



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, SUPERFICIE  
AGRÍCOLA EN EL CANTÓN DURÁN, PROVINCIA DEL GUAYAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Civil

AUTOR: Ube Moran Allisson Stephanie

TUTOR: Ing. Cusme Intriago Rudys Rafael, MSc

Guayaquil-Ecuador  
2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Ube Moran Allisson Stephanie con documento de identificación N° 0957705973 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

Ube Moran Allisson Stephanie

0957705973

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Ube Moran Allisson Stephanie con documento de identificación N° 0957705973 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico Análisis multitemporal del crecimiento urbano, superficie agrícola en el cantón Durán, provincia del Guayas, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

Ube Moran Allisson Stephanie

0957705973

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Cusme Intriago Rudys Rafael con documento de identificación N° 1313770891, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO URBANO, SUPERFICIE AGRÍCOLA EN EL CANTÓN DURÁN, PROVINCIA DEL GUAYAS, realizado por Ube Moran Allisson Stephanie con documento de identificación N° 0957705973, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de febrero del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago  
MSc  
1313770891

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida primeramente con mis docentes quienes han sido una parte importante para haber llegado hasta este momento ,con su conocimiento y sabiduría han logrado hacer de cada materia un buen momento ,brindando su ayuda y disponibilidad para cualquier inquietud, con mi mamá, una mujer que me a demostrado que cuando se quiere se puede ,porque solo nosotras sabemos cuánto sacrificio nos a costado llegar hasta aquí, porque para ella nunca ha existido la palabra no puedo o no tengo ,siendo de ella cada uno de mis logros ,a mis hermanos porque sin duda han sido parte de este proceso haciendo de mí una persona con carácter y desarrollando en mi habilidades que no conocía ,a mi abuelita porque aunque no está aquí entre nosotros la he llevado presente durante este largo viaje, quien fue para mí ,madre y amiga, también quiero agradecerle a alguien muy especial que de seguro nunca supo lo mucho que lleno mi corazón y lo difícil que ha sido superar su pérdida, porque llego en un momento en el que mi vida cambio por completo haciendo del fallecimiento de mi abuelita una oportunidad para un nuevo comienzo ,lamento que no disfrutara de este momento conmigo como en mi graduación de colegio, porque aunque su paso por mi vida fue corto me ayudó mucho a salir adelante y a motivarme ,a quien extraño y pienso todos los días ,agradezco a Dios porque a pesar de mis errores nunca me a dejado sola y siempre está dispuesto a escucharme a quien encomiendo mi vida y mi corazón quien a hecho de mí una mujer sabia y paciente llena de virtudes, también a cada una de las personas que fueron parte de este proceso y no llegaron al final ,como último pero no menos importante a mi tutor de tesis el ingeniero Rudys Cusme por su ayuda y aportación, que ha demostrado ser un excelente docente compartiendo de su conocimiento e interés sobre el tema, sin duda recordaré en cada página de este proyecto ,a todos ustedes muchas gracias por ser parte de esta grandiosa etapa llamada Universidad.

## RESUMEN

La siguiente investigación se basa en la clasificación de usos de suelos mediante el uso de herramientas digitales para el análisis multitemporal desde el año 2000 hasta el 2023, las herramientas digitales son los sensores Landsat, Modis, entre otros sensores que proporcionaran información satelital de la zona y en los tiempos establecidos. Con el software QGis se realizará para la clasificación usando las clases de Land Cover, CCI – ESA. El estudio evalúa las diferencias en estimación de cambios en el empleo y de cobertura del suelo en Landsat. La clasificación digital mediante análisis multiespectral es aplicada a imágenes Landsat 7 ETM+ hasta Landsat 8 OLI/TIRS, obteniéndose los mapas de uso y cobertura del suelo. Como método de comparación, se evalúa las diferencias con los mapas de cobertura y los obtenidos con imágenes Landsat. Los resultados en los cambios de uso y cobertura suelo difieran entre las fuentes analizadas, por lo cual resulta importante utilizar fuentes con buena resolución espacial para lograr diferenciar dichos cambios. Con la información satelital se procesarán las imágenes geográficas para así tener una mejor vista de nubes empleando el enmascaramiento de nubosidad de la imagen satelital.

Palabras claves: *Landsat, clasificación supervisada, uso del suelo, correcciones, imágenes*

## **ABSTRACT**

The following research is based on the classification of land uses using digital tools for multi-temporal analysis from the year 1980 to 2023, the digital tools are the Landsat, Modis, AVHR sensors, among other sensors that will provide satellite information of the area and at the established times. With the QGIS software, classification will be carried out using the Land Cover, CCI – ESA classes. The study evaluates the differences in estimates of changes in employment and land cover in Landsat. Digital classification through multispectral analysis is applied to Landsat 5 TM images up to Landsat 8 OLI, obtaining land use and land cover maps. As a comparison method, the differences with the coverage maps and those obtained with Landsat images are evaluated. The results in changes in land use and land cover differ between the sources analyzed, which is why it is important to use sources with good spatial resolution to differentiate these changes. With the satellite information, the geographical images will be processed to have a better view of clouds using cloud masking of the satellite image.

Keywords: *Landsat, supervised classification, land use, corrections, imagery*

## INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ...	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA .....	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INDICE DE CONTENIDO .....	8
INDICE DE TABLAS .....	10
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	11
INTRODUCCIÓN .....	13
PROBLEMA .....	14
OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS .....	14
Objetivo General: .....	14
Objetivo Específicos: .....	14
FUNDAMENTO TEORICO .....	15
Geología local .....	16
La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo .....	17
Suelos .....	17
Suelo urbanizado .....	18



Suelo urbanizado consolidado .....	18
Suelo urbanizado no consolidado .....	18
Suelo urbanizable .....	18
Suelo no urbanizable .....	18
Teledetección .....	19
Software QGIS.....	20
Satélite LANDSAT .....	22
Método No Lambertiano de Minnaert.....	23
Método Chavez (1996).....	23
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>26</b>
Recolección de información .....	26
Descarga de información satelital.....	27
Mosaico y mascara de nubes de las imágenes satelitales.....	27
Corrección atmosférica.....	27
Corrección topográfica.....	28
Clasificación supervisada.....	28
Suavizador de ruido y porcentajes de las imágenes.....	28
Análisis multitemporal de las imágenes.....	29
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>30</b>
Selección del material digital .....	30
Corrección atmosférica.....	31
Corrección topográfica .....	35

Clasificación de los usos del suelo .....	39
Análisis del incremento o des incremento.....	47
Análisis multitemporal .....	54
CONCLUSIONES .....	61
RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	63
Anexos.....	65

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Distribución de población del cantón Durán.....	26
Tabla 2. Información satelital de los productos LT05, LE07 y LC08 del satélite Landsat .....	30
Tabla 3. Porcentaje de nubosidad según los productos para cada año .....	31
Tabla 4. Características de las clases para la clasificación.....	43
Tabla 5. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 23 de noviembre del 2000.....	49
Tabla 6. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 25 de enero del 2015.....	51
Tabla 7. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 26 de julio del 2023 .....	53
Tabla 8. Análisis multitemporal entre las escenas del 2015-2000.....	56
Tabla 9. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2015.....	58
Tabla 10. Análisis multitemporal entre las escenas 2023-2000.....	60
Tabla 11. Análisis funcional de la escena del 2000 .....	72
Tabla 12. Análisis funcional de la escena del 2015.....	74
Tabla 13. Análisis funcional de la escena del 2023.....	76

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Características de las bandas del sensor Landsat.....	24
Ilustración 2. Corrección atmosférica de la escena 23 de noviembre del 2000.....	32
Ilustración 3. Corrección atmosférica de la escena 25 de enero del 2015.....	33
Ilustración 4. Corrección atmosférica de la escena 26 de julio del 2023.....	34
Ilustración 5. Corrección topográfica de la escena 23 de noviembre del 2000.....	36
Ilustración 6. Corrección topográfica de la escena 25 de enero del 2015.....	37
Ilustración 7. Corrección atmosférica de la escena 23 de julio del 2023.....	38
Ilustración 8. Clasificación no supervisada de la escena 23 de noviembre del 2000.....	40
Ilustración 9. Clasificación no supervisada de la escena 25 de enero del 2015.....	41
Ilustración 10. Clasificación no supervisada de la escena 26 de julio del 2023.....	42
Ilustración 11. Clasificación supervisada de la escena 23 de noviembre del 2000.....	44
Ilustración 12. Clasificación supervisada de la escena 25 de enero del 2015.....	45
Ilustración 13. Clasificación supervisada de la escena 26 de julio del 2023.....	46
Ilustración 14. Clasificación filtrada de la escena 23 de noviembre del 2000.....	48
Ilustración 15. Gráfico de pastel de la escena 23 de noviembre del 2000.....	49
Ilustración 16. Clasificación filtrada de la escena 25 de enero del 2015.....	50
Ilustración 17. Gráfico de pastel de la escena 25 de enero del 2015.....	51
Ilustración 18. Clasificación filtrada de la escena 26 de julio del 2023.....	52
Ilustración 19. Gráfico de pastel de la escena 26 de julio del 2023.....	53
Ilustración 20. Análisis multitemporal entre las escenas del 2015-2000.....	55
Ilustración 21. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2015.....	57
Ilustración 22. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2000.....	59
Ilustración 23. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2000.....	66
Ilustración 24. Clasificación supervisada, método mapeo angular del 2000.....	67

Ilustración 25. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2015 .....	68
Ilustración 26. Clasificación supervisada, método mapeo angular del 2015 .....	69
Ilustración 27. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2023 .....	70
Ilustración 28. Análisis funcional de la escena del 2000.....	71
Ilustración 29. Análisis funcional de la escena del 2015.....	73
Ilustración 30. Análisis funcional de la escena del 2023.....	75

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico y las actividades humanas han aumentado las presiones sobre los servicios que se originan de los recursos naturales por lo que el crecimiento urbano y superficie agrícola son una problemática en Durán causando la degradación del suelo implicando conversión en el uso de las coberturas vegetales, resaltando que en Durán existe una gran cantidad de casas en asentamientos que además no cuentan con ningún registro de propiedad. A pesar de que hay diversas estrategias para verificar las variaciones del uso de suelo, el análisis multitemporal es una de las herramientas mejor calificadas para medir a largo plazo este proceso, el análisis multitemporal es un proceso cronológico de análisis digital de dos o más imágenes satelitales de un misma área y que al ser contrastadas permite identificar cambios acerca del uso de los suelos, su dinámica y de este modo, determinar las ganancias o pérdida de cobertura del suelo en un tiempo dado siendo nuestro caso desde 2000 hasta 2023.

Además, este es un diagnóstico que será de utilidad para una mejor toma de decisiones en pro del desarrollo y bienestar de la zona y sus habitantes. Durán, la octava ciudad más poblada de Ecuador, vivió una "explosión de población" y en los últimos 20 años creció en más de 100.000 habitantes.

Se clasificará los usos de la superficie en condiciones de el crecimiento urbano y superficie agrícola. Donde se debe evaluar la disponibilidad y factibilidad de diferentes fuentes de información para estimar los cambios de suelo, realizar el procesamiento de imágenes con las fuentes de información y métodos de corrección, llevar a cabo un análisis multitemporal de los cambios en el uso y cobertura de suelo y vincular los posibles cambios con potenciales impactos para el crecimiento urbano.

## **PROBLEMA**

Como el crecimiento de la población ha afectado al suelo es una de las problemáticas más grandes a nivel mundial, el impacto del crecimiento demográfico. Los factores del aire pueden contaminarse a medida que aumenta el número de personas que viven en las ciudades, lo que significa un aumento de los vehículos y de la industria. El crecimiento demográfico crea una mayor demanda de los consumidores, lo que afecta directamente a los recursos naturales (agua, aire, suelo).

El cambio de uso del suelo y la pérdida de la cobertura vegetal es uno de los principales problemas que aquejan a la humanidad y se relaciona directamente con la seguridad en la producción de alimentos, la salud humana, la urbanización, la biodiversidad, la migración transfronteriza, los refugios ambientales, la calidad del agua y del suelo. Los estudios multitemporales se aplican en la deforestación, desertificación, sequías, inundaciones, crecimiento poblacional entre otros.

## **OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS**

### **Objetivo General:**

- Analizar multitemporal mente el crecimiento poblacional y agricultura que tiene el cantón Durán.

### **Objetivo Específicos:**

- Seleccionar el material digital (imágenes satelitales).
- Procesar las imágenes satelitales.
- Clasificar los usos del suelo en basándose en Land Cover CCI – ESA.
- Examinar el incremento o des incremento que tiene las clases a través del tiempo establecido.

## FUNDAMENTO TEORICO

El análisis territorial es la expresión y abstracción del entorno construido y natural como producto del proceso de producción de las dimensiones económica, social, cultural y ambiental del espacio. Suelen considerar el uso de modelos geoestadísticos multicriterio para el análisis. Este tipo de análisis le permite gestionar y mapear múltiples variables que a menudo representan problemas o potenciales. En ambos casos, se crean los atlas pertinentes en la determinación de políticas, estrategias, proyectos e instrumentos de ordenación espacial.

De acuerdo con criterios de (González-Jaramillo et al. 2016), el conocimiento de la cobertura constituye uno de los aspectos más importantes dentro de los análisis biofísicos de los territorios, ya que permite especializar los cambios de las coberturas y hacer una lectura ante diferentes escenarios de tiempo (análisis multitemporales).

Uno de los aportes más destacados de la teledetección espacial al estudio de cobertura vegetal es su capacidad para seguir procesos que involucran cambios ya sean debidos al ciclo estacional de las cubiertas, a catástrofes naturales o a alteraciones de tipo humano. Gracias al hecho de tratarse de información adquirida por un sensor situado en una órbita estable y repetitiva (Fonseca and Gomez 2003).

En este tipo de estudio se evalúan los cambios que sufren las coberturas vegetales y en este caso ganancia o pérdida de área como consecuencia de un fenómeno natural o de origen antrópico. La mayor parte de los casos, la detección de cambios se realiza comparando, píxel apíxel, los niveles digitales de las distintas imágenes. Lo que involucra que ambas imágenes deben llenar requisitos de ajustes tales como (georreferenciación, orto-rectificación, etc.), lo que permiten realizar el estudio y facilita una comparación objetiva (Fonseca and Gomez 2003).

Este tipo de análisis en los cambios en los usos del suelo, aportan información importante para la planificación, gestión territorial entre otros y la evaluación del impacto ambiental en determinadas zonas (Fonseca and Gomez 2003).

En términos generales, las consecuencias más notables de este fenómeno de desarrollo espacial son: la degradación ambiental debido a que zonas de reserva natural o zonas rurales son urbanizadas; pérdida de suelos agrícolas causado por la conversión de estos suelos a usos industriales, comerciales o residenciales; aumento de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ya que para trasladarse desde y hacia estas periferias de la ciudad por lo general se requiere un vehículo privado de transporte. Adicionalmente, este fenómeno también tiene consecuencias sociales, en especial en países en vías de desarrollo, ya que para los estratos más pobres las periferias son las únicas zonas asequibles para su economía, sin embargo, estas zonas carecen de servicios públicos, equipamientos, sistemas de transporte público y muchas veces se encuentran en zonas de riesgos. “Para evitar un crecimiento desequilibrado, insalubre e insostenible de los asentamientos humanos es necesario fomentar pautas de uso de la tierra que minimicen la demanda de transporte, ahorren energía y protejan los espacios abiertos y las zonas verdes (Jiménez Párraga 2018).

### **Geología local**

Geológicamente el área de estudio pertenece a la llanura aluvial que forma parte de la zona distal de una serie de abanicos aluviales de material cuaternario, drenada por grandes ríos meándricos y parcialmente inundable (Villacis and Calle 2000).

Según el mapa geológico de Guayaquil, la zona en estudio se asienta sobre Depósitos Aluviales. Se trata de depósitos constituidos por lodos y limos alrededor de los ríos que constituyen el drenaje de la cuenca del río Guayas, formando además pequeñas terrazas de arcillas y arenas



sin compactación, con una potencia de 100m aproximadamente, de edad reciente (Holoceno). En superficie afloran arcillas de color café a amarillo, su potencia es aproximadamente 2 metros; subyace un paquete de arcilla compacta con materia orgánica de color oscura a gris, eventualmente este estrato pasa a tener textura arcilla-limosa. De los estudios geofísicos y perforaciones se interpreta que existe un paleo-cauce en sentido preferencial sur-norte, constituido por arenas finas con alto contenido de limos y arcillas (Villacis and Calle 2000).

### **La llanura aluvial de los ríos Daule y Babahoyo**

Ocupa el sector NE del área metropolitana de Guayaquil y parte de los municipios de Samborondón y Durán. La llanura aluvial está conformada por las cuencas hidrográficas de los ríos Daule y Babahoyo, cuya confluencia se encuentra en la Puntilla cerca del puente de La Unidad Nacional, dando origen al río Guayas que corre en dirección meridional en medio de cerros Las Cabras de Durán y Santa Ana-El Carmen. A la altura de estos cerros el río Guayas ya presenta características nítidamente estuarinas: agua salobre e influencia de las mareas, por cuya razón se denomina estuario o Ría Guayas. Los cerros testigos mencionados constituyen un marcado límite geomorfológico de la llanura aluvial (Villacis and Calle 2000).

### **Suelos**

Para la elaboración de un mapa de suelo se debe tener en cuenta cual es la utilización o uso final de dicho mapa, en este caso los mapas recopilados pasarán a formar parte de una base donde se guarda toda la información cartográfica obtenida para la creación de una carta geo ambiental (Villacis and Calle 2000).

Los suelos se los clasifican en:

- Clasificación Urbana
- Clasificación Geológica del Suelo

### **Suelo urbanizado**

Es aquel que se encuentra dotado de infraestructura y servicios básicos, y/o el edificado en al menos el setenta y cinco por ciento (75%) de sus lotes (Villacis and Calle 2000).

### **Suelo urbanizado consolidado**

Cuenta con infraestructura y servicios básicos: red y/o servicio de agua potable, sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, y, red y servicio de provisión de energía eléctrica (Villacis and Calle 2000).

### **Suelo urbanizado no consolidado**

Carece, o dispone en forma insuficiente, de alguno de los servicios básicos indicados (Villacis and Calle 2000).

### **Suelo urbanizable**

Corresponde a áreas o territorios no urbanizados, pero que por su aptitud territorial están destinados a la expansión del suelo urbanizado (Villacis and Calle 2000).

### **Suelo no urbanizable**

Aquel que no puede ser destinado a usos predominantemente residenciales, industriales, comerciales y, o de servicios (Villacis and Calle 2000); corresponden a:

-No urbanizable por estar destinado a acuicultura, usos agrícolas, forestales o mineros. - No urbanizable por corresponder a suelos de valor paisajístico y, o recreacional.

- No urbanizable por haber sido declarado insalubre, peligroso o inseguro, sea por condiciones naturales propias o por usos existentes o previstos.

- No urbanizable por haber sido declarado zona de reserva ecológica, refugio de vida silvestre, reserva biológica, reserva de producción de fauna, área de caza y pesca., o por haber sido declarado bosque y vegetación protectores o área nacional de recreación.

### **Teledetección**

La teledetección o detección a distancia se basa en el registro de la radiación electromagnética utilizando sensores remotos de diferentes tipos que no están en contacto físico con los objetos que emiten la energía (Cámaras fotográficas, escáner, sistemas de radar, etc.), y que son portados por diferentes vehículos de navegación aérea, unos ubicados en la atmósfera (Globos, aviones, helicópteros...) y otros fuera de la misma (Satélites, estaciones orbitales, naves espaciales...) (Figueredo, Ramón, and Barrero 2020).

En el proceso de reconocimiento a distancia intervienen los siguientes componentes: La Energía, cuya fuente principal proviene del sol, si bien en la actualidad hay una cierta variedad de tipos de energía producida artificialmente en la tierra, sin que existan diferencias físicas significativas entre la energía natural y artificial; los elementos de la superficie terrestre (Suelo, agua, vegetación, construcciones...) y de la Atmósfera, a los que llega la energía y que la reflejan o absorben y emiten de acuerdo con sus características físicas; los sistemas sensores, instalados a bordo de los vehículos o plataformas aéreas, que captan la energía proveniente de la cobertura terrestre y la almacenan de diversas formas; finalmente, los sistemas de recepción de la información (Figueredo et al. 2020).

Una de las más populares y utilizadas actualmente en proyectos de investigación son las imágenes Landsat por el fácil y libre acceso a las mismas y la gran calidad de resolución y precisión que tienen. Dentro de las opciones de las fuentes de información para la gestión urbana están los sensores remotos, los cuales son colocados a bordo de plataformas satelitales

para que registren energía electromagnética emitida o reflejada por un objeto o superficie en distintas bandas del espectro electromagnético. En tal sentido se habla de dos tipos de clasificación:

Una primera clasificación de los sensores sería entre sensores activos (generan su propia radiación y la reciben rebotada) y sensores pasivos (reciben radiación emitida o reflejada por la Tierra) (Figueredo et al. 2020).

Dentro de los sensores pasivos están los sensores fotográficos, óptico-electrónicos que combinan una óptica similar a la fotográfica y un sistema de detección electrónica (detectores de barrido y empuje), espectrómetros de imagen, y de antena (radiómetros de microondas) (Figueredo et al. 2020).

Las técnicas más comúnmente usadas con estos fines han sido la interpretación visual de imágenes y la clasificación digital. En estos casos, hay, en general, una aproximación de “caja negra” en donde un atributo de la superficie terrestre (por ej. un tipo dado de cobertura) se relaciona con un comportamiento espectral determinado (valores de reflectancia o emisión de la superficie terrestre en distintas longitudes de onda) sin conocer los mecanismos del vínculo. Las imágenes satelitales proveen entonces datos cuantitativos y espacialmente continuos de la superficie y, en tal sentido, son mucho más que una fotografía (Figueredo et al. 2020).

## **Software QGIS**

QGIS es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de Código Abierto licenciado bajo GNU - General Public License. QGIS es un proyecto oficial de Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vectoriales, datos ráster y bases de datos (Congedo Luca 2022).

QGIS proporciona una creciente gama de capacidades a través de sus funciones básicas y complementos. Puede visualizar, gestionar, editar y analizar datos, y diseñar mapas imprimibles (Congedo Luca 2022).

Puede ver combinaciones de datos vectoriales y ráster (en 2D o 3D) en diferentes formatos y proyecciones sin conversión a un formato interno o común. Los formatos admitidos incluyen:

- Tablas y vistas habilitadas espacialmente con PostGIS, SpatiaLite y MS SQL Spatial, Oracle Spatial, formatos vectoriales compatibles con la biblioteca OGR instalada, incluidos GeoPackage, ESRI Shapefile, MapInfo, SDTS, GML y muchos más (Congedo Luca 2022).
- Ráster y formatos de imágenes admitidos por la biblioteca GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) instalada, por ejemplo, GeoTIFF, ERDAS IMG, ArcInfo ASCII GRID, JPEG, PNG y muchos más. Vea la sección Trabajar con Datos Ráster (Congedo Luca 2022).
- Datos de malla (se admiten TIN y cuadrículas regulares). Ver Trabajando con Malla de Datos.
- Teselas vectoriales
- Ráster GRASS y datos vectoriales de base de datos GRASS (location/mapset).
- Datos espaciales servidos online como Servicios Web OGC, incluyendo WMS, WMTS, WCS, WFS, y WFS-T. Ver la sección Trabajando con protocolos OGC / ISO.

La infraestructura de autenticación de QGIS lo ayuda a administrar usuarios/contraseñas, certificados y claves para servicios web y otros recursos.

- Hojas de cálculo (ODS / XLSX)

## **Satélite LANDSAT**

La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) lanzó el primer satélite Landsat en 1972 y desde entonces ha lanzado con éxito seis sensores. Mientras la NASA construye y lanza los satélites el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) se encarga de las misiones desde la década de 1990. El programa Landsat ofrece un registro casi continuo de imágenes, pero hay una serie de diferencias entre los satélites y los sensores. diferencias entre los satélites y los sensores que plantean para expertos y no expertos (Young et al. 2017).

El primer grupo, Landsat 1-3, estaba equipado con el escáner multiespectral (MSS), que registraba datos en cuatro bandas espectrales; dos visibles y dos en el infrarrojo cercano. El siguiente grupo, Landsat 4-7, estaba equipado con el Thematic Mapper (TM) o Enhanced Thematic Mapper (ETM+), que ofrecían una resolución espacial más fina (tamaño del píxel) y una mayor resolución radiométrica (profundidad de bits) que el MSS, profundidad de bits) que el MSS. Este grupo también había ampliado cobertura espectral, añadiendo bandas en el infrarrojo medio y el infrarrojo térmico. Cabe señalar que el infrarrojo medio se denomina ahora infrarrojo de onda corta (SWIR) (Young et al. 2017).

infrarrojo de onda corta (SWIR). Mientras que el infrarrojo medio y el infrarrojo de onda corta cubren, en general, gamas espectrales diferentes, aunque en gran medida superpuestas, las bandas Landsat correspondientes caen dentro del rango del infrarrojo medio. las bandas Landsat relevantes se encuentran dentro de este solapamiento. Por estas razones, utilizamos el término SWIR (Young et al. 2017).

Los satélites del grupo TM/ETM+ tienen características ligeramente diferentes entre sí. Además del instrumento TM, Landsat 4-5 también llevaba un escáner MSS a bordo. Landsat 7 incluía una banda pancromática con mayor resolución espacial. En la actualidad, el tercer grupo

Landsat 8, equipado con sus instrumentos Operational Land (OLI) y los sensores infrarrojos térmicos (TIRS). El OLI aumenta la resolución espectral del grupo TM con la adición de una banda azul profundo y otra de cirros, mientras que el TIRS añade una segunda banda térmica. Estos instrumentos también ofrecen una serie de mejoras en el sensor y la calibración respecto a las misiones Landsat anteriores (Roy et al. 2014). El otro miembro del tercer grupo, Landsat 9, está actualmente Landsat 8 y su lanzamiento está previsto para 2020 (Young et al. 2017). Con las imágenes seleccionadas es el momento de iniciar con el trabajo técnico de la investigación, por ello realizar el mosaico y enmascaramiento de las imágenes de ambos satélites. Los que nos lleva a dejar datos importantes de las escenas para Landsat (Cusme 2022):

#### **Método No Lambertiano de Minnaert.**

- Valor de Minnaert = 0.25

- Rango = 2 byte (0-065355)

#### **Método Chavez (1996)**

Explica que “la suposición básica es que en la imagen algunos píxeles están completamente en sombra, y sus radiancias recibidas en el satélite se deben a la dispersión atmosférica (efecto bruma). Esta suposición es combinada con el hecho de que muy pocos elementos en la superficie de la Tierra tienen un color negro absoluto, por lo tanto, una reflectancia asumida de uno por ciento es mejor que un cero por ciento”. Es importante mencionar que la exactitud de las técnicas basadas en imagen es generalmente menor que las correcciones basadas en medidas físicas, pero son muy útiles cuando no están disponibles las mediciones atmosféricas que puedan mejorar la estimación de la reflectancia de la superficie terrestre (Jiménez Párraga 2018).

Landsat sensor	LS 1-5 MSS	LS 4-5 TM	LS 7 ETM+	LS 8 OLI/TIRS	Pixel size (m)
Coastal aerosol				B1 (0.43-0.45)	30
Blue		B1 (0.45-0.52)	B1 (0.45-0.52)	B2 (0.45-0.51)	30
Green	B1 (0.5-0.6)	B2 (0.52-0.60)	B2 (0.52-0.60)	B3 (0.53-0.59)	30 (60† for MSS)
Red	B2 (0.6-0.7)	B3 (0.63-0.69)	B3 (0.63-0.69)	B4 (0.64-0.67)	30 (60† for MSS)
NIR 1	B3 (0.7-0.8)				60
NIR	B4 (0.8-1.1)	B4 (0.76-0.90)	B4 (0.77-0.90)	B5 (0.85-0.88)	30 (60† for MSS)
SWIR 1		B5 (1.55-1.75)	B5 (1.55-1.75)	B6 (1.57-1.65)	30
SWIR 2		B7 (2.08-2.35)	B7 (2.09-2.35)	B7 (2.11-2.29)	30
Thermal		B6 (10.40-12.50)	B6† (10.40-12.50)	B10 (10.60-11.19) B11 (11.50-12.51)	30†
Pan-Chromatic			B8 (0.52-0.90)	B8 (0.50-0.68)	15
Cirrus				B9 (1.36-1.38)	30

*Ilustración 1. Características de las bandas del sensor Landsat*

- **Insuficiencia científico-técnica del análisis y diagnóstico territorial:** las normas desglosan un listado mínimo de información a la que el Plan debe referirse sin determinar fuentes de información, indicadores, criterios, objetivos y metodología para su tratamiento y validación. Esto ha dado lugar a que en muchos casos los planes se limiten a recopilar la “información territorial” requerida sin someterla a análisis o empleando metodologías de dudosa validez, produciendo diagnósticos desenfocados y, por tanto, no válidos para la determinación de propuestas.
- **Incapacidad técnica de los equipos redactores:** Un análisis territorial certero y completo requiere un elevado esfuerzo técnico, económico y un equipo multidisciplinar con capacidad analítico-propositiva y visión integradora, de los que se carece con frecuencia al redactar el planeamiento. Los análisis del territorio, llevados a cabo por equipos sin la capacidad adecuada, resultan pobres y con una visión segada de la realidad territorial que pueden inducir a errores en el planeamiento, o simplemente no ser de utilidad para la formulación de propuestas.
- La ausencia de datos oficiales, actualizados, de libre y fácil acceso condiciona así mismo la dificultad de llevar a cabo estudios de calidad.
- **Falta de voluntad política:** La práctica del planeamiento urbanístico, como acto político que es, ha estado siempre condicionada por una serie de criterios ajenos al criterio científico y que



parecen haber tenido un peso creciente en la toma de decisiones.

- **No existe suficiente transparencia en los procesos.** En muchos casos no interesa conocer ni difundir la realidad territorial para evitar conflictos con otros criterios o intereses del poder político. Esto es consecuencia de las enormes implicaciones políticas y económicas que resultan de la regulación de los usos del suelo.
- **Falta de cultura urbanística y compromiso territorial:** La sociedad carece de la cultura y compromiso territorial necesario para entender las dinámicas complejas del territorio y los fundamentos y contenidos del planeamiento. Esto, junto con la mala praxis de los procesos de información y participación pública en los planes territoriales, dificulta la participación de los ciudadanos en los procesos de elaboración del planeamiento, en su asimilación y en la reclamación de sus derechos.
- **Ineficacia de los mecanismos de control y fiscalización:** En la actualidad, los mecanismos de control y fiscalización del proceso administrativo y de las determinaciones del planeamiento resultan insuficientes o inexistentes. Nos referimos a procedimientos inherentes al expediente administrativo tales como la consulta interadministrativa.
- **Insuficiencia de instrumentos de planeamiento territorial y de coordinación o gestión municipal:** No existen criterios que puedan orientar el modelo futuro del territorio sobre la base de un interés común que trascienda los intereses locales y las visiones estrictamente municipales. Estos últimos resultan claramente insuficientes para articular las complejas dinámicas del territorio y orientar los criterios de crecimiento de los planes municipales.

## MARCO METODOLÓGICO

El cantón Durán tiene un área aproximada de 279.28 Km.<sup>2</sup>, con limitantes norte: Río Babahoyo. Sur: Cantón Naranjal. Este: Cantón Yaguachi. Oeste: Río Babahoyo. representa el 5,4% de la población total de la provincia del Guayas, en un promedio del 6,7% en promedio anual, el 2,3% de su población reside en área rural y se caracteriza por el ser una población joven ya que el 40,55 son menores de 20 años (Institución Nacional de Estadística y Censos 2001).

*Tabla 1. Distribución de población del cantón Durán*

DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACION EN EL CANTON			
DURÁN			
PARROQUIAS	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL	178.714	881.922	90.522
ELOY ALFARO	174.531	85.905	88.626
AREA RURAL	4.183	2.287	1896
PERIFERIA	4.183	2.287	1896

### **Recolección de información**

La recolección de información digital empieza por obtener archivos SHAPE del área de La recolección de información digital empieza por obtener archivos SHAPE del área de estudio del Instituto Geográfico Militar (IGM), entre estos datos se obtiene la delimitación cantonal, ríos, vías, entre otra información. Además, se recolectará información satelital (satélite Landsat, Modis, entre otros) como también los Modelos de Elevación Digital (MED) de la zona de estudio por medio de la United States Geological Survey (USGS) (Young et al. 2017).

### **Descarga de información satelital**

La información satelital proviene del Servicio la United States Geological Survey (USGS), esta plataforma digital contiene conjuntos de datos geospaciales de diferentes satélites 5 (Landsat, Modis, Aster, Centinela entre otros). La investigación considera necesario trabajar con el satélite Landsat con los productos (1 - 4 MSS, 4 - 5 TM, 7 ETM+ y 8 OLI/TIRS) que vienen sin correcciones de reflectancia o atmosférica y topográfica (Young et al. 2017).

### **Mosaico y mascara de nubes de las imágenes satelitales.**

El procesamiento de las imágenes Landsat se realizará mediante softwares como el QGIS que contiene diferentes algoritmos para el análisis de datos geospaciales (Vitalis, Arroyo Ogori, and Stoter 2020), mediante el QGIS trabajaremos el enmascaramiento de nubes y mosaico de las imágenes Landsat. Se realizará un proceso de enmascaramientos de nubes con el Cloud Masking, el cual utiliza una combinación de los parámetros de búfer de nubes y búfer de sombras y así calcular la nubosidad de las imágenes satelitales y producir el enmascaramiento de la nubosidad (Maglana et al. 2020), conseguido el enmascaramiento se procede a realizar el mosaico de una banda con otra mediante el Semi - Automatic Classification Plugin (SCP) donde se escoge el band set con nubes para enmascararla y luego seleccionar el band set sin nubes para cubrir el espacio de las nubes del primer bandset del trabajo (Congedo Luca 2022).

### **Corrección atmosférica.**

La corrección atmosférica es el inicio del preprocesamiento de las imágenes satelitales Landsat, esta corrección tiene la finalidad de corregir la dispersión atmosférica, reflectancia, radiación solar y esto se realiza mediante el método Chávez (DOS1) (Prieto-Amparan et al. 2018). El método se encuentra en el SCP donde vincula directamente a la información de las imágenes en un archivo de texto y basado a esa información realiza el método DOS1 (Congedo Luca 2022).

### **Corrección topográfica.**

La corrección topográfica es el final del preprocesamiento de las imágenes satelitales, esta corrección contiene un previo análisis de delimitación de la cuenca en Modelo de elevación (DEM) recortado con el shape de delimitación cantonal (Congedo Luca 2022), el DEM es el resultado que se utilizara para la corrección topográfica de las imágenes mediante el método No Lambertiano de Minnaert. Este método consiste en usar el DEM como dato base para el análisis y valores de Minnaert entre 0.25 a 0.50 para corregir topográficamente las imágenes (Colby and Keating 1998).

### **Clasificación supervisada.**

La clasificación supervisada utiliza algoritmos para la clasificación y también requiere juicio humano o parametrización para lograr la clasificación con áreas de entrenamiento (ROI) (Sacristán Romero 2005), en la clasificación supervisada el SCP incluyen tres métodos para aplicar los cuales son la Distancia Mínima en esta se asigna una clase a cada pixel región desconocida a una clase promedio de al lado, Máxima probabilidad que adapta a cada región en una elipse que se ve reflejada la varianza y covarianza para asignar una clase de la clasificación (L. Duarte, Silva, and Teodoro 2018). Y por último el Mapeo de Ángulo Espectral donde expresa que los valores de 0 es una clase igual, pero si los valores son mayores o iguales a 30 las clases son diferentes (Mosquera 2016).

### **Suavizador de ruido y porcentajes de las imágenes.**

El ruido son los píxeles aislados formados por la clasificación supervisada de subgrupos, por lo que es necesario utilizar algoritmos de filtrado de ruido para eliminar estos subgrupos que se encuentra en la sección de SAGA con el nombre Majority filter, este método realiza una operación de muestreo en un conjunto de datos determinados tanto para la calidad, propiedades estructurales y las relaciones de la cobertura del suelo (Dong et al. 2006). El objetivo de este

filtrado de ruido es mejorar los datos de clasificación para obtener porcentajes más precisos. Se utilizarán los porcentajes para cada clase obtenidos de la clasificación supervisada, los porcentajes para diferentes clasificaciones supervisadas suavizadas el complemento DataPlotly, este se instala de la librería del QGIS. En este complemento se obtiene una apreciación numérica mediante un gráfico de pastel con las respectivas clases de las clasificaciones (Rossetto et al. 2019).

### **Análisis multitemporal de las imágenes.**

El análisis multitemporal por país durante diferentes períodos tiene como objetivo no sólo identificar cambios en el uso y la cobertura del suelo en diferentes categorías, sino también comprender cómo se utilizan estos suelos clasificados en diferentes condiciones. La validez de la dirección de la investigación es alta, por lo que se elige un método preciso de Accuracy mediante el SCP que nos mostrara resultados del Índice de Kappa (Congedo Luca 2022). El valor del índice de Kappa se encuentra entre el rango de 0 a 1., mostrando que los resultados más cercanos a 1 tiene un buen índice y lo más cercanos a 0 tienen una mala validación de las clasificaciones (D. C. Duarte et al. 2018).

## RESULTADOS

### Selección del material digital

La investigación de la clasificación de usos de la superficie comenzó con la recolección de información satelital de Landsat, que nos muestra los productos y nubosidad en la zona de Durán donde se recolectaron las imágenes siendo 4, por cada año, una LT05, una LE07 y dos LC08.

A continuación, en la tabla dos y tres se puede observar la información satelital y de nubosidad.

*Tabla 2. Información satelital de los productos LT05, LE07 y LC08 del satélite Landsat*

Imagen satelital LandSat	N°	Resolución	N° Bandas	Fecha	Colección
<b>Año 2000</b>					
LE07_L1TP_011061_20001123_20200917_02_T1	1	30m	8	23/11/2000	2
<b>Año 2015</b>					
LC08_L1TP_011061_20150125_20200910_02_T1	1	30m	11	25/1/2015	2
<b>Año 2023</b>					
LC08_L2SP_011061_20230726_20230805_02_T1	2	30m	7	26/7/2023	2

En base a la búsqueda por cobertura de nubes se muestra la siguiente tabla en la que se puede destacar que la primera imagen que se seleccionó es la que está en el rango de 0 a 25%, la segunda 7 ETM+ de 0 a 25%, la tercera 8-9 OLI/TIRS de 0 a 25%, la cuarta 8-9 OLI/TIRS de 0 a 25%.

*Tabla 3. Porcentaje de nubosidad según los productos para cada año*

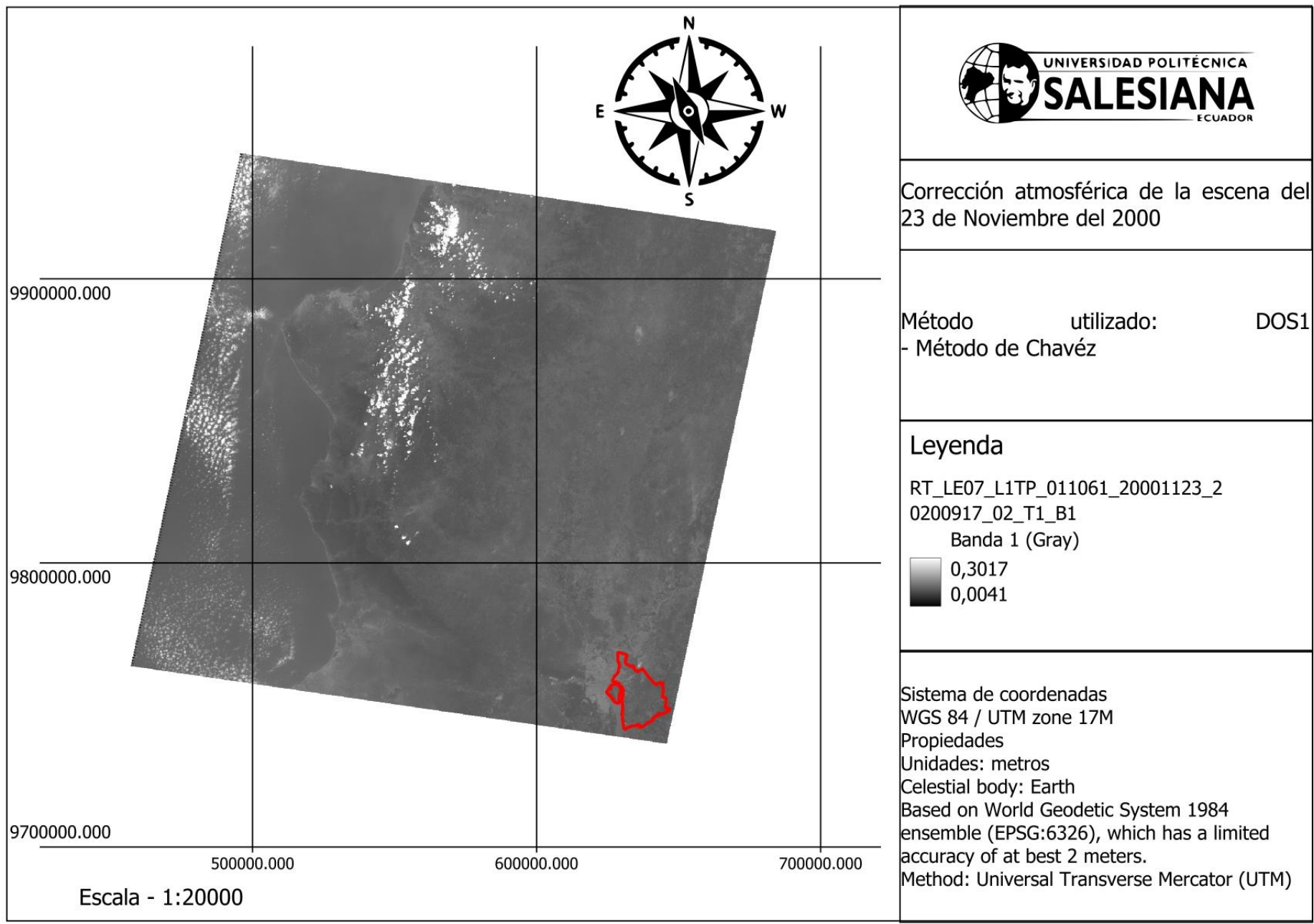
Año	Productos	Cobertura de nubes		
		100%	50%	25%
2000	8-9 OLI/TIRS	0	0	0
	7 ETM+	48	13	5
	4-5 TM	58	9	2
2015	8-9 OLI/TIRS	67	19	9
	7 ETM+	66	19	4
	4-5 TM	0	0	0
2023	8-9 OLI/TIRS	132	33	8
	7 ETM+	47	22	6
	4-5 TM	0	0	0

### ***Procesamiento las imágenes satelitales***

Hecha la recolección de información de las imágenes satelitales en los diferentes productos de Landsat, se procedió a realizar el procesamiento de dichas imágenes. El método empleado es el DOS1 de Chávez en el cual se utilizó el archivo de texto donde incluye toda la información de las imágenes entre esa información importante se encuentra la elevación del sol y la dirección de este. Con esto se presenta las siguientes figuras (mapas) de cada año seleccionado.

### **Corrección atmosférica**

Ilustración 2. Corrección atmosférica de la escena 23 de noviembre del 2000



Corrección atmosférica de la escena del 23 de Noviembre del 2000

Método utilizado: DOS1  
- Método de Chavéz

**Leyenda**

RT\_LE07\_L1TP\_011061\_20001123\_2  
0200917\_02\_T1\_B1  
Banda 1 (Gray)



Sistema de coordenadas  
WGS 84 / UTM zone 17M  
Propiedades  
Unidades: metros  
Celestial body: Earth  
Based on World Geodetic System 1984 ensemble (EPSG:6326), which has a limited accuracy of at best 2 meters.  
Method: Universal Transverse Mercator (UTM)



Ilustración 3. Corrección atmosférica de la escena 25 de enero del 2015

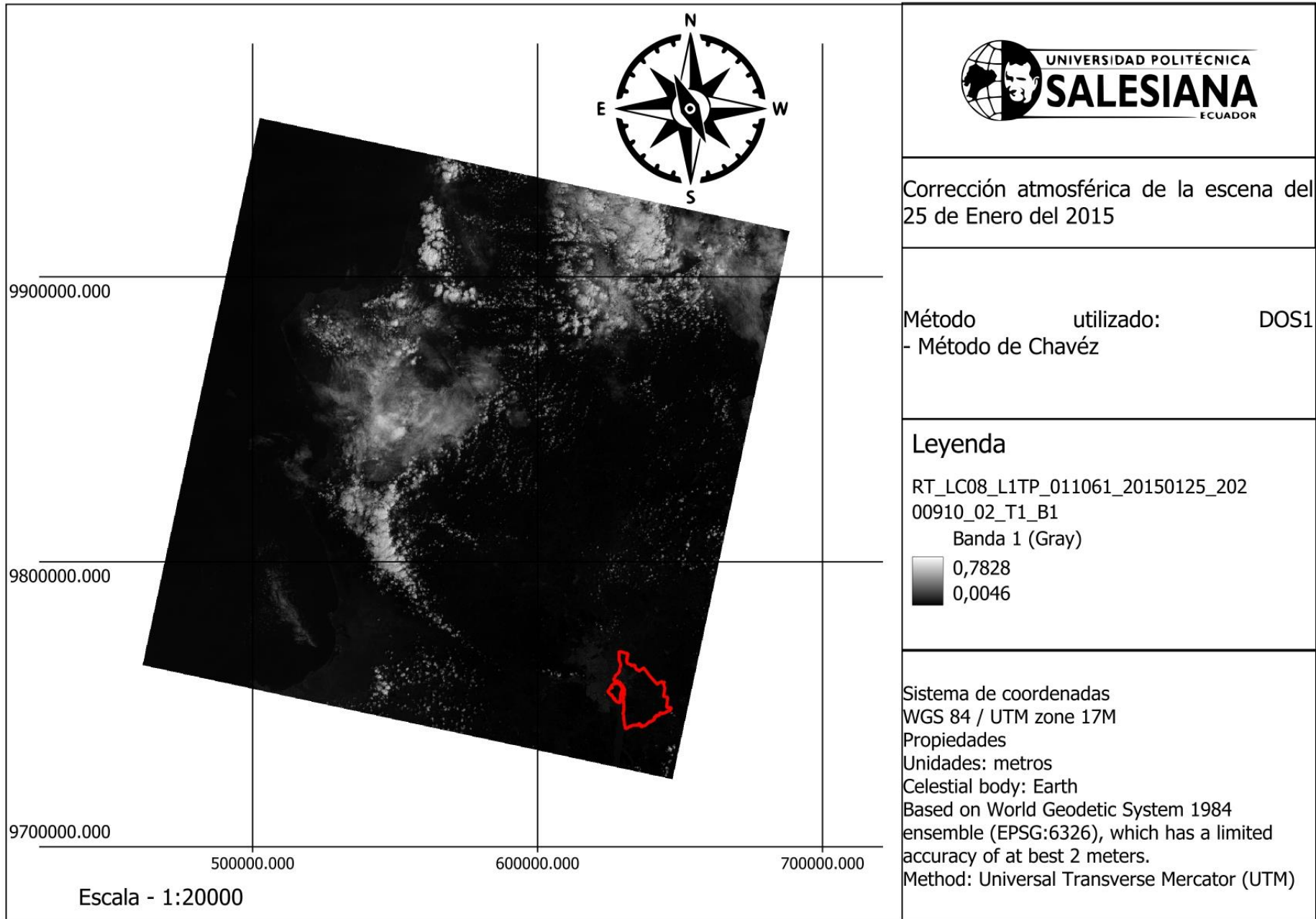
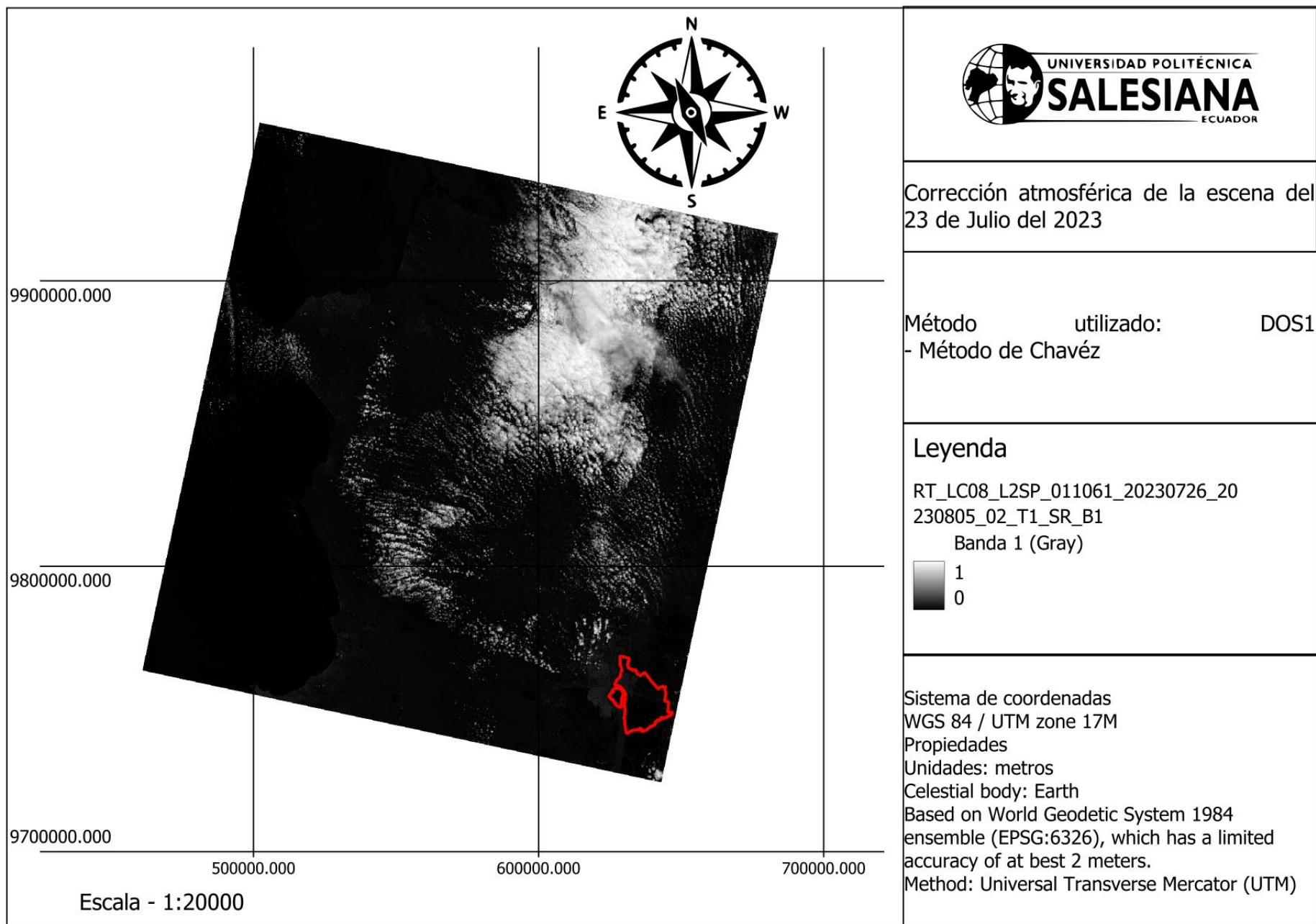


Ilustración 4. Corrección atmosférica de la escena 26 de julio del 2023



Con las escenas procesadas por método de Chávez se procede a utilizar el método de Minnaert del 2004 para las correcciones topográficas de cada escena seleccionada. El método Minnaert incluye valores de rango 2 bytes para los productos tanto de Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIR, con un valor predeterminado de 0.50 para ambas imágenes, este valor siendo el coeficiente de Minnaert que tiene un rango de 0 a 1.

### **Corrección topográfica**

Ilustración 5. Corrección topográfica de la escena 23 de noviembre del 2000

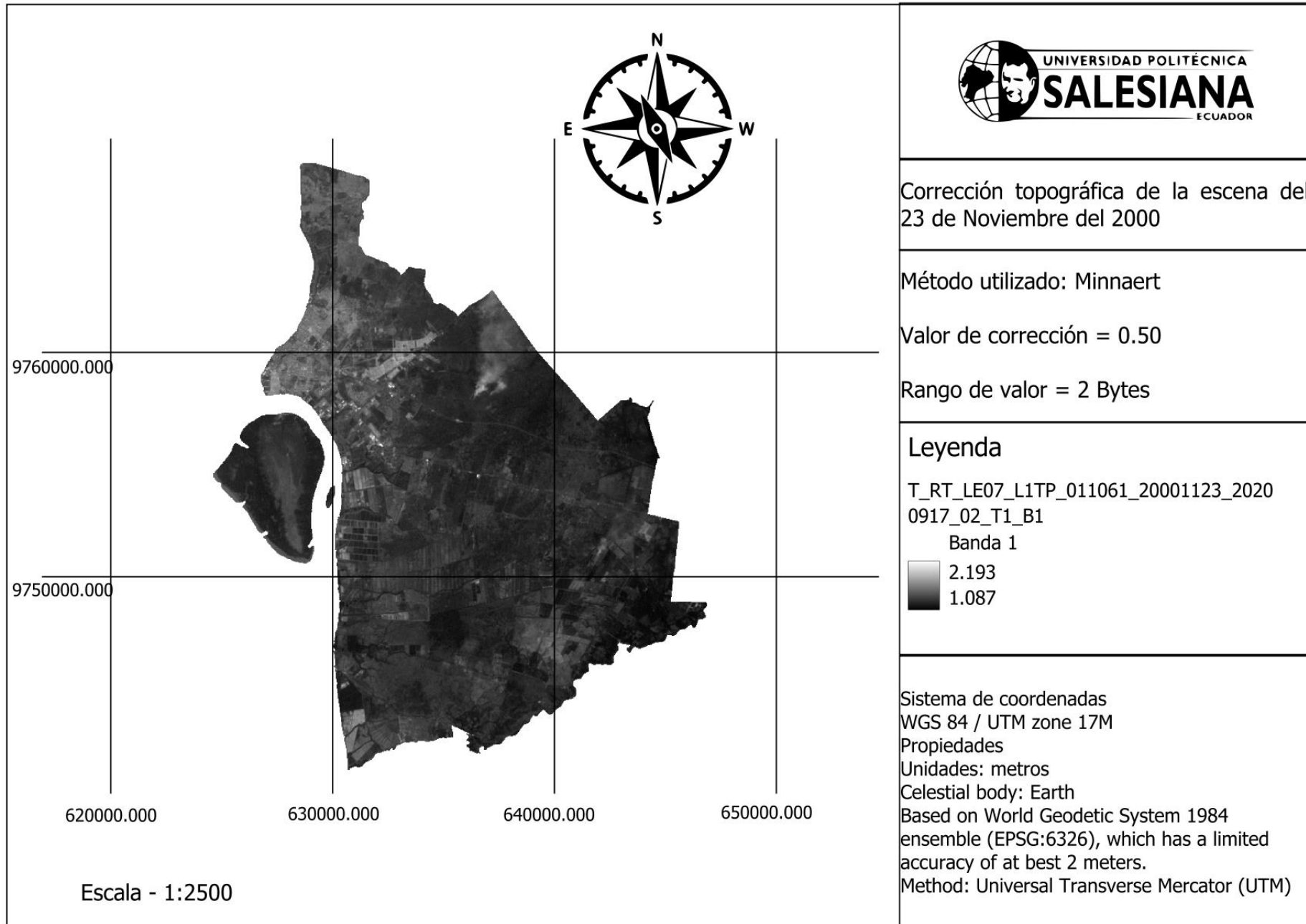


Ilustración 6. Corrección topográfica de la escena 25 de enero del 2015

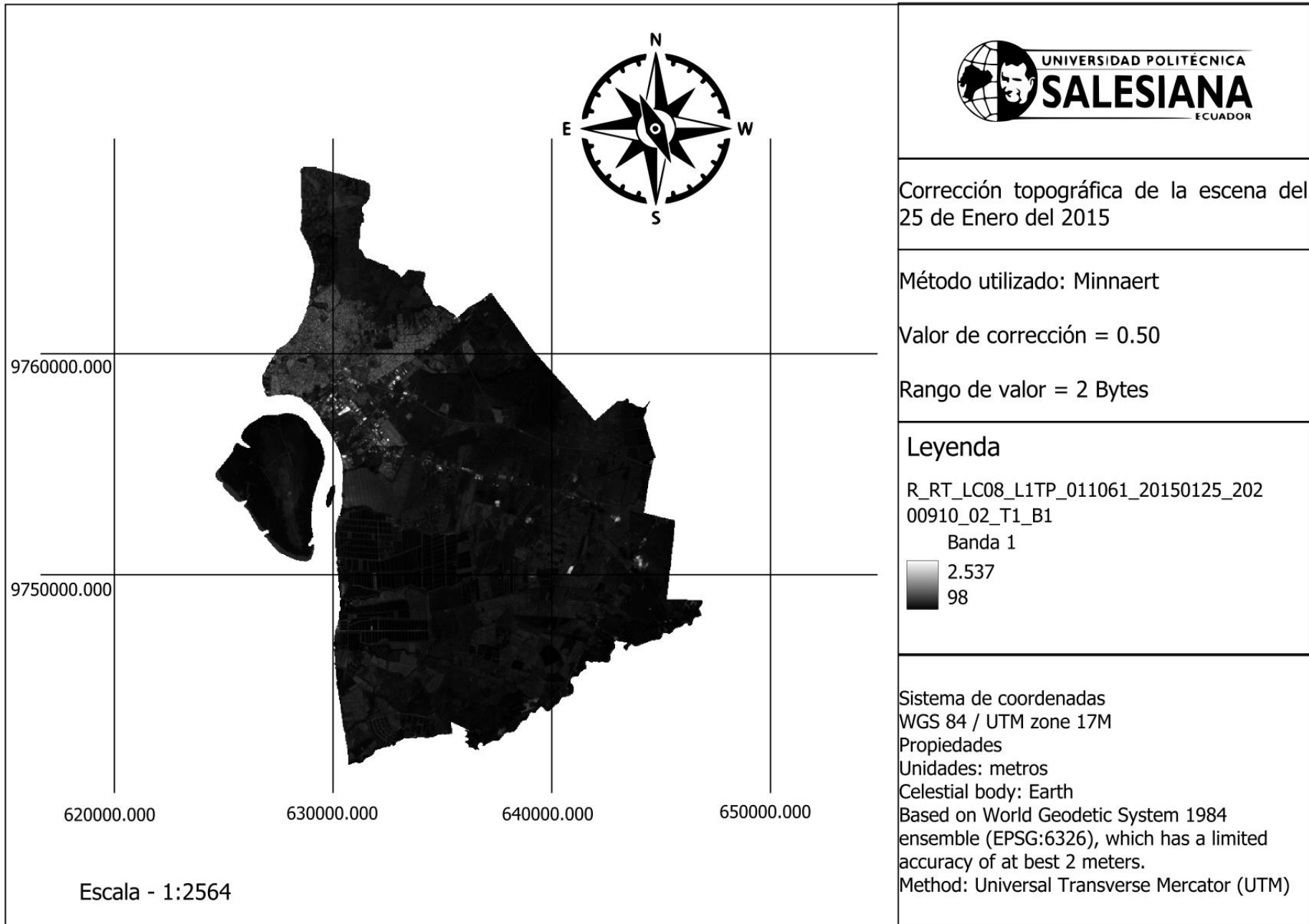
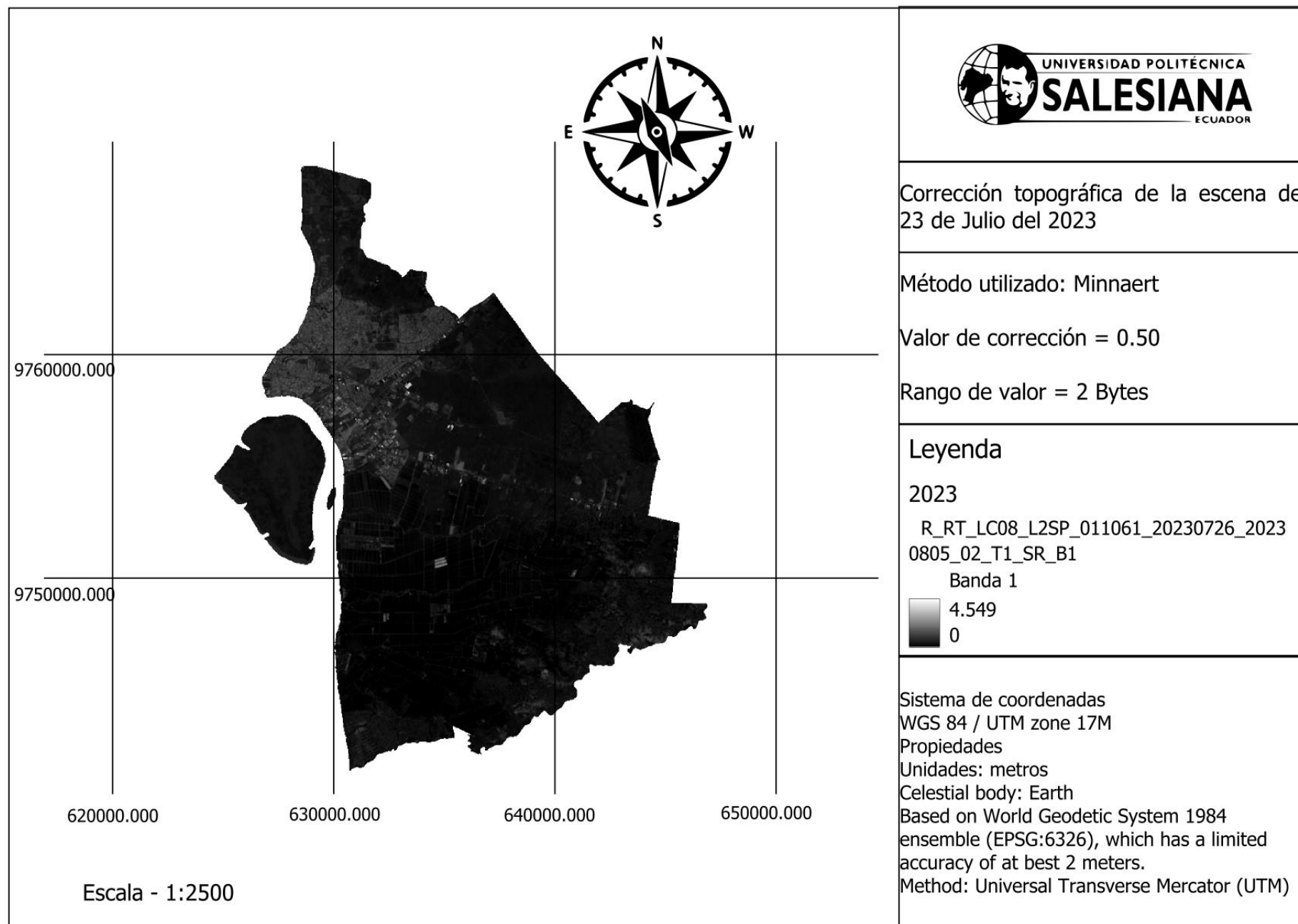


Ilustración 7. Corrección atmosférica de la escena 23 de julio del 2023



## **Clasificación de los usos del suelo**

Con el procesamiento de las escenas tanto por atmosférica y topográficamente se procede con la clasificación no supervisada, este método es el K-means, en el cual el sistema toma la misma cantidad de clase como la iteración del método, en el método se usó el formato de Hill-Climbing del año 1967 y utilizando 10 clases con 10 iteraciones.

Ilustración 8. Clasificación no supervisada de la escena 23 de noviembre del 2000

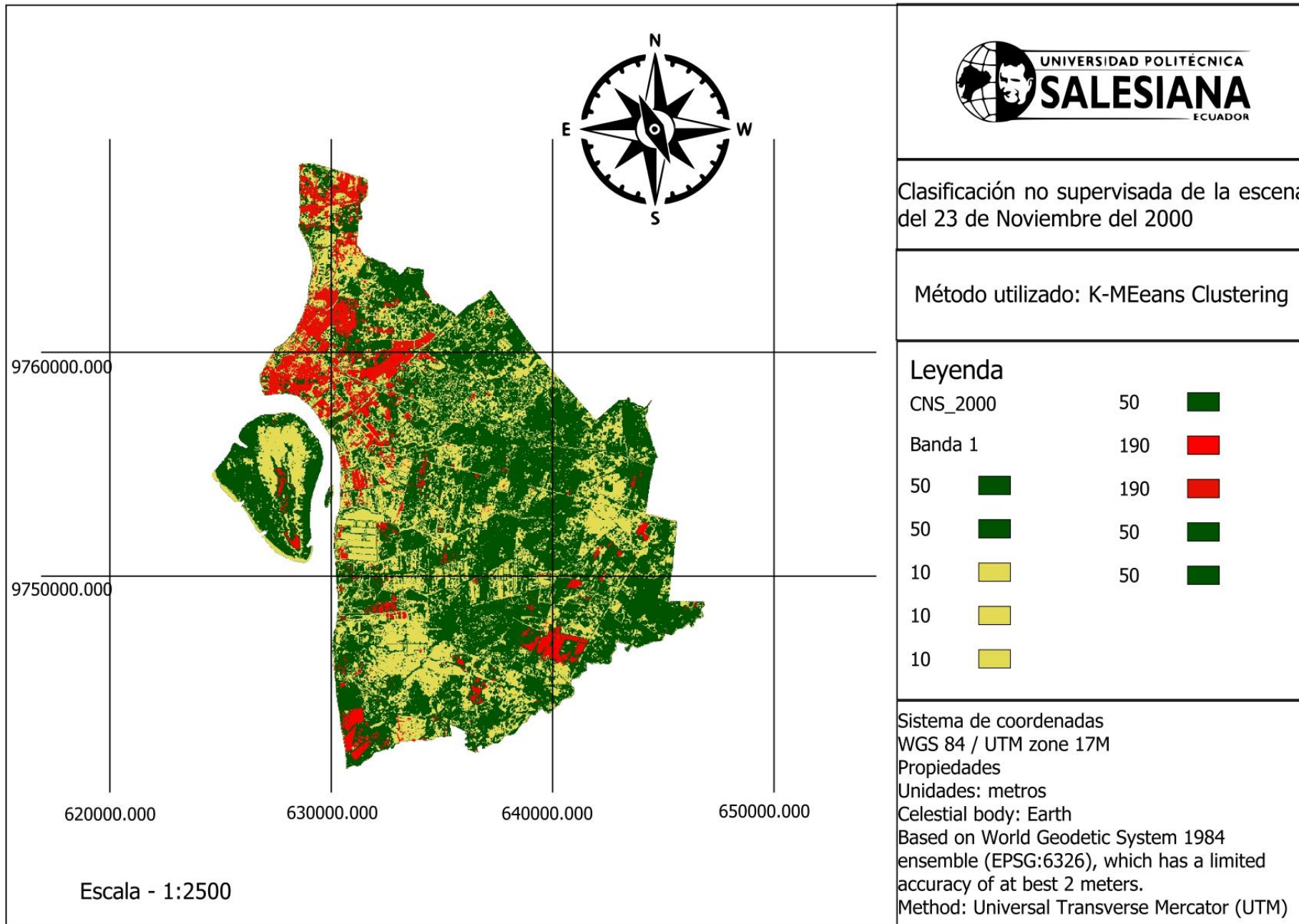




Ilustración 9. Clasificación no supervisada de la escena 25 de enero del 2015

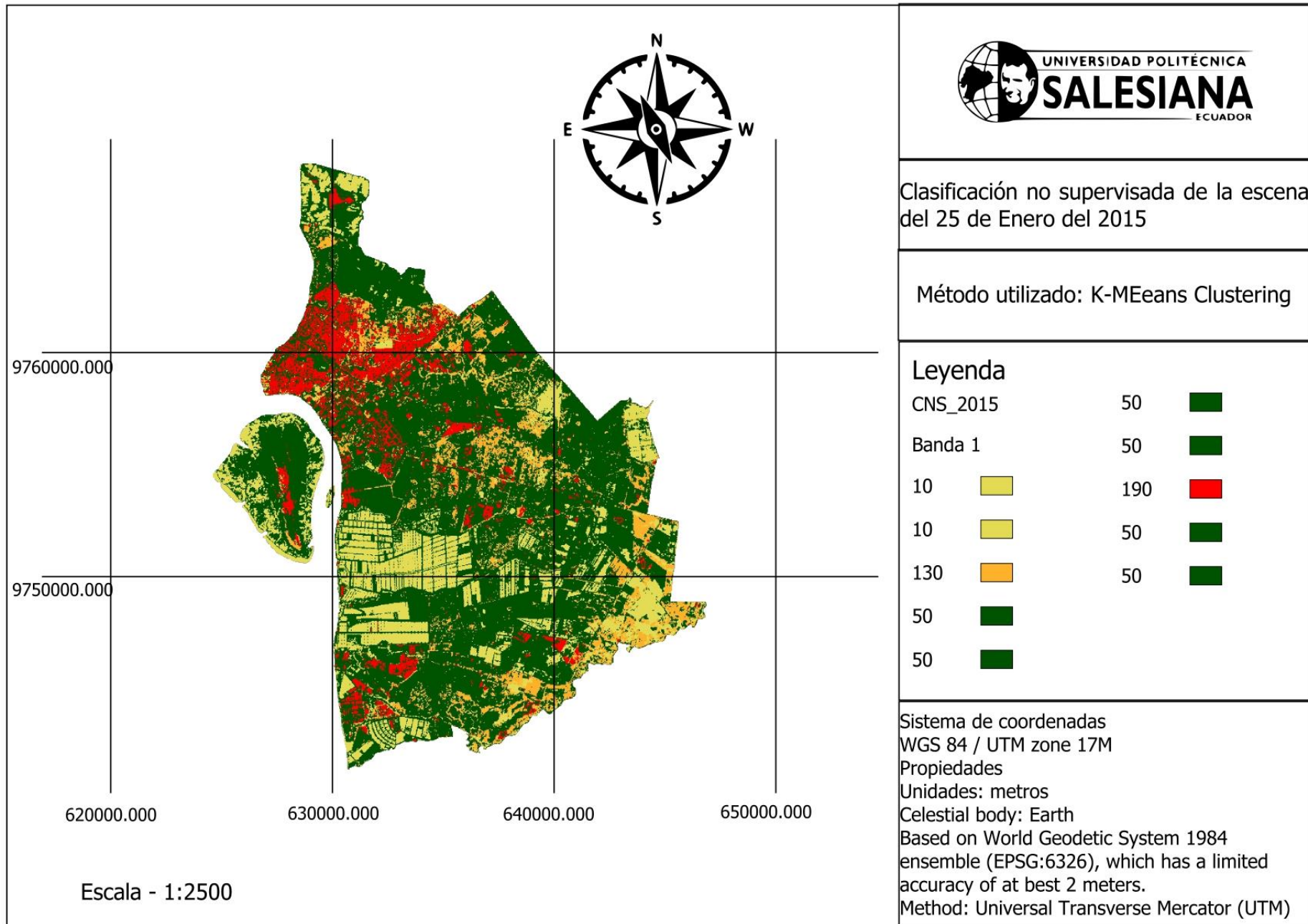
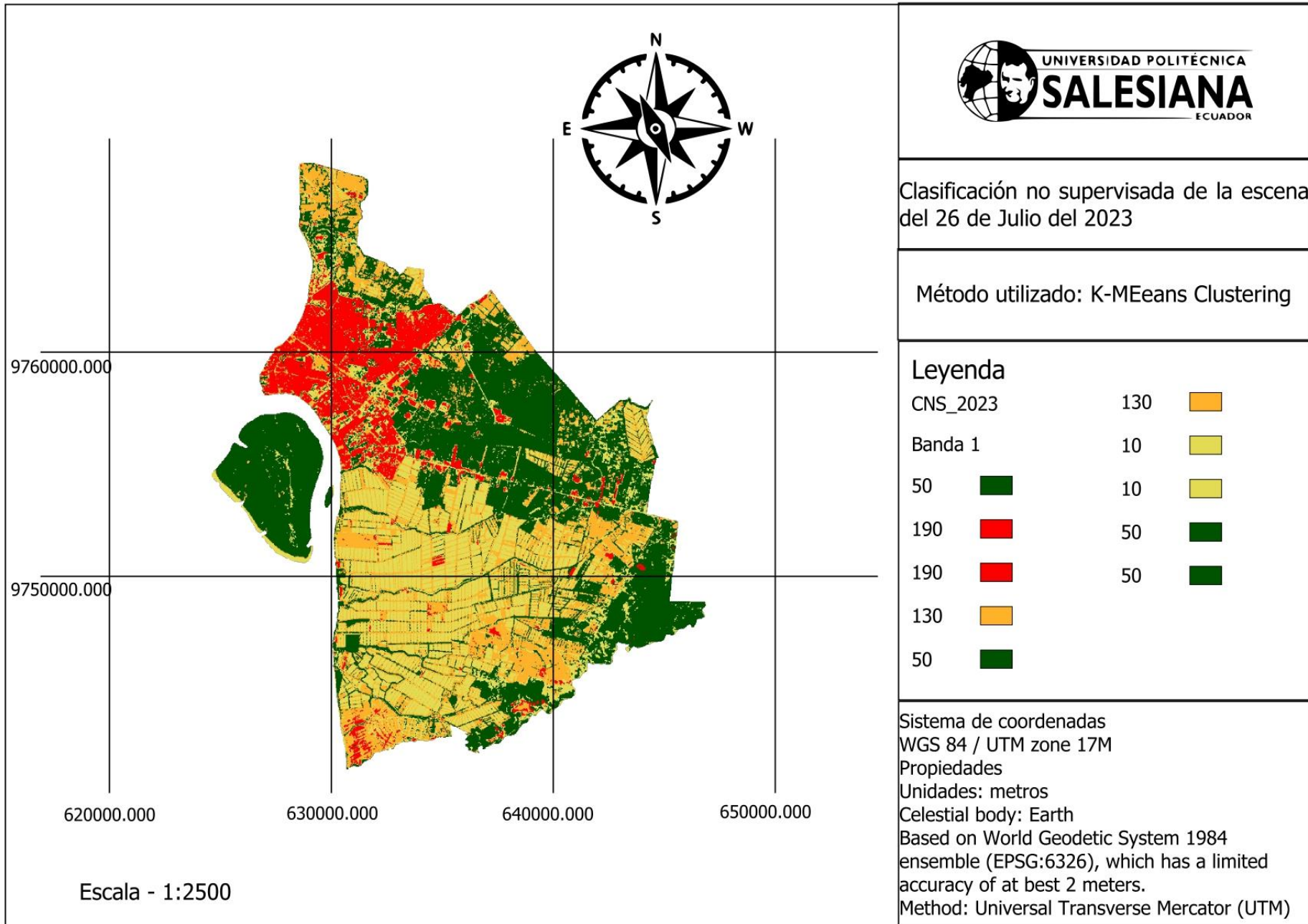


Ilustración 10. Clasificación no supervisada de la escena 26 de julio del 2023



En el análisis de las escenas con el proceso de clasificación no supervisada se obtiene una visualización aproximada de lo que tiene la escena en estado del procesamiento, existen confusiones de clases, pero se puede aproximar en un 80% de exactitud con lo que se tiene en el terreno dentro de la fecha especificada.

Antes de iniciar la clasificación supervisada se analizan las clases a utilizar y las que se usarán en este proyecto son las siguientes:

*Tabla 4. Características de las clases para la clasificación*

ID	CLASES
1	NUBES
10	CULTIVOS
50	CUBIERTA ARBÓREA
130	PRADERA
190	ÁREA URBANA

Para esto se tiene una aproximación de identificación de las clases que se puede realizar en una clasificación supervisada y las áreas de entrenamiento a ejecutarse dentro de las mismas, con ello la clasificación supervisada de cada imagen se la realiza con los diferentes métodos presentados en este documento, los cuales son distancia mínima, máxima probabilidad y mapeo angular espectral.

Ilustración 11. Clasificación supervisada de la escena 23 de noviembre del 2000

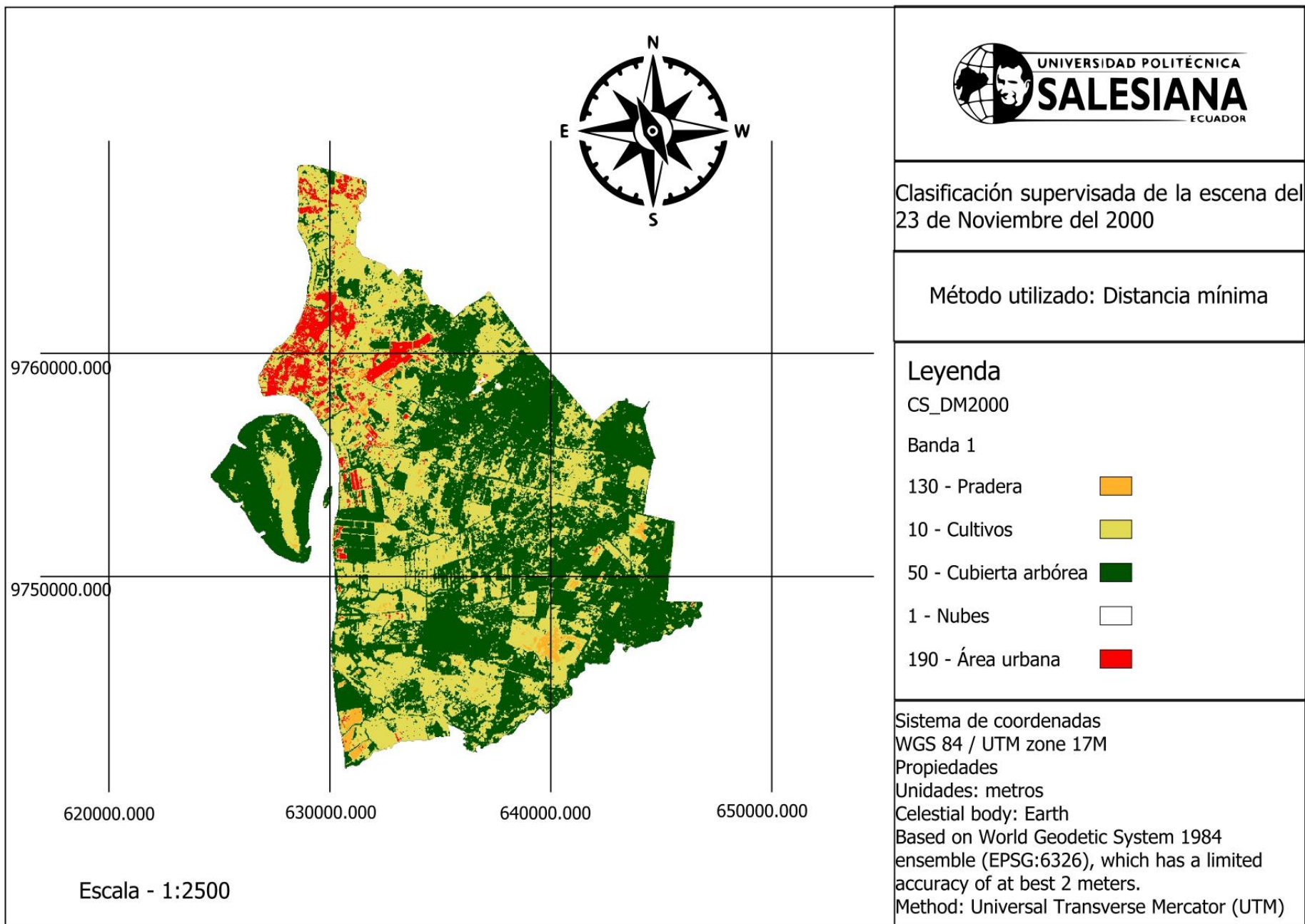


Ilustración 12. Clasificación supervisada de la escena 25 de enero del 2015

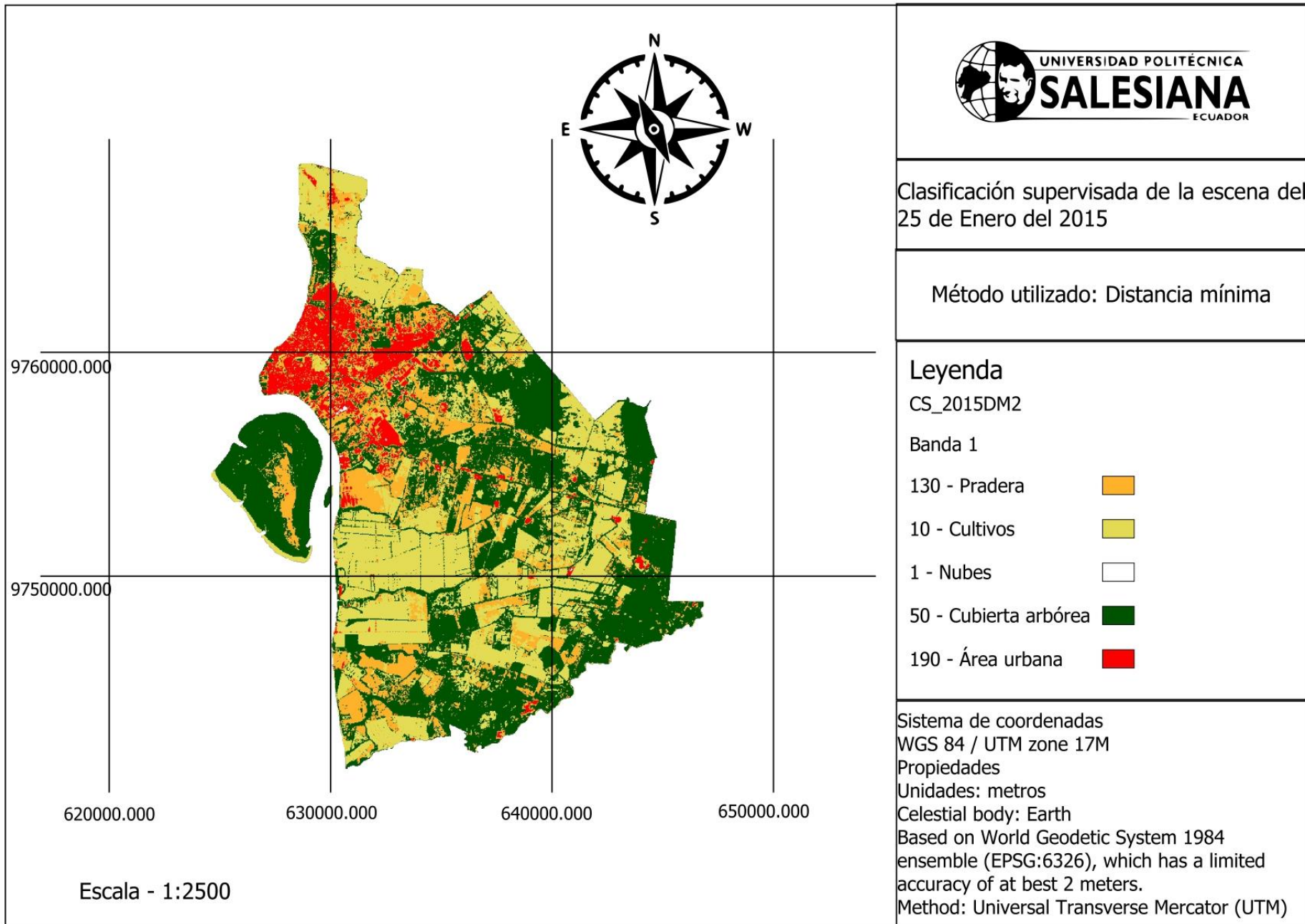
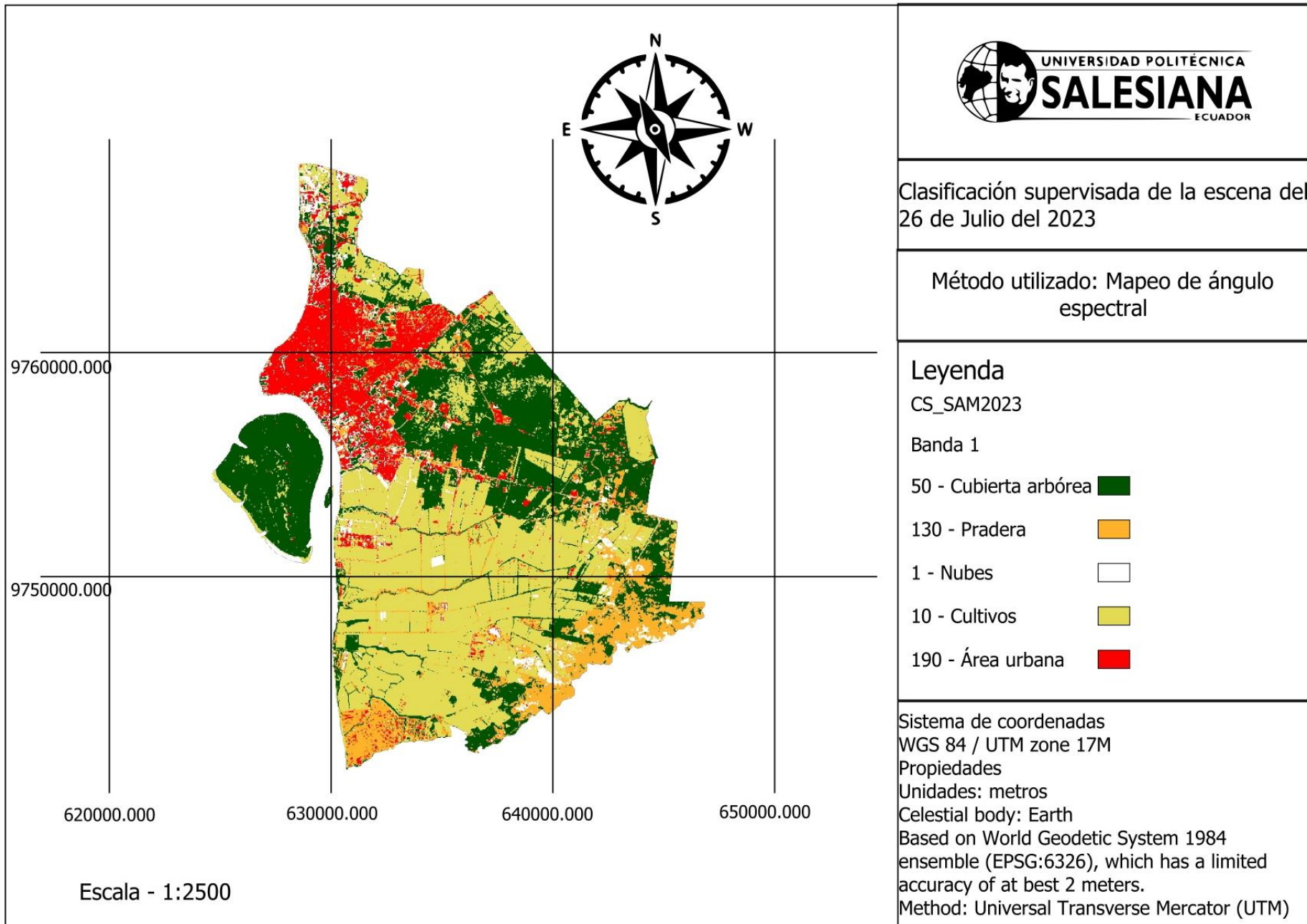


Ilustración 13. Clasificación supervisada de la escena 26 de julio del 2023



### **Análisis del incremento o des incremento**

Con las clasificaciones de las imágenes realizadas se puede efectuar el filtrado de los ruidos de las imágenes, con ello se indica que las clases en las imágenes van a agruparse en medida del método mayoritario o minoritario que aplique en cada una ellas. En esto se realizó el proceso mayoritario de filtrado en las imágenes con el tipo de Square (cuadrado). Obteniendo el filtrado de cada imagen se utiliza la herramienta de reporte de clasificación del apartado del SCP para conocer los porcentajes de cada clasificación.

Adicional a esto se le suma el grafico de pastel mediante el uso de la herramienta Data Plotly de cada una de las clasificaciones filtrada.

Ilustración 14. Clasificación filtrada de la escena 23 de noviembre del 2000

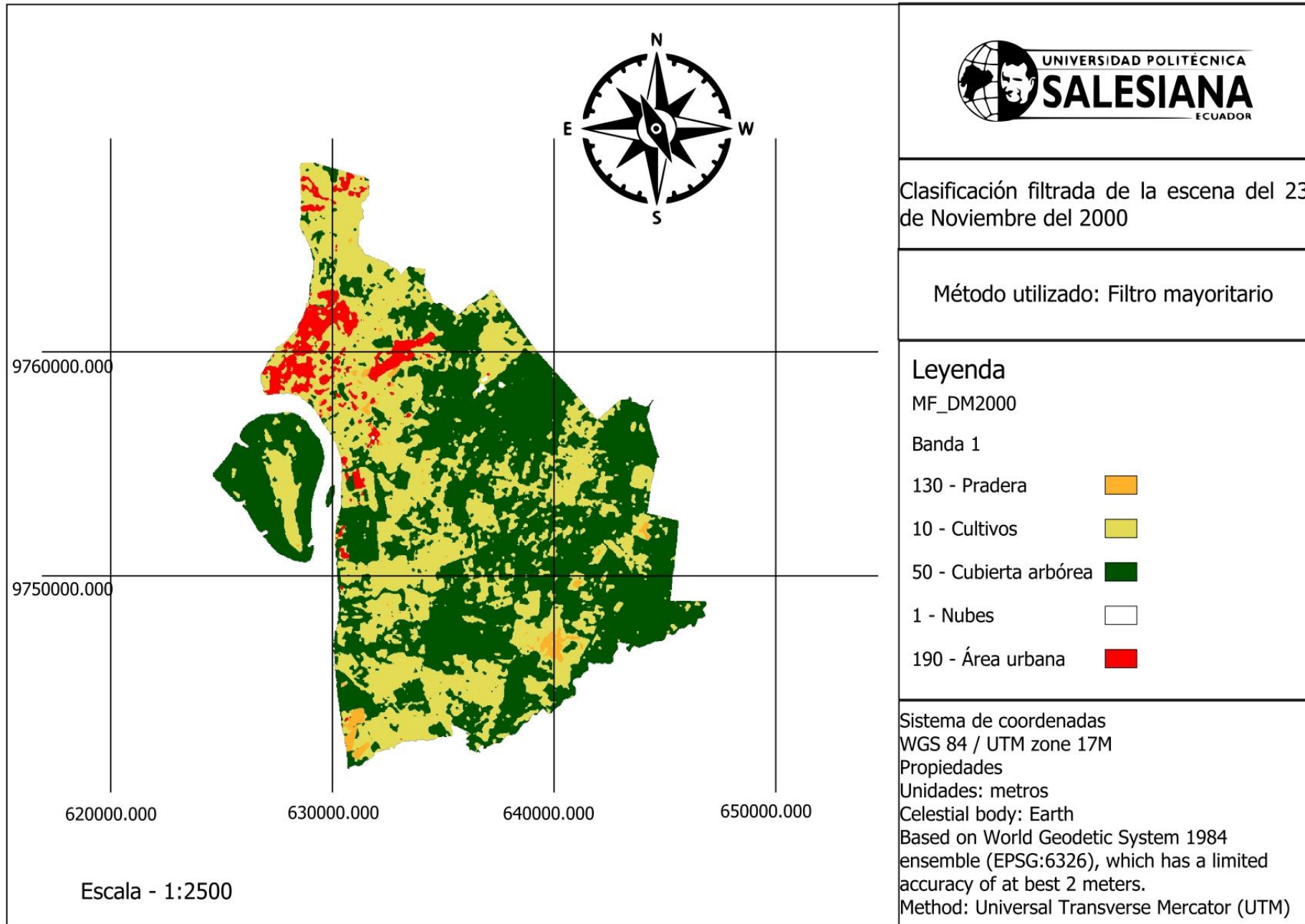




Tabla 5. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 23 de noviembre del 2000

RasterValue	Píxel sum	Porcentaje %	Clases
1	3900	1,17%	130
2	137933	41,32%	10
3	177963	53,31%	50
4	261	0,08%	1

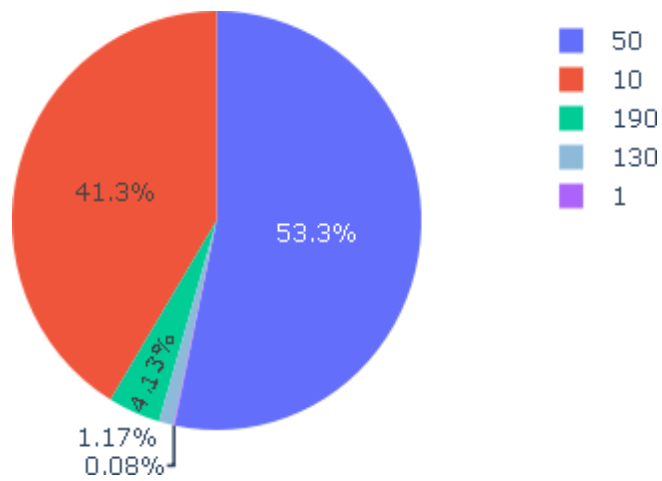


Ilustración 15. Gráfico de pastel de la escena 23 de noviembre del 2000

Ilustración 16. Clasificación filtrada de la escena 25 de enero del 2015

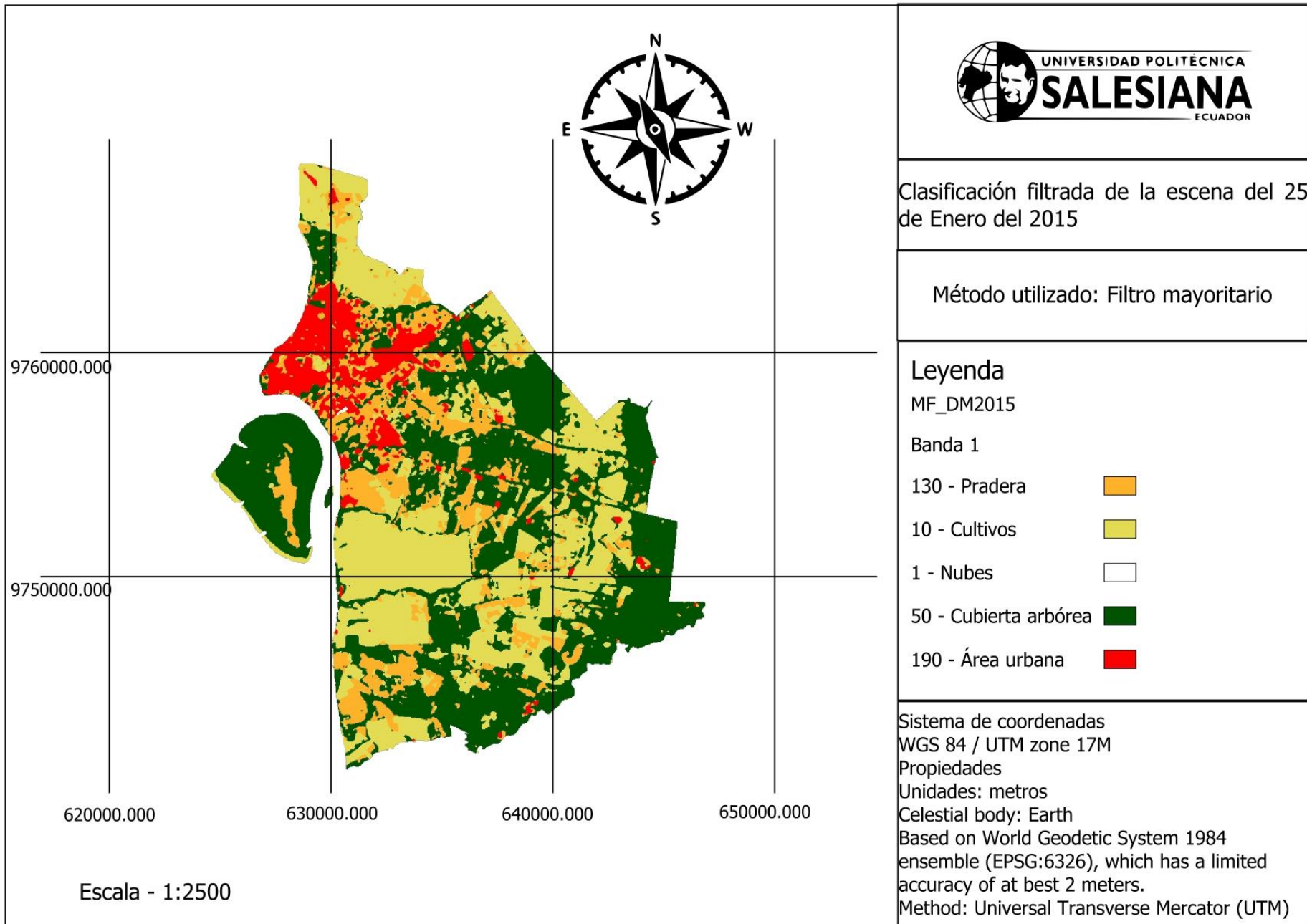


Tabla 6. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 25 de enero del 2015

RasterValue	Píxel sum	Porcentaje %	Clase
1	56101	16,80%	130
2	105422	31,58%	10
3	83	0,02%	1
4	145957	43,72%	50
5	26275	7,87%	190

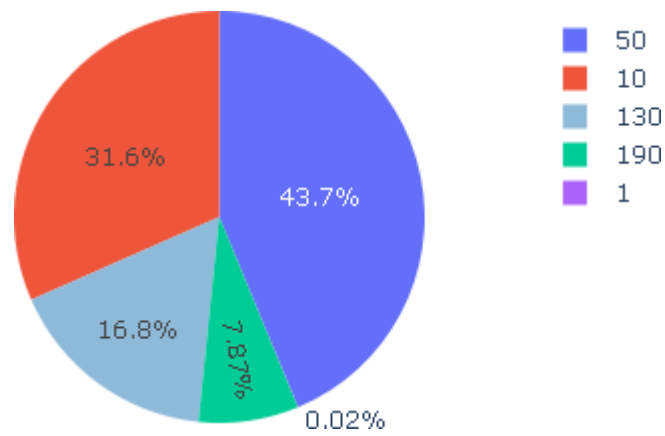


Ilustración 17. Gráfico de pastel de la escena 25 de enero del 2015

Ilustración 18. Clasificación filtrada de la escena 26 de julio del 2023

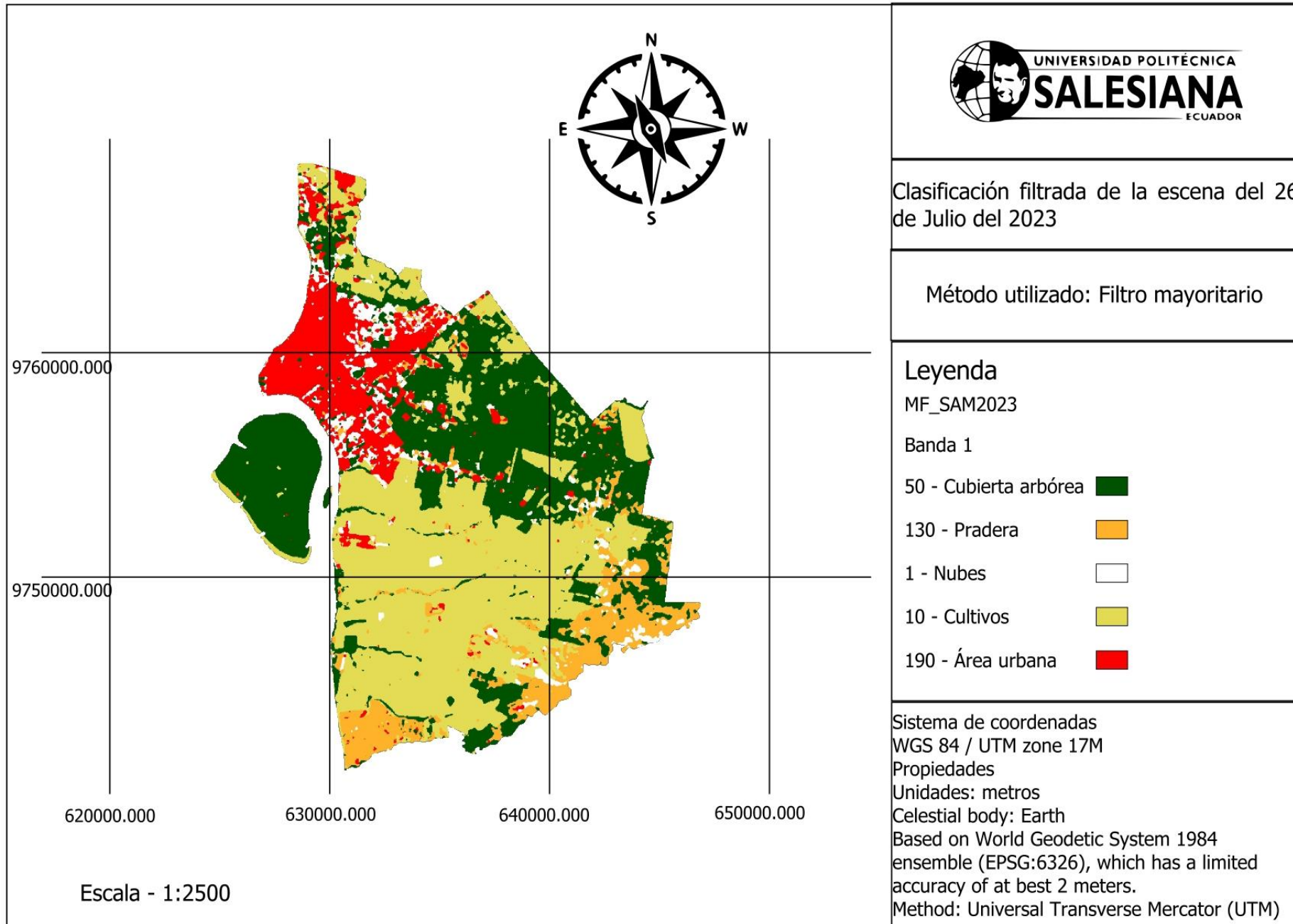


Tabla 7. Porcentajes de la clasificación filtrada de la escena del 26 de julio del 2023

RasterValue	Píxel sum	Porcentaje %	Clase
1	109220	32,72%	50
2	33863	10,14%	130
3	16606	4,97%	1
4	133593	40,02%	10

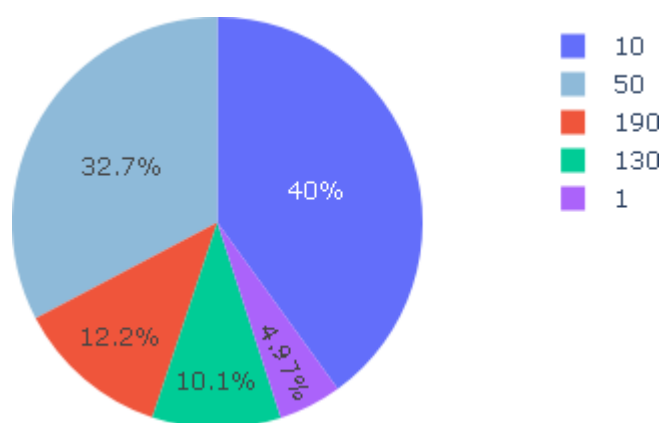


Ilustración 19. Gráfico de pastel de la escena 26 de julio del 2023

Con los porcentajes representados se analiza un crecimiento constante del área urbana durante el tiempo correspondido, en el año 2000 tiene un área urbana de 4.17% subiendo en el 2015 con 7.87% y finalizando con 12.20% en el año 2023, dando como resultado una progresión del 8.03% de incremento poblacional en los 23 años de análisis, en el cultivo tiene un porcentaje similar en las tres imágenes, debido que en el año 2015 se mantiene un parte de cultivo con área verde baja con un porcentaje de 31.58% mientras que el año 2000 tiene un porcentaje de 41.32% y en el 2023 un porcentaje de 40.02%, entre el 2000 y el 2023 se tiene una variación de 1.30% en relación entre estas.

Para el caso de la clase de Pradera se da un incremento y des incremento con relación de transición del año 2000 con porcentaje de 1.17% incrementa a 16.80% en el año 2015 pero sufre

un des incremento a 10.14% en el año 2023, esto se debe a que en el año 2023 pudo cubrirse con una cubierta arbórea, en la clase de cubierta arbórea sufre un des incremento desde el año 2000 hasta el 2023 lo que concuerda con el crecimiento de las otras clases que se han alojado en toda la cubierta mencionada, en el año 2000 tiene un porcentaje de 53.31% baja a 47.32% en el 2015 y termina con un 32.72% en el año 2023, teniendo un descenso del 20.59% dentro de los 23 años que se está analizando entre las imágenes. Con la interpretación de la información que se tiene de las clasificaciones filtradas se procede a realizar el análisis mediante el SCP, el cual nos da datos en formato de ráster y valores separados por comas (csv).

### **Análisis multitemporal**

Ilustración 20. Análisis multitemporal entre las escenas del 2015-2000

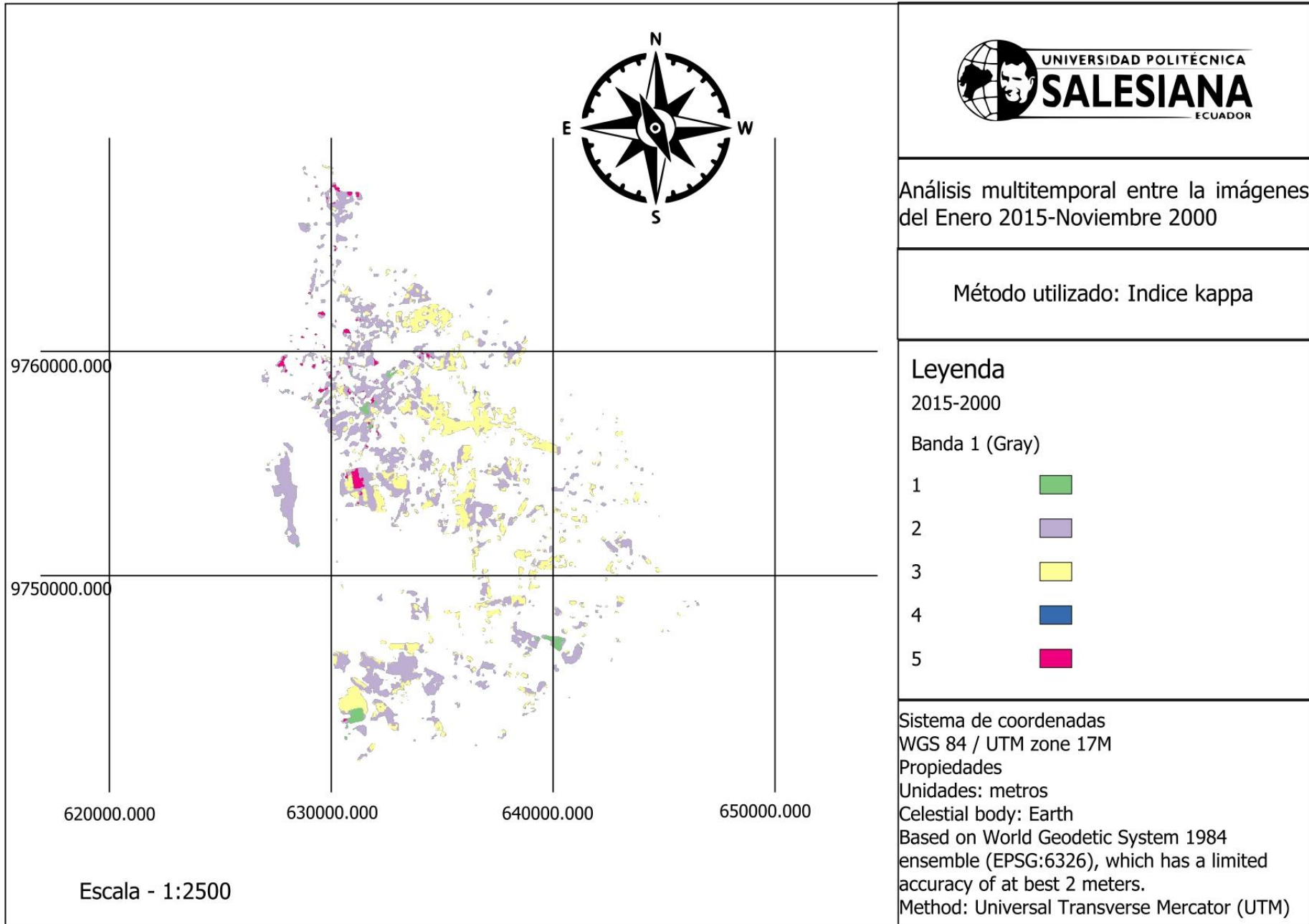


Tabla 8. Análisis multitemporal entre las escenas del 2015-2000

ERROR MATRIX [píxel count]						
	>Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	1259	33022	20524	19	1277	56101
2	1195	53244	49439	38	1506	105422
3	0	74	9	0	0	83
4	1035	39710	104846	176	190	145957
5	411	11883	3145	28	10808	26275
Total	3900	137933	177963	261	13781	333838
PA [%]	322.821	386.013	0.0051	674.330	784.268	
UA [%]	22.442	505.056	108.434	0.1206	411.342	
Overall accuracy [%] = 19.6191			Kappa = 0.0694			
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						



Ilustración 21. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2015

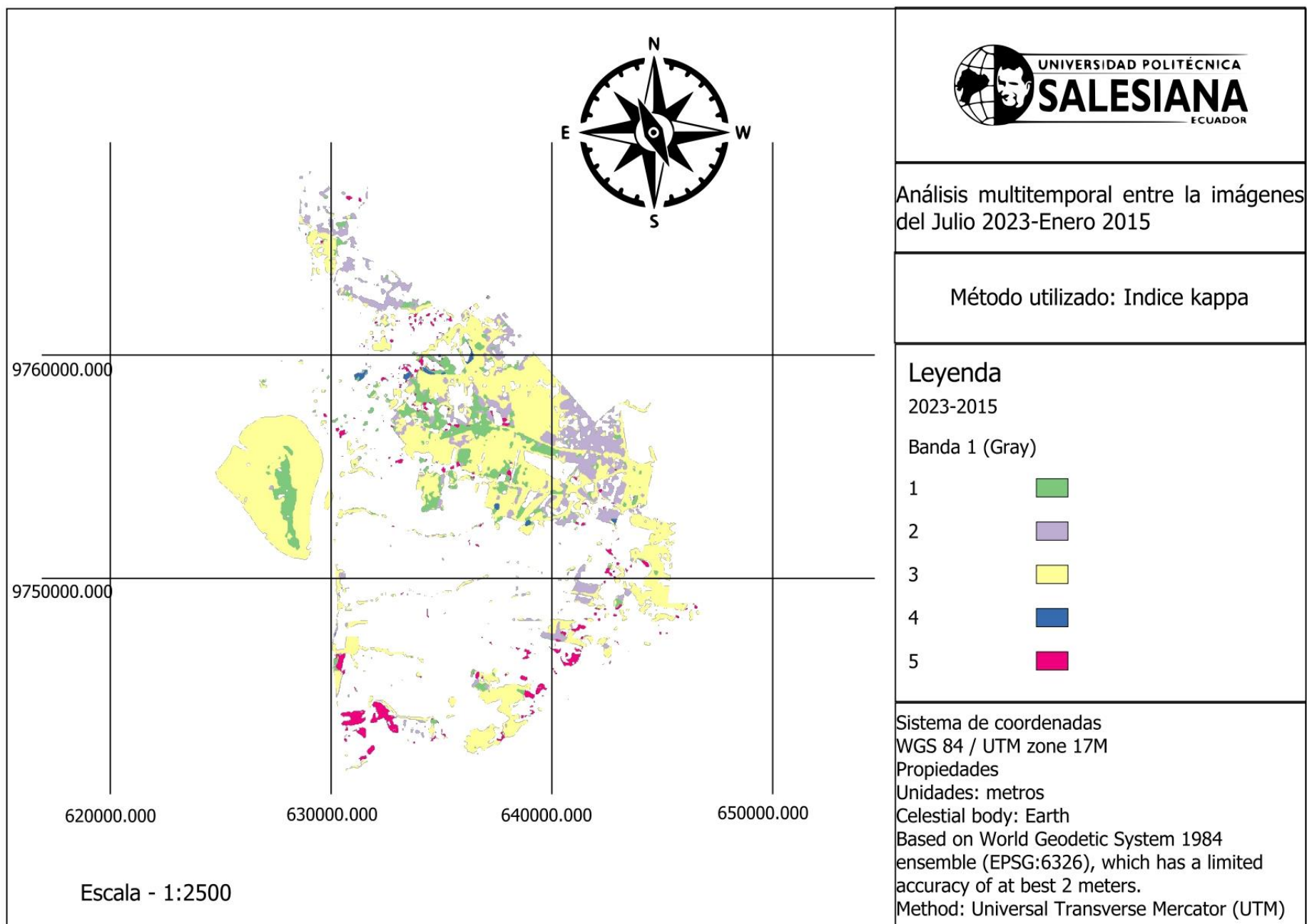


Tabla 9. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2015

ERROR MATRIX [píxel count]						
	>Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	13735	19026	0	75694	765	109220
2	5267	7832	0	19842	922	33863
3	5484	3327	7	6469	1319	16606
4	21930	70690	0	40123	850	133593
5	9683	4547	76	3828	22418	40552
Total	56099	105422	83	145956	26274	333834
PA [%]	244.835	74.292	84.337	274.898	853.239	
UA [%]	125.755	231.285	0.0422	300.338	552.821	
Overall accuracy [%] = 25.1967			Kappa = 0,0268			
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						

Ilustración 22. Análisis multitemporal entre las escenas del 2023-2000

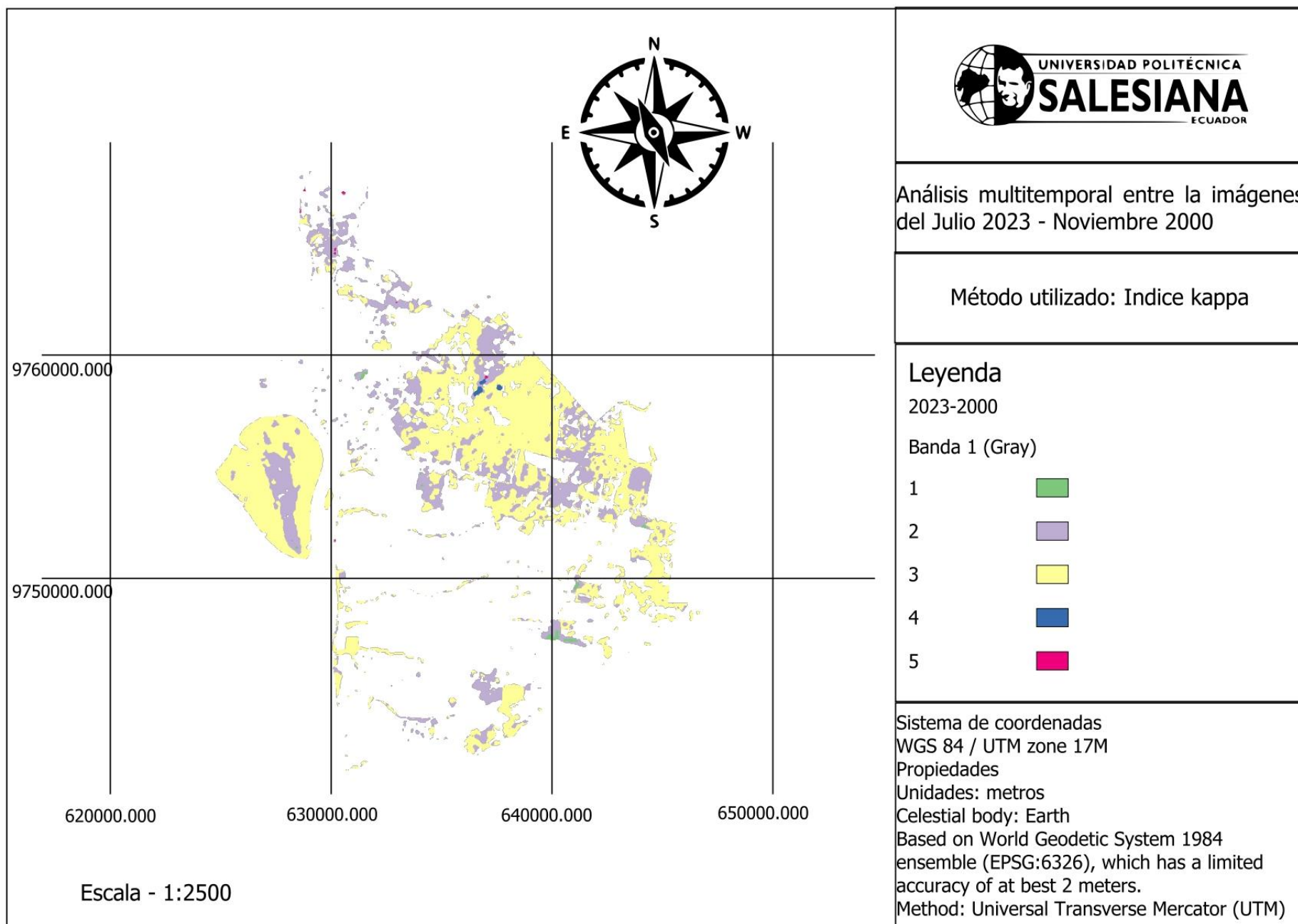


Tabla 10. Análisis multitemporal entre las escenas 2023-2000

ERROR MATRIX [píxel count]						
	>Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	485	34129	74271	233	102	109220
2	1491	11738	20503	0	131	33863
3	208	9991	5967	0	440	16606
4	1117	60951	70491	0	1034	133593
5	599	21120	6731	28	12074	40552
Total	3900	137929	177963	261	13781	333834
PA [%]	124.359	85.102	33.529	0.0000	876.134	
UA [%]	0.4441	346.632	359.328	0.0000	297.741	
Overall accuracy [%] = 9.0656			Kappa = 0,0141			
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						

Los indicadores demuestran que las clasificaciones en su respectivo proceso no se asemejan en nada durante los años, a pesar de ser un lapso corto de tiempo, tienen índice aproximados a 0, en lo que respecta al índice Kappa esto representa un mal reporte de los usos de suelo en el sentido que han sufrido mucho cambio en tan poco tiempo.

## CONCLUSIONES

- La recolección de imágenes satelitales nos muestra las correcciones topográficas realizadas dejando visible el cambio del área a través de los años, en donde se muestra también los métodos realizados y la colorimetría según las bandas del satélite Landsat.
- La información de las imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8 y la técnica de clasificación supervisada, permitió el análisis multitemporal respecto al crecimiento urbano en el período 2000-2023, donde se lograron establecer 5 tipos de coberturas para realizar la clasificación: cubierta arbórea, pradera, cultivo, nubes y área urbana, siendo la última la categoría más importante. El análisis llevado a cabo corrobora, la gran aptitud y viabilidad de las imágenes satelitales Landsat para la realización de investigaciones de evaluación de procesos de crecimiento urbano en áreas como el Cantón Durán.
- Tomando en cuenta que los cambios más significativos se presentaron en la cobertura de áreas urbanas, resulta evidente la incidencia que existe entre el proceso de crecimiento urbano del cantón Durán con los cambios en las otras coberturas existentes y uso de suelo, viéndose afectadas principalmente la cobertura de vegetación durante el período establecido para el estudio.
- A través de la detección de cambios obtenida mediante la clasificación en un período de 23 años, se determinó que todas las coberturas en general experimentaron cambios en este período de tiempo, siendo la clase de cobertura urbana la que sufrió cambios mayormente significativos dando como resultado una progresión del 8.03% de incremento poblacional, los cultivos entre el 2000 y el 2023 tienen una variación de 1.30%, pradera con un descenso del 20.59%.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda seleccionar correctamente las fechas de búsqueda para la recolección de imágenes satelitales.
- Monitoreos en las áreas con imágenes satelitales Landsat para la realización de investigaciones de evaluación de procesos de crecimiento urbano en áreas extensas de evidente crecimiento urbano las cuales pueden ser peligrosas o zonas de riesgo, para impedir que los habitantes se asienten informalmente en estas áreas y evitar futuros problemas de desorden territorial, y de esta manera establecer zonas aptas para la expansión de áreas urbanas.
- Se propone utilizar este tipo de instrumentos al momento de la planificación urbana y para llevar a cabo los planes de ordenamiento territorial ya que resultan eficientes para identificar las dinámicas de cambios de cada tipo de coberturas dentro de un territorio y de esta manera poder anticipar estas tendencias y poder elaborar pronósticos que permitan provocar el menor impacto en los recursos naturales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Colby, J. D., and P. L. Keating. 1998. "Land Cover Classification Using Landsat TM Imagery in the Tropical Highlands: The Influence of Anisotropic Reflectance." *International Journal of Remote Sensing* 19(8):1479–1500. doi: 10.1080/014311698215306.
- Congedo Luca. 2022. "Semi-Automatic Classification Plugin Documentation Release 7.9.7.1."
- Cusme, Rudys. 2022. "Clasificación de Usos de La Tierra En La Cuenca Del Rio Quevedo." *Ecology*.
- Dong, Rencai, Jiajia Dong, Gang Wu, and Hongbing Deng. 2006. "Optimization of Post-Classification Processing of High-Resolution Satellite Image: A Case Study." *Science in China, Series E: Technological Sciences* 49(SUPPL. 1):98–107. doi: 10.1007/s11431-006-8111-3.
- Duarte, Daniel Camilo, Juliette Zanetti, Joel Gripp Junior, and Nilcilene Medeiros. 2018. "Comparison of Supervised Classification Methods of Maximum Likelihood, Minimum Distance, Parallelepiped and Neural Network in Images of Unmanned Air Vehicle (UAV) in Viçosa - MG." *Revista Brasileira de Cartografia* 70(2):437–52. doi: 10.14393/rbcv70n2-45377.
- Duarte, Lia, Pedro Silva, and Ana Cláudia Teodoro. 2018. "Development of a QGIS Plugin to Obtain Parameters and Elements of Plantation Trees and Vineyards with Aerial Photographs." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7(3):14–19. doi: 10.3390/ijgi7030109.
- Figueredo, José Luis, Adonis Ramón, and Héctor Barrero. 2020. "Análisis Multitemporal Del Cambio de Cobertura Vegetal En El Área de Manejo." *Revista Cubana de Ciencias Forestales* 1(July):1–15.

Fonseca, John Jairo, and Silvia Maria Gomez. 2003. “Análisis Multitemporal Mediante Imágenes Landsat Caso de Estudio: Cambio de Área Laderas de La Ciénaga de Tumaradó Parque Natural Los Katíos.” *Universidad Militar Nueva Granada* 1:1–26.

González-Jaramillo, Víctor, Andreas Fries, Rütger Rollenbeck, Jhoana Paladines, Fernando Oñate-Valdivieso, and Jörg Bendix. 2016. “Assessment of Deforestation during the LastDecades in Ecuador Using NOAA-AVHRR Satellite Data.” *Erdkunde* 70(3):217–35. doi: 10.3112/erdkunde.2016.03.02.

Institución Nacional de Estadística y Censos. 2001. “Población Del Cantón Durán.” 7–10.

Jiménez Párraga, Hally Paullette. 2018. “Análisis de Crecimiento Urbano a Partir de Imágenes Landsat En El Cantón Durán, Provincia Del Guayas, En El Período 1990 - 2015.”

Maglana, Jesi Martin R., Hazel Olive O. Parmes, Aaron Charles C. Yu, Ricardo L. Fornis, and Aure Flo A. Oraya. 2020. “An Attempt to Classify Landcover of the Butuanon River Catchment Using Landsat Images Covering the Years 1993 to 2019 for Rainfall-Runoff Modelling.” *AIP Conference Proceedings* 2278. doi: 10.1063/5.0015027.

Mosquera, Cedillo Carlos Ismael. 2016. “Facultad de Ciencia y Tecnología.” *Google Academico* 111 pag.

Prieto-Amparan, Jesús A., Federico Villarreal-Guerrero, Martin Martinez-Salvador, Carlos Manjarrez-Domínguez, Eduardo Santellano-Estrada, and Alfredo Pinedo-Alvarez. 2018. “Atmospheric and Radiometric Correction Algorithms for the Multitemporal Assessment of Grasslands Productivity.” *Remote Sensing* 10(2). doi: 10.3390/rs10020219.

Rossetto, Rudy, Giovanna De Filippis, Federico Triana, Matteo Ghetta, Iacopo Borsi, and Wolfgang Schmid. 2019. “Software Tools for Management of Conjunctive Use of Surface- and Ground-Water in the Rural Environment: Integration of the Farm Process



and the Crop Growth Module in the FREEWAT Platform.” *Agricultural Water Management* 223(December 2018):105717. doi: 10.1016/j.agwat.2019.105717.

Sacristán Romero, Francisco. 2005. “La Teledetección Satelital y Los Sistemas de Protección Ambiental.” *Civilizar* 5(9):1. doi: 10.22518/16578953.701.

Villacis, Italo, and Jorge Calle. 2000. “Geología Y Suelo.” 41.

Vitalis, Stelios, Ken Arroyo Ohoi, and Jantien Stoter. 2020. “CityJSON in QGIS: Development of an Open-Source Plugin.” *Transactions in GIS* 24(5):1147–64. doi: 10.1111/tgis.12657.

Young, Nicholas E., Ryan S. Anderson, Stephen M. Chignell, Anthony G. Vorster, Rick Lawrence, and Paul H. Evangelista. 2017. “A Survival Guide to Landsat Preprocessing.” *Ecology* 98(4):920–32. doi: 10.1002/ecy.1730.

## **Anexos**

Ilustración 23. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2000

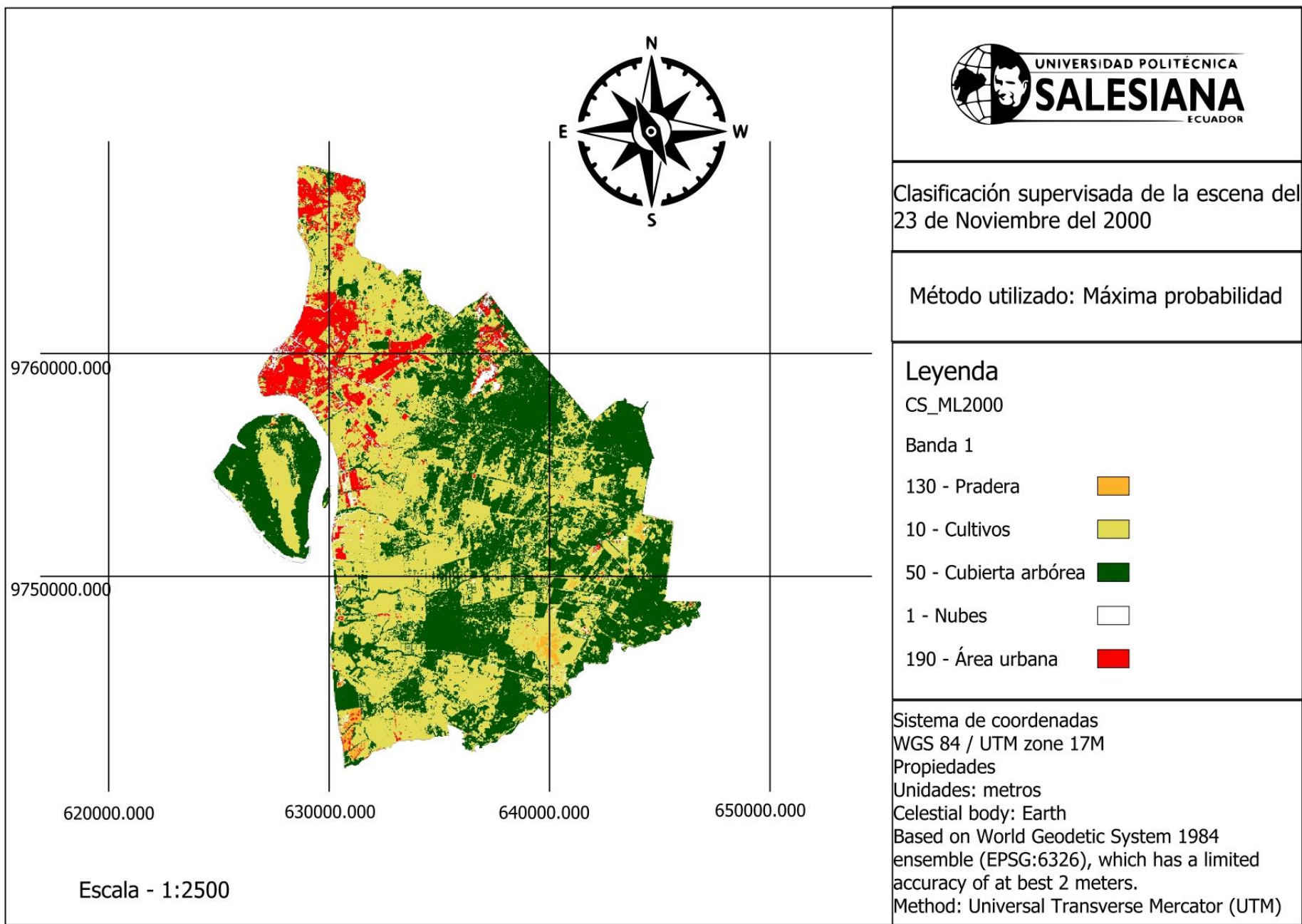


Ilustración 24. Clasificación supervisada, método mapeo angular del 2000

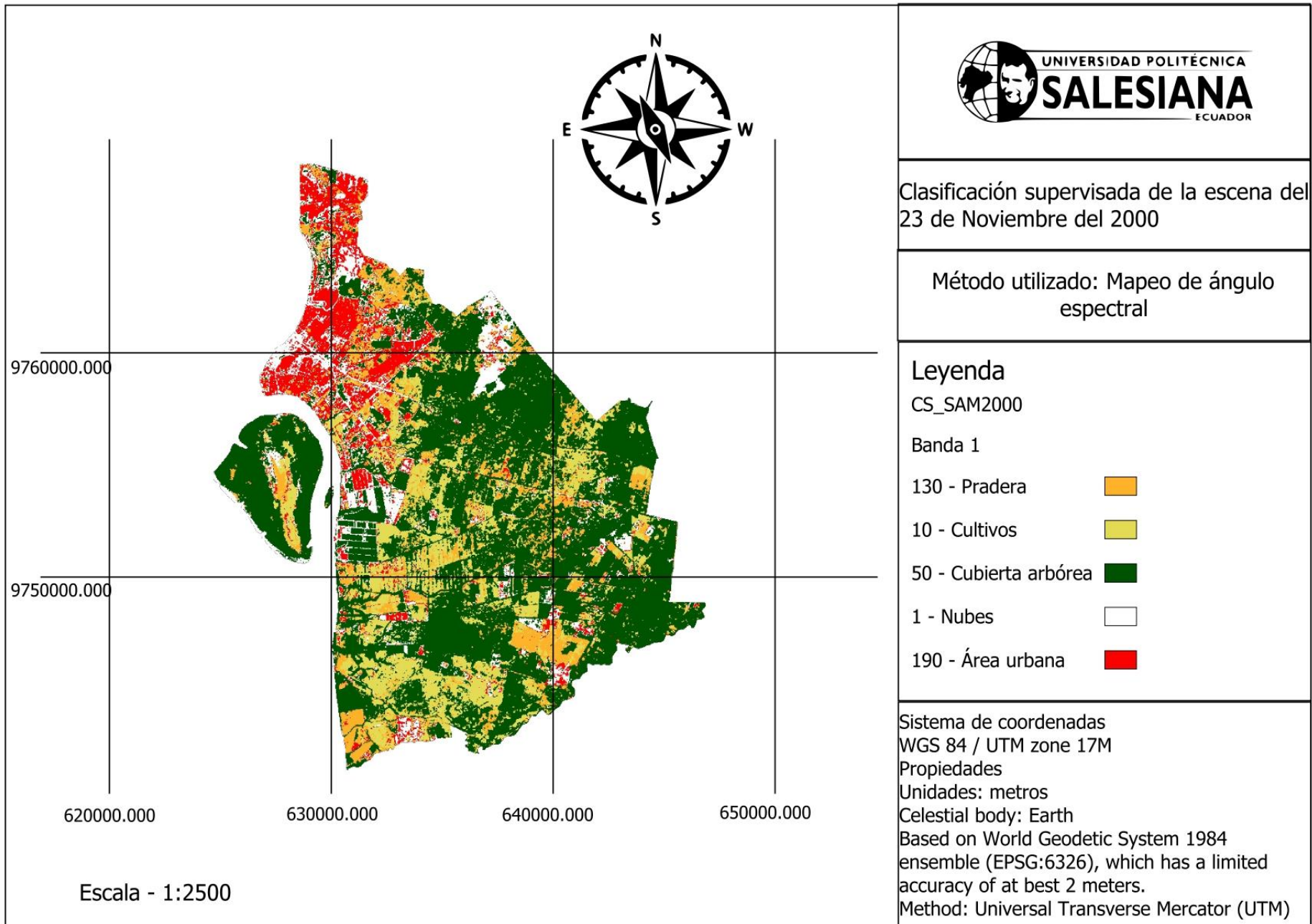


Ilustración 25. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2015

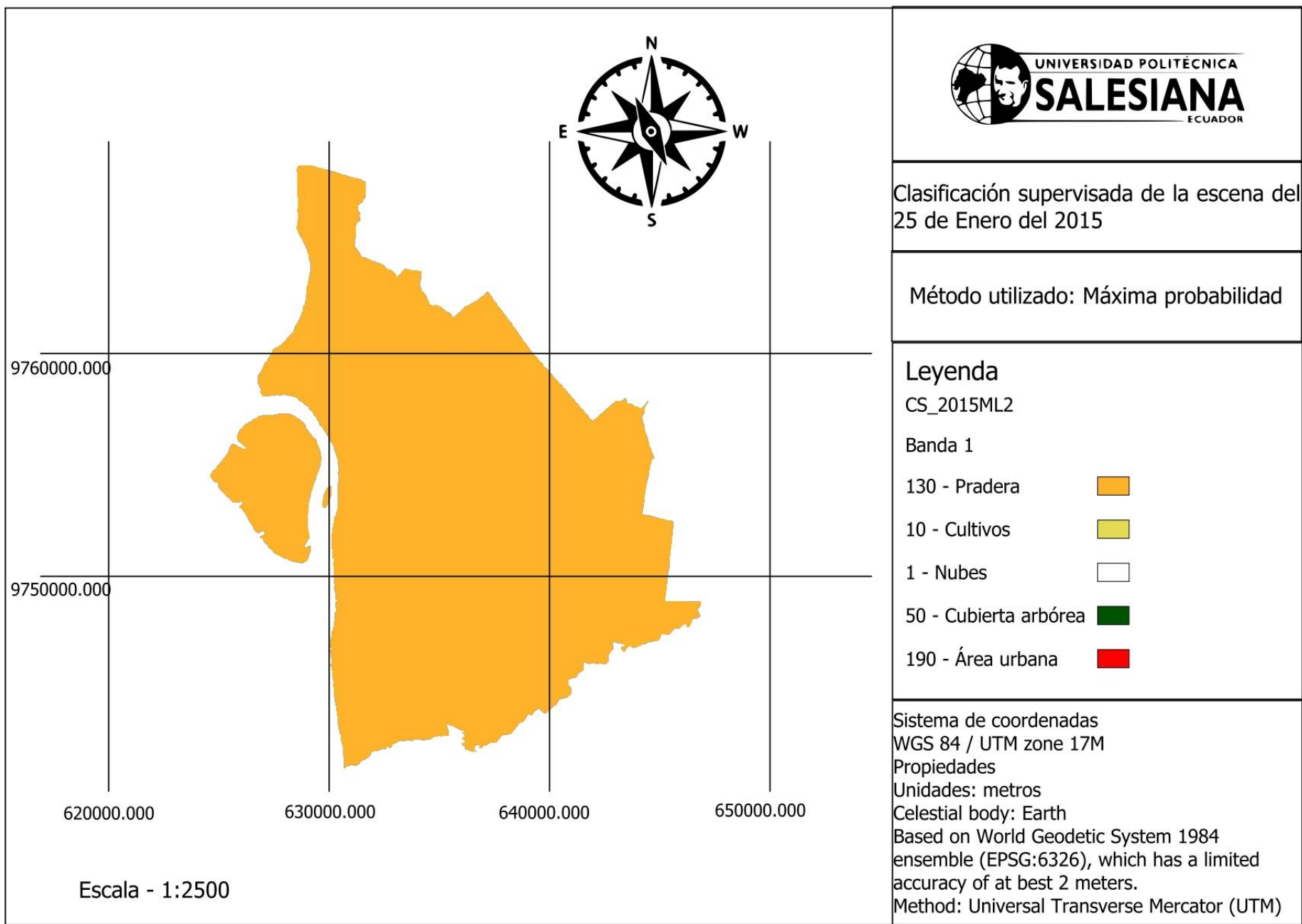


Ilustración 26. Clasificación supervisada, método mapeo angular del 2015

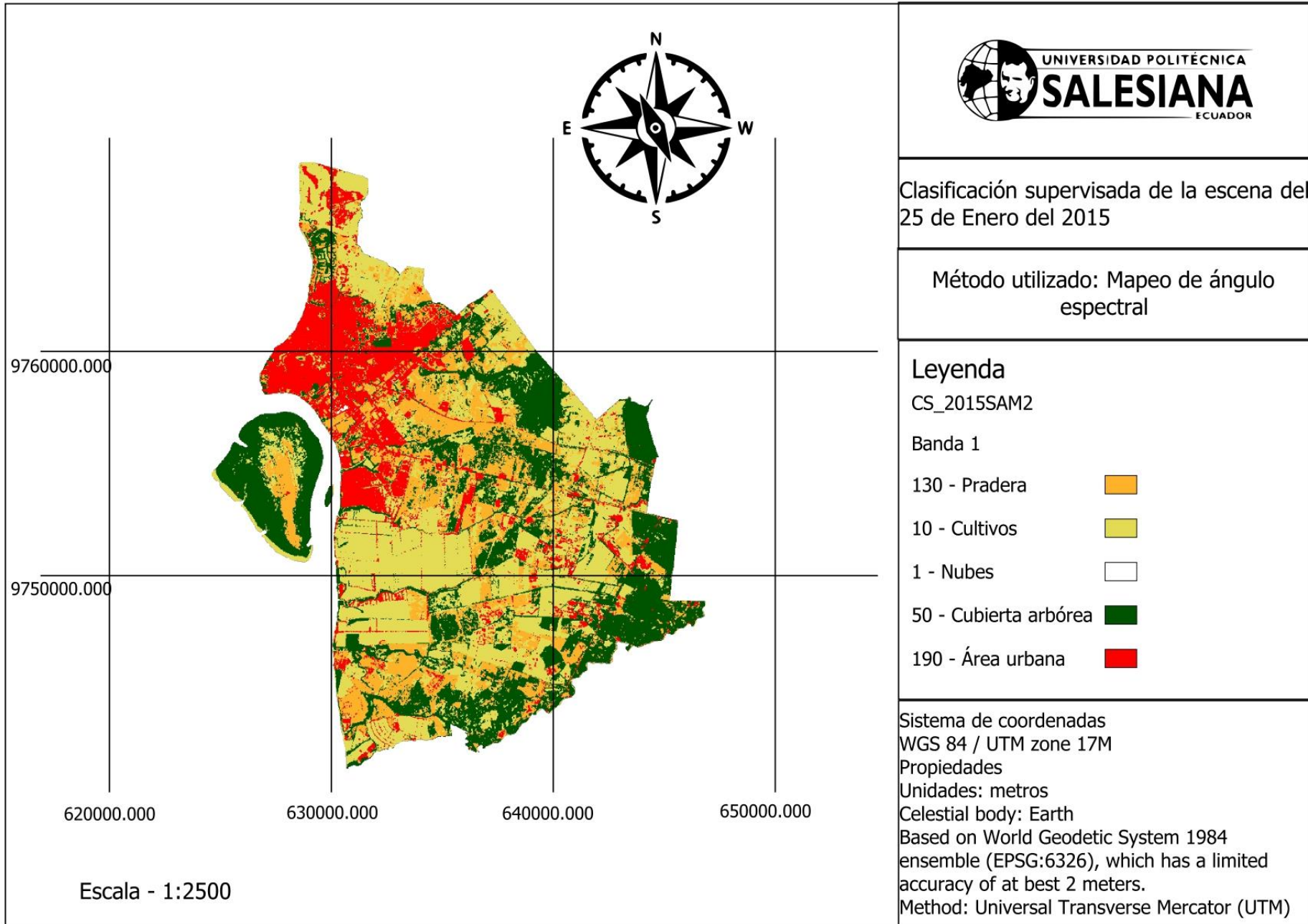


Ilustración 27. Clasificación supervisada, método máxima probabilidad del 2023

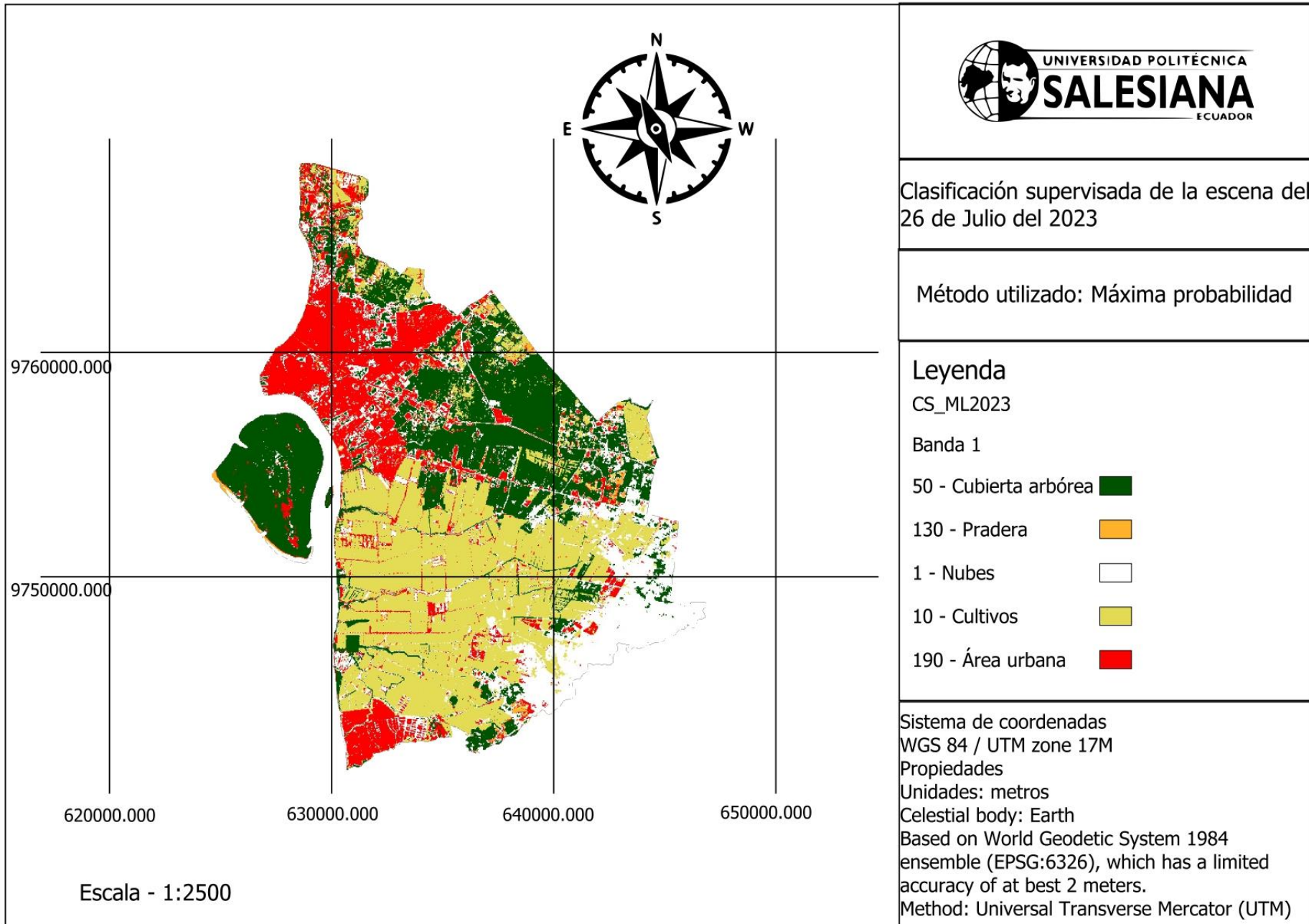


Ilustración 28. Análisis funcional de la escena del 2000

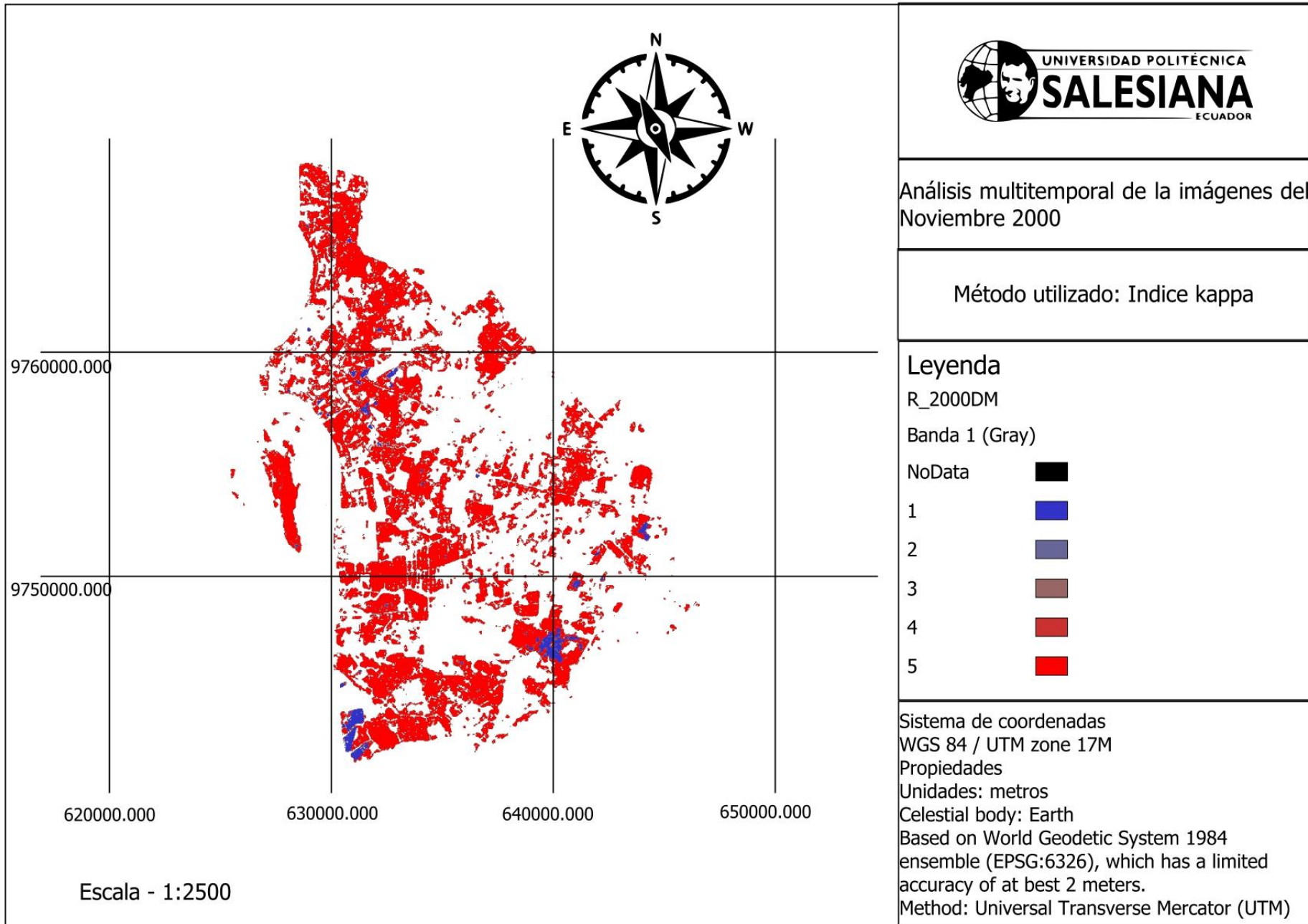


Tabla 11. Análisis funcional de la escena del 2000

ERROR MATRIX [píxel count]						
	> Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	3331	403	14	0	152	3900
2	1183	120448	13324	35	2943	137933
3	19	15375	162529	4	36	177963
4	1	16	1	234	9	261
5	248	1752	36	86	11659	13781
Total	4782	137994	175904	359	14799	333838
PA [%]	696.570	872.850	923.964	651.811	787.824	
UA [%]	854.103	873.236	913.274	896.552	846.020	
Overall accuracy [%] = 89.3251		Kappa= 0,8046				
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						



Ilustración 29. Análisis funcional de la escena del 2015

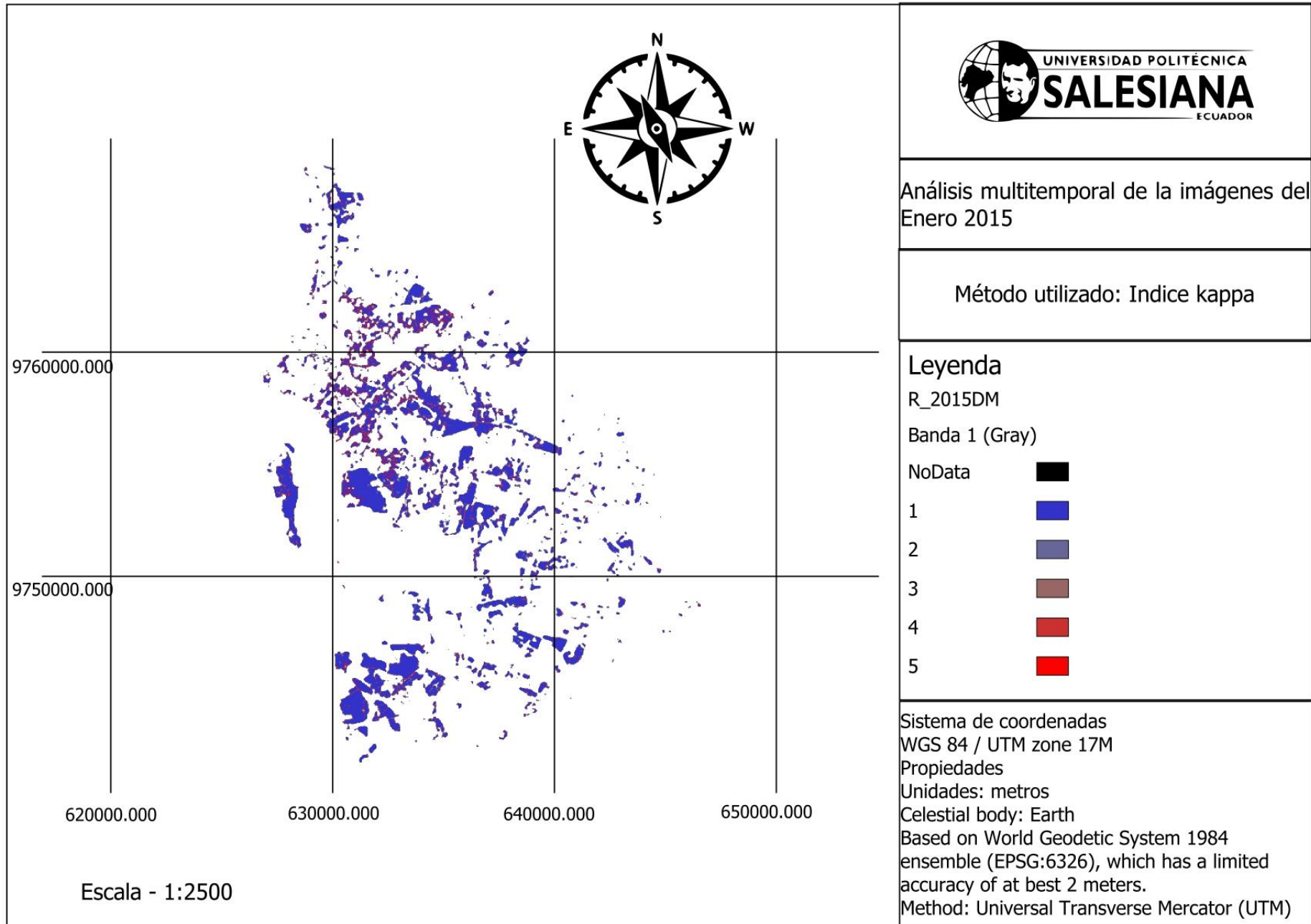


Tabla 12. Análisis funcional de la escena del 2015

ERROR MATRIX [píxel count]						
	> Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	45749	2316	2	5837	2197	56101
2	3852	94429	0	6988	153	105422
3	0	0	68	0	15	83
4	8797	6266	0	130578	316	145957
5	3433	244	127	428	22043	26275
Total	61831	103255	197	143831	24724	333838
PA [%]	739.904	914.522	345.178	907.857	891.563	
UA [%]	815.476	895.724	819.277	894.633	838.934	
Overall accuracy [%] = 87.7273			Kappa= 0,8187			
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						

Ilustración 30. Análisis funcional de la escena del 2023

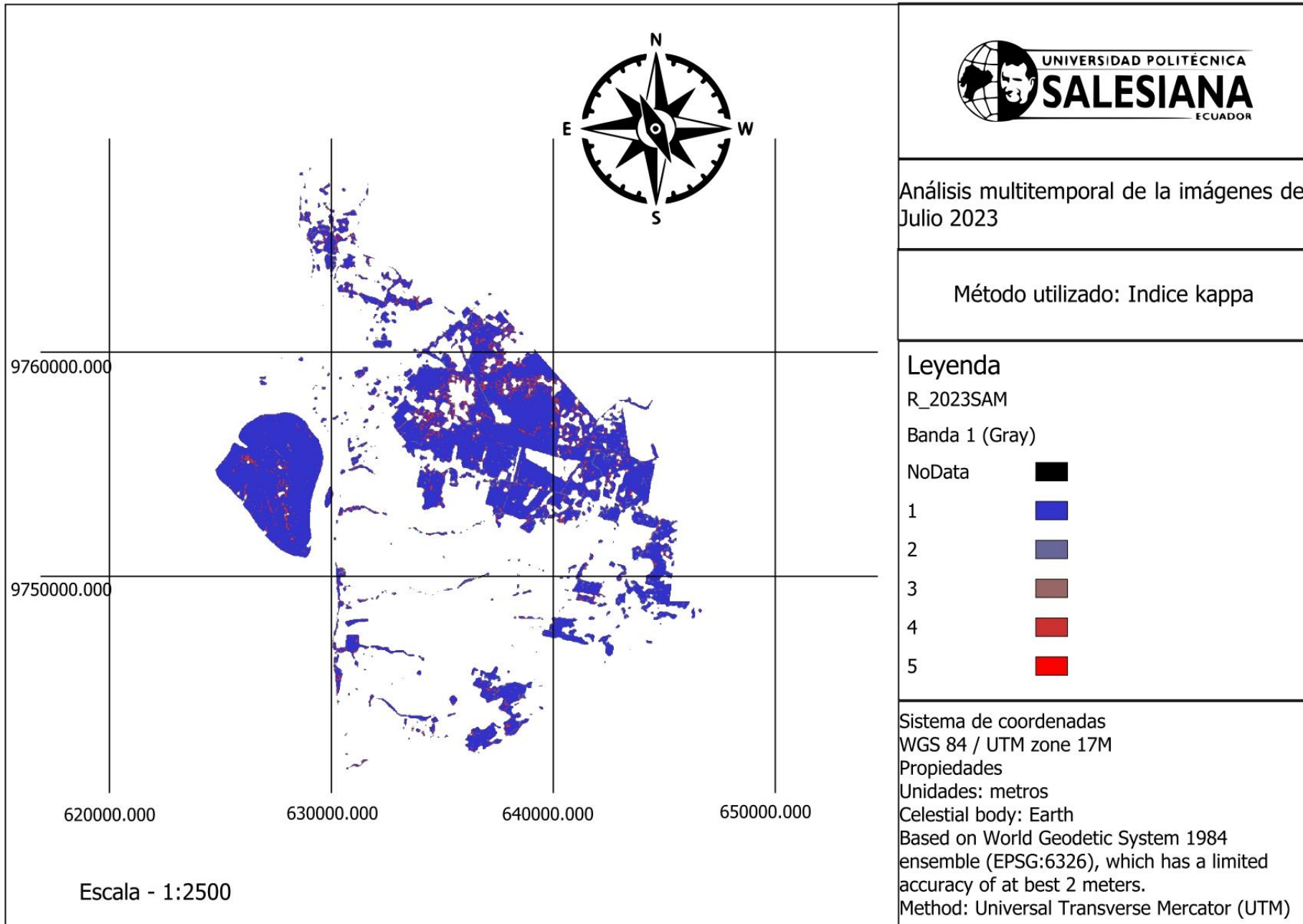


Tabla 13. Análisis funcional de la escena del 2023

ERROR MATRIX [píxel count]						
	> Reference					
V_Classified	1	2	3	4	5	Total
1	95049	4175	1692	7240	1064	109220
2	2288	27925	944	951	1755	33863
3	940	3982	7587	138	3959	16606
4	4520	4092	3051	120259	1671	133593
5	583	2006	4424	541	32998	40552
Total	103380	42180	17698	129129	41447	333834
PA [%]	919.414	662.044	428.693	931.309	796.149	
UA [%]	870.253	824.646	456.883	900.189	813.721	
Overall accuracy [%] = 85.0177			Kappa= 0,7899			
Area unit = degree^2						
SE = standard error						
CI = confidence interval						
PA = producer's accuracy						
UA = user's accuracy						