_s = Coeficiente de correlación de Spearman

$n = 30$ (número de datos)

$d^2 = 0$ (diferencias de rangos elevado al cuadrado)

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

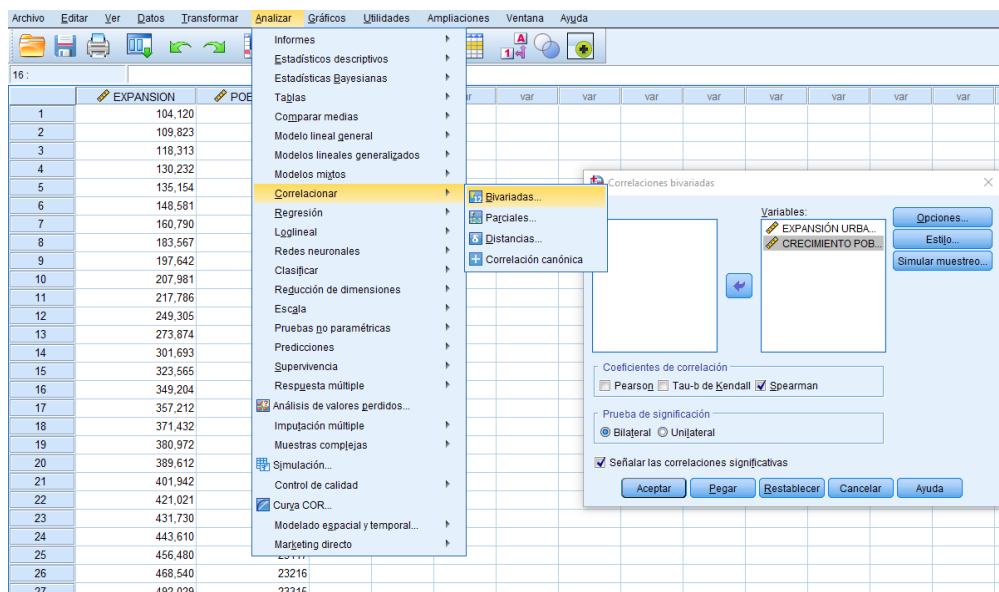
$$r_s = 1 - \frac{6(0)}{30(30^2 - 1)}$$

$$r_s = 1.0000$$

Además, el coeficiente de correlación de Spearman también fue calculado utilizando el software SPSS 25.0.

Figura 52

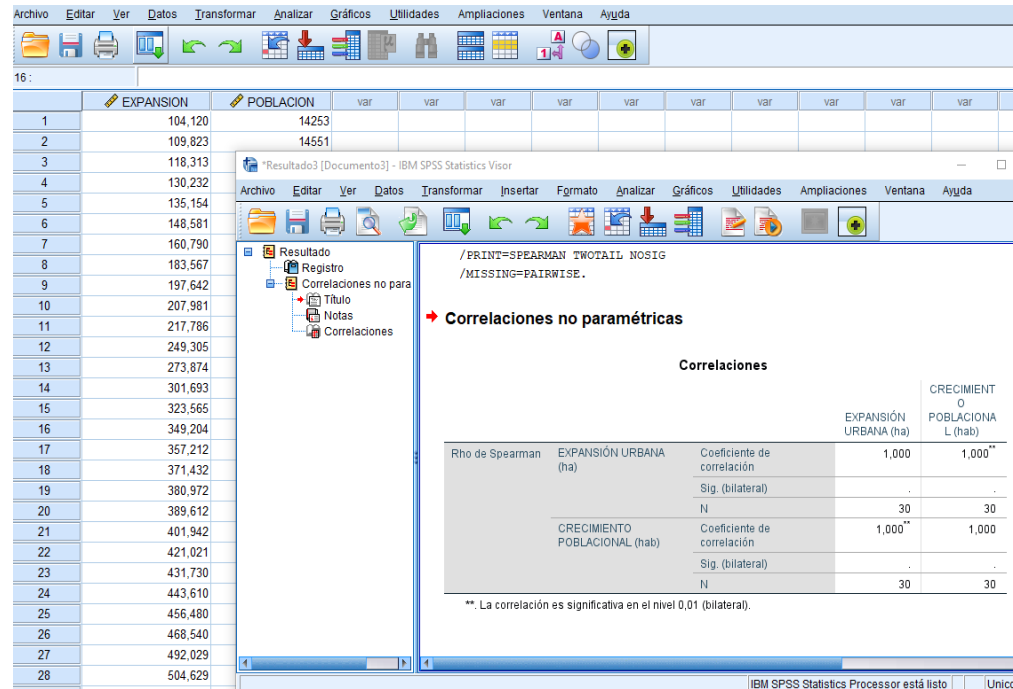
Ingreso de datos y configuración para calcular la correlación de Spearman



Nota: se muestra el ingreso de datos y configuración para calcular la correlación de Spearman entre la expansión urbana y crecimiento poblacional en el programa SPSS 25.0

Figura 53

Correlación de Spearman entre la expansión urbana y crecimiento poblacional



Nota: se muestra la correlación de Spearman entre la expansión urbana y crecimiento poblacional en el programa SPSS 25.0

Tabla 57

Correlación de Spearman

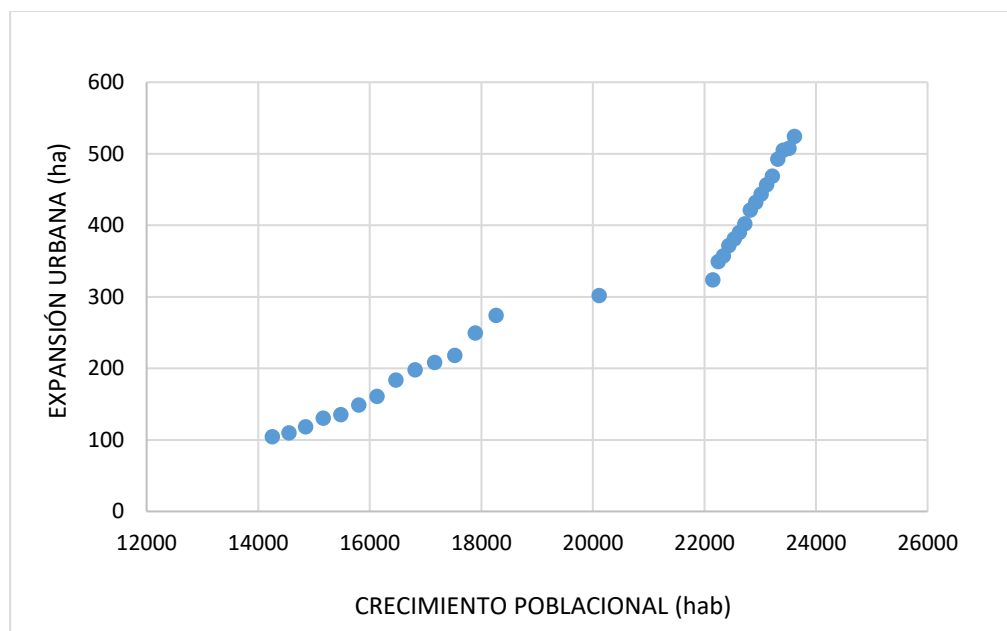
CORRELACIÓN		EXPANSIÓN URBANA (Ha)	CRECIMIENTO POBLACIONAL (Hab)
Rho de Spearman	EXPANSIÓN URBANA (Ha)	1.000	1,000**
	Coef. de correlación		
	p-valor	.	.
CRECIMIENTO POBLACIONAL (Hab)	EXPANSIÓN URBANA (Ha)	1,000**	1.000
	Coef. de correlación		
	p-valor	.00	.
		N	30

Nota: se muestra la correlación de Spearman entre la expansión urbana y crecimiento poblacional.

La correlación entre la expansión urbana y crecimiento poblacional, mencionadas anteriormente se demuestra mediante la dispersión de los datos en el plano cartesiano, este análisis gráfico revela de manera clara y visual una relación positiva entre ambas variables, respaldando la idea de que el aumento en la expansión urbana está directamente asociado con el crecimiento poblacional.

Figura 54

Diagrama de dispersión de puntos



Nota: se muestra el diagrama de dispersión de puntos entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional.

- **Criterio de decisión**

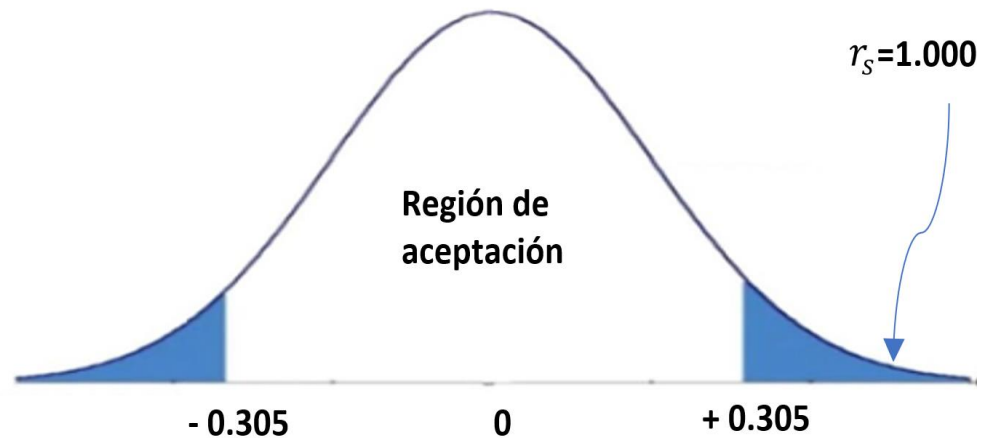
Los valores críticos del coeficiente de correlación de rangos de Spearman, para una muestra de 30 datos y un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, se obtuvieron de la tabla 14 y resultaron ser de 0.305. Además, el coeficiente de correlación de Spearman obtenido en el estudio fue de 1.000.

Si $r_s > 0.305$ se rechaza la H_0 y se acepta la H_1

Si $r_s < 0.305$, se acepta la H_0 y se rechaza la H_1

Figura 55

Diagrama de la región crítica



Nota: se muestra el diagrama de la región crítica para una significancia de $\alpha = 0.05$

- **Interpretación**

Con un coeficiente de correlación de Spearman de 1.000, que es mayor que el valor crítico de 0.305, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Asimismo, en el programa SPSS 25.0 también nos dio como resultado un coeficiente de correlación de 1.000** indicando una correlación perfecta positiva entre las dos variables (expansión urbana y crecimiento poblacional). El valor de 1.000 sugiere una relación lineal completa y positiva, lo que significa que cuando una variable aumenta, la otra también lo hace de manera proporcional. La notación ** indica significancia estadística adicional, aunque la interpretación del valor en sí mismo, siendo 1.000 ya es indicativo de una correlación perfecta.

4.2. DISCUSIÓN

Primera discusión, con respecto a Suárez (2020), utilizó la metodología Corine Land Cover a través de una clasificación supervisada utilizando imágenes satelitales LANDSAT con el objetivo de determinar la crecida de la zona urbana del municipio de Chía para los años de 1991, 2003 y 2018. Determinó que en todo ese lapso de tiempo tuvo un incremento de 671.796 has en la expansión urbana de Chía. Asimismo, la población aumentó en 63.877 habitantes, afirmando que la población tiene una relación positiva en la expansión urbana. En nuestro estudio, se observó una expansión urbana de 419,949 has entre 1993 y 2022, acompañada de un aumento de 9 362 habitantes en el mismo período. Tras realizar pruebas de correlación, confirmamos la existencia de una correlación positiva perfecta entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional.

Segunda discusión, con respecto a Huaman (2022), que utilizó la metodología Corine Land Cover para identificar 11 clases de cobertura del suelo para el año 2018, mediante la metodología CLC y los softwares ArcGIS, Envi, R Studio, donde obtuvo un área de cambio de 10 474.91 has y donde las áreas urbanizadas incrementaron en 2913.09 has entre 1986 y 2018. Asimismo, obtuvo una exactitud “casi perfecta” con coeficientes KAPPA de 0.83 y 0.89 para el año 1986 y 2018 respectivamente. En nuestro trabajo se determinó 6 clases de manera óptima para los diferentes años, para lo cual se utilizó la metodología CLC adaptada para el Perú, identificando una expansión urbana de 419.949 has entre 1993 y 2022. Los coeficientes KAPPA oscilaron entre 0.876 y 0.967. Dichos valores se encuentran en el rango “casi perfecto” según la valoración del índice KAPPA.

Tercera discusión, con respecto a Carrillo & Choquehuanca (2019), utilizaron la prueba estadística no paramétrica de Spearman al momento de correlacionar la expansión urbana con el crecimiento poblacional. Donde obtuvo un grado de relación de 1.000 **,



lo que indica una correlación “positiva perfecta” entre expansión urbana y crecimiento poblacional. En nuestro trabajo de investigación también se observa una relación positiva con un grado de relación de 1.000**, lo que significa que existe una correlación “positiva perfecta” según la valoración del coeficiente de correlación de Spearman.



V. CONCLUSIONES

- El análisis multitemporal de la relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional en la ciudad de Ilave, realizado mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para el Perú a través del método de Clasificación Supervisada entre 1993 y 2022, ha demostrado una correlación perfecta entre ambos fenómenos. Los resultados muestran que la metodología Corine Land Cover adaptada para el Perú es una herramienta fiable para clasificar y determinar la evolución de la cobertura del suelo. La estrecha relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional destaca la importancia de comprender y gestionar el desarrollo urbano de manera adecuada.
- Los mapas clasificados por la metodología Corine Land Cover adaptada para el Perú, reflejan los cambios en la expansión urbana entre el periodo 1993 – 2022, donde se obtuvo una superficie de 419.949 has con respecto al año de 1993. Asimismo, se evidencia una clara evolución y cambios de cobertura en las demás clases clasificadas según Corine Land Cover, estos son productos fiables que han alcanzado un nivel de exactitud “casi perfecta” con coeficientes KAPPA que oscilaron entre 0.876 y 0.967 y la exactitud global entre 89.697% y 97.273%.
- Los resultados muestran una correlación entre las variables de expansión urbana y crecimiento poblacional, con un coeficiente de correlación de 1.000**, indicando una correlación “positiva perfecta”. La denotación ** indica significancia estadística adicional. Esta fuerte correlación implica una estrecha relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional.



VI. RECOMENDACIONES

- Se observa una reducción en la tasa de crecimiento poblacional desde el censo de 2007 hasta el de 2017. Esta tendencia podría tener un impacto significativo en la planificación urbana, la economía local y el bienestar en las áreas urbanas. Por tanto, se recomienda que los responsables de la planificación urbana y las autoridades municipales de la ciudad de Ilave consideren estos aspectos al planificar un crecimiento urbano sostenible.
- En la actualidad, la ciudad de Ilave se encuentra en la cima de la curva de crecimiento poblacional. Sin embargo, considerando la tendencia actual es probable que en escenarios futuros la población de la ciudad de Ilave disminuya. Este cambio plantea desafíos importantes en áreas como la provisión de servicios públicos, la infraestructura, la fuerza laboral y la sostenibilidad ambiental. Por lo tanto, se recomienda desarrollar políticas y estrategias adaptadas a esta nueva realidad demográfica.
- Las guerras y las enfermedades tienen un impacto directo en la tasa de crecimiento poblacional debido a la pérdida de vidas humanas. Sin embargo, rara vez son anticipados por las autoridades, por lo que se recomienda tenerlos en cuenta en futuras planificaciones urbanas y toma de decisiones.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anahua, R. (2020). Modelamiento dinámico espacial del crecimiento urbano mediante autómatas celulares en el periodo 1974 al 2065 de la ciudad de Puno. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Andreu, A., Carpintero, E., & González, M. (2021). Teledetección para la Agricultura. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, 1–41.
- Cahe, E., & de Prada, J. (2022). Evolución de la expansión urbana y riesgos para la agricultura de proximidad en el sur de Córdoba, Argentina. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, 48(144). <https://doi.org/10.7764/EURE.48.144.11>
- Canelón, D. S., Niño, S. M., & Mendez, J. (2018). Análisis multitemporal del crecimiento de la ciudad de Arauca, departamento Arauca, Colombia. *Avances de Investigación En Ciencias Agrícolas, Ambientales, Sociales e Ingenierías*, 25–28.
- Carrillo, A. E., & Choquehuanca, 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.
- Castillo, C. (2022). Efecto del crecimiento poblacional urbano y el impacto ambiental por el uso de suelo, en el centro poblado de Buena Vista - Pomata – Chucuito - Puno 2020. Universidad Privada San Carlos.
- Changa, L., & Tamayo, V. (2023). Impacto de la expansión urbana sobre la superficie del Área de Conservación Regional Humedales de Ventanilla en el periodo 2003-2021. Universidad Privada del Norte.
- Chihuan, K., Mollehuara, M., Quispe, C., Condori, J., & Cornejo, J. (2023). Analysis of urban expansion and its relationship with climate change in Huancayo 1969-2019. *E3S Web of Conferences*, 437. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343701003>



- Dellepiane, J. (2018). Uso de imágenes satelitales para el reconocimiento de parapetos en el centro-oeste de Patagonia meridional. *Arqueología*, 24(2), 259–269. <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t24.n2.5009>
- Escobedo, J. (2013). La población del Perú en la etapa de globalización. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 139–150.
- Flores, C., & Flores, K. (2021). Pruebas para comprobar la normalidad de los datos en procesos productivos: Anderson-Darling, Ryan-Joiner, Shapiro-Wilk y Kolmogórov-Smirnov. *Societas*, 23(2), 83–106.
- García, C., & Hachi, M. (2022). Análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del Río Illangama. *Revista de Investigación Talentos*, 9(2), 101–116. <https://doi.org/10.33789/talentos.9.2.173>
- Geoinnova. (2021, October 26). ¿Qué son las firmas espectrales? <https://geoinnova.org/blog-territorio/firmas-espectrales/>
- GIS&BEERS. (2018a, February 06). Corrección radiométrica de imágenes satélite. <https://www.gisandbeers.com/correccion-radiometrica-imagenes-satelite/#:~:text=Correcci%C3%B3n%20geom%C3%A9trica%20con%20e1%20fin,empleadas%20para%20corregir%20nuestra%20imagen.>
- GIS&BEERS. (2018b, June 28). GEOBIA para corrección atmosférica en Landsat 8. <http://www.gisandbeers.com/geobia-correccion-atmosferica-landsat-8/>
- Goytia, L., & Martínez, N. (2020). Conceptualización de la ciudad y su territorio. Tendencia geométrica del imaginario urbano. *Revista de La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de La Universidad de Cuenca*, 9(17), 79–92. <https://doi.org/10.18537/est.v009.n017.a07>
- Hernández, A. (2022). El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas. *Papeles de Población*, 3(10).
- Huaman, G. D. (2022). Escenarios de crecimiento urbano mediante análisis multitemporal del cambio de cobertura y uso de suelo del distrito de Lurigancho – Lima - Perú. Universidad San Ignacio de Loyola.



- Huaraca, S., & Socorro, W. (2023). El crecimiento urbano y los cambios de cobertura vegetal de la Loma Manchay en el periodo 1986-2022, Lima. Universidad Nacional del Callao.
- INEI. (2018). Consultar información de los censos realizados por el INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda. Plataforma Del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/36495-consultar-informacion-de-los-censos-realizados-por-el-inei-censos-nacionales-de-poblacion-y-vivienda>
- INEI. (2022). Perú: Proyecciones de Población Total según Departamento, Provincia y Distrito, 2018-2022. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3464927-peru-proyecciones-de-poblacion-total-segun-departamento-provincia-y-distrito-2018-2022>
- León, L., & Garavito, L. (2020). Procesamiento de imágenes satelitales. *L'esprit Ingénieur*, 11(1), 33–49.
- López, F. (2023). Evolución del crecimiento urbano y el modelo territorial en el litoral del sureste peninsular español. *Revista de Geografía Norte Grande*, 84, 293–321. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022023000100293>
- Manterola, C., Grande, L., Otzen, T., García, N., Salazar, P., & Quiroz, G. (2018). Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica. *Revista Chilena de Infectología*, 35(6), 680–688. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182018000600680>
- Mayorga, L. (2022). *Manual de Metodología de la Investigación*. Cusco:Yachay.
- MINAM. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal - Memoria descriptiva*.
- Molina, G., Arboit, M., Maglione, D., Sedevich, A., & Mutani, G. (2020). Estudio de expansión urbana, crecimiento poblacional, consumos energéticos e índices de vegetación en el Área Metropolitana de Mendoza. *AREA*, 26(1), 1–21.
- Monclús, J., & Díez, C. (2018). *Ciudad y formas urbanas. Perspectivas transversales* (Prensas de la Universidad de Zaragoza, Ed.; 1st ed., Vol. 1).
- MVCS. (2021). *Manual Para La Elaboracion De Planes De Desarrollo Urbano*.



- NASA. (2018). Capacitación en Línea Avanzada: Detección de Cambios para el Mapeo de la Cubierta Terrestre.
- Paz, F. (2018). Correcciones atmosféricas relativas de imágenes de satélite: patrones invariantes y modelos atmosféricos. *Revista Terra Latinoamericana*, 36(1). <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.228>
- PIX4D. (2019). Corrección radiométrica - PIX4Dfields. <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/360022919691-Radiometric-correction-PIX4Dfields>
- Rana, Md. S., & Sarkar, S. (2021). Prediction of urban expansion by using land cover change detection approach. *Heliyon*, 7(11), e08437. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08437>
- Shabrina, H., Jumadi, Umrotun, & Ibrahim, M. (2023). Analysis of the Correlation Between Urban Development and Population with the Urban Heat Island Phenomenon in South Jakarta City. In *Proceedings of the International Conference of Geography and Disaster Management (ICGDM 2022)* (pp. 80–99). https://doi.org/10.2991/978-2-38476-066-4_6
- Suárez, J. (2020). Análisis multitemporal de la expansión urbana de acuerdo con el aumento de la densidad poblacional del municipio de Chía para los años 1991, 2003 y 2018. Universidad Militar Nueva Granada.
- Sucasaire, J. (2022). Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación. CONCYTEC.
- U.S. Geological Survey. (2018, September 5). What are the band designations for the Landsat satellites? <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>
- U.S. Geological Survey. (2019, October 16). Landsat Satellite Missions. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-satellite-missions>
- Valdivia, L. (2018). Clasificación de la cobertura y uso del territorio para el año 2014 de la provincia de Padre Abad, departamento de Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali.



van Maarseveen, M., Martinez, J., & Flacke, J. (2018). GIS in Sustainable Urban Planning and Management (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315146638>

Vergara, A. J. (2018). Análisis del cambio de cobertura y uso de la tierra del distrito de Pucará - provincia de Jaén departamento Cajamarca, utilizando imágenes de satélite periodo 2000 - 2017. Universidad Nacional de Cajamarca.



ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: RELACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA CON EL CRECIMIENTO POBLACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA CIUDAD DE ILAVE, ENTRE LOS AÑOS 1993 – 2022

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Es posible analizar de manera multitemporal la relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave utilizando la metodología Corine Land Cover durante el período de 1993 a 2022?</p>	<p>Objetivo general: Analizar multitemporalmente la relación de la expansión urbana con el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave mediante la metodología Corine Land Cover entre los años de 1993 a 2022.</p>	<p>Hipótesis general: La relación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave utilizando la metodología Corine Land Cover durante el período de 1993 a 2022 puede ser analizada de manera multitemporal.</p>	<p>Variable dependiente: Expansión urbana de la ciudad de Ilave</p>	<p>Espacial</p>	<p>Áreas urbanizadas (ha) Crecimiento urbano anual (ha)</p>	<p>Nivel de investigación: Descriptivo-correlacional</p> <p>Tipo de investigación: De enfoque analítico, siendo retrospectivo y de corte longitudinal</p> <p>Diseño de investigación: Diseño no experimental</p>

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problemas específicos:</p> <p>1. ¿Cuál es el área de la expansión urbana durante el período de 1993 a 2022, determinada mediante la metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad?</p> <p>2. ¿Cuál es la correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022?</p>	<p>Objetivos específicos:</p> <p>1. Determinar el área de la expansión urbana utilizando la metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad entre los años de 1993 a 2022.</p> <p>2. Determinar la correlación entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.</p>	<p>Hipótesis específicas:</p> <p>1. La metodología Corine Land Cover a través del método de Clasificación Supervisada de Máxima Probabilidad es adecuada para determinar el área de la expansión urbana en la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.</p> <p>2. Existe correlación significativa entre la expansión urbana y el crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave entre los años de 1993 a 2022.</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave</p>	<p>Población</p>	<p>Tamaño de la población (hab)</p> <p>Crecimiento poblacional anual (hab)</p>	<p>Población:</p> <p>La población de estudio es la ciudad de Ilave durante el período comprendido entre 1993 y 2022.</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra de estudio comprende los datos de los censos poblacionales del INEI y las imágenes satelitales LANDSAT que cubren el área total de la ciudad de Ilave entre los años 1993 y 2022.</p>

ANEXO 2. Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable dependiente	Expansión urbana de la ciudad de Ilave	Clasificación Supervisada por Metodología Corine Land Cover adaptada para el Perú	Espacial	Áreas urbanizadas (ha)
				Crecimiento urbano anual (ha)
Variable independiente	Crecimiento poblacional de la ciudad de Ilave	Censos poblacionales INEI (interpolación y extrapolación)	Población	Tamaño de la población (hab) Crecimiento poblacional anual (hab)

ANEXO 3. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1994

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	49	0	0	0	0	1	50	1
RÍOS	0	51	0	0	0	1	52	1
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	52	1	0	0	54	2
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	0	2	47	2	0	52	5
TIERRAS DESNUDAS	1	0	2	4	53	0	60	7
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	4	3	0	3	0	53	63	10
TOTAL	55	55	56	55	55	55	331	
ERROR DE OMISION	6	4	4	8	2	2		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	2.000	10.909				
RÍOS	1.923	7.273				
TURBERAS Y BOFEDALES	3.704	7.143				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	9.615	14.545	0.921	92.145	0.906	90.574
TIERRAS DESNUDAS	11.667	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	15.873	3.636				



ANEXO 4. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1995

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	50	0	0	0	0	1	51	1
RÍOS	0	52	0	0	0	0	52	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	52	1	0	0	54	2
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	2	45	2	5	54	9
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	2	53	0	56	3
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5	2	0	7	0	49	63	14
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	5	3	3	10	2	6		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	1.961	9.091				
RÍOS	0.000	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	3.704	5.455				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	16.667	18.182	0.912	91.212	0.895	89.455
TIERRAS DESNUDAS	5.357	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	22.222	10.909				

ANEXO 5. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1996

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	48	0	0	0	0	0	48	0
RÍOS	0	52	0	0	0	5	57	5
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	53	1	0	0	54	1
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	2	46	2	2	52	6
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	1	53	0	54	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	7	3	0	7	0	48	65	17
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	7	3	2	9	2	7		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	12.727				
RÍOS	8.772	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	1.852	3.636				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	11.538	16.364	0.909	90.909	0.891	89.091
TIERRAS DESNUDAS	1.852	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	26.154	12.727				



ANEXO 6. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1997

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	0	51	0
RÍOS	0	55	0	0	0	3	58	3
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	54	0	0	0	54	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2	0	1	50	6	2	61	11
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	1	49	0	50	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	0	0	4	0	50	56	6
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	0	1	5	6	5		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	7.273				
RÍOS	5.172	0.000				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	1.818				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	18.033	9.091	0.936	93.636	0.924	92.364
TIERRAS DESNUDAS	2.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	10.714	9.091				



ANEXO 7. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1998

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	53	0	0	0	0	0	53	0
RÍOS	0	50	0	0	0	3	53	3
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	54	0	0	0	54	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	1	50	6	0	57	7
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	4	49	0	53	4
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	5	0	1	0	52	60	8
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	2	5	1	5	6	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	3.636				
RÍOS	5.660	9.091				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	1.818				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	12.281	9.091	0.933	93.333	0.920	92.000
TIERRAS DESNUDAS	7.547	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	13.333	5.455				



ANEXO 8. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 1999

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	0	0	0	54	0
RÍOS	0	53	0	0	0	2	55	2
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	48	0	0	0	48	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	7	55	6	2	70	15
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	2	0	0	0	51	54	3
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	2	7	0	6	4		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	1.818				
RÍOS	3.636	3.636				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	12.727				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	21.429	0.000	0.939	93.939	0.927	92.727
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5.556	7.273				

ANEXO 9. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2000

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	53	0	0	0	0	0	53	0
RÍOS	0	54	0	0	0	2	56	2
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	50	0	0	0	50	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	4	54	0	2	60	6
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	1	55	0	57	2
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	1	0	0	0	51	54	3
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	2	1	5	1	0	4		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	3.636				
RÍOS	3.571	1.818				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	9.091				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	10.000	1.818	0.961	96.061	0.953	95.273
TIERRAS DESNUDAS	3.509	0.000				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5.556	7.273				

ANEXO 10. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2001

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	0	0	0	54	0
RÍOS	0	53	0	0	0	3	56	3
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	49	0	0	0	49	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	6	55	0	2	63	8
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	2	0	0	6	50	59	9
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	2	6	0	6	5		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	1.818				
RÍOS	5.357	3.636				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	10.909				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	12.698	0.000	0.939	93.939	0.927	92.727
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	15.254	9.091				

ANEXO 11. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2002

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	50	0	0	0	0	0	50	0
RÍOS	0	52	0	0	0	1	53	1
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	0	0	0	55	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	0	45	0	0	45	0
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	6	52	0	58	6
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5	3	0	4	3	54	69	15
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	5	3	0	10	3	1		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	9.091				
RÍOS	1.887	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0.000	18.182	0.933	93.333	0.920	92.000
TIERRAS DESNUDAS	10.345	5.455				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	21.739	1.818				



ANEXO 12. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2003

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	0	0	0	54	0
RÍOS	0	53	0	0	0	3	56	3
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	0	0	0	55	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	0	54	2	0	56	2
TIERRAS DESNUDAS	1	0	0	0	53	0	54	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	2	0	1	0	52	55	3
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	2	0	1	2	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	1.818				
RÍOS	5.357	3.636				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3.571	1.818	0.973	97.273	0.967	96.727
TIERRAS DESNUDAS	1.852	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5.455	5.455				



ANEXO 13. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2004

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	53	0	0	0	0	0	53	0
RÍOS	0	47	0	0	0	0	47	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	54	0	0	0	54	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	3	1	55	2	4	66	11
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	53	0	53	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	5	0	0	0	51	57	6
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	2	8	1	0	2	4		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	3.636				
RÍOS	0.000	14.545				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	1.818				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	16.667	0.000	0.948	94.848	0.938	93.818
TIERRAS DESNUDAS	0.000	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	10.526	7.273				



ANEXO 14. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2005

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	0	0	0	54	0
RÍOS	0	52	0	0	0	1	53	1
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	52	0	0	0	52	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	0	3	52	1	4	60	8
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	3	54	0	57	3
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	3	0	0	0	50	54	4
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	3	3	3	1	5		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	1.818				
RÍOS	1.887	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	5.455				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	13.333	5.455	0.952	95.152	0.942	94.182
TIERRAS DESNUDAS	5.263	1.818				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	7.407	9.091				



ANEXO 15. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2006

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	52	0	0	0	0	0	52	0
RÍOS	0	49	0	0	0	0	49	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	50	0	0	0	50	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	1	5	55	2	3	67	12
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	53	0	53	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	5	0	0	0	52	59	7
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	3	6	5	0	2	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	5.455				
RÍOS	0.000	10.909				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	9.091				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	17.910	0.000	0.942	94.242	0.931	93.091
TIERRAS DESNUDAS	0.000	3.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	11.864	5.455				



ANEXO 16. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2007

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	0	51	0
RÍOS	0	40	0	0	0	0	40	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	51	0	0	0	51	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	4	3	55	5	3	73	18
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	0	50	0	51	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	10	0	0	0	52	63	11
TOTAL	55	54	55	55	55	55	329	
ERROR DE OMISION	4	14	4	0	5	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	7.273				
RÍOS	0.000	25.926				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	7.273				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	24.658	0.000	0.909	90.881	0.891	89.056
TIERRAS DESNUDAS	1.961	9.091				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	17.460	5.455				



ANEXO 17. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2008

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	50	0	0	0	0	1	51	1
RÍOS	0	49	0	0	0	0	49	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	53	0	0	0	53	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	1	1	54	5	3	67	13
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	0	49	0	50	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	5	0	1	1	52	61	9
TOTAL	55	55	55	55	55	56	331	
ERROR DE OMISION	5	6	2	1	6	4		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	1.961	9.091				
RÍOS	0.000	10.909				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	3.636				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	19.403	1.818	0.927	92.749	0.913	91.299
TIERRAS DESNUDAS	2.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	14.754	7.143				

ANEXO 18. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2009

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	49	0	0	0	0	0	49	0
RÍOS	0	46	0	0	0	0	46	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	53	1	1	0	55	2
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	5	1	1	53	10	2	72	19
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	0	42	0	43	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	8	0	1	1	53	64	11
TOTAL	55	55	55	55	54	55	329	
ERROR DE OMISION	6	9	2	2	12	2		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	10.909				
RÍOS	0.000	16.364				
TURBERAS Y BOFEDALES	3.636	3.636				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	26.389	3.636	0.900	89.970	0.880	87.962
TIERRAS DESNUDAS	2.326	22.222				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	17.188	3.636				



ANEXO 19. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2010

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	50	0	0	0	0	0	50	0
RÍOS	0	52	0	0	0	0	52	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	0	0	0	55	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	4	0	0	54	5	2	65	11
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	3	0	1	1	53	59	6
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	5	3	0	1	6	2		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	9.091				
RÍOS	0.000	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	16.923	1.818	0.948	94.848	0.938	93.818
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	10.169	3.636				



ANEXO 20. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2011

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	49	0	0	0	0	0	49	0
RÍOS	0	49	0	0	0	0	49	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	51	0	0	0	51	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	1	3	54	11	1	73	19
TIERRAS DESNUDAS	0	0	1	0	43	0	44	1
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	3	5	0	1	1	54	64	10
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	6	6	4	1	12	1		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	10.909				
RÍOS	0.000	10.909				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	7.273				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	26.027	1.818	0.909	90.909	0.891	89.091
TIERRAS DESNUDAS	2.273	21.818				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	15.625	1.818				



ANEXO 21. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2012

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	48	0	0	0	0	0	48	0
RÍOS	0	50	0	0	0	0	50	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	4	2	0	61	6
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	4	1	0	49	8	4	66	17
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	43	0	43	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	3	4	0	2	2	51	62	11
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	7	5	0	6	12	4		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	12.727				
RÍOS	0.000	9.091				
TURBERAS Y BOFEDALES	9.836	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	25.758	10.909	0.897	89.697	0.876	87.636
TIERRAS DESNUDAS	0.000	21.818				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	17.742	7.273				



ANEXO 22. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2013

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	0	51	0
RÍOS	0	55	0	0	0	0	55	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	53	3	1	0	57	4
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	4	0	2	52	14	2	74	22
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	40	0	40	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	0	0	0	0	53	53	0
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	0	2	3	15	2		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	7.273				
RÍOS	0.000	0.000				
TURBERAS Y BOFEDALES	7.018	3.636				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	29.730	5.455	0.921	92.121	0.905	90.545
TIERRAS DESNUDAS	0.000	27.273				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0.000	3.636				

ANEXO 23. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2014

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	0	51	0
RÍOS	0	55	0	0	0	3	58	3
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	52	0	0	0	52	0
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	0	3	51	14	0	71	20
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	41	0	41	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	0	0	4	0	52	57	5
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	0	3	4	14	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	7.273				
RÍOS	5.172	0.000				
TURBERAS Y BOFEDALES	0.000	5.455				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	28.169	7.273	0.915	91.515	0.898	89.818
TIERRAS DESNUDAS	0.000	25.455				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	8.772	5.455				

ANEXO 24. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2015

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	51	0	0	0	0	0	51	0
RÍOS	1	55	0	0	0	6	62	7
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	52	0	2	1	55	3
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2	0	3	55	11	0	71	16
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	42	0	42	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	0	0	0	0	48	49	1
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	4	0	3	0	13	7		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	7.273				
RÍOS	11.290	0.000				
TURBERAS Y BOFEDALES	5.455	5.455				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	22.535	0.000	0.918	91.818	0.902	90.182
TIERRAS DESNUDAS	0.000	23.636				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2.041	12.727				



ANEXO 25. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2016

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	52	0	0	0	0	0	52	0
RÍOS	0	54	0	0	0	1	55	1
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	52	3	1	0	56	4
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	0	3	52	4	0	60	8
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	48	0	48	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	2	1	0	0	2	54	59	5
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	3	1	3	3	7	1		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	5.455				
RÍOS	1.818	1.818				
TURBERAS Y BOFEDALES	7.143	5.455				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	13.333	5.455	0.945	94.545	0.935	93.455
TIERRAS DESNUDAS	0.000	12.727				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	8.475	1.818				



ANEXO 26. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2017

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	52	0	0	0	0	0	52	0
RÍOS	0	53	0	0	0	0	53	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	53	7	2	0	62	9
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2	0	2	48	4	3	59	11
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	2	0	0	0	52	55	3
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	3	2	2	7	6	3		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	5.455				
RÍOS	0.000	3.636				
TURBERAS Y BOFEDALES	14.516	3.636				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	18.644	12.727	0.930	93.030	0.916	91.636
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5.455	5.455				

ANEXO 27. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2018

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	49	0	0	0	0	1	50	1
RÍOS	0	50	0	0	0	0	50	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	3	1	0	59	4
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	1	0	51	4	0	59	8
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	50	0	50	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	3	4	0	1	0	54	62	8
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	6	5	0	4	5	1		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	2.000	10.909				
RÍOS	0.000	9.091				
TURBERAS Y BOFEDALES	6.780	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	13.559	7.273	0.936	93.636	0.924	92.364
TIERRAS DESNUDAS	0.000	9.091				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	12.903	1.818				



ANEXO 28. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2019

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	52	0	0	0	0	0	52	0
RÍOS	0	49	0	0	0	0	49	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	4	1	0	60	5
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	3	1	0	50	5	0	59	9
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	5	0	1	0	55	61	6
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	3	6	0	5	6	0		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	5.455				
RÍOS	0.000	10.909				
TURBERAS Y BOFEDALES	8.333	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	15.254	9.091	0.939	93.939	0.927	92.727
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	9.836	0.000				



ANEXO 29. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2020

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	1	0	0	55	1
RÍOS	0	48	0	0	0	0	48	0
TURBERAS Y BOFEDALES	0	0	55	5	3	0	63	8
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	0	1	0	48	3	2	54	6
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	1	6	0	1	0	53	61	8
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	7	0	7	6	2		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	1.818	1.818				
RÍOS	0.000	12.727				
TURBERAS Y BOFEDALES	12.698	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	11.111	12.727	0.930	93.030	0.916	91.636
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	13.115	3.636				

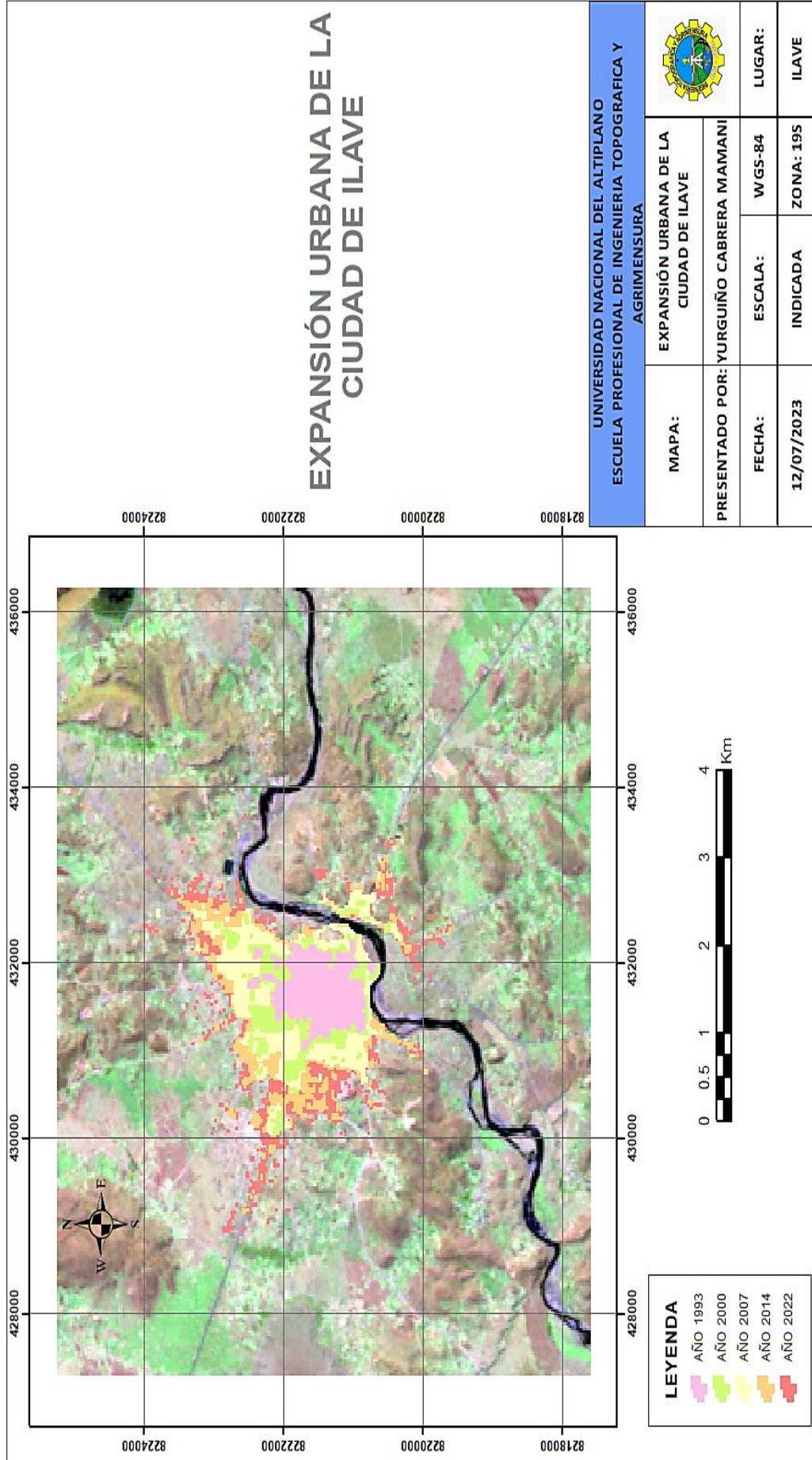


ANEXO 30. Matriz de confusión e índice KAPPA para el año 2021

CLASES	ÁREAS URBANIZADAS	RÍOS	TURBERAS Y BOFEDALES	MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	TIERRAS DESNUDAS	ÁREAS ARENOSAS NATURALES	TOTAL	ERROR DE COMISION
ÁREAS URBANIZADAS	54	0	0	0	0	0	54	0
RÍOS	0	52	0	1	0	0	53	1
TURBERAS Y BOFEDALES	0	1	55	5	3	0	64	9
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	1	0	0	48	3	0	52	4
TIERRAS DESNUDAS	0	0	0	0	49	0	49	0
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	0	2	0	1	0	55	58	3
TOTAL	55	55	55	55	55	55	330	
ERROR DE OMISION	1	3	0	7	6	0		

CLASES	ERROR COM (%)	ERROR OMI (%)	EXACTITUD GLOBAL (PO)	EXACTITUD GLOBAL (PO %)	INDICE K	INDICE K (%)
ÁREAS URBANIZADAS	0.000	1.818				
RÍOS	1.887	5.455				
TURBERAS Y BOFEDALES	14.063	0.000				
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	7.692	12.727	0.948	94.848	0.938	93.818
TIERRAS DESNUDAS	0.000	10.909				
ÁREAS ARENOSAS NATURALES	5.172	0.000				

ANEXO 31. Evolución de la expansión urbana de la ciudad de Ilave.



ANEXO 32. Áreas urbanizadas - ciudad de Ilave



ANEXO 33. Áreas urbanizadas - ciudad de Ilave



ANEXO 34. Río - Ilave



ANEXO 35. Rio - Ilave



ANEXO 36. Bofedales - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 37. Bofedales - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 38. Mosaico de pastos y cultivos - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 39. Mosaico de pastos y cultivos - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 40. Tierras desnudas - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 41. Tierras desnudas - afueras de la ciudad de Ilave



ANEXO 42. Áreas arenosas naturales - río Ilave



ANEXO 43. Áreas arenosas naturales - río Ilave





ANEXO 44. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YURGUINO CABRERA MAMANI
identificado con DNI 70606262 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:

" RELACIÓN DE LA EXPANSIÓN URBANA CON EL CRECIMIENTO
POBLACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA
CIUDAD DE ILAVE, ENTRE LOS AÑOS 1993 - 2022 "

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 09 de MAYO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 45. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo YURGUÍNO CABRERA MAMANÍ
identificado con DNI 70606262 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:

"RELACION DE LA EXPANSIÓN URBANA CON EL CRECIMIENTO
POBLACIONAL MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA
CIUDAD DE ILAVE, ENTRE LOS AÑOS 1993 - 2022"

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 09 de mayo del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella