

Clasificador Catastral: complemento de QGIS para la clasificación de los usos del suelo urbano a nivel de parcela

Cadastral Classifier: QGIS plugin

for the classification of urban land use at parcel level

Nikolai Shurupov 

nikolai.shurupov@edu.uah.es

Ramón Molinero-Parejo 

ramon.molinero@uah.es

Víctor M. Rodríguez-Espinosa 

victor.rodriguez@uah.es

Francisco Aguilera-Benavente 

f.aguilera@uah.es

*Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente
Universidad de Alcalá (España)*

Resumen

El conocimiento apropiado de la distribución espacial de los distintos tipos de usos del suelo es fundamental para su planificación y gestión, y para ello se requiere de fuentes de información de alto detalle. En este contexto se ha desarrollado el complemento *Clasificador Catastral* (CC) para QGIS, que tiene como finalidad el análisis de la información catastral para dar como resultado clasificaciones de uso de suelo con distinto nivel de detalle. CC permite realizar tres

Recepción: 25.04.2022

Aceptación: 17.04.2023

Publicación: 21.06.2023

tipos de clasificaciones, desde una básica con 6 usos y una intermedia con 14, que incluye usos mixtos, hasta una avanzada, con tantos usos como el usuario defina. Para validar su funcionamiento se ha analizado la correspondencia de la clasificación resultante de un municipio de la Comunidad de Madrid con información catastral y trabajo de campo. Se observa que hay un alto grado de fidelidad con la realidad, a excepción de las zonas verdes, que requieren de fuentes de información adicionales.

Palabras clave: catastro; Sistemas de Información Geográfica; estudios urbanos; planificación urbana.

Abstract

Proper knowledge of the spatial distribution of the different urban land uses is essential for their planning and management, and for that purpose, information sources with a high level of detail are required. In this context, the *Cadastral Classifier* (CC) plugin has been developed for QGIS. It analyzes the cadastral information to produce urban land use classifications with different level of detail. CC allows to perform three types of classifications, from a basic one with 6 uses and an intermediate one with 14, that include mixed uses, to an advanced one, with as many uses as the user defines. To validate its performance, the resulting classification of a municipality in the Madrid Region was analyzed to compare it with cadastral information and fieldwork. It is observed that there is a high degree of fidelity to reality, except for green areas, which require additional information sources.

Key words: cadastre; Geographic Information Systems; urban studies; urban planning.

1 Introducción

Los entornos urbanos juegan un papel fundamental en las sociedades actuales, pues constituyen el motor del crecimiento en todas sus vertientes (Bettencourt & West, 2010) y albergan a una gran parte de la población que, en contextos como el español, asciende a un 82,2 % de la población total (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2020). No obstante, son muchos los problemas que afrontan, especialmente aquellos derivados del desarrollo sin una planificación fundamentada en un conocimiento profundo de la complejidad que los define (Batty, 2020; Bettencourt & West, 2010). La movilidad insostenible, la desigualdad social o las problemáticas ambientales son algunos ejemplos de ello (Banister, 2011; Grimm et al., 2008; Temelová et al., 2017), y para afrontarlos y trazar estrategias de planificación se requiere de un

conocimiento profundo de la distribución espacial de los distintos usos que existen en estos entornos urbanos, necesitando para ello fuentes de información geográfica adecuadas. A este respecto, en el ámbito español se dispone de varias fuentes que permiten un estudio de las coberturas o usos del suelo. Destacan, por ser de uso muy extendido en el ámbito académico, los productos de *Corine Land Cover* (CLC)¹ o SIOSE,² que ofrecen información sobre cobertura del suelo de toda España a escala 1:100 000 y 1:25 000, respectivamente, y que han permitido la realización de estudios urbanos a escala europea (Schwarz, 2010), nacional o regional (Aguilera-Benavente et al., 2014; Myga-Piatek et al., 2021; Pascual Rosa et al., 2019) y de ámbito municipal (García Álvarez & Camacho Olmedo, 2018). Así mismo, otros productos de interés son *Urban Atlas*³, que ofrece información muy detallada, a escala 1:15 000, para las Áreas Urbanas Funcionales (AUF) mayores de 50 000 habitantes, y SIOSE Alta Resolución,⁴ actualmente en desarrollo, que ofrece datos de muy alta calidad, con un detalle a nivel de parcela urbana, pero que, de momento, sólo están disponibles para algunas provincias españolas. Por último, cabe destacar URBAN3R, una plataforma de datos abiertos que ofrece un fácil acceso a una gran cantidad de información, entre ella una clasificación de usos del suelo a nivel de parcela.

Junto a estos productos, y a pesar de no ser específicamente una fuente de información sobre los usos del suelo, la base de datos catastrales, elaborada por la Dirección General del Catastro (DGC)³, ofrece una información muy detallada y de actualización continua de la que es posible derivar información de uso y cobertura del suelo (Santos Preciado, 2015a). Dicha base de datos ejerce una función de registro administrativo, con la descripción de los bienes inmuebles rústicos, urbanos y de características especiales (DGC, 2022), con el objetivo de llevar a cabo la valoración fiscal de dichos inmuebles para gestionar la recaudación de impuestos (Miranda Hita, 1998). No obstante, ofrece una información espacial y temática muy rica en lo que respecta a las edificaciones existentes, los bienes inmuebles contenidos en ellas, las tipologías de las construcciones que las componen y las parcelas en las que se encuentran incluidas, que, en

1 CLC y Urban Atlas son proyectos que tienen como finalidad el inventariado periódico de las coberturas de suelo de los países de la Unión Europea. Están enmarcado dentro del programa de la observación terrestre de la Unión Europea, Copernicus Land Monitoring Service (CLMS, <https://land.copernicus.eu>).

2 SIOSE y SIOSE Alta Resolución son proyectos de ámbito español enmarcados dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT), que ofrecen una base de datos que integra información geoespacial de todas las Comunidades Autónomas, con diferente nivel de detalle.

3 Órgano dependiente del Ministerio de Hacienda y Función Pública.

gran medida, explican su creciente utilización en investigaciones y estudios urbanos diversos. Prueba de ello son los estudios de desagregación poblacional de Santos Preciado (2015a); de la estructura urbana (Santos Preciado, 2015b) o incluso la simulación de cambio de usos del suelo en ámbitos urbanos (Barreira-González et al., 2019).

Sin embargo, esta información presenta una gran complejidad a la hora de su explotación mediante, por ejemplo, un SIG de escritorio, viéndose su uso limitado por el elevado nivel de conocimiento técnico necesario para manejarla (Martín-Jiménez & Rodríguez-Espinosa, 2022). Esta complejidad radica, además de por la propia dificultad del modelo de datos de Catastro, en el hecho de que la información temática está estructurada mediante numerosas tablas de datos, con posibilidad de establecer distintas relaciones entre ellas.

Para intentar paliar estas dificultades asociadas a su uso, en los últimos años se han desarrollado aplicaciones cuyo objetivo es facilitar el acceso y el manejo de la información catastral. Cabe destacar, entre ellos, el Spanish Inspire Cadastral Downloader,⁴ una herramienta que permite la descarga de datos catastrales del parcelario y las edificaciones para cualquier municipio de España (excepto Navarra y el País Vasco) utilizando el servicio ATOM.⁵ Entre los atributos temáticos asociados al parcelario, se incluye una clasificación en seis usos del suelo urbanos que sigue la estandarización INSPIRE⁶, en la que el uso asignado a cada parcela queda definido por el uso de la edificación de mayor superficie (aunque existan varias edificaciones de menor superficie cuya suma total sea superior). Por otra parte, Navarre Cadastre⁷ es una herramienta que permite la descarga de información del Servicio de Riqueza Territorial y Tributos Patrimoniales de Navarra (SRT), responsable del Catastro de la Comunidad Foral de Navarra, con una estructura de datos propia y que también incluye una clasificación de uso a nivel de unidades urbanas, división que se asemeja a la de bien inmueble utilizada por la DGC. Este tipo

4 Este es un complemento desarrollado por Patricio Soriano Castro, propietario de la web SIGdeletras (<https://sigdeletras.com/>). Puede consultarse toda su información en el siguiente enlace: <https://sigdeletras.com/2017/blog/plugin-de-qgis-para-descarga-de-datos-catastrales-inspire/>

5 Los servicios ATOM son ficheros publicados en la red con una estructura específica XML que los navegadores identifican como ATOM y muestra sus contenidos con un estilo propio.

6 La Directiva Europea Inspire (Directiva 2007/2/CE, Infrastructure for Spatial Information in Europe) establece las reglas generales obligatorias para el establecimiento de una infraestructura de información Espacial en la comunidad Europea basada en las de los estados miembros (DGC, 2022; <https://www.catastro.minhafa.es/default.asp>).

7 Este complemento ha sido desarrollado por el Área de Sistemas de Información Geográfica y Desarrollo del equipo de Geoinnova (<https://geoinnova.org/>). Más información puede consultarse en el siguiente enlaces: <https://geoinnova.org/blog-territorio/plugin-qgis-descarga-cartografia-catastral-navarra-geoinnova/>

de soluciones no se restringen únicamente al ámbito español, como ponen de manifiesto las herramientas desarrolladas para el manejo de información catastral checa (Kratochvílová & Petráš, 2012) o francesa, mediante el complemento Cadastre.⁸

Todas las herramientas anteriormente citadas han sido desarrolladas para el *software* QGIS,⁹ a modo de complementos que permiten ampliar sus funcionalidades base. A este respecto, QGIS presenta ciertas características que facilitan el desarrollo de estos complementos, siendo las más importantes su política de código abierto (open-source) y el uso de Python¹⁰ como lenguaje de programación. Es por ello que goza de una extensa y activa comunidad de desarrolladores que continuamente están actualizando y mejorándolo, así como ofreciendo una creciente cantidad de complementos muy diversos. Todo ello ha contribuido a mejorar notoriamente su alcance y difusión, conformando a QGIS como una de las principales plataformas de desarrollo de herramientas de geoprocésamiento. Como ejemplos se destacan las herramientas para el análisis de la planificación en materia de transporte (Lovelace, 2021), el cálculo de índices ambientales a partir de Landsat (Sebbah et al., 2021) o el cálculo de riesgo de deslizamientos de tierra (Guo et al., 2022).

Sin embargo, los citados complementos para el manejo de información catastral española no ofrecen funcionalidades suficientes para dar lugar a clasificaciones detalladas y bien estructuradas a nivel de parcela, puesto que no analizan en profundidad las diferentes edificaciones presentes en cada parcela, su tipología, su superficie, etc. Obtener estas clasificaciones requiere, como apuntan Martín-Jiménez & Rodríguez-Espinosa (2022), de un proceso complejo de múltiples uniones y relaciones de tablas y geometrías, de la implementación de una base de datos espacial y, en definitiva, de una metodología que generalmente queda fuera del alcance de usuarios o analistas no expertos.

Por todo ello, y con el objetivo de generar clasificaciones de usos del suelo flexibles, ajustadas a la máxima resolución temporal y espacial (a nivel de parcela) y accesibles para un espectro amplio de usuarios, este trabajo tiene como objetivo presentar a la comunidad científica

8 Este es un complemento desarrollado por 3Liz (<https://www.3liz.com/en/>) con la finalidad de ayudar al manejo de la información catastral francesa. Puede encontrarse toda la información asociada en el siguiente enlace: <https://docs.3liz.org/QgisCadastrePlugin/>

9 QGIS es un Sistema de Información Geográfico (SIG) desarrollado a modo de aplicación multiplataforma por la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo, <https://qgis.org>, <https://www.osgeo.org/>).

10 Python es un lenguaje de programación de uso muy extendido y que se ha consolidado como el lenguaje más popular según estadísticas de 2022 (<https://pypl.github.io/PYPL.html>).

geográfica española *Clasificador Catastral* (CC), un complemento para QGIS desarrollado por los autores del presente trabajo. Permite clasificar las parcelas catastrales en función de los diferentes tipos de construcciones que contienen y los porcentajes de superficie que ocupa cada uno de ellos. Ofrece tres tipos de clasificaciones, cuyo nivel de complejidad se va incrementando, desde una clasificación básica con 6 usos y una intermedia con 14 usos, hasta la avanzada, que permite personalizar totalmente el número y características de las clases. Para ello se requieren como datos de partida la cartografía catastral (geometrías) y las tablas alfanuméricas, ambos descargables desde el portal de la DGC.

El trabajo se estructura de la siguiente forma: en el epígrafe 2 se presenta la estructura de los datos catastrales, sus particularidades y su complejidad, junto con el área de estudio piloto. En el epígrafe 3 se describe el proceso de generación del complemento, sus funcionalidades y la metodología de validación propuesta y en el epígrafe 4 se presenta la interfaz gráfica de usuario. A modo de ejemplo, y con el único objetivo de mostrar las citadas funcionalidades, en el epígrafe 5 se presentan los resultados de las clasificaciones básica e intermedia generadas para un municipio de la Comunidad de Madrid y en el epígrafe 6 una validación de los mismos. Finalmente, el epígrafe 7 presenta la discusión y conclusiones del trabajo.

2 Datos de partida

2.1 Los datos catastrales y su estructura

Los datos catastrales necesarios para generar clasificaciones de usos de suelo urbanos se organizan por municipio y se dividen en datos alfanuméricos y geometrías. Los primeros conforman una base de datos única con un formato de fichero propio, ‘*.CAT’, que contiene toda la información temática relativa a cada uno de los inmuebles urbanos, rústicos y de características especiales de un municipio. Este fichero, a su vez, se subdivide en una serie de *tablas tipo*, cada una con distintos datos temáticos (Tabla 1).

Cada tabla contiene información sobre uno de los distintos tipos de unidades diferenciadas por la DGC. Las construcciones son uno de los elementos de mayor interés, ya que conforman la unidad de mayor detalle, siendo el resto (unidades constructivas, edificaciones y bienes inmuebles) una composición de éstas. En la tabla tipo 14 del fichero CAT se registran todas las construcciones existentes en cada parcela del municipio, identificadas mediante un código de 20 caracteres, denominado referencia catastral, donde los 14 primeros indican la parcela a la que pertenece la construcción y los 6 restantes su identificador dentro de esa parcela. Además,

también recoge información temática asociada a cada construcción: superficie, antigüedad, calidad y tipología constructiva (DGC, 2022). Dicha tipología queda definida mediante una clasificación propia¹¹ que consta de 5 caracteres, elaborada con la finalidad de valorizar las construcciones y que permite conocer el uso al que están destinadas (Figura 1).

Tabla 1. Las diferentes tablas tipo de los datos alfanuméricos de la DGC

Tabla	Información contenida
Tipo 01	Registro de cabecera. Existirá uno para todo el fichero independientemente de que el fichero recoja la información correspondiente a un solo municipio o a varios.
Tipo 11	Registro de Finca. Existirá uno por cada parcela catastral implicada.
Tipo 13	Registro de Unidad Constructiva. Existirá uno por cada unidad constructiva en cada parcela catastral.
Tipo 14	Registro de Construcción. Existirá uno por cada construcción de cada unidad constructiva en cada parcela catastral.
Tipo 15	Registro de Inmueble. Existirá uno por cada bien inmueble en cada parcela catastral
Tipo 16	Registro de reparto de elementos comunes. Existirá al menos uno por cada elemento común que se reparte, siempre que sea necesario especificar repartos especiales.
Tipo 17	Registro de cultivos. Existirá uno por cada subparcela de cultivo existente dentro de la parcela catastral.
Tipo 90	Registro de cola. Existirá uno para todo el fichero.

Fuente: DGC (2022)

Figura 1. Formato de la tipología constructiva definida por la DGC

	Primer nivel (USO)	Segundo nivel (CLASE)	Tercer nivel (MODALIDAD)	Cuarto nivel (CALIDAD)
Formato	XX	Y	Z	V
Ejemplo	01	1	1	4
	Residencial	Viviendas colectivas de carácter urbano	Edificación abierta	Calidad media

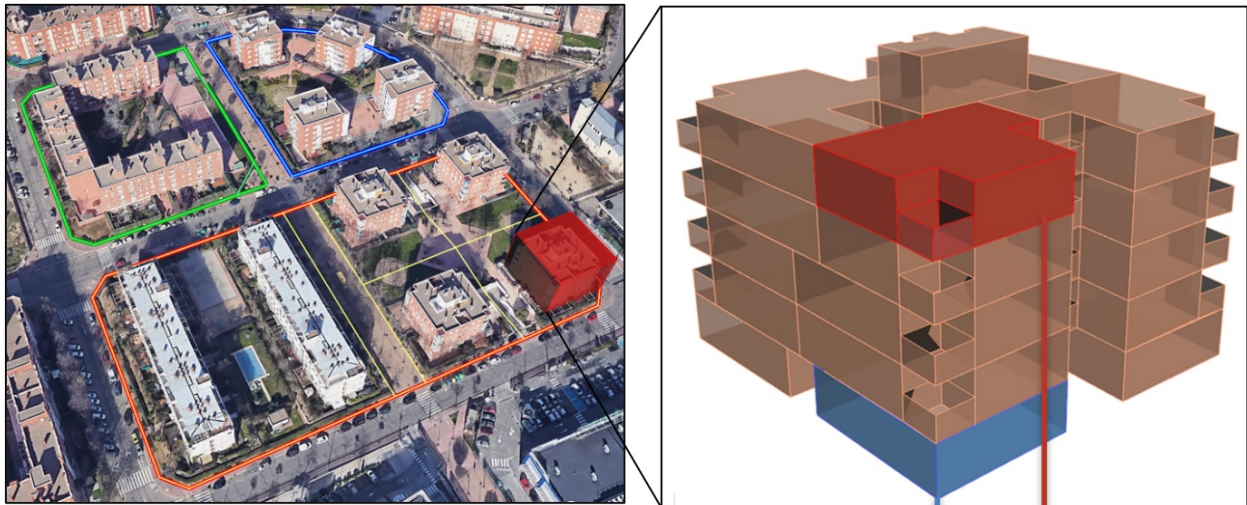
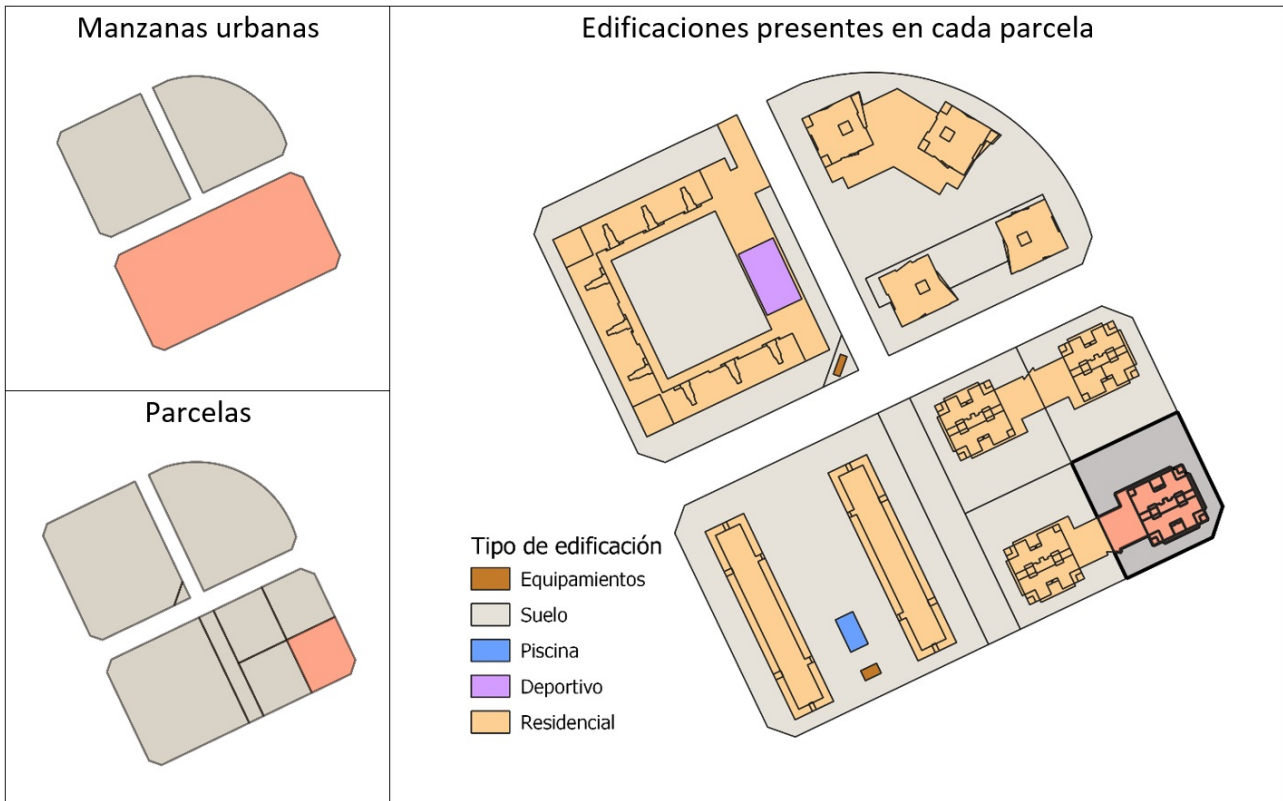
Fuente: elaboración propia a partir de la documentación de DGC (2022)

11 La clasificación utilizada por la DGC para definir las tipologías constructivas puede consultarse en el siguiente documento: https://www.catastro.minhap.es/documentos/preguntas_frecuentes_formato_cat.pdf

La cartografía catastral, por su parte, contiene las geometrías (formato *Shapefile*, Sistema de Referencia Cartográfico: ETRS89 en la Península, Islas Baleares, Ceuta y Melilla, y WGS84 en las Islas Canarias, con proyección UTM en el huso correspondiente), que se presentan en distintas agrupaciones, desde la subparcelaria (volúmenes construidos) hasta la supraparcelaria (manzanas), incluyendo las parcelas catastrales. Así, una manzana comprende la agrupación de varias parcelas y en cada una de éstas, a su vez, pueden encontrarse diferentes edificaciones, compuestas por una o más construcciones. De esta forma, existe una relación 1:N entre las parcelas y sus construcciones, pudiendo determinarse los porcentajes de ocupación de la parcela por los distintos tipos de construcciones (Figura 2).

La Figura 2 muestra un ejemplo de organización de las geometrías, mediante una edificación de cuatro plantas, con diferentes construcciones en cada una de ellas. Cada construcción se corresponderá con un registro en la tabla tipo 14, que resume todas sus características, incluyendo la parcela a la que pertenece (identificada mediante la referencia catastral), la tipología constructiva y el resto de información temática. La eventual asignación de usos a cada parcela requerirá, por tanto, de una evaluación de todas las tipologías constructivas presentes en ella. Para ello será necesario calcular la superficie construida destinada a cada una de las distintas tipologías y la superficie construida total. Con esta información y una adecuada agrupación de las tipologías constructivas en clases, es posible establecer el porcentaje de ocupación de cada clase en cada parcela para, finalmente, y, en función unos criterios y reglas previamente adoptados, poder asignar el uso al que está destinada la parcela.

Figura 2. Estructura de la información catastral



Información alfanumérica desglosada mediante la Tabla Tipo 14

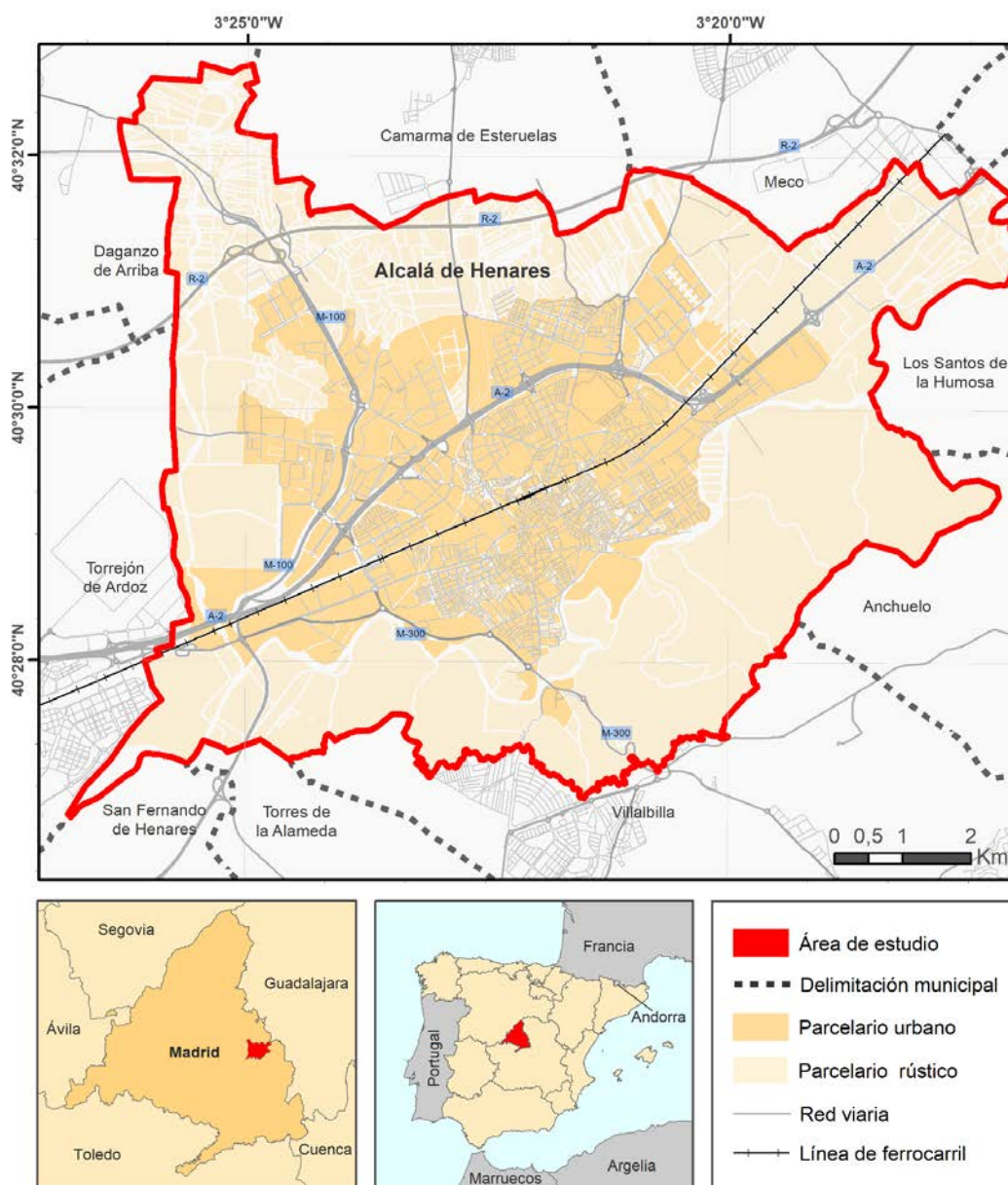
Parcela catastral	Construcción	Planta	Puerta	Año construcción	Superficie (m ²)	Tipología
9042601VK6894S	0017GM	4	A	1998	108	01114
	0018HQ	4	B	1998	108	01114
	0019JW	4	C	1998	84	01114
	0020GM	4	D	1998	84	01114
	0013AL	0		1998	186	04324
	0014HY	3	A	1998	108	11114

Fuente: elaboración propia a partir de información catastral y Google Earth

2.2 Área de estudio piloto para la validación de las clasificaciones

El municipio escogido para presentar y validar las clasificaciones obtenidas mediante CC ha sido Alcalá de Henares, en la Comunidad de Madrid (Figura 3). No obstante, además de este municipio piloto, y como parte del proceso desarrollo de CC, también se generaron clasificaciones para 140 municipios de todas las provincias españolas (excepto Navarra y País Vasco) con el objetivo de establecer valores umbral necesarios para la generación de las clasificaciones que se detallarán en el apartado 3.3.b.

Figura 3. Área de estudio piloto



Fuente: elaboración propia a partir de las redes principales de la Base Cartográfica Nacional (BTN) del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) y DGC (2022)

Alcalá de Henares es uno de los municipios más poblados (196 888 habitantes, INE, 2022) y dinámicos del área metropolitana madrileña. Está emplazado, en el denominado Corredor del Henares, un corredor urbano-industrial entre Madrid y Guadalajara. Concentra gran número de servicios y equipamientos (administrativos, educativos, sanitarios, de transporte, etc.), así como de una elevada oferta comercial y actualmente tiene la centralidad suficiente para organizar y articular una extensa área de influencia en el sector Este de la región (Martín-Jiménez & Rodríguez-Espinosa, 2022).

El crecimiento demográfico y urbanístico experimentado desde los años 60-70 del siglo pasado ha dejado una impronta evidente en la estructura y morfología urbanas de Alcalá de Henares. Asociado a los crecimientos vinculados a la descentralización industrial de Madrid, su desarrollo ha conllevado procesos de sustitución, nueva implantación, superposición, etc. de usos de suelo y tipologías edificatorias que han ido conformado su actual estructura urbana. En ella es posible identificar un casco histórico, que concentra actividades administrativas, culturales, comerciales, etc.; los primeros desarrollos residenciales surgidos en torno a la ciudad antigua (con mezcla de usos y tipologías edificatorias predominante de bloques de multifamiliares); los ensanches más recientes, con proliferación de agrupaciones de vivienda unifamiliar y escasa mezcla de usos; las áreas industriales que, siguiendo patrones de localización clásicos, se ubican a lo largo de las principales vías de comunicación; etc.

Por todo ello, y dadas las características de su estructura urbana, el municipio de Alcalá de Henares es un ámbito adecuado para realizar un ejercicio de clasificación de los usos del suelo que permita mostrar las funcionalidades de clasificación de CC y validar sus resultados.

3 Métodos

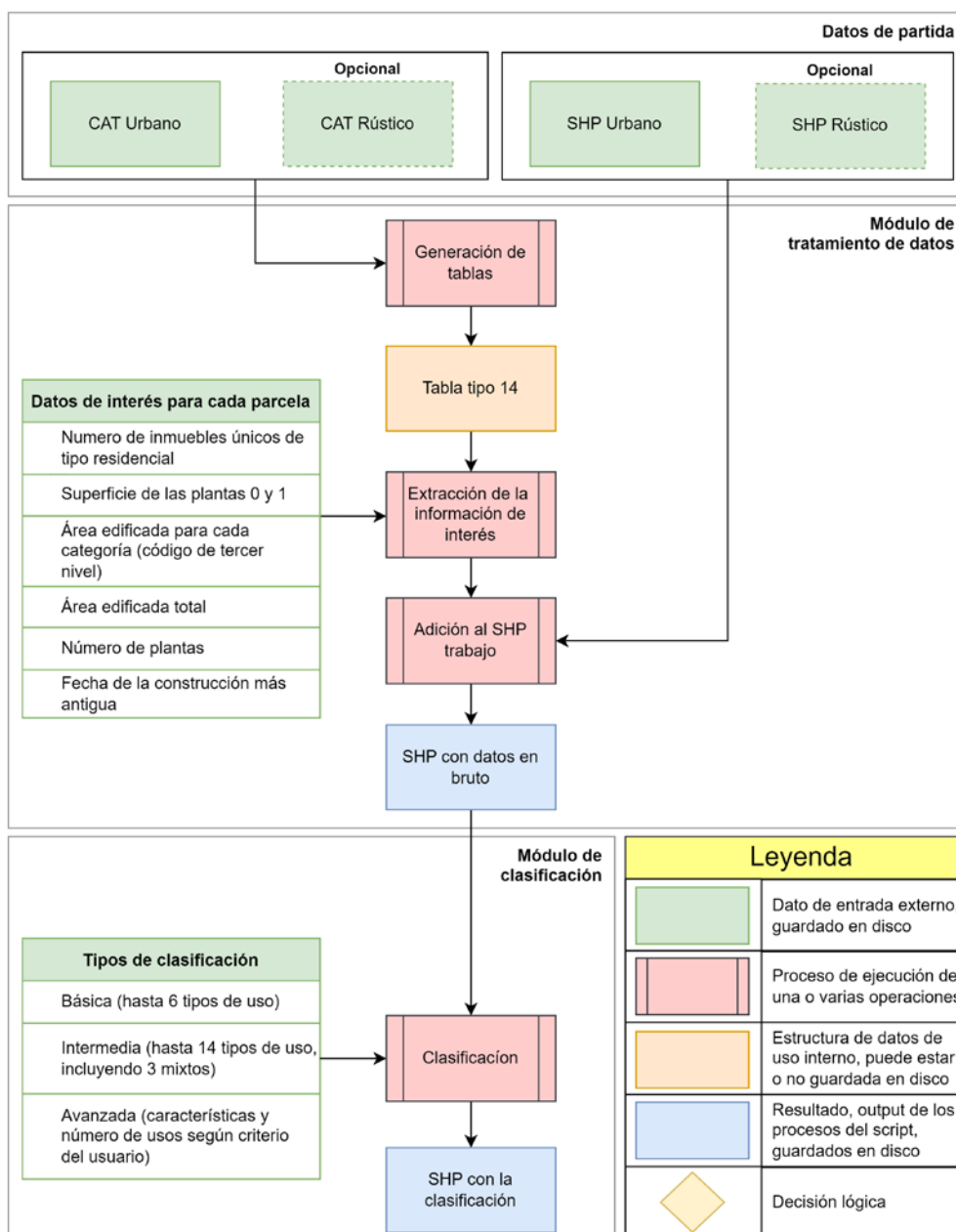
3.1 La plataforma de desarrollo y la estructura del complemento

Los complementos de QGIS se pueden desglosar en dos componentes principales: el conjunto de algoritmos que se encargan de realizar los análisis y generar los datos de salida y la interfaz gráfica de usuario (GUI). CC se ha desarrollado bajo la versión 3.16 de QGIS, que incluye una instalación de *Python 3.7*, con la que se programaron los algoritmos, así como QT Designer, una herramienta que permitió el diseño de la interfaz.¹²

12 Todos los recursos de algoritmos e interfaz están disponibles en el siguiente repositorio de GitHub: https://github.com/TransUrban-UAH/Cadastral_Classifier

CC se divide en dos módulos, de “tratamiento de datos” y de “clasificación” (Figura 4). El módulo de tratamiento se encarga de incorporar los datos catastrales y realizar el análisis inicial. El módulo de clasificación, por su parte, permite realizar clasificaciones de las parcelas a tres niveles: (1) básico, con pocas clases y basado en reglas simples; (2) intermedio, que incluye usos mixtos y reglas de clasificación con mayor complejidad; y (3) avanzado, que incorpora las reglas del nivel intermedio y, además, permite al usuario construir clasificaciones personalizadas gracias a una interfaz propia.

Figura 4. Diagrama del funcionamiento de la herramienta



Fuente: elaboración propia

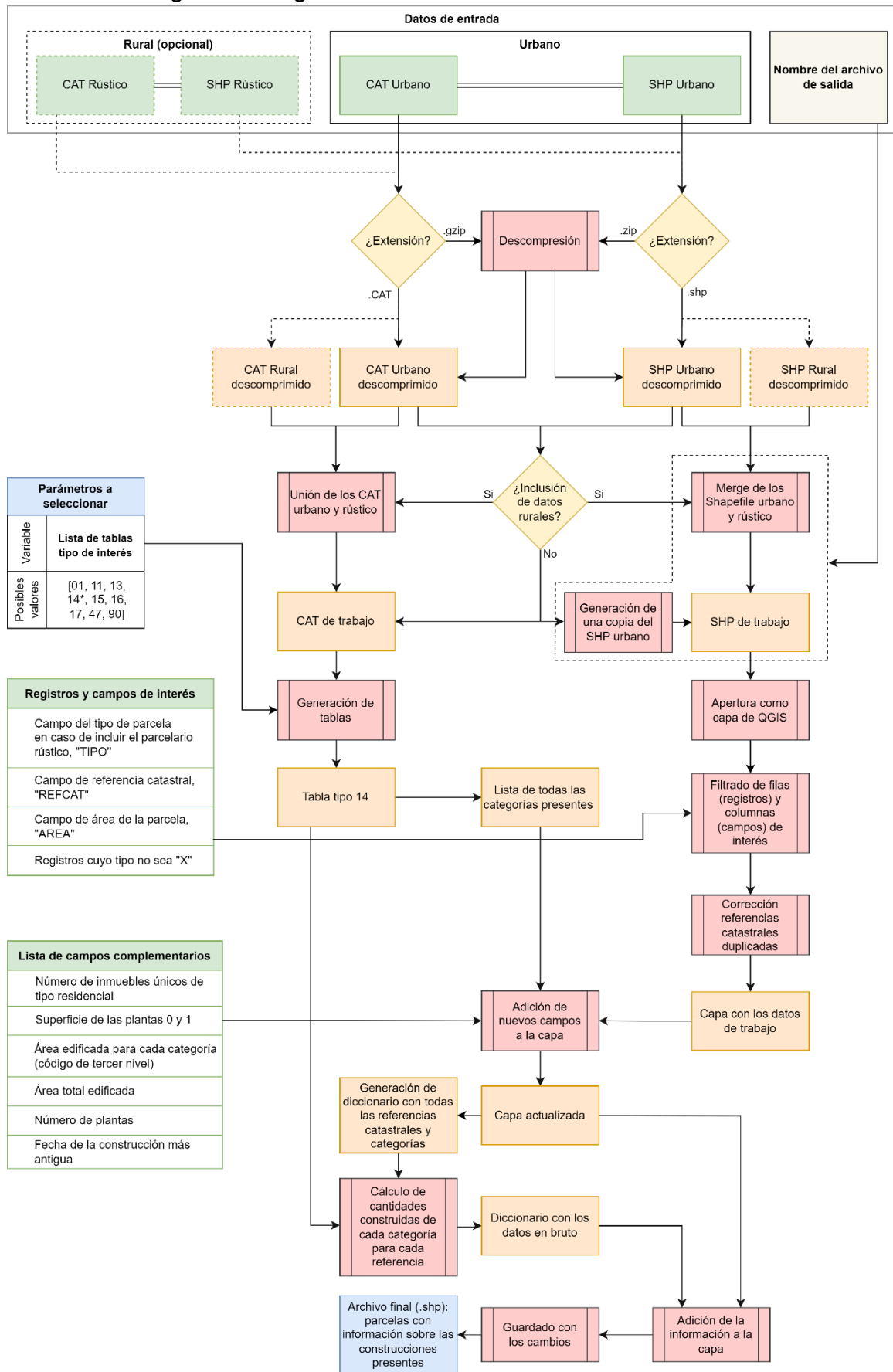
3.2 Módulo Tratamiento de los datos

Se encarga de la entrada de datos y de su adaptación para poder ser utilizados en el módulo de clasificación (Figura 5). Acepta la introducción de los ficheros en dos formatos distintos: i) los ficheros originales que pueden obtenerse directamente del portal de la DGC (*.zip, tanto para el CAT como las geometrías) y que contienen la información de una provincia desglosada por municipios; y ii) los ficheros descomprimidos de cada municipio (ficheros nativos, *.CAT para los datos alfanuméricos, y *.shp para las geometrías). Así mismo, se pueden incorporar solo los datos de Catastro de urbana o también de Catastro de rústica.

A partir de estos ficheros se genera obligatoriamente la tabla tipo 14¹³ y se realiza la unión de los datos (utilizando las referencias catastrales de cada construcción y las referencias catastrales de cada parcela), así como el cálculo de las superficies edificadas de cada tipología constructiva. Para esto último se tienen en cuenta los 4 primeros dígitos de las tipologías constructivas, de modo que se trabaja con los códigos de tercer nivel (Figura 1), a los que, en adelante, se denominarán categorías. Esta información se añade a la tabla de atributos del archivo vectorial de parcelas, de manera que cada parcela obtiene la información de: i) el área edificada de cada una de las categorías presentes; ii) la superficie total edificada (suma de todas las construcciones presentes); iii) la superficie edificada sobre las plantas 0 y 1; iv) el número de inmuebles únicos de tipo residencial; v) número de plantas (siempre que el dato asociado a la planta más alta sea convertible a numérico); y vi) la fecha de la construcción más antigua.

13 Opcionalmente, se puede seleccionar la generación del resto de tablas tipo. Esta funcionalidad va dirigida a usuarios expertos y en previsión de futuros desarrollos y ampliación de funcionalidades de CC.

Figura 5. Diagrama del módulo de tratamiento de datos



Fuente: elaboración propia

3.3 Módulo de clasificación

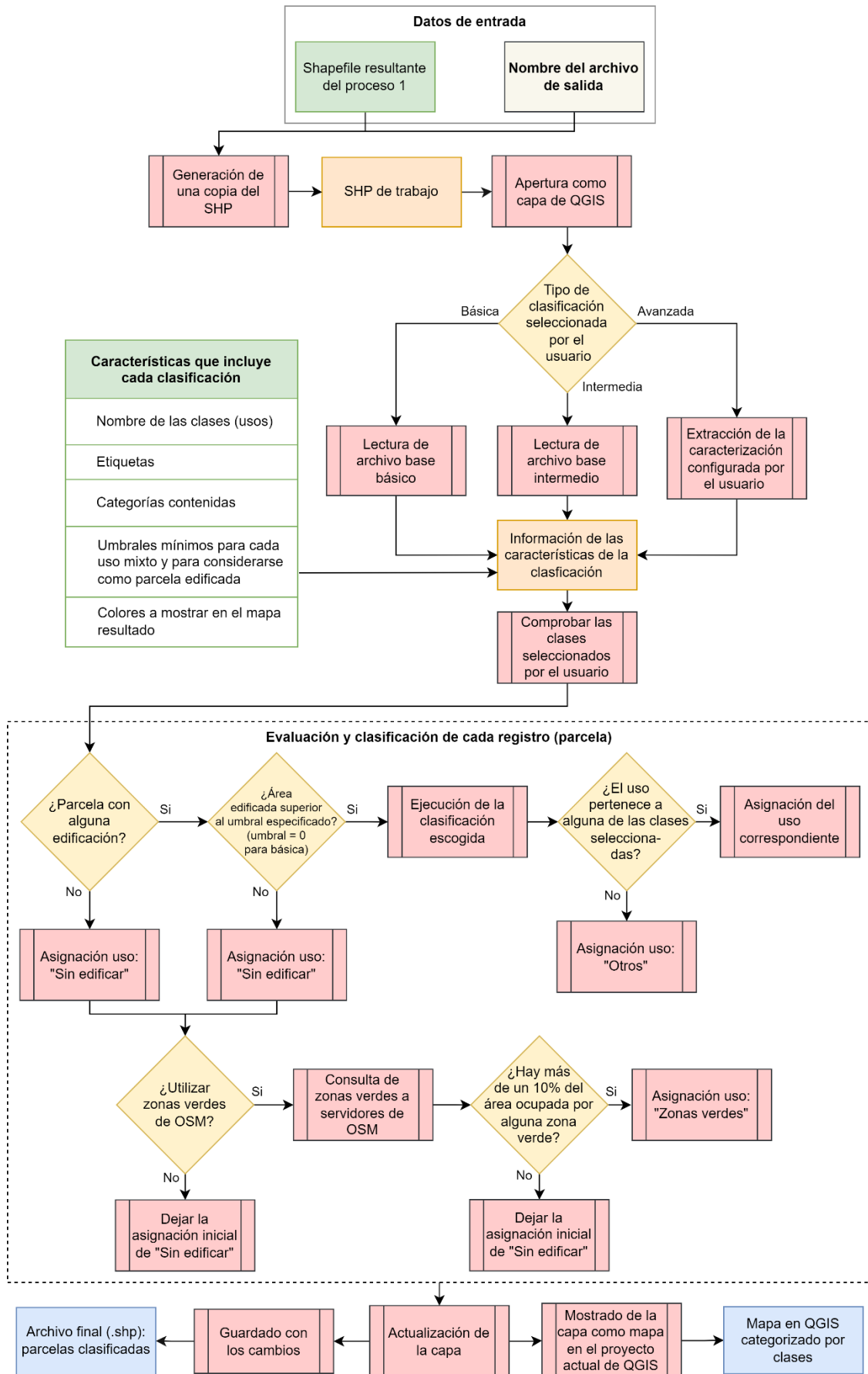
Este segundo módulo es el encargado de realizar los distintos tipos de clasificación (Figura 6) partiendo del archivo vectorial generado en el módulo anterior. En él, el usuario selecciona el tipo de clasificación a realizar, así como las clases (usos) a incluir en ella, siendo el resto catalogados como “otros”.

Así mismo, dado que no existe ninguna categoría de “parques públicos” o similar en la información catastral, se ofrece la posibilidad de incorporar, de forma opcional y para todos los tipos de clasificación, una clase de “zonas verdes”, generada a partir de información de OpenStreetMaps (OSM). Esta clase representa como zonas verdes aquellas parcelas sin edificar que están ocupadas en más de un 10 % por alguna geometría poligonal identificada como parque en la cartografía OSM.

Además, las clasificaciones intermedia y avanzada también permiten establecer dos parámetros adicionales:

- i) Porcentaje mínimo edificado: establece el porcentaje de área mínima edificada de una parcela para considerarla como parcela en uso. Se evalúa utilizando la superficie edificada sobre la planta 0, la 1 para el caso de determinadas edificaciones destinadas a uso residencial multifamiliar, o, en su defecto, el área total edificada. Aquellas parcelas que no presenten ninguna edificación o presenten un área ocupada sobre superficie menor al umbral establecido, serán clasificadas como parcelas “sin edificar”.
- ii) Umbrales de mezcla: Los porcentajes de mezcla establecidos para diferenciar el uso de una parcela entre la clase “exclusiva” y la “mixta” (en detalle en la sección 3.3.2).

Figura 6. Diagrama del módulo de clasificación



Fuente: elaboración propia

a) Clasificación básica

En este nivel se consideran 6 clases: “industrial”, “residencial”, “equipamientos”, “edificaciones singulares”, “comercio y oficinas” y “ocio y restauración”. La Tabla 2 muestra la correspondencia entre las clases de la clasificación básica y las categorías contenidas. Para cada parcela se analiza la superficie construida para cada clase, asignando al conjunto de la parcela aquella que represente mayor porcentaje de ocupación, salvo en el caso del uso residencial. En este caso, si una parcela presenta un porcentaje de ocupación de construcciones destinadas a uso residencial superior al 25 % será clasificada directamente como residencial, aunque existan otras clases con mayor porcentaje. Esta decisión se ha adoptado atendiendo a las particularidades que presentan las parcelas con construcciones de uso residencial, en especial las de tipo unifamiliar, que en ocasiones se acompañan de construcciones destinadas a otros usos (p.ej.: piscinas – deportivos descubiertos, englobados en la clase “equipamientos” para este tipo de clasificación), de gran extensión pero que no restan el carácter residencial de la misma.

b) Clasificación intermedia

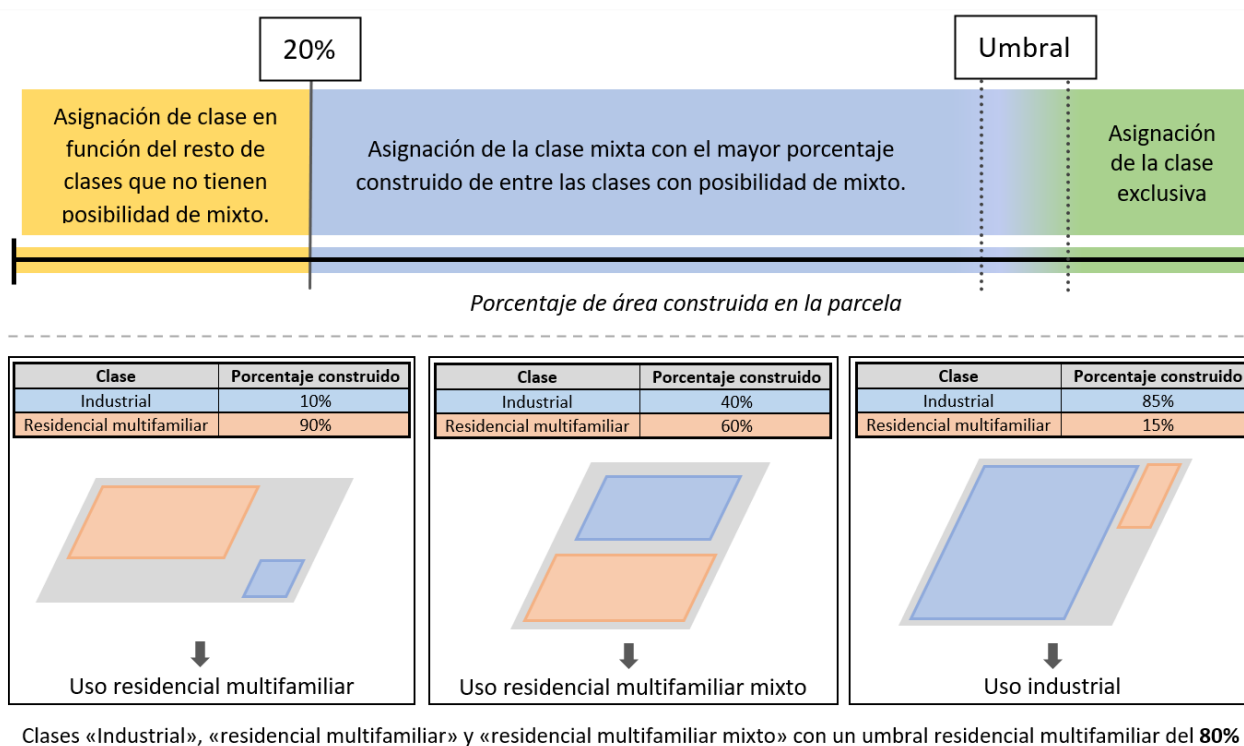
Este nivel presenta mayor complejidad, ya que incluye 14 posibles usos (Tabla 2), entre ellos, tres clases de usos mixtos: “residencial unifamiliar mixto”, “residencial plurifamiliar mixto” e “industrial mixto”. Estas clases se corresponderían, respectivamente, con parcelas cuyo uso mayoritario es “residencial unifamiliar”, “residencial plurifamiliar” o “industrial”, pero que presentan un porcentaje de esa clase inferior a un determinado umbral. De esta forma, el umbral para cada clase mixta establece el porcentaje mínimo de ocupación requerido para que una parcela de uno de los tres tipos anteriores sea clasificada como de clase exclusiva. Por el contrario, si el porcentaje es menor al umbral, pero mayor al 20 %, la parcela será clasificada como una clase mixta (Figura 7).

Tabla 2. Listado de las categorías contenidas en las clases de cada tipo de clasificación

Clasificación básica	Clasificación intermedia	Categorías (clasificación de la DGC)		
[01] Residencial	[01] Residencial unifamiliar	[0121] Edificación aislada o pareada	[0131] Edificación rural	
	[02] Residencial unifamiliar mixto	[0122] Viviendas unifamiliares en línea o manzana cerrada	[0132] Anexos	
		[0123] Garajes y porches en planta baja		
	[03] Residencial plurifamiliar	[0111] Edificación abierta colectiva	[0113] Garajes, trasteros y locales en estructura	
[04] Residencial plurifamiliar mixto	[0112] Viviendas colectivas en manzana cerrada			
[02] Industrial	[05] Industrial	[0211] Naves de fabricación en una planta	[1036] Silos y depósitos para sólidos	
		[0212] Naves de fabricación en varias plantas	[1037] Depósitos líquidos (m ³)	
	[06] Industrial mixto	[0213] Almacenamiento	[1038] Depósitos gases (m ³)	
		[0221] Garajes		
[03] Comercio y oficinas	[07] Oficinas	[0311] Oficinas múltiples	[0322] Edificio mixto unido a industria	
		[0312] Oficinas unitarias	[0331] Banca y seguros en edificio exclusivo	
		[0321] Edificio mixto unido a viviendas	[0332] Banca y seguros en edificio mixto	
	[08] Comercio	[0411] Locales comerciales y talleres	[0422] Comercios en varias plantas	
		[0412] Galerías comerciales	[0431] Mercados	
		[0421] Comercios en una planta	[0432] Hipermercados y supermercados	
[04] Equipamientos	[09] Equipamientos sanitarios	[0811] Sanatorios y clínicas	[0821] Ambulatorios y consultorios	
		[0812] Hospitales	[0831] Benéficos y asistencia con residencia (asilos, residencias, etc.)	
	[10] Equipamientos educativos	[0911] Internados	[0921] Facultades, colegios, escuelas	
		[0912] Colegios mayores		
	[11] Equipamientos (otros) - Deportivos, culturales y otros	[0222] Aparcamientos	[0541] Estadios, plazas de toros	
		[0231] Estaciones de servicio	[0542] Hipódromos, canódromos, velódromos, etc.	
		[0232] Estaciones	[0732] Exposiciones y congresos	
		[0511] Deportes varios cubiertos	[0832] Benéficos y asistencia sin residencia (comedores, clubs, guarderías, etc.)	
		[0512] Piscinas cubiertas		
		[0521] Deportes varios descubiertos	[0922] Bibliotecas y museos	
		[0522] Piscinas descubiertas	[1021] Administrativos	
	[0531] Vestuarios, depuradoras, calefacción, etc.	[1034] Campos de golf		
	[05] Ocio y restauración	[12] Ocio y espectáculos	[0611] Espectáculos cubiertos	[0631] Cines
			[0612] Espectáculos descubiertos	[0632] Teatros
[0621] Bares musicales en edificio exclusivo			[0731] Casinos y clubs sociales	
[0622] Bares musicales unido a otros usos			[0822] Balnearios, casas de baño	
[13] Hostelería y restauración		[0711] Hoteles, hostales, moteles	[0721] Restaurantes	
		[0712] Aparthoteles, bungalows	[0722] Bares y cafeterías	
[06] Edificaciones singulares	[14] Edificaciones singulares	[0931] Conventos y centros parroquiales	[1031] Penitenciarios, militares y varios	
		[0932] Iglesias y capillas	[1032] Obras urbanización interior	
		[1011] Monumentales	[1033] Campings	
		[1012] Ambientales o típicos	[1035] Jardinería	
		[1022] Representativos		

Fuente: elaboración propia a partir de documento de tipologías constructivas de DGC (2022)

Figura 7. Asignación de clases en la clasificación intermedia



Fuente: elaboración propia

Los valores de umbral de cada clase mixta presentan un valor por defecto y, además, están acotados. Para la selección de estos valores se realizó previamente una clasificación con CC de 140 municipios, incluyendo tres tipos de municipios para cada provincia españolas (excepto Navarra y las tres provincias vascas): i) capital provincial, incluyendo las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla; ii) segundo núcleo más poblado después de la capital; y iii) un municipio aleatorio de la provincia con una población menor a 10 000 habitantes.

A partir de estas clasificaciones, se realizó un análisis estadístico para cada tipología de municipios, evitando así que los grandes municipios con un elevado número de parcelas ejercieran una mayor influencia sobre los resultados, reduciendo el sesgo en el análisis. El procedimiento fue el siguiente:

1. En primer lugar, se calculó la proporción de área edificada P para una parcela i y un uso k , donde ATE representa el área total edificada.

$$P_{i,k} = \frac{ATE_{i,k}}{ATE_i}$$

2. En segundo lugar, se calcularon los percentiles de la distribución de todas las parcelas de un uso k .

3. En tercer lugar, para cada percentil de la distribución de las parcelas, se calcularon los cuartiles de todos los municipios.
4. Finalmente, para seleccionar el umbral de mezcla de uso se observaron los rangos intercuartílicos de la distribución de los valores (Figura 8).

Para el caso “residencial plurifamiliar” e “industrial”, se obtuvo el umbral considerando el 50% de las parcelas con mayor mezcla. Sin embargo, para el caso “residencial unifamiliar”, la determinación del umbral se realizó considerando el 10 % de las parcelas con mayor mezcla de uso. Esta decisión se tomó a partir de los resultados del análisis, que mostró que las parcelas que contienen viviendas colectivas o edificaciones industriales presentan frecuentemente otros usos complementarios (comercial, oficinas, hostelería, restauración, etc.). Pero no así en el caso de los unifamiliares, donde normalmente no se combinan con otros usos en una misma parcela, salvo contadas excepciones, como el caso de la casa-fábrica.

De esta manera, se escogió el primer cuartil de la distribución como valor mínimo y el tercer cuartil como valor máximo del umbral de mezcla (máximo 99 %, ya que el 100 % se correspondería con uso exclusivo). Dado que para cada uso se analizaron tres tipologías de municipios, se cogió el valor mínimo de los tres para el primer cuartil y el valor máximo para el tercer cuartil, ofreciendo la posibilidad de configurar el umbral para cualquier municipio según su tamaño y/o estructura urbana. Finalmente, el valor por defecto se estableció utilizando el valor medio (Tabla 3).

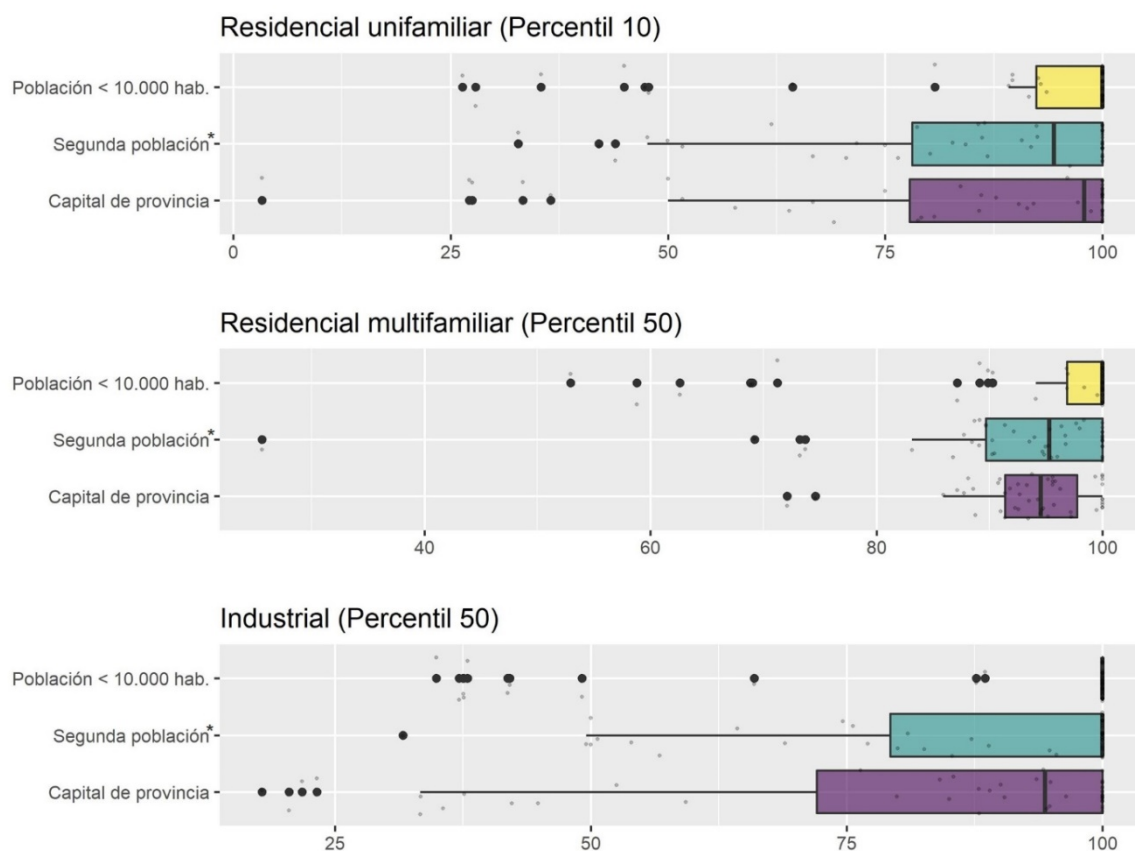
Tabla 3. Resumen de la distribución de valores de mezcla según uso y tipología del municipio

	Unifamiliar (p10)			Plurifamiliar (p50)			Industrial (p50)		
	P25	P50	P75	P25	P50	P75	P25	P50	P75
Capital	77,82	97,91	100,00	91,36	94,55	97,76	72,07	94,38	100,00
Segunda población*	77,04	96,26	100,00	89,68	95,34	100,00	77,79	100,00	100,00
Población < 10 000	92,69	100,00	100,00	96,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valor medio	82,52	98,06	100,00	92,64	96,63	99,25	83,29	98,13	100,00

Nota: *Segunda población es aquella que presenta mayor población después de la capital de provincia.

Fuente: elaboración propia

Figura 8. Boxplot de la distribución de valores de mezcla según uso y tipología del municipio



Nota: *Segunda población es aquella que presenta mayor población después de la capital de provincia.

Fuente: elaboración propia

c) Clasificación avanzada

Esta clasificación añade nuevas funcionalidades a la intermedia, ofreciendo la posibilidad de crear una clasificación personalizada mediante la incorporación de una interfaz gráfica propia (Figura 9), que permite crear directamente las clases junto con sus características, asignando a cada una de ellas las diferentes categorías definidas en Catastro, y permitiendo la creación de clases mixtas. Así mismo, es posible importar las clases (y sus características) de los otros dos tipos de clasificaciones y también guardar las clasificaciones nuevas generadas por el usuario, para poder ser importadas en un futuro.

Figura 9. Creación de clases para la opción avanzada

Clase	Etiqueta	Categorías	%	Color
<input checked="" type="checkbox"/> RES_UNI	Residencial unifamiliar	0121,0122,0123,0131,0132	80.0	#C09928
<input checked="" type="checkbox"/> RES_PLU	Residencial plurifamiliar	0111,0112,0113	80.0	#E74C3C
<input checked="" type="checkbox"/> IND	Industrial	0211,0212,0213,0221,1036,1037,1038	80.0	#7D3C98
<input checked="" type="checkbox"/> OFI	Oficinas	0311,0312,0321,0322,0331,0332	nan	#B79508
<input checked="" type="checkbox"/> COM	Comercio	0411,0412,0421,0422,0431,0432	nan	#F4D03F
<input checked="" type="checkbox"/> EQUIP_SANI	Equipamientos sanitarios	0811,0812,0821,0831	nan	#7FB305
<input checked="" type="checkbox"/> EQUIP_EDU	Equipamientos educativos	0911,0912,0921	nan	#2471A3
<input checked="" type="checkbox"/> EQUIP_OTR	Otros equipamientos (deportivos, etc)	0222,0231,0232,0732,0832,0922,1021,0511,0512...	nan	#154360
<input checked="" type="checkbox"/> OCIO_ESP	Ocio y espectáculos	0611,0612,0621,0622,0631,0632,0731,0822	nan	#D35400
<input checked="" type="checkbox"/> HOS_REST	Hostelería y restauración	0711,0712,0721,0722	nan	#E59866
<input checked="" type="checkbox"/> ED_SING	Edificios singulares	1011,1012,1022,1031,1032,1033,1035,0931,0932	nan	#145A32

Fuente: elaboración propia

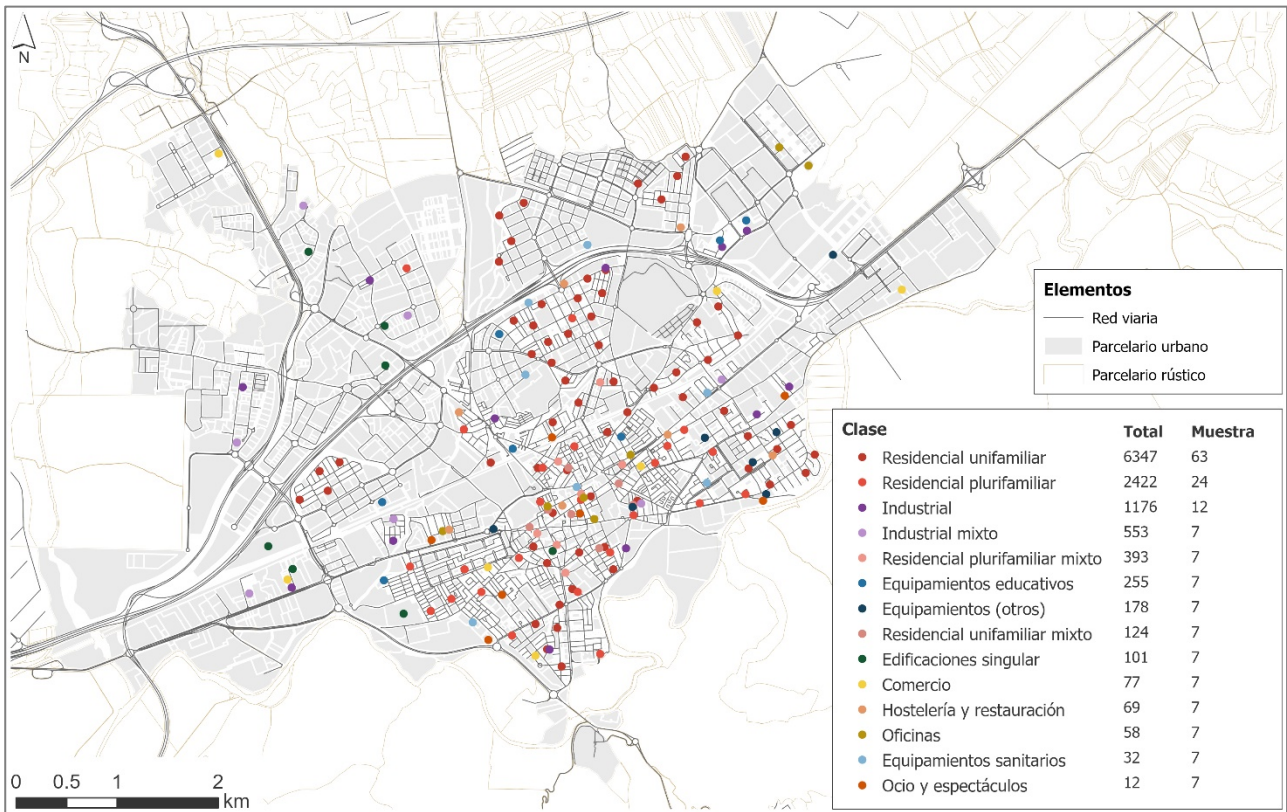
3.4 Metodología de validación de la herramienta

Para la validación se procedió a la elaboración de una clasificación básica e intermedia en el municipio de Alcalá de Henares (ver epígrafe 2.2) que fueron validadas mediante trabajo de campo y de gabinete. Para ello, se seleccionó una muestra representativa de las parcelas de cada clase, mediante una selección de parcelas estratificada por clase (Figura 10). Se escogió el 1% del total de parcelas de cada clase, estableciendo, además, una distancia mínima entre parcelas de la misma clase de 200 metros.

Debido a la existencia de clases con poca representación, en especial, la clase “ocio y espectáculos”, se estableció un mínimo de parcelas para la validación. Para este caso, solo 7 de las 12 parcelas existentes distaban al menos 200 m entre ellas, por lo que este fue el valor establecido como el mínimo de parcelas a validar para cada clase.

Para el conjunto de parcelas seleccionadas se realizó la validación mediante trabajo de campo de la clasificación obtenida, realizando una inspección visual de las mismas y de los usos presentes en ellas. Además, también se realizó una validación mediante la consulta de los datos catastrales de cada parcela, comprobando, así, si se habían clasificado correctamente, de acuerdo con la información catastral, y si dicha clasificación se correspondía, de hecho, con los usos observados in situ en el trabajo de campo. Este proceso de validación no incluyó la clase de “zonas verdes”, ya que se nutre de una información procedente de fuentes colaborativas como es OSM, con importantes diferencias de calidad y exhaustividad entre los distintos municipios.

Figura 10. Distribución espacial de la muestra utilizada para la validación

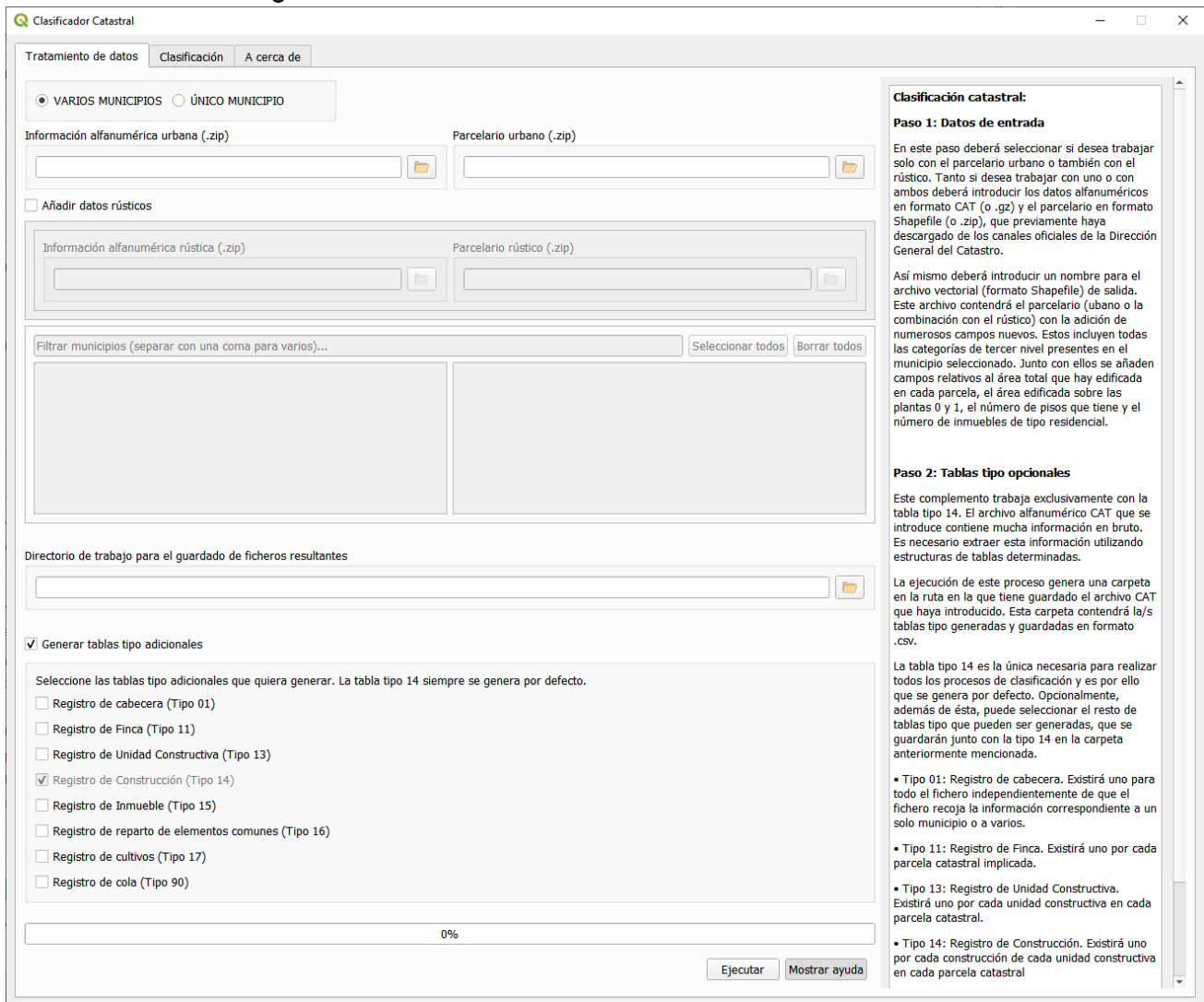


Fuente: elaboración propia a partir de parcelario catastral
y viario de redes principales del CNIG

4 Interfaz y funcionalidad de CC

La Figura 11 muestra la interfaz del módulo de tratamiento de datos, en la que se pueden encontrar los seleccionadores de los ficheros de entrada y salida, así como la selección de las *tablas tipo* opcionales y los botones de ejecución y despliegue del panel de ayuda.

Figura 11. Interfaz del módulo de tratamiento de datos

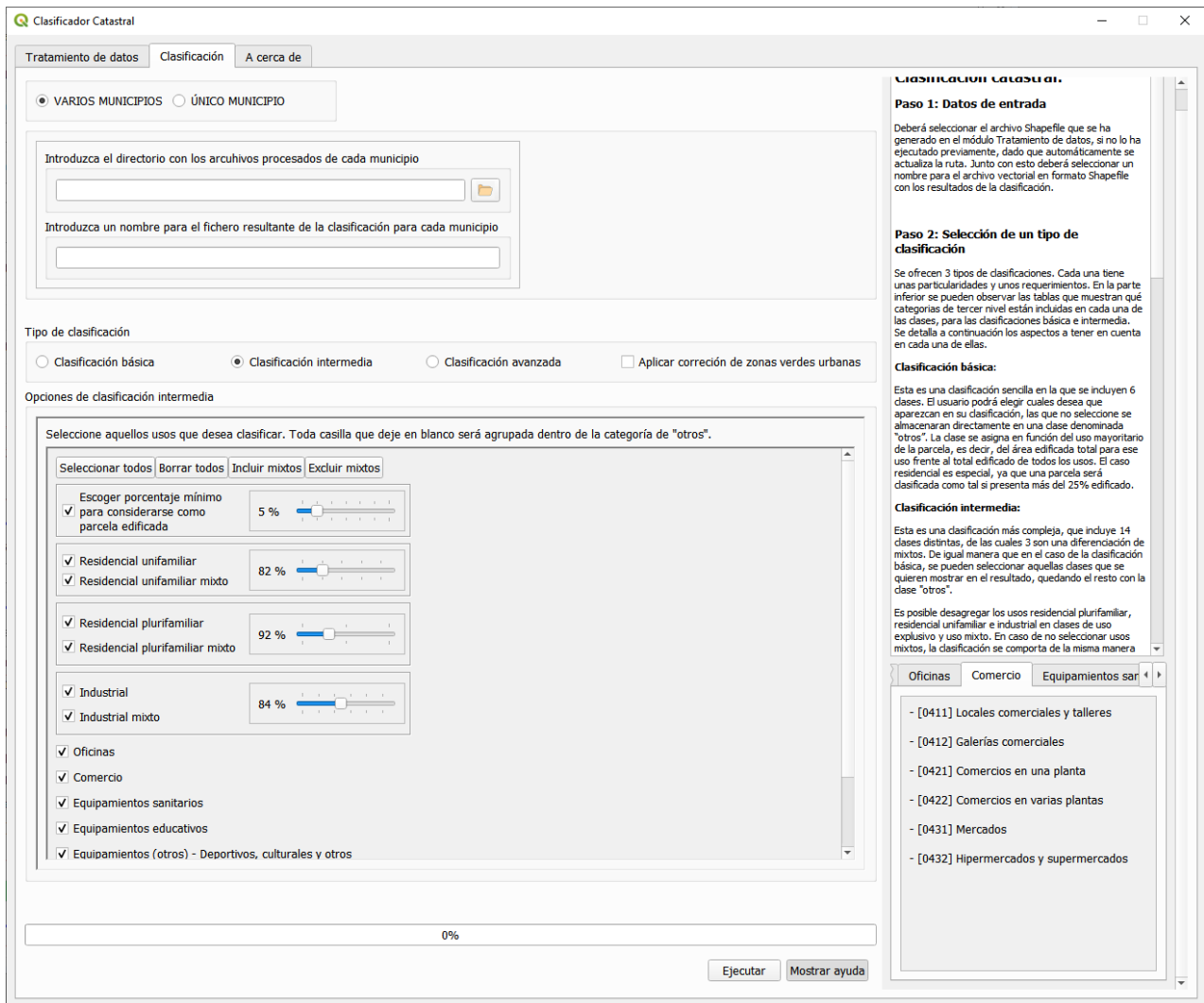


Fuente: elaboración propia

La Figura 12, por su parte, muestra el módulo de clasificación, que presenta un mayor número de elementos. Además de los seleccionadores de los datos de entrada/ salida y los botones de ejecución y despliegue del panel de ayuda, incorpora un seleccionador del tipo de clasificación. Para el caso de la clasificación intermedia, CC permite la selección de las clases a incluir, los umbrales de porcentajes de superficie para definir la diferenciación entre clases exclusivas y mixtas y el porcentaje mínimo de superficie para considerar una parcela como construida.¹⁴

¹⁴ Una descripción detallada de la interfaz y del funcionamiento del complemento puede encontrarse en el manual de usuario.

Figura 12. Interfaz del módulo de clasificación

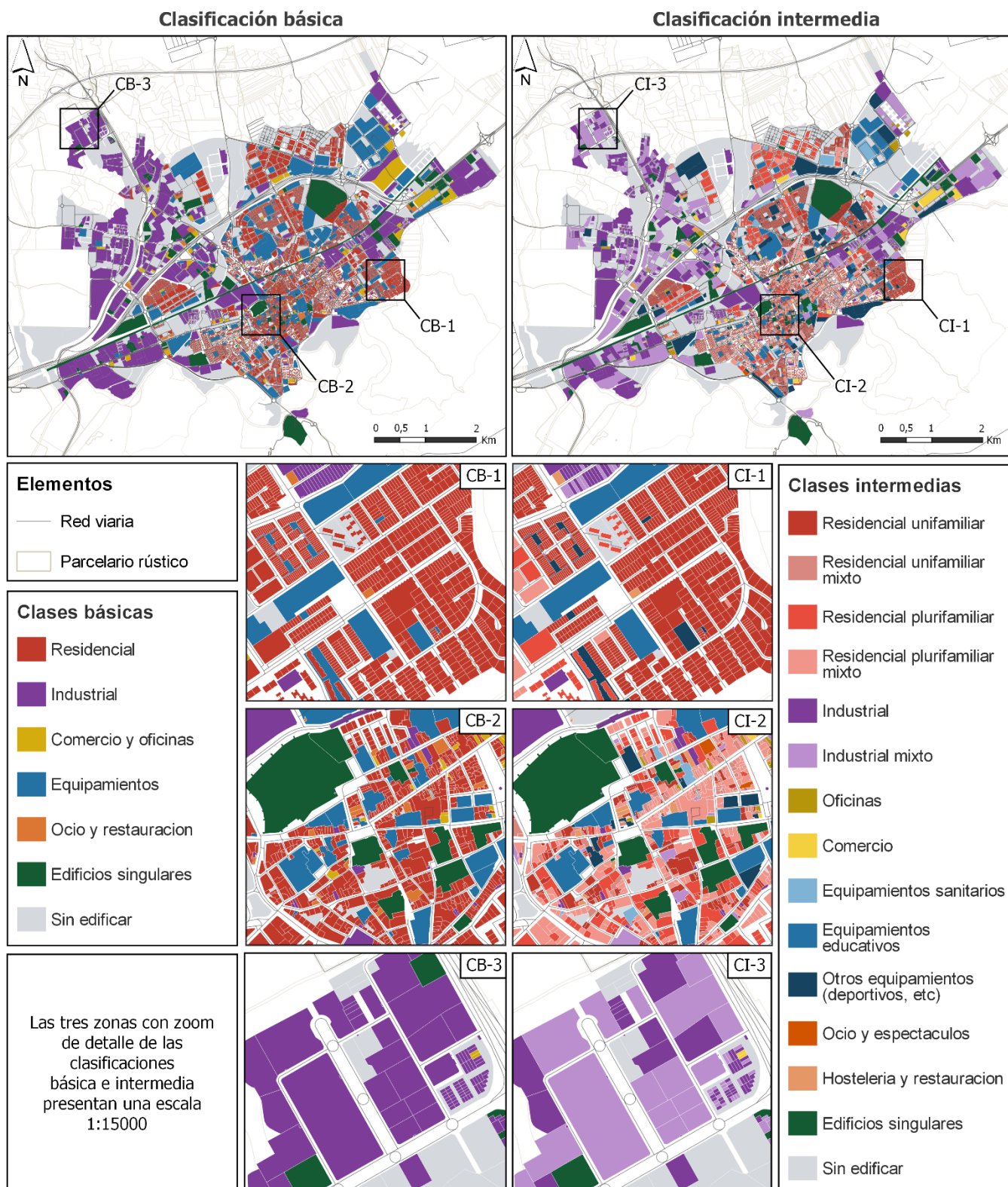


Fuente: elaboración propia

5 Resultados de las clasificaciones básica e intermedia

La Figura 13 muestra un ejemplo de los resultados que pueden obtenerse con CC al utilizar las clasificaciones básica e intermedia. Concretamente, se muestran varias localizaciones del municipio de Alcalá de Henares que permiten apreciar distintos niveles de desagregación de ambas clasificaciones, en especial en lo referente a los usos mixtos (por ejemplo, Figura 13 CB-2 y CI-2). Estas clasificaciones se realizaron utilizando tanto los datos del catastro de rústica como los de urbana y se incluyeron todas las clases posibles. Para la clasificación intermedia se utilizaron los umbrales por defecto, es decir, 82 % para la clase “residencial unifamiliar”, 92 % para la “residencial plurifamiliar” y 84 % para la “industrial”. Junto con ello, se estableció un 5 % como umbral de mínimo porcentaje para considerar una parcela como edificada.

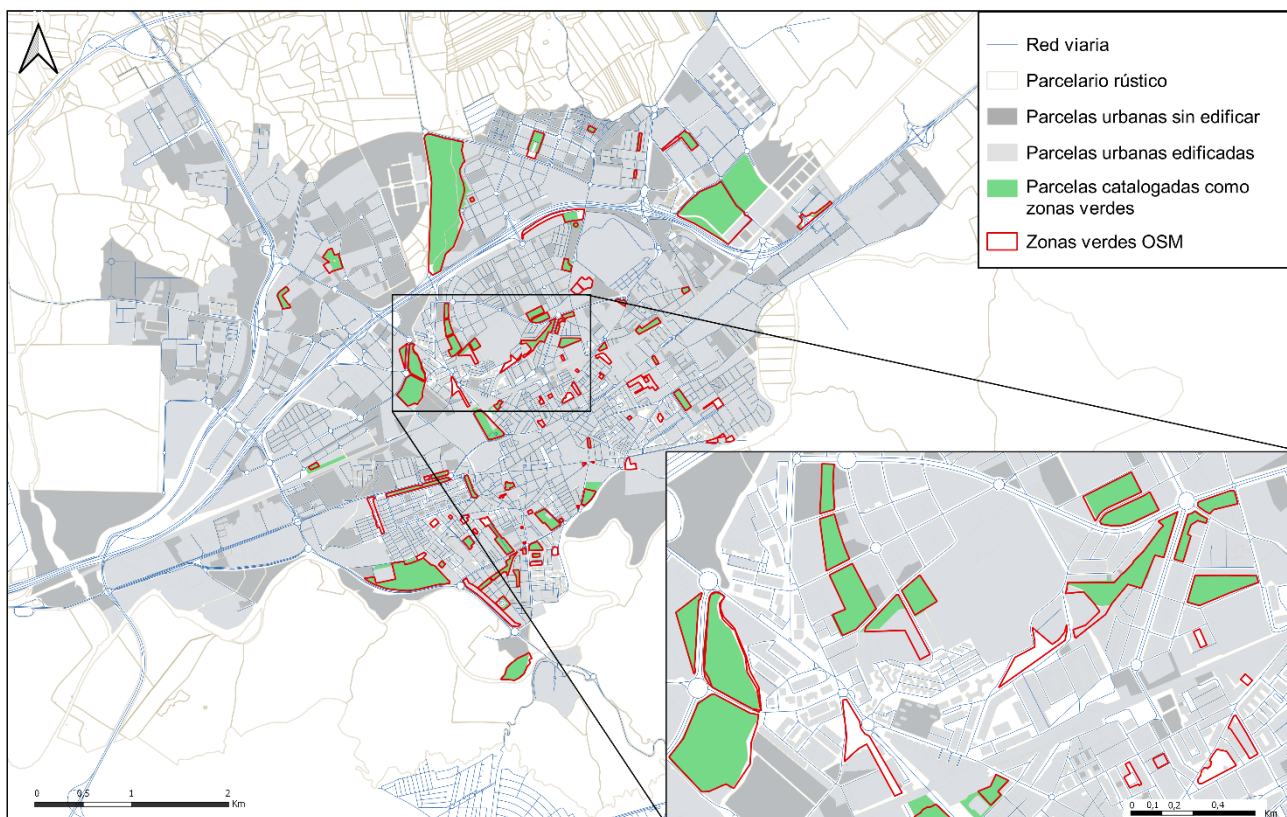
Figura 13. Resultado de las clasificaciones básica e intermedia del municipio de Alcalá de Henares



Fuente: elaboración propia a partir del parcelario catastral y viario de redes principales del CNIG

Por otra parte, la Figura 14 muestra las parcelas clasificadas como “zonas verdes” en función de las geometrías de parques de OSM para el municipio de Alcalá de Henares usando la funcionalidad de “corrección de zonas verdes urbanas” de CC. En ella se puede apreciar cómo ésta permite complementar las clasificaciones generadas, añadiendo una clase relevante en múltiples estudios urbanos (infraestructura verde urbana, indicadores de sostenibilidad urbana, acceso a espacios verdes, etc.).

Figura 14. Identificación de parcelario de zonas verdes a partir de OSM



Fuente: elaboración propia a partir del parcelario catastral, viario de redes principales del CNIG y zonas verdes de OSM

6 Resultados de la validación

La validación de las clasificaciones de CC llevada a cabo permitió identificar 2 tipos de errores:

- I. Errores del complemento: se trata de errores en la clasificación de algunas parcelas, en las que la clase asignada por CC no coincide ni con la identificada *in situ*, ni con la consultada a la base de datos catastrales.
- II. Información catastral errónea: las clasificaciones generadas por CC y la información consultada en la base de datos catastrales coinciden, no así la valoración *in situ* no. En este caso, la clasificación se realiza correctamente de acuerdo con la información

catastral, pero no se corresponde con la realidad observada en campo, algo que puede deberse a una desactualización de la información catastral o a una falta de correspondencia de esta con la situación real. Además, también se han encontrado 5 parcelas rústicas designadas como urbanas, del total de parcelas del área de estudio.

De acuerdo con estos dos tipos de errores se observa que, del total de 176 parcelas analizadas, únicamente 13 presentan una clasificación errónea (7,39 %), de los cuales 7 se deben al funcionamiento de CC (4,0 %) y 6 a la información catastral (3,4 %). Esto supone más de un 95 % de las parcelas clasificadas de manera correcta en función de la información catastral disponible, que avalan la capacidad de CC de realizar clasificaciones ajustadas a la información catastral, y también a la realidad observada *in situ*.

7 Discusión y conclusiones

La complejidad del modelo de datos catastrales ofrecidos por la DGC los hace manejables por un rango muy reducido de usuarios, con conocimientos muy específicos. Prueba de ello es el desarrollo de herramientas como *Spanish Inspire Cadastral Downloader*, que facilitan el acceso a la descarga de algunos datos catastrales con el servicio ATOM. En este sentido, CC tiene como objetivo hacer mucho más accesible el trabajo con los datos catastrales, al permitir la generación, de manera rápida, sencilla y guiada mediante una interfaz gráfica, de varios tipos de clasificaciones de usos del suelo; así como la generación de todas las *tablas tipo* existentes en el fichero *.CAT.

En lo que respecta a las clasificaciones propuestas, CC incluye dos opciones prediseñadas (básica e intermedia), y una herramienta de generación de clasificaciones personalizadas por el usuario con el máximo grado de flexibilidad. Las clasificaciones presentan para el área de estudio piloto una elevada correspondencia con la información catastral (por encima del 95 %), así como con la realidad verificada en campo (por encima del 92 %), constituyéndose como unas cartografías adecuadas y válidas para el desarrollo de múltiples aplicaciones en el ámbito de los estudios urbanos. A modo de ejemplo, se podrían citar los estudios de desagregación poblacional a nivel de detalle (Santos Preciado, 2015a), la delimitación y caracterización morfológica del espacio urbano (Mercadé Aloy et al., 2018; Prieto Medina et al., 2018; Salomcarrasco et al., 2021), los estudios de la heterogeneidad y diversidad en entornos urbanos (Choi & Sardari sayyar, 2012; Young & Jarvis, 2001), el estudio de la densificación de usos o tipologías edificatorias concretas en la ciudad (Santos Preciado & García Lázaro, 2012); el estudio de indicadores de sostenibilidad urbana (Cai et al., 2020; Huang et al., 2015; Shen et

al., 2011); la identificación de prioridades de intervención socio-urbanística (García Vaquero et al., 2007; Lantada Zarzosa, 2007) o incluso el estudio de situaciones de riesgo en el ámbito de la “geopreención” en salud (De Cos Guerra et al., 2021).

Cabe, no obstante, discutir la utilidad de las clasificaciones generadas por CC frente a otras fuentes cartográficas de usos del suelo existentes, algunas de ellas disponibles a nivel de parcela catastral, cuyas características quedan recogidas en la Tabla 5.

Tabla 5. Comparativa de CC con el resto de cartografía de usos urbanos disponibles.

	CLC	SIOSE	SIOSE AR	URBAN3R	URBAN ATLAS	CC
Clasificación	Claramente definidas, con variabilidad entre fechas. 11 clases urbanas en la última actualización	Claramente definidas, con variabilidad entre fechas. Más de 40 en la última actualización	Criterios utilizados no especificados. Más de 50 clases urbanas	Criterios utilizados no especificados. 11 clases urbanas	Claramente definidas, con 21 clases urbanas	Totalmente flexible en base a las categorías de la DGC
Resolución espacial	1: 100 000	1: 25 000	Multiescala, unidad espacial de parcela	Multiescala, unidad espacial de parcela	1:15 000	Multiescala, unidad espacial de parcela
Resolución temporal	Fechas concretas: 1990, 2000, 2006, 2012, 2018	Fechas concretas: 2005, 2009, 2011, 2014	Fecha concreta: 2017, aún en desarrollo	Actualizado cada 6 meses	Fechas concretas: 2006 y 2012	Actualizado cada 6 meses
Acceso	Libre con descarga directa	Libre con descarga directa	Libre con descarga directa	Bajo registro con descarga directa para aquellos municipios disponibles y bajo petición a DGC para los que aún no lo están	Libre con descarga directa	Acceso bajo petición a la DGC

Fuente: elaboración propia

Como se observa, el acceso a los datos de la mayoría de las cartografías disponibles es más sencillo y directo que el procesado de la información catastral mediante CC. A este respecto, se puede constatar como principal desventaja de las clasificaciones generadas mediante CC el acceso restringido bajo petición personal a los datos, algo que también sucede en la cartografía URBAN3R, aunque en menor medida, ya que sólo es necesario para municipios pequeños que aún no se han integrado en la plataforma. Por el contrario, y como aspectos positivos de CC, es necesario destacar que ofrece una documentación clara, completa e intuitiva acerca del proceso

de generación de las clasificaciones, existiendo una equivalencia precisa entre las tipologías de la fuente catastral y las clasificaciones generadas. Por otra parte, al usar directamente la fuente catastral, la actualización de las clasificaciones generadas se produce cada 6 meses, período de actualización de dicha fuente. Por último, la posibilidad de generar clasificaciones personalizadas, donde se agrupen en diferentes clases aquellas categorías de catastro que el usuario considere, concede a CC una flexibilidad en la generación de clasificaciones que no existe ninguna otra fuente cartográfica de usos del suelo.

En lo que respecta a la generación de las tablas tipo, CC permite procesar los ficheros alfanuméricos CAT y generar de una forma sencilla y directa todas las tablas tipo presentes en ellos. A pesar de que para la generación de las clasificaciones únicamente se emplea la tabla tipo 14, la posibilidad de generar las otras tablas tipo facilita el uso y explotación de la información catastral presente en ellas, lo que podría ser útil en la realización de aquellos estudios que las emplean (Noguero-Hernández et al., 2016; Palomar Anguas, 2017; Pérez-Alcántara et al., 2016; Pérez-Morales et al., 2016, entre otros). Posibles desarrollos futuros de CC podrían contar con las citadas *tablas tipo* para complementar la información generada para cada parcela, que permitiría precisar mejor la antigüedad de las edificaciones, las alturas y número de plantas o incorporar información adicional sobre las calles o los cultivos presentes en parcelas rústicas.

Finalmente, es necesario destacar algunas de las limitaciones en el uso de la herramienta, así como errores derivados de las clasificaciones propuestas. En lo que respecta a las limitaciones, la información catastral de la DGC no permite clasificar las parcelas que incluyen zonas verdes, al no diferenciar una tipología específica para este uso, lo que implica que en múltiples ocasiones sean clasificadas como parcelas “sin edificar”. Para solventar este problema CC propone el uso de una fuente de información externa, como es OSM, para asignar el uso de zonas verdes al parcelario. Ello implica que los resultados estén sujetos a la calidad y precisión de la información en OSM para el municipio en cuestión. Además, el proceso de asignación solo tiene en cuenta aquellas parcelas que hayan sido identificadas previamente como “sin edificar”, por lo que depende del porcentaje mínimo edificado establecido. Es por todo ello que este procedimiento de asignación de “zonas verdes” al parcelario es únicamente una primera aproximación a la resolución del problema.

Por otra parte, la opción avanzada de CC no permite establecer un umbral inferior fijo a la hora de definir clases mixtas, por lo que parcelas con pequeños porcentajes de clases mixtas serán

clasificadas como mixto y no como el uso mayoritario. Así mismo, tampoco es posible definir combinaciones de categorías singulares que tengan en cuenta composiciones concretas a la hora de establecer clases exclusivas, como las que sí están contempladas en la opción intermedia (residenciales unifamiliar y multifamiliar con usos deportivos, que dan lugar a clases residenciales exclusivas).

En relación con los errores observados en las clasificaciones, estos se deben principalmente al conjunto de tipologías constructivas que se han incluido en cada clase de la clasificación básica e intermedia propuestas en CC (ver Tabla 2). Algunas de estas tipologías engloban tipos de usos muy heterogéneos y, por tanto, presentan dificultades a la hora de su asignación a una clase u otra. Los principales errores de CC que se encontraron en la fase de validación están vinculados a la presencia de las siguientes tipologías conflictivas:

- 0221 (Garajes): categoría que abarca diversos tipos de garajes, tanto ligados a industria como a otro tipo de usos, y que se ha optado por catalogar de igual forma que lo hace la DGC, como una clase industrial. Aquellos casos en los que aparezca junto a usos como el comercial u hostelero pueden dar lugar a parcelas clasificadas erróneamente como “industrial mixto” cuando el porcentaje de esta categoría sea mayor al 20 % (por las reglas establecidas). Así mismo, esta categoría podría conformar una clase propia de aparcamientos, pero que resulta más apropiado contemplar en una clasificación avanzada, que, además, podría mejorar los resultados en este aspecto.
- 1032 (Obras urbanización interior): incluida por Catastro en la clase de edificaciones singulares, junto con edificios religiosos, monumentales, representativos, etc. Es una categoría que no se ajusta a ningún uso concreto, por lo que podría ser posible no incluirla en ninguna clase en las clasificaciones básica e intermedia. Sin embargo, se ha optado por incluir todas las categorías de Catastro en las clasificaciones básica e intermedia, para evitar la aparición de parcelas clasificadas como “otros”, ya que esta clase está diseñada para determinar aquellas parcelas que tienen un uso que no es del interés del usuario (al no haber sido seleccionadas en el menú desplegable).
- 0832 (Benéficos sin residencia (comedores, clubs, guarderías, etc.)): esta categoría, que agrupa usos muy diversos, se asignó a la clase “otros equipamientos” en CC (ver Tabla 2). El principal error detectado se encuentra en las “guarderías” y “escuelas infantiles”, que no pueden ser asignadas a la categoría de “equipamientos educativos”, una consecuencia directa de los criterios que ha seguido la DGC a la hora de su configuración.

Algunos de estos errores podrían solventarse con el diseño de clases más específicas dentro de la opción avanzada, aunque con algunas limitaciones, que se valorarán en futuras versiones de la herramienta.

A modo de conclusión, se puede afirmar que CC posee un alto potencial para la explotación de la información catastral y sus aplicaciones, ya que ayuda al manejo del fichero CAT para la generación de las diferentes *tablas tipo* y permite generar cartografía de usos del suelo del parcelario catastral con distinto nivel de desagregación de clases. Al estar ligados los resultados a la fuente de datos catastral, las clasificaciones generadas experimentan actualizaciones muy frecuentes, aunque también arrastran algunos errores. Esta potencialidad se irá ampliando en futuros desarrollos de la herramienta que permitan una mayor integración espacial de la información catastral con vistas a mejorar las fuentes de datos disponibles para la realización de estudios urbanos.

Agradecimientos: El presente trabajo se ha realizado gracias a las siguientes fuentes de financiación: Proyecto de Prueba Concepto “DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN PROTOTIPO DE SIMULACIÓN DE ESCENARIOS FUTUROS DE TRANSPORTE Y USOS DEL SUELO (SIM4PLAN)” [PDC2021-121568-C21] y al programa “Estímulo a la Excelencia para Profesores Universitarios Permanentes” de la Comunidad de Madrid [EPU-INV/2020/009] del que es beneficiario el Dr. Francisco Aguilera-Benavente. Así mismo, ha contado con la colaboración de Ricardo Gascañana Duro, especialmente en el desarrollo de la campaña de campo.

Declaración responsable: Las/os autoras/es declaran que no existe ningún conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo. Las tareas se han distribuido de la siguiente manera: el artículo ha sido coordinado por F. Aguilera-Benavente. El manuscrito, así como la revisión bibliográfica, han sido redactados principalmente por Nikolai Shurupov, con el apoyo del resto de autoras/es. La programación de los algoritmos y la interfaz ha sido realizada por N. Shurupov, con apoyo del resto de autoras/es en la etapa de diseño. El análisis de los 140 municipios españoles fue realizado principalmente por R. Molinero-Parejo, con apoyo del resto de autoras/es.

Bibliografía

- Aguilera-Benavente, F., Botequilha-Leitão, A., & Díaz-Varela, E. (2014). Detecting multi-scale urban growth patterns and processes in the Algarve region (Southern Portugal). *Applied Geography*, 53, 234-245. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.06.019>
- Banister, D. (2011). Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1538-1546. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.009>
- Barreira-González, P., Aguilera-Benavente, F., & Gómez-Delgado, M. (2019). Implementation and calibration of a new irregular cellular automata-based model for local urban growth simulation: The MUGICA model. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(2), 243-263. <https://doi.org/10.1177/2399808317709280>
- Batty, M. (2020). Defining Complexity in Cities. In D. Pumain (Ed.), *Theories and Models of Urbanization. Geography, Economics and Computing Sciences* (pp. 13–26). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36656-8_2
- Bettencourt, L., & West, G. (2010). A unified theory of urban living. *Nature*, 467(7318), 912-913. <https://doi.org/10.1038/467912a>
- Cai, G., Zhang, J., Du, M., Li, C., & Peng, S. (2020). Identification of urban land use efficiency by indicator-SDG 11.3.1. *PLoS ONE*, 15(12 December), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244318>
- Choi, E., & Sardari sayyar, S. (2012). Urban Diversity and Pedestrian Behavior : Refining the concept of land-use mix for walkability. *Eighth International Space Syntax Symposium*, 8073, 1-8073:15. <http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:481942>
- De Cos Guerra, O., Castillo Salcines, V., & Cantarero Prieto, D. (2021). Data mining and socio-spatial patterns of COVID-19: Geo-prevention keys for tackling the pandemic. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 91. <https://doi.org/10.21138/bage.3145>
- DGC (2022). *Sede Electrónica del Catastro*. Dirección General Del Catastro. <http://www.sedecatastro.gob.es/>
- García Álvarez, D., & Camacho Olmedo, M. T. (2018). Transformaciones recientes en el espacio rural de Motril (Granada). Un análisis del cambio de usos y coberturas del suelo. *Nuevas Realidades Rurales En Tiempos de Crisis: Territorios, Actores, Procesos y Políticas*, 302-315.

- García Vaquero, P., Pesudo Casas, J., & García Almirall, P. (2007). *Evaluación de la calidad del parque inmobiliario mediante técnicas de evaluación multicriterio y sistemas de información geográfica*. 1-12. <http://hdl.handle.net/2117/10211>
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760. <https://doi.org/10.1126/science.1150195>
- Guo, Z., Torra, O., Hürlimann, M., Abancó, C., & Medina, V. (2022). FSLAM: A QGIS plugin for fast regional susceptibility assessment of rainfall-induced landslides. *Environmental Modelling and Software*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105354>
- Huang, L., Wu, J., & Yan, L. (2015). Defining and measuring urban sustainability: a review of indicators. *Landscape Ecology*, 30(7), 1175-1193. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0208-2>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2022). *Datos padrón 2022*. Cifras Oficiales de Población de Los Municipios Españoles En Aplicación de La Ley de Bases Del Régimen Local (Art. 17). <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=2881>
- Kratochvílová, A., & Petráš, V. (2012). Quantum GIS plugin for Czech cadastral data. *Geoinformatics FCE CTU*, 8, 91-98. <https://doi.org/10.14311/gi.8.7>
- Lantada Zarzosa, M.N. (2007). *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas gis. Aplicación a la ciudad de barcelona* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain). <http://hdl.handle.net/10803/6259>
- Lovelace, R. (2021). Open source tools for geographic analysis in transport planning. *Journal of Geographical Systems*, 23(4), 547-578. <https://doi.org/10.1007/s10109-020-00342-2>
- Martín-Jiménez, J.M., & Rodríguez-Espinosa, V.M. (2022). Sistematización de la información de catastro utilizando POSTGRESQL-POSTGIS. Aplicación al análisis de usos del suelo urbano en Alcalá de Henares, España. *Estudios Geográficos*, 83(292), e098. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022106.106>
- Mercadé Aloy, J., Magrinyà Torner, F., & Cervera Alonso de Medina, M. (2018). Descifrando La Forma Urbana: Un Análisis De Patrones De Agrupamiento Basado En Sig. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica*, 22, 3-19. <https://doi.org/10.21138/gf.612>
- Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana. (2020). *Áreas Urbanas en España, 2019*. Gobierno de España.

<https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BAW070>

Miranda Hita, J.S.M. (1998). El Catastro en España. *Ce.S.E.T*, XXVIII–V(28), 1000-1014. <https://doi.org/10.13128/Aestimum-6949>

Myga-Piatek, U., Żemłża-Siesicka, A., Pukowiec-Kurda, K., Sobala, M., & Nita, J. (2021). Is there urban landscape in metropolitan areas? An unobvious answer based on corine land cover analyses. *Land*, 10(1), 1-20. <https://doi.org/10.3390/land10010051>

Noguero-Hernández, M.D., Vallejo-Villalta, I., Ramírez-Moreno, E., & Ramírez-Torres, A. (2016). Identificación del espacio residencial en Andalucía a partir de datos. In *XVII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica* (pp. 421-430). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2729.1123>

Palomar Anguas, M.P. (2017). *El uso de la base de datos catastral para los estudios urbanos. Su aplicación en el municipio de Móstoles* (Doctoral dissertation, Universidad Rey Juan Carlos, Spain). <https://ciencia.urjc.es/handle/10115/14836>

Pascual Rosa, V., Aguilera-Benavente, F., & Salado García, M.J. (2019). Clasificación y análisis de los procesos de cambio en la forma urbana de las áreas metropolitanas españolas: aplicación de métricas espaciales. *Estudios Geográficos*, 80(286), 6. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201926.006>

Pérez-Alcántara, J.P., Díaz-Cuevas, M.P., Álvarez-Francoso, J.I., & Ojeda-Zújar, J. (2016). Métodos de adscripción y tratamiento espacial para la generación y visualización de indicadores de vivienda (Grid) a través de Catastro. In *XVII Congreso Nacional de Tecnologías de Información Geográfica* (pp. 224-234).

Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., & Olcina, J. (2016). La información catastral como herramienta para el análisis de la exposición al peligro de inundaciones en el litoral mediterráneo Español. *Eure*, 42(1-27), 231-256. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000300010>

Prieto Medina, P., Romero de Ávila Serrano, V., Moyano Enríquez de Salamanca, A., Solís Trapero, E., & Coronado Tordesillas, J.M. (2018). Identificación, clasificación y análisis de las formas urbanas en ciudades medias: aplicación a las capitales provinciales de Castilla-La Mancha. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 38(1), 87-112. <https://doi.org/10.5209/aguc.60470>

- Salom-Carrasco, J., Thomas, I., & Montero, G. (2021). Delimitación y caracterización morfométrica del área metropolitana de Valencia. *Cybergeo: European Journal of Geography*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4000/cybergeo.37930>
- Santos Preciado, J.M. (2015a). La cartografía catastral y su utilización en la desagregación de la población. Aplicación al análisis de la distribución espacial de la población en el municipio de Leganés (Madrid). *Estudios Geograficos*, 76(278), 309-333. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201511>
- Santos Preciado, J.M. (2015b). Metodología para medir la estructura urbana de la ciudad actual, utilizando la base de datos del catastro. Aplicación al sector suroeste de la comunidad de madrid. *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 67, 37-60. <https://doi.org/10.21138/bage.1816>
- Santos Preciado, J.M., & García Lázaro, F.J. (2012). La vivienda unifamiliar, fenómeno característico de la ciudad dispersa. Contrastes sectoriales en la aglomeración urbana de Madrid. *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 32(1), 153-179. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2012.v32.n1.39312
- Schwarz, N. (2010). Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), 29-47. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.01.007>
- Sebbah, B., Yazidi Alaoui, O., Wahbi, M., Maâtouk, M., & Ben Achhab, N. (2021). QGIS-Landsat Indices plugin (Q-LIP): Tool for environmental indices computing using Landsat data. *Environmental Modelling and Software*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104972>
- Shen, L., Ochoa, J.J., Shah, M.N., & Zhang, X. (2011). The application of urban sustainability indicators - A comparison between various practices. *Habitat International*, 35(1), 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2010.03.006>
- Temelová, J., Jíchová, J., Pospíšilová, L., & Dvořáková, N. (2017). Urban Social Problems and Marginalized Populations in Postsocialist Transition Societies: Perceptions of the City Center of Prague, the Czechia. *Urban Affairs Review*, 53(2). <https://doi.org/10.1177/1078087415620304>
- Young, C.H., & Jarvis, P.J. (2001). Assessing the structural heterogeneity of urban areas: an example from the Black Country (UK). *Urban Ecosystems*, 5(1), 49-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1021877618584>

Software utilizado

Nombre: Cadastral Classifier (Clasificador Catastral)

Versión: 2.0

Plataforma: QGIS 3.0 o superior

Licencia: GNU General Public License v3.0

Manual de usuario: https://github.com/TransUrban-UAH/Cadastral_Classifier/blob/main/manual_de_usuario.pdf

Código fuente: https://github.com/TransUrban-UAH/Cadastral_Classifier

Página Web: https://transurban-uah.github.io/Cadastral_Classifier/