

Influencia de indicadores morfológicos urbano-edilicios hacia una ciudad compacta y sostenible: Área Metropolitana de Mendoza

Influence of urban-building morphological indicators towards a compact and sustainable city: Metropolitan Area of Mendoza

DANA CECILIA OTERO¹  0000-0001-5876-6365

MARIELA EDITH ARBOIT¹  0000-0003-1929-5382

DORA SILVIA MAGLIONE²  0000-0003-4708-7089

GRACIELA MELISA VIEGAS³  0000-0001-6248-4678

¹ Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA), Centro Científico Tecnológico (CCT) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Mendoza, Argentina.

² Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Santa Cruz, Argentina.

³ Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Resumen

El crecimiento poblacional urbano en Latinoamérica está acompañado de un proceso expansivo disperso de las ciudades y mayor consumo energético. Las normativas urbano-edilicias poseen potencial para mitigar estas problemáticas. Mediante un relevamiento y diagnóstico de normativas se estudiaron los marcos regulatorios urbano-edilicios de los seis municipios del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), posibilitando cartografiar zonificaciones de usos del suelo y analizar estadísticamente los indicadores municipales comunes con un árbol de decisión para identificar su influencia desde una perspectiva energética. El trabajo permitió reconocer heterogeneidad de indicadores, diversos rangos parcelarios por municipio con baja ocupación del suelo de media y baja altura edilicia, en detrimento del objetivo del Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT) de una ciudad compacta y sostenible. Finalmente, la investigación identificó: fragmentación administrativa, desarticulación normativa e incipiente acceso a la información; manifestando la necesidad futura de acordar entre municipios un ajuste de indicadores hacia la consecución del objetivo mencionado.

Palabras clave: árbol de decisión; desarrollo urbano; indicadores morfológicos; normativa; planificación territorial.

Fechas • Dates

Recibido: 2023.07.04
Aceptado: 2024.05.23
Publicado: 2024.10.24

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Dana Cecilia Otero
dotero@mendoza-conicet.gob.ar

Abstract

Urban population growth in Latin America is accompanied by a dispersed expansive process of cities and increased energy consumption. Urban-building regulations have the potential to mitigate these problems. Through a survey and diagnosis of regulations, the urban-building regulatory frameworks of the six municipalities of the Mendoza Metropolitan Area (AMM) were studied, making it possible to map land use zoning and statistically analyze common municipal indicators with a decision tree to identify their influence from an energy perspective. The work made it possible to recognize heterogeneity of indicators, various parcel ranges by municipality with low land occupation of medium and low building height, to the detriment of the objective of the Provincial Land Management Plan (PPOT) of a compact and sustainable city. Finally, the investigation identified: administrative fragmentation, regulatory disarticulation and incipient access to information; expressing the future need to agree between municipalities on an adjustment of indicators towards the achievement of the aforementioned objective.

Keywords: decision tree; urban Development; morphological indicators; normative; territorial planning.

1. Introducción

Las ciudades ocupan menos del 2% de la superficie terrestre, consumen alrededor del 78% de la energía mundial y producen más del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (ONU-Habitat, citado por Organización de las Naciones Unidas, s.f.). La dimensión urbana y la planificación espacial impactan sobre el consumo y la producción de energía, donde: transporte y accesibilidad, forma urbana e infraestructura, presentan potencial para lograr una transición a mediano y largo plazo hacia energías renovables (Asarpota & Nadin, 2020). Por estas razones, las ciudades deben implementar acciones para mitigar los impactos del cambio climático. La transición hacia una ciudad energéticamente sostenible requiere incorporación de normativas regulatorias en los diferentes niveles gubernamentales, con las cuales buscar un aprovechamiento más eficiente de los recursos regionales y minimizar los impactos negativos de la matriz energética. La morfología urbana y la movilidad repercuten en el consumo energético mayormente a macroescala; mientras que a microescala afectan los usos del suelo, morfología edilicia y tecnologías constructivas, al considerar el comportamiento térmico edilicio.

A macroescala, el consumo de suelo de las metrópolis amenaza la sostenibilidad urbana, por ello, es preciso comprender la relación entre morfología urbana, uso del suelo y expansión urbana (Zambon et al., 2018). La literatura reconoce impulsores de ocupación del suelo: incremento poblacional y de ingresos, desarrollo de infraestructura de transporte, aumento del uso del automóvil, subsidios dirigidos al consumo de suelo y planificación débil o inadecuada; así como postergadores de expansión urbana: planificación integral del uso del suelo, subsidios para renovación urbana, mejora de infraestructura y transporte público en la ciudad; donde la fragmentación administrativa y la competencia entre las jurisdicciones locales resulta determinante para el éxito o fracaso en cuanto a la restricción de la expansión (Colsaet, Laurans & Levrel, 2018).

A microescala, estudios internacionales revelaron que los códigos de edificación constituyen una herramienta para reducir el consumo de energía residencial, complementándose con políticas de regulación del costo de energía las cuales por sí solas no siempre inducen a la aplicación de medidas de eficiencia energética (Novan, Smith & Zhou, 2020). Considerando la necesidad de mejorar la eficiencia energética edilicia desde el diseño, otros trabajos simulaban demandas energéticas

para identificar los indicadores morfológicos más influyentes posibilitando, a los planificadores urbanos, ajustar valores hacia un mejor desempeño energético (Wang et al., 2022).

La literatura latinoamericana expone barreras a nivel gubernamental (regulatorias y financieras) para promocionar estrategias tecnológicas referidas a eficiencia energética edilicia (Cristino et al., 2021). También enfatiza la necesidad de una normativa metropolitana sistematizada e integrada de fácil acceso, superando la fragmentación gubernamental, además de propiciar la articulación con entes de servicios e infraestructura pública y vincular la planificación urbana con los presupuestos públicos, como hacer prevalecer el interés público sobre el privado en el ordenamiento territorial y evitar informalidades en la producción del suelo urbano (Ortiz-Sánchez, Fernández-Salas & Devoto-Ykeho, 2020).

En Argentina, si bien existe un avance normativo hacia la promoción del uso de energías limpias, en diferentes niveles estatales, aún resta contemplar aspectos regulatorios de la morfología urbano-edilicia en instrumentos de planificación y normativa local (Fernández, Gentili & Campo, 2022); destacándose que los cambios normativos de indicadores repercuten en la morfología urbano-edilicia (Bernasconi, 2021). Algunos autores definen que debería primar el interés público, en relación con los cambios en las regulaciones urbano-edilicias desarrolladas en las últimas décadas, donde se enfatiza la gestión urbana público-privada como un instrumento de mejora (Peresini, 2021).

A nivel local, distintos estudios demuestran la necesidad de afrontar la aplicabilidad efectiva de estrategias energético-ambientales en el Área Metropolitana de Mendoza (AMM). En correspondencia, las formas de intervención territorial en las últimas cuatro décadas exponen correlaciones positivas entre expansión urbana, crecimiento poblacional y consumos energéticos (Molina et al., 2020). Respecto a los indicadores urbano-edilicios se debe tener en cuenta el ajuste al modelo socioambiental local al transferirlos desde otros modelos urbanos sostenibles foráneos (Gómez-Piovano & Mesa, 2013). Finalmente, por medio de trabajos conjuntos entre instituciones científico-técnicas y gubernamentales-administrativas, es posible mejorar los comportamientos energético-ambientales del tejido urbano mediante la incorporación de indicadores (Basso et al., 2013).

1.1. Metodologías y herramientas usadas en estudios urbanos

El progreso en tecnologías de información y comunicación posibilita hoy relevar, acopiar y procesar una enorme cantidad de datos urbanos. La utilización de herramientas estadísticas predictivas se destaca en el tratamiento eficiente de datos, siendo aplicadas en diversas temáticas dentro de estudios urbanos (Koumetio-Tekouabou et al., 2022). Los métodos estadísticos predictivos posibilitan un procesamiento de información más conveniente y acorde a las necesidades de respuestas urbanas en planificación; donde los árboles de decisión se encuentran entre los cinco métodos más utilizados desde 2018 (Nosratabadi et al., 2020). El árbol de decisión se utiliza en problemas de clasificación y de regresión; se basa en un algoritmo (decisión) que separa al conjunto de datos en grupos simples (árbol binario) y permite detectar vínculos (correlaciones) al considerar variables dependientes e independientes; es fácil de interpretar como predicción para clasificación y regresión (Fernández-Casal, Costa-Bouzas & Oviedo-de la Fuente, 2021; Berlanga-Silvente, Rubio-Hurtado & Vilà-Baños, 2013).

Por otra parte, el sector residencial urbano es un consumidor importante de energía, situación sostenida en el tiempo por la vida útil de las construcciones; al mismo tiempo es posible reducir

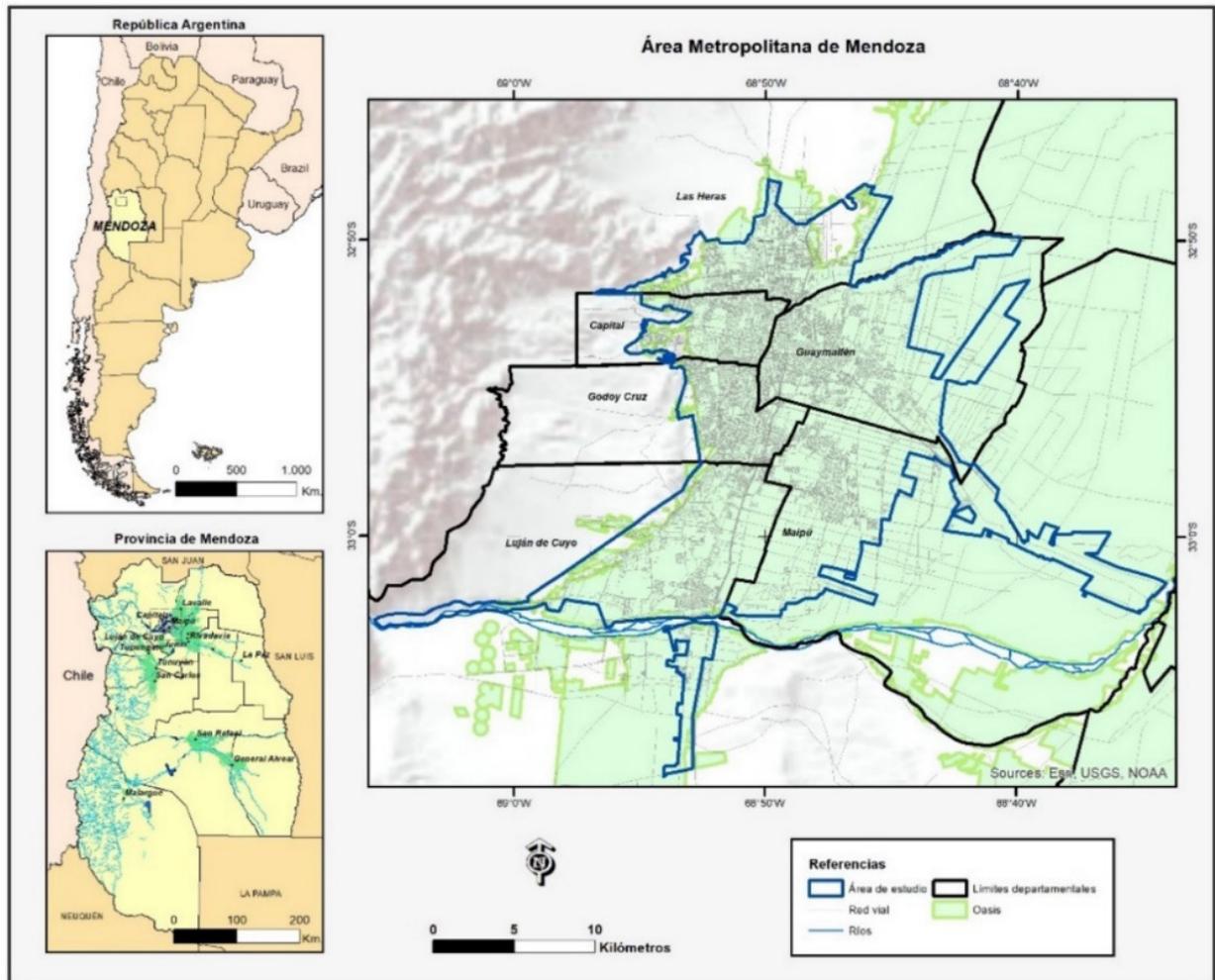
el consumo de energía con ayuda de regulaciones urbano-edilicias a largo plazo. Además, existen metodologías y herramientas tecnológicas accesibles que posibilitan, con mayor celeridad, reorientar los objetivos de planificación hacia un desarrollo sostenible a partir de las regulaciones. Por ello, en trabajos anteriores se examinaron los marcos regulatorios municipales individualmente (Otero & Arboit, 2019; Otero, Cohn & Arboit, 2019; Otero, Arboit & Cohn, 2020; Otero & Arboit, 2021), destacándose la zonificación residencial en las áreas urbanas municipales y la importancia de los indicadores propuestos en la zonificación. En ese marco, este trabajo busca presentar la situación actual de los marcos regulatorios vigentes en los seis municipios del AMM, con miras a un código único entendiendo al AMM como una unidad territorial que requiere de planificación conjunta y, además, evaluar la congruencia de los indicadores con el objetivo del PPOT de una ciudad compacta y sostenible. Para ello, se propone un análisis de los indicadores urbano-edilicios comunes, mediante la herramienta estadística de árbol de decisión, a fin de evaluar su influencia en la morfología resultante desde una perspectiva energética e identificar la congruencia de estos con el objetivo del PPOT.

1.2. Caso de estudio

El AMM se ubica en el Centro-Oeste argentino, al Noroeste de la provincia de Mendoza y está conformada por seis municipios conurbados (figura 1), concentrando el 62% de la población provincial (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2023, p. 26). Presenta clima mesotermal árido con inviernos templado-fríos, veranos cálido-secos e intensa radiación solar (media anual: 18,06 Mj/m² día). La distribución de las horas anuales en confort es del 21,53%, con una necesidad de calefacción del 70,14% de las horas y una necesidad de enfriamiento que corresponde al 8,33% del total de horas. En cuanto a los servicios energéticos públicos de las viviendas, del 100% al 99,60% accede a electricidad y del 92,70% al 65,80% a gas por red, presentando el municipio de Maipú los valores más bajos en comparación con el resto de los municipios del AMM (Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas, 2021).

La morfología urbano-edilicia en el AMM es producto de un proceso histórico y sucesivos marcos regulatorios. Los códigos de edificación surgen en la década de 1970 con una base de criterios homogénea, modificados en el tiempo según necesidades en cada municipio, en consecuencia, resultado de numerosas ordenanzas. En 2017, el PPOT sienta las bases para un desarrollo ambiental y territorial sustentable; simultáneamente compromete a los municipios a elaborar su propio plan en esa misma línea. Entre el 2018 al 2021 se aprueban los planes municipales de ordenamiento territorial (PMOTs) en los municipios del AMM, que repercuten en la sistematización y actualización de los códigos urbanos y de edificación, además de diversas normativas referidas a zonificación y usos del suelo, indicadores, regímenes especiales para conjuntos habitacionales, entre otras, como también en la incorporación de regulaciones referidas a instrumentos económicos y de sostenibilidad urbano-edilicia.

Figura 1. Ubicación AMM y contorno del área de estudio.

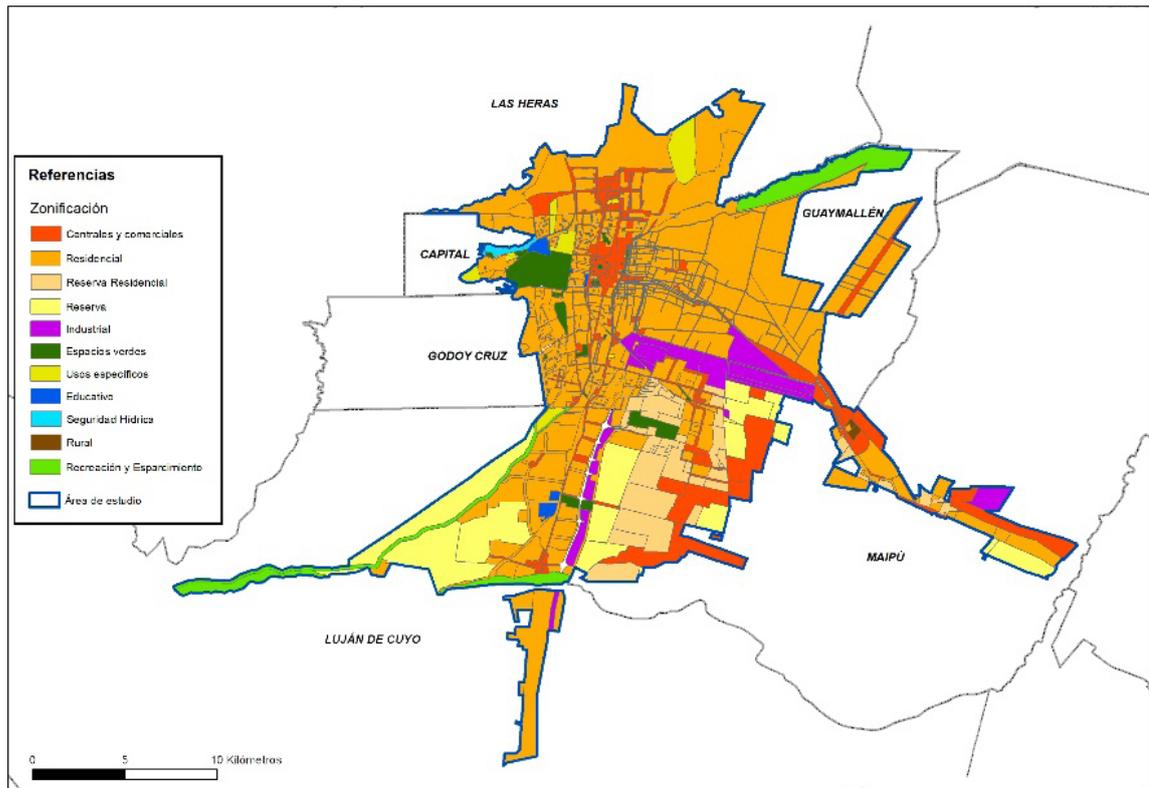


Fuente: Elaboración propia, colaboración cartográfica R. Cohn.

Conceptualmente, la zonificación delimita usos y condiciones de ocupación del suelo en una porción de territorio. El PPOT considera a la zonificación como una herramienta primordial para ordenar el territorio con el fin de tender al modelo territorial deseado de ciudad compacta y, a su vez, al AMM como una unidad territorial. En la actualidad la zonificación del AMM está conformada por seis zonificaciones municipales individuales.

La definición del área de estudio (45040,40 ha) del presente trabajo (contorno en figura 1) resulta de la fusión del área urbana 2017 según Molina et al. (2020); del área urbana PPOT propuesta en la Ley Provincial 8999/2017, y de las zonificaciones municipales relevadas, cuyos indicadores y usos del suelo (residenciales y comerciales urbanos) obedecieran los criterios de clasificación territorial del PPOT (figura 2). Cabe aclarar que se descartaron los sectores (5343,19 ha) de la zonificación municipal territorialmente aislados y zonas: industrial, espacios verdes (parques), usos específicos (ANAC, Autódromo, Cementerio, Ejército, Ex Aeroparque, etc.), educativo (universidades), seguridad hídrica (e Inundación Dique) y rural.

Figura 2. Macrozonificaciones municipales relevadas en el AMM.



Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal, colaboración cartográfica R. Cohn.

2. Metodología

En primera instancia, se relevaron exhaustivamente los marcos regulatorios en cada municipio, explorando documentación municipal (ordenanzas municipales, cartografías, otras) como también legislación provincial en bases de datos oficiales (Dirección General de Catastro, s.f.; Legislatura Mendoza, s.f.; otros) y fuentes documentales (exploración de archivos municipales y bibliotecas, compilación de documentos históricos recientes departamentales).

En el relevamiento de los marcos regulatorios se exploraron las legislaciones municipales, en la Tabla 1 se sintetizan las más relevantes.

Tabla 1. Marcos regulatorios vigentes.

Fecha	Municipio	Legislación	Detalle
1970	Luján de Cuyo ¹	Ordenanza 36	Código de edificación
1974	Maipú	Ordenanza 1.105	Código de edificación
1985, diciembre	Las Heras	Ordenanza 220	Código edificación
1994, abril	Guaymallén	Ordenanza 3.780	Código de Edificación y Ordenamiento Territorial

1. En adelante Luján.

Fecha	Municipio	Legislación	Detalle
2000 (2022, agosto: última actualización)	Ciudad de Mendoza ²	Ordenanza 0001	Código urbano y de edificación
2007 (2022, diciembre: última actualización)	Godoy Cruz	Ordenanza 5.519	Código urbano y de edificación
2011, febrero	Godoy Cruz	Ordenanza 5.924	Indicadores urbanos y microzonificación residencial
2011, marzo	Maipú	Ordenanza 4.900	Desarrollo de conjuntos edilicios
2013, julio	Maipú	Ordenanza 5.388	Modificación zonificación y Pautas Generales
2018, diciembre	Godoy Cruz	Ordenanza 6.876	Plan municipal de ordenamiento territorial (PMOT)
2019, agosto	Luján	Ordenanza 13.495	PMOT
2019, septiembre	Ciudad	Ordenanza 3.975	PMOT
2019, noviembre	Luján	Ordenanza 13.613	Código de ocupación del suelo
2019, diciembre	Ciudad	Ordenanza 3.978	Modificación del capítulo E. II. del código urbano y de edificación
2020, noviembre	Ciudad	Ordenanza 4.023	Asigna los usos del suelo a nuevas zonas
2020, diciembre	Las Heras	Ordenanza 56	PMOT
2020, diciembre	Ciudad	Ordenanza 4.039	Incorpora el capítulo E.VII. "construcciones sustentables y recurso de contribución compensatoria"
2020, diciembre	Luján	Ordenanza 13.883	Mayor aprovechamiento del suelo
2021, enero	Luján	Ordenanza 13.893	Código Urbanístico y Ambiental del Piedemonte
2021, febrero	Guaymallén	Ordenanza 9.169	PMOT
2021, junio	Maipú	Ordenanza 6.886	PMOT
2021, diciembre	Guaymallén	Ordenanza 9.349	Modifica planilla de usos del suelo del PMOT
2022, julio	Las Heras	Ordenanza 0011	Código urbano

Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal.

Asimismo se realizaron entrevistas no estructuradas con actores de la gestión urbana de los seis municipios para completar información; en consecuencia, se generó cartografía en formato GIS y una base de datos unificada para el AMM³. Con la cartografía se procedió a definir el área de estudio según el criterio expuesto anteriormente. La base de datos unificada contiene información de los indicadores del área de estudio, donde se identificó:

Zona: Superficie territorial delimitada (ha), regula y controla el uso del suelo.

Parcela: Porción indivisa de terreno, se regula superficie mínima (m²) y lado mínimo (m).

Rango Parcelario: Agrupación de superficies parcelarias para determinar indicadores.

Factor de Ocupación del Suelo (FOS): Porcentaje máximo (FOS máx) y mínimo (FOS mín) de ocupación de superficie parcelaria en planta baja respecto de la superficie cubierta.

2. En adelante Ciudad.

3. Estos bienes intensivos de conocimiento han sido elaborados en el marco de la Tesis Doctoral PUE de la primera autora, de manera individual y serían de aplicación para áreas gubernamentales de planificación territorial, como también para diversos actores públicos y privados interesados en la temática. Los archivos se encuentran alojados en INCIHUSA Digital el repositorio digital del INCIHUSA - CONICET y pueden consultarse en: <http://incihusa.mendoza-conicet.gob.ar/jspui/handle/9999/1098>.

Factor de Ocupación Total (FOT): Porcentaje máximo (FOT máx) y mínimo (FOT mín) de ocupación de superficie cubierta total en relación con la superficie parcelaria.

Factor de Infiltración del Suelo (FIS): Porcentaje de superficie parcelaria absorbente.

Factor de Suelo Natural (FSN): Porcentaje mínimo de superficie parcelaria que conserva las características naturales autóctonas.

Altura máxima de fachada⁴ (h fachada): Medida vertical (m) en la línea municipal⁵ desde nivel de vereda.

Basamento: Volumen edificado sin retiros hasta los límites parcelarios, se regula su condición (obligatorio, optativo, no permitido) y su altura (h basamento) medida (m) desde nivel de vereda hasta una altura prefijada.

Retiros: Recesos espaciales de la línea de edificación⁶ (m) respecto a los límites parcelarios, o línea municipal en caso del Retiro Frontal. Los retiros son: Frontal (RF), Frontal Torre (RF Torre), Lateral (RL), Lateral Torre (RL Torre), Lateral Unificado Torre (RLU Torre), Posterior (RPo), Posterior Torre (RPo Torre), en Esquina (RE), en Esquina Torre (RE Torre), Perimetral (RPe). Además, se contemplaron aquí: Separación entre Torres y/o Bloques (distancia entre construcciones de una parcela) y Proporción Torre (profundidad y ancho de una torre).

Altura máxima edificable (Hmáx): Verticalidad edilicia total (m) desde nivel de vereda.

Adicionalmente se registraron regulaciones especiales de conjuntos habitacionales (conjuntos edilicios, PH o condominio); beneficios económicos o en superficie cubierta por normativa paralela (construcciones sustentables o mediante contribución compensatoria⁷) e iniciativas conceptualmente sostenibles optativas u obligatorias (estándares mínimos de sustentabilidad, cargo por el equilibrio territorial, energías limpias, prácticas de desarrollo urbano de bajo impacto).

Seguidamente, se identificaron tres indicadores morfológicos comunes a los seis municipios, siendo: parcela, FOS máx y Hmáx. En cuanto al indicador parcela se estimó el rango parcelario; y en dos municipios, donde no es regulado, se consideró como tal al tamaño mínimo de parcela. Luego, se realizó un análisis estadístico donde se calcularon distintas medidas resúmenes y, posteriormente, por la cantidad y versatilidad de información, se profundizó dicho análisis mediante la técnica de árbol de decisión. Su estructura es un diagrama de flujo, inicia en un nodo raíz del cual salen ramas hacia los nodos de decisión, donde se realizan evaluaciones según el atributo del nodo (criterio) para continuar con el proceso, el cual culmina en los nodos terminales que constituyen los resultados (figura 3). Por su estructura es fácil de interpretar, además permite manejar varios tipos de datos (discretos o continuos), resultando una técnica sumamente propicia para el caso de estudio. En este sentido, se tomó como variable dependiente a los rangos parcelarios, ya que determinan el resto de los indicadores; por lo cual primero se segmentaron e identificaron grupos de rangos parcelarios, para luego analizar el resto de los indicadores y la relación entre ellos.

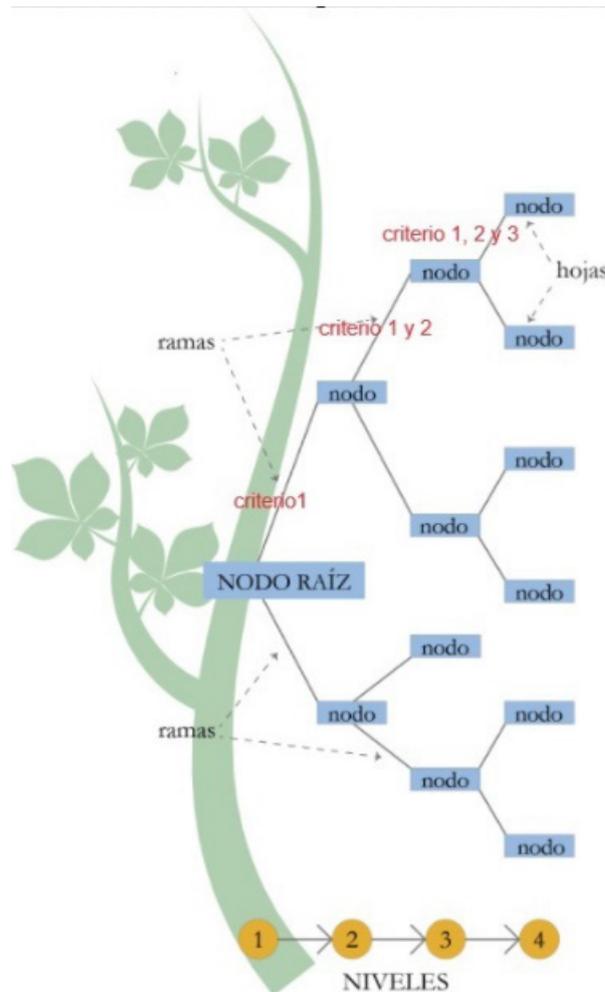
4. Frente de un edificio.

5. Límite entre el espacio público y el privado.

6. Límite hasta o desde el cual la municipalidad autoriza la construcción de un edificio en el frente de una parcela.

7. Instrumento por el cual los propietarios o inversores inmobiliarios acceden a un mayor aprovechamiento del suelo respecto de la regulación normativa de la zona mediante un tributo (económico o materialización de una obra).

Figura 3. Esquema de árbol de decisión.



Este esquema, que se lee de izquierda a derecha, corresponde a una representación gráfica de un árbol de cuatro niveles de nodos. El primer nivel, con un único nodo llamado raíz, contiene a la muestra completa. Según el criterio 1, que es el que más diferencia a los individuos de ese grupo, la muestra se subdivide en dos nodos en el siguiente nivel: los que verifican el criterio (en la rama ascendente) y los que no lo hacen (en la rama descendente). Los criterios se calculan mediante métodos como la ganancia de información, la impureza de Gini, o la reducción de varianza, dependiendo del tipo de variable predictora y el objetivo del modelo. Esto da como resultando reglas que permiten dividir el conjunto de datos de forma clara en dos grupos más homogéneos. Un nodo sin hijos se denomina nodo terminal u hoja.

Fuente: Elaboración propia, colaboración gráfica de M.C. Caminos-Diez.

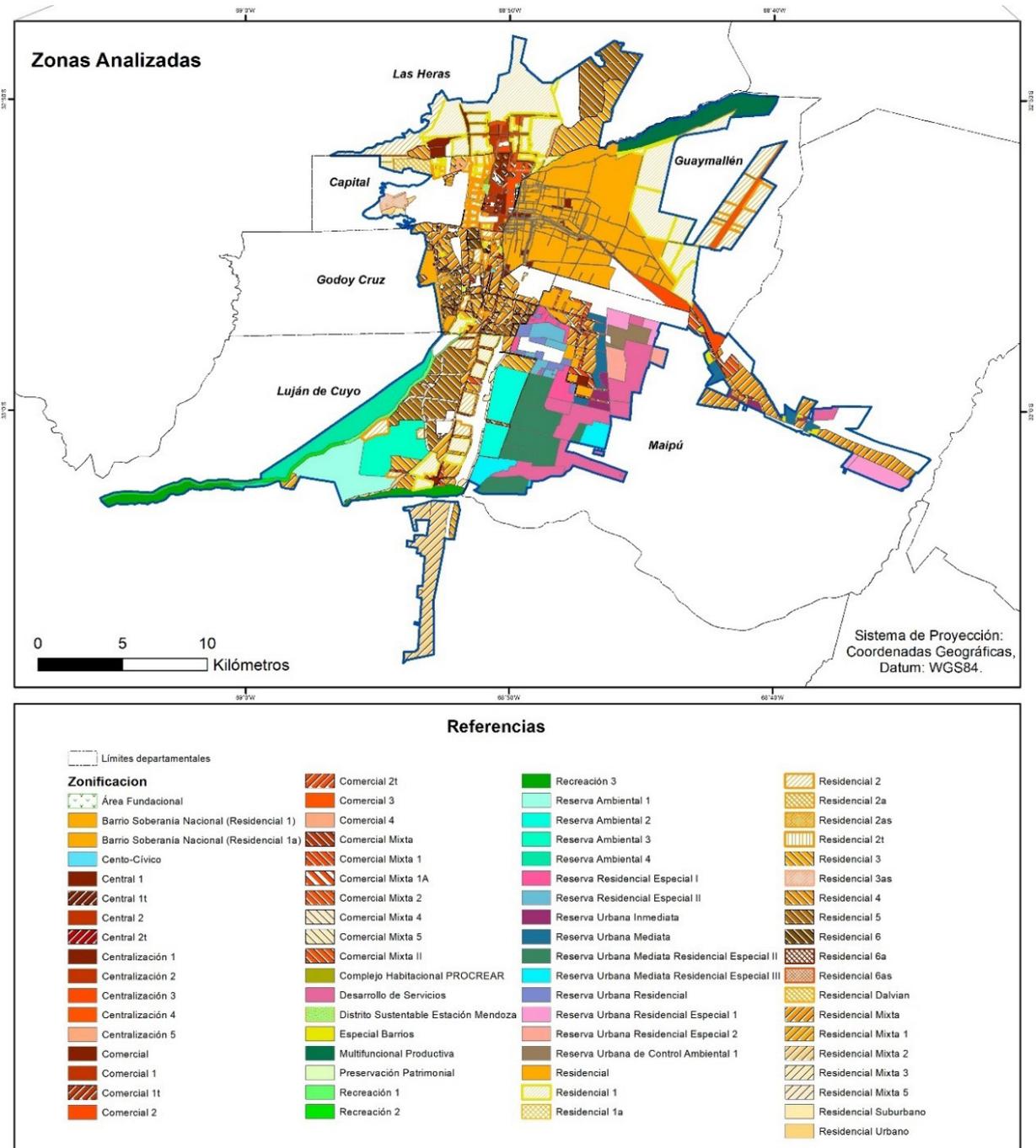
Finalmente se desarrollaron, a modo de conclusiones, las interpretaciones de su influencia en la morfología urbano-edilicia del AMM desde la perspectiva energética; para dar paso a las discusiones que serán materia de desarrollo en futuras publicaciones.

3. Resultados

La presentación de resultados comienza con el análisis de la zonificación en los seis municipios del AMM, mostrando cartografiadas las 133 áreas de estudio y una síntesis cartográfica. A continuación, se presentan los indicadores urbano-edilicios de cada municipio, simplificados en una base de datos. Posteriormente se analizan los rangos parcelarios y los indicadores FOS máx y Hmáx por rango parcelario. Por último, se exponen los resultados del estudio estadístico de clasificación de rangos parcelarios según el FOS máx y Hmáx, así como una clasificación conjunta de los rangos parcelarios considerando ambos indicadores.

Los resultados del relevamiento de la zonificación municipal se presentan en la Figura 4, con el recorte del área de estudio, compuesta de 133 zonas: 30 de Ciudad, 13 de Godoy Cruz, 24 de Guaymallén, 10 de Las Heras, 21 de Luján y 35 de Maipú.

Figura 4. Zonificación municipal analizada.

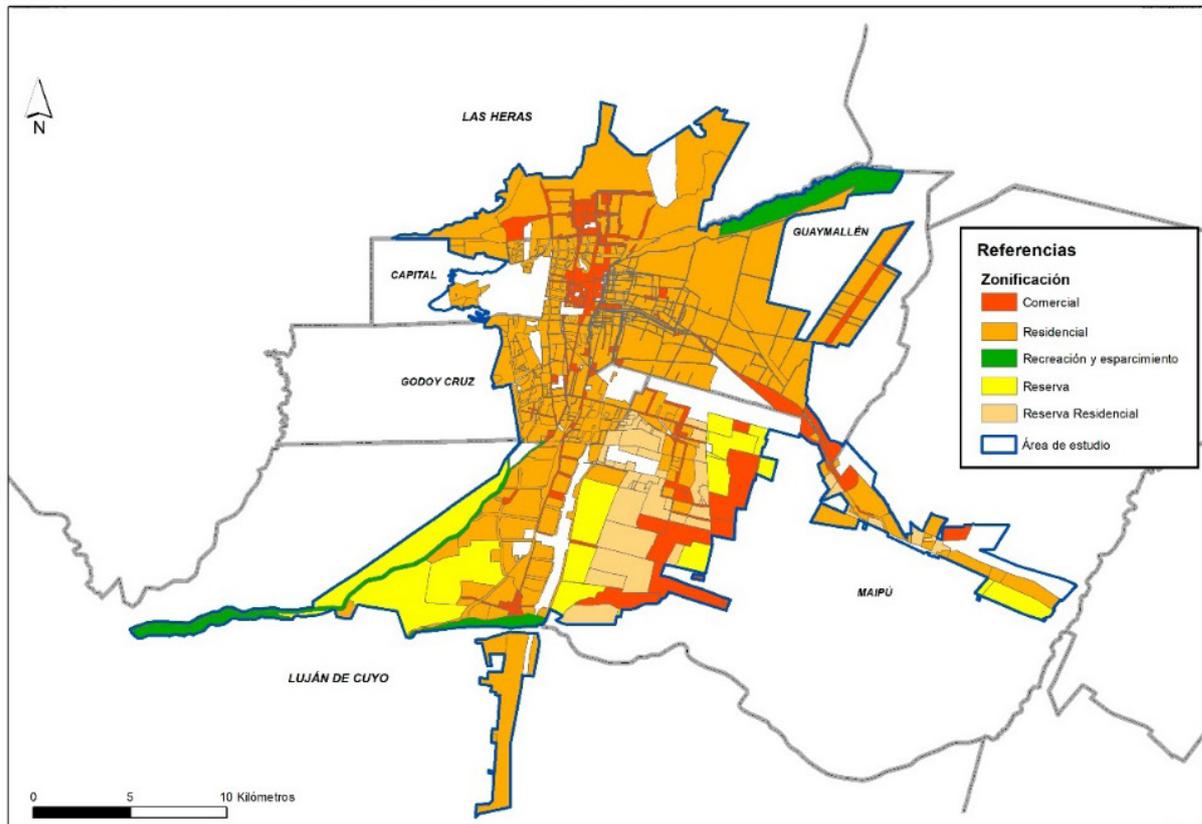


Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal, colaboración cartográfica R. Cohn.

El total de superficie de análisis comprende 39697,21 ha, dividiéndose por municipio de la siguiente manera: 4,90% pertenecen a Ciudad (1944,01 ha), 7,80% a Godoy Cruz (3096,26 ha), 25,68% a Guaymallén (10194,85 ha), 13,15% a Las Heras (5218,21 ha), 24,59% a Luján (9762,06 ha) y 23,89% a Maipú (9481,82 ha). Las zonas analizadas presentan una superficie media de 298,92 ha; una mediana de 139,51 ha; un valor mínimo de 1,07 ha y un máximo de 2529,24 ha.

Una vez identificadas las zonas municipales a analizar se las agrupó según su uso del suelo primario, denominándolas “macrozonas analizadas”, para una mejor visualización cartográfica (figura 5).

Figura 5. Macrozonas analizadas.



Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal, colaboración cartográfica R. Cohn.

Las regulaciones urbano-edilicias no rigen en los seis municipios por igual; existen coincidencias y discrepancias entre las que se regulan en más de un municipio; por lo tanto, se ha elaborado una base de datos estandarizada. La información relevada de indicadores por zona municipal (contemplada dentro del análisis), se sintetiza en la Tabla 2.

En cuanto a parcelas, las dimensiones mínimas en Ciudad y Godoy Cruz se basan en lo regulado por la Ley Provincial de Loteos (4341/1979); lo mismo sucede en algunas zonas de Maipú. En Luján y Maipú, al no regular rangos parcelarios por zona, se tomó como tal a la superficie mínima de parcela; en las zonas analizadas de Maipú donde están permitidos los Agrupamientos de Vivienda, se respetó el rango parcelario propuesto por la Ordenanza respectiva. Es importante mencionar que Agrupamiento de Viviendas es una tipología de vivienda colectiva, como también Edificios en Altura, ambas reguladas por la Ordenanza 4900/2011 de Conjuntos Edilicios y consiste en una regulación paralela a la vigente en la zona por su naturaleza optativa.

Tabla 2. Resumen conceptual de la base unificada para el AMM.

Municipio		CdM	GC	Guay	LH	LdC	Mai
Zonificación							
Densidad poblacional							
Parcela	Superficie mínima (m ²)						
	lado mínimo (m)						
	Rango (m ²)						
FOS	mínimo						
	máximo						
	en esquina						
FIS							
FSN							
Retiros	RF (m)						
	RF Torre (m)						
	RL (m)						
	RL Torre (m)						
	RLU Torre (m)						
	RPo (m)						
	RPo Torre (m)						
	RE						
	RE Torre						
	Proporción Torre						
Separación Torre							
Basamento: condición							
FOT	mínimo						
	máximo						
Alturas	fachada						
	basamento						
	máxima (m)						
Conjuntos Edilicios y PH o Condominio							
Contribución Compensatoria	Reducción superficie mínima parcela (m ²)						
	Reducción lado mínimo parcela (m)						
	Incremento FOS máximo						
	FIS						
	Incremento FOT máximo						
	Reducción RF (m)						
	Reducción RL (m)						
	Reducción RPo (m)						
Incremento Hmáx (m)							
Construcciones Sustentables							
Estándares Mínimos de Sustentabilidad							
Cargo para el Equilibrio Territorial							
Energías Limpias							
Desarrollo Urbano de Bajo Impacto							

Referencias de cobertura por zona:
 Prácticamente todas  La mayoría  Algunas  Pocas  Prácticamente ninguna 

Leyenda: Ciudad (CdM), Godoy Cruz (GC), Guaymallén (Guay), Las Heras (LH), Luján (LdC) y Maipú (Mai).

Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal.

Respecto al FOS, no presentan valor en tipología edilicia Perímetro Libre de las zonas analizadas de Las Heras. En las zonas analizadas de Maipú que permiten Agrupamientos de Vivienda, el FOS máx corresponde a lo exigido según la fórmula: $[1 - (\text{superficie libre} \times \text{unidad habitacional}) / \text{superficie parcela}]$, al no ser un valor numérico no pudo incluirse en el análisis estadístico. El FIS en Godoy Cruz equivale al Corazón de Manzana. En Maipú en las zonas analizadas que permiten Agrupamientos de Vivienda, el FIS recae a la exigencia: patio que permita circunferencia mínima 3 m de diámetro con el 70% del suelo permeable; además, el FOT mínimo en Maipú concuerda con el valor del Factor de Construcción.

En cuanto al basamento, la condición se refiere a si es obligatorio, optativo o no permitido. Respecto a los retiros se realizó una distinción entre aquellos correspondientes a torres y los que no. En Godoy Cruz, particularmente, los 4 m de retiro posterior exigidos por el corazón de manzana constituyen un RPo. El FSN en Luján corresponde a la Naturalidad Mínima exigida en las zonas del piedemonte.

Las alternativas de Contribución Compensatoria en Luján pueden aplicarse simultáneamente afrontando el costo de cada una. En Ciudad pueden implementarse en simultáneo con las iniciativas de Construcciones Sustentables sin superar el 30%. En Guaymallén las iniciativas de Contribución Compensatoria y Construcciones Sustentables son excluyentes. Finalmente, respecto a otras regulaciones, al carecer de valores numéricos simplificados, sólo se registraron algunas especificaciones (Otero & Arboit, 2021).

Los indicadores enunciados en la metodología no se encuentran presentes en todos los municipios, tampoco rigen para todas las zonas, aún menos en las regulaciones especiales; por ello, se tuvieron en cuenta aquellos comunes en los seis municipios. Debido a la información disponible para los seis municipios, los indicadores comunes contemplados en los marcos regulatorios urbano-edilicios, son: parcela, factor de ocupación del suelo máximo y altura máxima (tabla 2). El rango parcelario condiciona el valor cuantitativo de los indicadores. Así pues, el análisis estadístico de los indicadores urbano-edilicios, vigentes en los marcos regulatorios de los seis municipios del AMM, tomó como base los distintos rangos parcelarios dentro del área de estudio; para luego clasificar grupos en función de estos indicadores claves.

Cada municipio dentro de su zonificación define los indicadores urbano-edilicios en función del uso del suelo y del rango parcelario. Así, una zona puede presentar hasta cuatro opciones de indicadores diferentes dependiendo del tamaño de parcela. Por tanto, la zonificación del área de estudio se subdivide al considerar los rangos parcelarios, resultando en 382 casos después de la subdivisión. Estos casos se distribuyen por municipio de la siguiente manera: Ciudad 79, Godoy Cruz 51, Guaymallén 73, Las Heras 20, Luján 31 y Maipú 128 (tabla 3). Al analizar estadísticamente los rangos parcelarios dentro del área de estudio, en la Tabla 3, se aprecia su regulación individual por parte de cada municipio, evidenciando la falta de consenso al respecto. En la búsqueda de concurrencias se calcularon distintas medidas resúmenes, dentro de los rangos parcelarios se observa que la moda corresponde a las parcelas con superficies mayores a 1000 m², seguidamente de aquellas mayores a 300 m²; siendo coincidentes con las modas de cuatro de los seis municipios.

Tabla 3. Rangos de parcelas por municipio.

Rango Parcelario	CdM	GC	Guay	LH	LdC	Mai	Total	%
(750, 1000)	0	0	0	0	1	0	1	0,26
(200, 300)	0	0	0	0	0	31	31	8,12
(300, 500)	0	0	0	0	1	0	1	0,26
(300, 600)	0	0	4	0	0	0	4	1,05
(400, 1000)	11	0	11	0	0	0	22	5,76
(500, 1250)	10	0	0	0	0	0	10	2,62
(500, 650)	0	0	0	0	1	0	1	0,26

Rango Parcelario	CdM	GC	Guay	LH	LdC	Mai	Total	%
(500, 1000)	0	17	6	0	0	0	23	6,02
(600, 1000)	4	0	4	0	0	0	8	2,09
(650, 750)	0	0	0	0	1	0	1	0,26
<2000	0	0	0	0	1	0	1	0,26
<350	1	0	0	1	0	0	2	0,52
<900	1	0	0	1	0	0	2	0,52
≤400	11	0	11	0	0	0	22	5,76
≤5000	0	0	0	4	0	0	4	1,05
≤200	0	0	0	0	0	31	31	8,12
≤2000	0	0	0	4	0	0	4	1,05
≤300	0	0	4	0	1	0	5	1,31
≤500	10	17	6	0	0	0	33	8,64
≤600	4	0	0	0	0	0	4	1,05
≤750	0	0	0	0	1	0	1	0,26
≤1000	0	0	3	0	0	0	3	0,79
>1000	15	17	24	0	2	0	58	15,18
>1250	10	0	0	0	0	0	10	2,62
>2000	0	0	0	4	0	0	4	1,05
>250	0	0	0	0	0	3	3	0,79
>300	0	0	0	0	5	41	46	12,04
>500	1	0	0	0	7	4	12	3,14
>5000	0	0	0	5	0	0	5	1,31
>750	0	0	0	0	2	1	3	0,79
≥100	0	0	0	0	0	8	8	2,09
≥2000	0	0	0	0	4	0	4	1,05
≥900	1	0	0	1	0	0	2	0,52
>200	0	0	0	0	4	9	13	3,4
							382	

Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal.

En la Tabla 4, a continuación, se visualizan los valores obtenidos del análisis comparativo de los indicadores comunes a los seis municipios (FOS máx y Hmáx) por rango parcelario, en las 133 zonas contempladas dentro del área de estudio.

Tabla 4. Indicadores FOS máx y Hmáx por rango parcelario.

Rango Parcelario	FOS máx					Hmáx				
	n	Media	Mín	Máx	Mediana	n	Media	Mín	Máx	Mediana
(750, 1000)	1	0,35	0,35	0,35	0,35	1	8	8	8	8
(200, 300)						31	9	9	9	9
(300, 500)	1	0,6	0,6	0,6	0,6	1	8	8	8	8
(300, 600)	4	0,68	0,6	0,75	0,68	4	9	9	9	9

(400, 1000)	22	0,64	0,5	0,75	0,63	20	19,9	9	30	25
(500, 1250)	10	0,7	0,45	0,8	0,7	10	40,6	33	48	41
(500, 650)	1	0,45	0,45	0,45	0,45	1	8	8	8	8
(500, 1000)	23	0,68	0,5	0,75	0,7	17	19,76	6	45	18
(600, 1000)	8	0,55	0,5	0,7	0,5	8	17,5	9	26	17,5
(650, 750)	1	0,45	0,45	0,45	0,45	1	8	8	8	8
<2000	1	0,45	0,45	0,45	0,45	1	8	8	8	8
<350	2	0,55	0,5	0,6	0,55	2	8,25	8	8,5	8,25
<900	2	0,55	0,5	0,6	0,55	2	8,25	8	8,5	8,25
≤400	22	0,7	0,6	0,8	0,7	20	19	9	30	21,5
≤5000	4	0,49	0,35	0,6	0,5	4	8	8	8	8
≤200						31	9	9	9	9
≤2000	4	0,6	0,6	0,6	0,6	4	12	9	15	12
≤300	5	0,69	0,6	0,75	0,75	5	8,8	8	9	9
≤500	33	0,73	0,5	0,85	0,75	27	22,41	6	45	25
≤600	4	0,6	0,6	0,6	0,6	4	21	21	21	21
≤750	1	0,45	0,45	0,45	0,45	1	8	8	8	8
≤1000	3	0,4	0,4	0,4	0,4	3	10	6	18	6
>1000	58	0,59	0,35	0,8	0,6	50	19,7	6	45	18
>1250	10	0,6	0,4	0,7	0,6	10	62,3	48	71	59
>2000						4	36	36	36	36
>250	3	0,38	0,38	0,38	0,38	3	8	8	8	8
>300	15	0,67	0,5	0,9	0,6	46	9,46	8	21	9
>500	12	0,52	0,35	0,8	0,48	12	9,88	8	21	8
>5000						5	36	36	36	36
>750	3	0,37	0,35	0,4	0,35	3	9	8	11	8
≥100	7	0,81	0,8	0,9	0,8	8	11	11	11	11
≥2000	4	0,36	0,3	0,45	0,35	4	11,25	8	15	11
≥900	2	0,55	0,5	0,6	0,55	2	8,25	8	8,5	8,25
>200	13	0,73	0,5	0,9	0,8	13	13,62	8	21	11
	279					358				

Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal.

Se aprecian rangos parcelarios dentro de la zonificación municipal sin valores para FOS máx, aun tomando aquellos comunes en los seis municipios. En general, se advierten valores promedio similares a las medianas para ambos indicadores. Usualmente, dentro de la regulación, el valor de FOS máx más alto se regula para parcelas de menor superficie, sucediendo lo contrario para superficies parcelarias mayores; como por ejemplo en la zona Centralización 1 de Ciudad para parcelas $\leq 500 \text{ m}^2$ corresponde un FOS máx de 0,85 mientras que para parcelas $\geq 1251 \text{ m}^2$ es de 0,70. Al calcular la correlación entre FOS máx y Hmáx, los valores de FOS máx $\geq 0,60$ no resultan ser significativo con Hmáx ($r^8 = -0,01$); lo mismo sucede con los valores de FOS máx $\geq 0,65$ ($r = -0,16$), $\geq 0,70$ ($r = -0,17$) y $\geq 0,75$ ($r = -0,08$).

8. Coeficiente de relación "r". Determina la correlación entre dos variables, es un valor sin unidades entre 1 y -1, cuanto más se aproxima a 1 más fuerte es la relación lineal, cuando es 0 no hay relación. El 1 indica relación directa (positiva), el -1 relación inversa (cuando una variable crece la otra decrece).

En continuidad con el objetivo propuesto se emplearon árboles de decisión para clasificar el rango de parcela en función de los valores FOS máx y Hmáx.

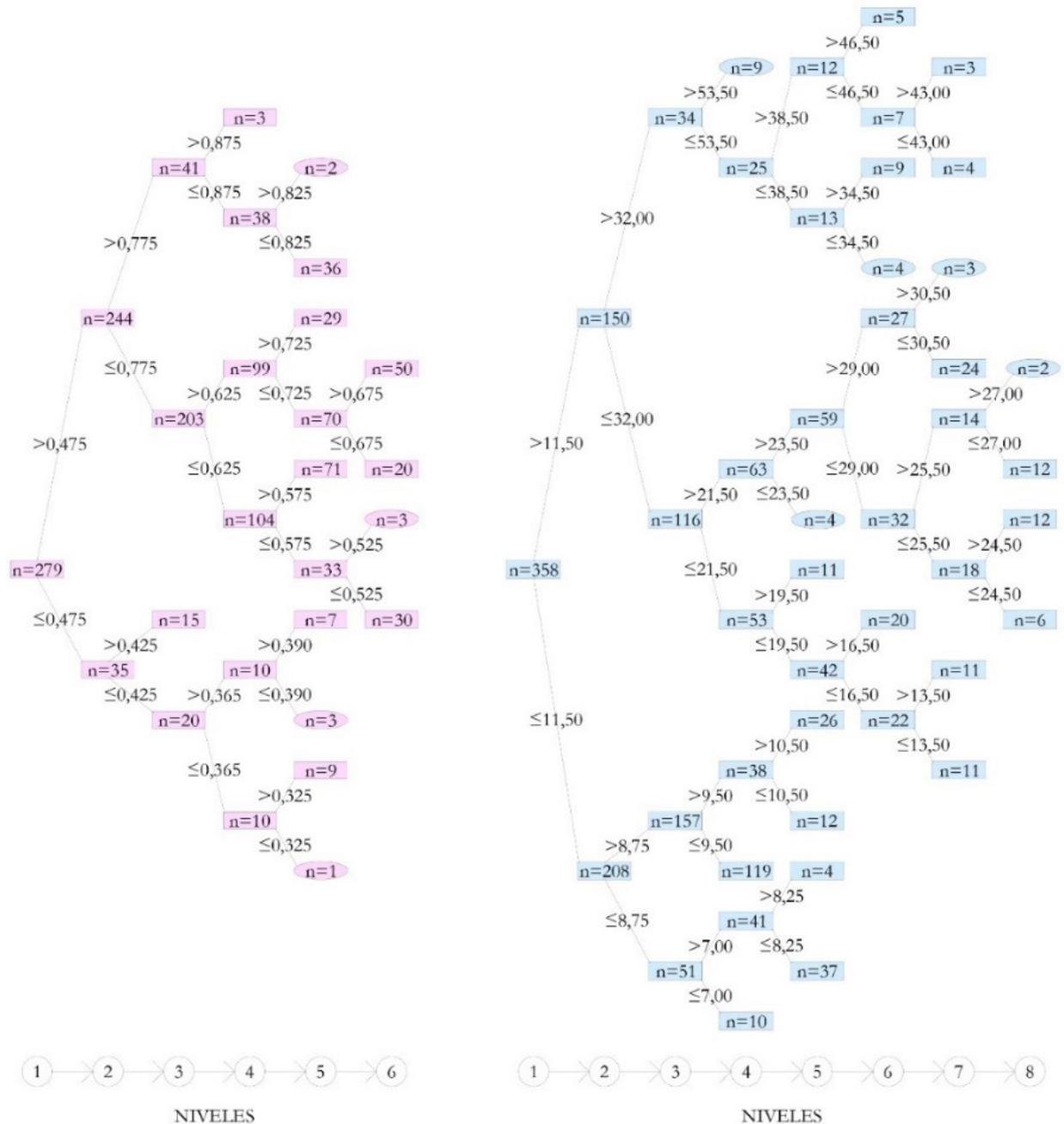
Clasificación de rangos parcelarios en función de FOS máx. La Figura 6 (izquierda) presenta un nodo raíz con ramificaciones. El número total de elementos de la muestra contenido en el nodo raíz se divide en subconjuntos o grupos (n representa la cantidad de regulaciones de cada muestra/grupo). La raíz principal del árbol FOS máx, compuesta por 279 elementos, está particionada⁹ en dos nodos en el siguiente nivel¹⁰ llamados nodos hijos: abajo ($\leq 0,475$) y arriba ($> 0,475$), con 35 elementos hacia abajo y 244 hacia arriba, un 12,5% de normativa contempla un FOS máx $\leq 0,475$ y un 87,5% regula FOS máx $> 0,475$. Cada uno de los nodos hijos se divide nuevamente en dos nodos en el siguiente nivel y así sucesivamente. En el cuarto nivel se pueden observar los extremos hacia arriba y abajo del árbol $> 0,875$ ($n = 3$, correspondiente al área comercial en Maipú y Luján) y $\leq 0,365$ ($n = 10$, corresponden a regulaciones de áreas: residencial, recreación y reserva; mayoritariamente de Luján y también de Las Heras y Ciudad). En el quinto nivel de nodos el mayor número de datos ($n = 71$, pertenecientes a todos los municipios) se observa en FOS máx $> 0,575$ (entre valores de 0,575 y 0,625) regulando entre 38% y 42% libre de edificación del terreno. El árbol tiene 6 niveles de nodos. La finalidad del particionamiento es la obtención de la mayor homogeneidad en los nodos terminales y una medida cuantitativa de la homogeneidad es la noción de impureza del nodo dada por el número de sujetos que cumplen la característica en el nodo/el número total de sujetos en el nodo. En este último nivel de nodos existen 4 nodos terminales de los cuales, el de mayor representatividad es $> 0,675$ ($n = 50$, entre valores de 0,675 y 0,725) representando entre 33% y 28% del terreno libre de edificación.

Clasificación de los rangos parcelarios en función de Hmáx. Los resultados estadísticos para el AMM muestran que los valores de Hmáx normados por los seis municipios se ramifican hacia dos nodos (figura 6 derecha): $\leq 11,50$ ($n = 208$) y $> 11,50$ ($n = 150$); los 11,50 m equivalen aproximadamente a 4 niveles de edificación. El 58,1% de la normativa se orienta a edificaciones $\leq 11,50$ m, lo que equivale a baja altura edilicia. Este árbol presenta ocho niveles. En el tercer nivel el nodo con mayor representatividad ($n = 157$) regula alturas edilicias entre 8,75 y 11,50 m (3 y 4 niveles) correspondiendo al 44% de la regulación. A partir del cuarto nivel del árbol se pueden observar dos nodos terminales ubicados en los extremos, abajo (≤ 7 , Guaymallén) y arriba ($> 53,50$, de Ciudad), este último corresponde al valor máximo y, además, constituye un nodo puro, entendiéndose como aquel donde todas las normativas caen en una misma categoría de rango parcelario, en este caso particular en parcelas mayores a 1250 m². En el último nivel, existen 4 nodos terminales de los cuales los de mayor representatividad tienen 12 elementos cada uno, siendo Hmáx $> 24,50$ m y ≤ 27 m; regulando entre 8 y 9 niveles edilicios.

9. Criterio calculado mediante la impureza Gini para generar el árbol de clasificación.

10. Se entiende por nivel o niveles a la cantidad máxima de decisiones (desde el nodo raíz a uno terminal) + 1.

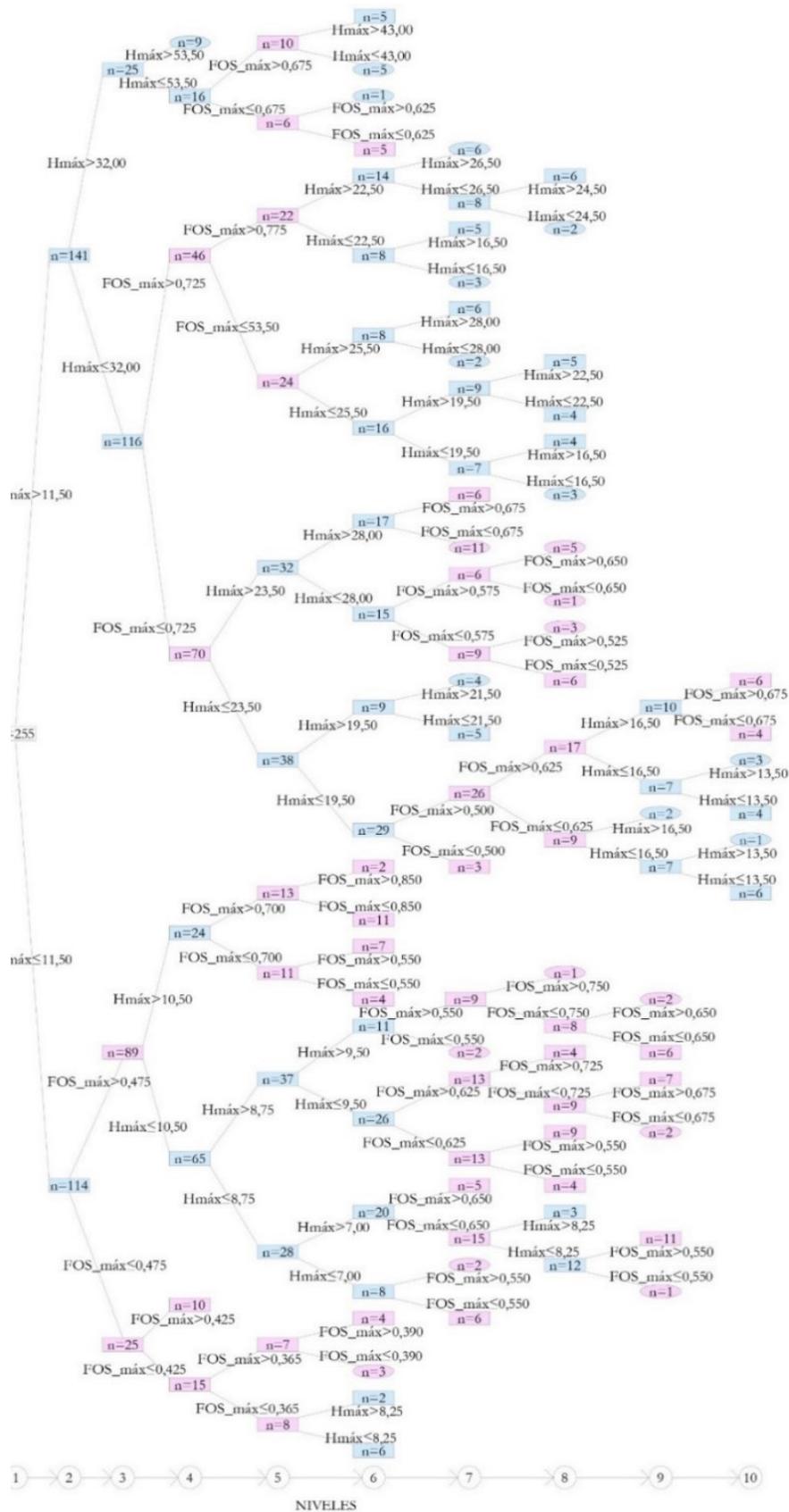
Figura 6. Árboles de decisión para FOS máx (izquierda) y Hmáx (derecha).



Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal.

En la Figura 7 se muestra el árbol que clasifica a los rangos parcelarios según las dos variables independientes de manera conjunta.

Figura 7. Árbol de decisión conjunto.



Fuente: Elaboración propia, en base a normativa municipal. Nota: Decisión de FOS máx en color celeste y de Hmáx en color lila.

Clasificación de los rangos parcelarios en función de FOS máx y Hmáx. En la Figura 7 el árbol presenta una raíz con 255 elementos distribuidos en diez niveles de nodos. La primera subdivisión del conjunto, con 55,29% de leve inclinación hacia arriba, propone al indicador Hmáx como nodo decisión con alturas menores o iguales (abajo) y mayores (arriba) a 11,50 m. En la decisión del nodo dos aparece el indicador FOS máx, en la ramificación inferior, y nuevamente Hmáx, en la superior. Los primeros nodos terminales se muestran en el cuarto nivel, el del extremo arriba (Hmáx > 53,50 m) constituye un terminal puro para un rango parcelario mayor a 1250 m². El nivel con mayor cantidad de nodos terminales es el octavo (15), mientras el séptimo presenta el mayor número de casos de nodos puros (7). Este árbol presenta una gran cantidad de nodos puros (23) para distintos rangos parcelarios, cuya ramificación con más casos es la de arriba (16). La correlación entre FOS máx y Hmáx resulta ser una correlación muy baja $r = 0,170$. Es importante mencionar que la probabilidad más alta se encuentra en línea con los análisis individuales de los indicadores y recae en parcelas mayores a 1000 m² en este caso con un valor del 20%; siendo coincidente con la moda en la Tabla 3.

4. Discusión

La planificación territorial, es una disciplina fundamental de la geografía que busca ordenar y gestionar el espacio con desafíos urbanos asociados a la expansión y a los consumos energéticos. Los sectores científicos y los liderazgos de las sociedades más avanzadas han llegado a un consenso global acerca de la necesidad de alcanzar la sostenibilidad en mediano plazo. El uso de la energía en el ambiente construido es, sin lugar a dudas, uno de los aspectos esenciales que deben abordar planificadores y diseñadores en el camino hacia ese objetivo ambicioso y elusivo. Por ello, el estudio de normativas urbano-edilicias es fundamental para encauzar el desarrollo de ciudades sostenibles. Mucho se ha discutido acerca de la interrelación entre consumo de energía y morfología urbana. El consumo de la energía en ciudades puede dividirse en dos sectores principales: transporte y edificación. El primero refleja la influencia de la forma urbana en la escala “macro”, sus funciones internas y las conexiones regionales; el segundo depende principalmente de las condiciones de la escala “micro”, como la configuración de vecindarios, espacios urbanos, morfología y tecnología de los edificios. Mientras que los avances en tecnologías edilicias energéticamente eficientes ofrecen una contribución significativa y bien conocida en este sentido, la morfología urbana presenta una más limitante y compleja problemática, donde las mejores alternativas, física y legalmente viables deben ser claramente definidas (Arboit, Mesa, & de Rosa, 2005).

Dentro del paradigma de sostenibilidad urbana, la ciudad compacta está ampliamente respaldada (Urios, Colomer & Portalés, 2020), aunque se pueden mencionar resultados divergentes desde diversas teorías y modelos confrontados (Bibri, 2021; Rueda, 2019). Los resultados obtenidos mediante el análisis de normativas respecto a la congruencia de los indicadores con los objetivos PPOT posibilitan un análisis en estas dos escalas, macro y micro, para que sean acordes con el objetivo de una ciudad compacta y sostenible.

En la macro escala, la forma y expansión urbana influenciadas por los usos del suelo permitidos, repercute en los consumos relacionados al transporte y la edificación. Así pues, en la cartografía se observa que el 9,96% de la superficie metropolitana corresponden a zonas industriales, educativa, espacios verdes, otras (figura 2); el 51,75% de la superficie es residencial y el restante 38,29% corresponden a otros usos (centrales y comerciales, reserva residencial, reservas, otras) pero que

permiten usos residenciales, alcanzando al 90,04% del AMM. Esto propicia la expansión urbana con nuevas construcciones residenciales en la periferia. La base de datos cartográfica actualizada y unificada, permite integrar la información disponible sobre usos de suelo (considerando aquellos relevantes para la movilidad: educacionales, comercios, administrativos, otros), que constituyen los principales núcleos atractores y explican la “generación y atracción de viajes” (importante para describir la movilidad). En este contexto, se aborda el concepto de ciudad compacta (relacionada a un transporte público eficiente y modos activos) como una posible solución para mitigar la expansión urbana (asociada al automóvil) y promover la sostenibilidad.

En la microescala los resultados de los indicadores comunes FOS máx y Hmáx en los 6 municipios muestran que la normativa es predominantemente de baja ocupación del suelo (73% de la normativa regula entre el 52,5% y 22,5% de la parcela libre de construcción) y baja altura edilicia (58,1% de la normativa regula edificaciones $\leq 11,50$ m); lo que se asocia a un modelo de ciudad difusa. Trabajos previos, en el AMM (Mutani, Fontanive & Arboit, 2018), sobre consumo energético de gas (kWh/m²) permitieron determinar un menor consumo para la zona central de la ciudad (entornos de mayor compacidad) y un aumento hacia zonas periféricas (entornos dispersos -baja ocupación del suelo y baja altura edilicia-). Por lo tanto, puede afirmarse que los entornos residenciales de alta densidad edilicia son más eficientes energéticamente que aquellos con viviendas unifamiliares independientes (Arboit, Maglione & Otero, 2022).

Estos resultados son consistentes con la discusión sobre la importancia de alinear los marcos regulatorios con los objetivos de planificación sostenible. La identificación de discrepancias con los objetivos del PPOT destaca la necesidad de revisar y ajustar las normativas urbano-edilicias de los municipios.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de la normativa utilizando árboles de decisión demuestran la efectividad de los métodos estadísticos en las problemáticas urbanas complejas. La aplicación de árboles de decisión ha permitido clasificar indicadores relevantes para la planificación urbana sostenible.

Establecer una relación clara entre los marcos regulatorios y la eficiencia energética, resulta relevante para el diseño e implementación de regulaciones con desafíos energéticos. La metodología de análisis de los marcos regulatorios urbano-edilicios aquí desarrollada se puede extrapolar a otras áreas metropolitanas de América Latina, ya que se comparten los mismos desafíos en cuanto a la gestión metropolitana y la planificación urbana debido a nuestros orígenes, desarrollo y realidades compartidas (Silva, 2022; Ortiz-Sánchez, Fernández-Salas & Devoto-Ykeho, 2020). Además, los resultados y las recomendaciones derivadas de este estudio podrían generar interés en investigadores, profesionales del sector y responsables de la toma de decisiones en otros lugares, fomentando así la posibilidad de replicar y adaptar este enfoque metodológico en diferentes contextos urbanos y edilicios.

A continuación, se enuncian puntos en común (fragmentación administrativa, desarticulación normativa y falta de acceso a la información) con otras áreas metropolitanas, como es el caso del estudio sobre derecho y planificación urbana (Ortiz-Sánchez, Fernández-Salas & Devoto-Ykeho, 2020). Estas coincidencias, se han identificado en las normativas relacionadas a zonificación de usos del suelo e indicadores urbano-edilicios dentro del diagnóstico de los marcos regulatorios del AMM:

Fragmentación administrativa. Si bien, desde la aprobación de los PMOTs, las normativas reflejan algunos aspectos comunes en cuanto a la clasificación territorial, la ocupación del suelo y la zonificación; cada municipio es autónomo y gestiona su territorio individualmente. Así se evidencian, primero, distintos criterios en las normativas edilicias y urbanas y, segundo, diversos ritmos y volúmenes de actualizaciones de estas. El AMM es una unidad territorial que debe funcionar como tal, debiendo reflejarse esa lectura en las normativas al considerar aspectos morfológicos comunes a todos los municipios dentro de sus indicadores, esto no significa regular sus territorios de forma equitativa, con similares valores de indicadores, sino estimarlos respetando sus particularidades.

Desarticulación normativa. Son notables las actualizaciones en los marcos regulatorios, no obstante, existen municipios funcionando con normas desactualizadas, sin integración y con dificultad para su acceso, como es el caso de Maipú. Es importante reforzar la lectura de unidad territorial desde los marcos regulatorios urbano-edilicios, donde las actualizaciones, modificaciones y derogaciones parciales de normativas no desvirtúen tal lectura. Para ello, es necesaria la sistematización de las regulaciones en un documento único. Y a pesar de funcionar así en algunos municipios, las estructuras entre ellos son distintas. A partir de este trabajo se propone establecer una estructura base para los seis municipios accesible mediante plataformas digitales. La sistematización no solo beneficiará a los ciudadanos, técnicos y profesionales, sino también a los funcionarios de planificación. Procesos como la aprobación de permisos de construcción o cambios de zonificación se verán favorecidos al contar con normativas sistematizadas para diversos profesionales. Lo mismo ocurrirá con las actualizaciones del PPOT y PMOTs en el futuro.

Acceso a la información. Durante las etapas más rígidas de la pandemia se crearon y/o actualizaron los digestos municipales digitales, también se crearon mapas digitales (observatorios territoriales); constituyendo un avance incipiente a la accesibilidad de datos quedando un gran camino por recorrer. Cabe mencionar que las normativas regulatorias claras y ejecutables, sin complicaciones de accesibilidad y gestión, garantizan la aplicabilidad, es decir se tornan efectivas evitando así nuevas edificaciones o refuncionalizaciones realizadas sin permiso de construcción (Cristino et al., 2021).

5. Conclusiones

Este trabajo realizó un relevamiento y análisis de los marcos regulatorios municipales vigentes del AMM, con el cual logró compilar en una base de datos unificada la reglamentación urbano-edilicia, elaborar cartografía ajustada y unificada, presentar la situación actual de los marcos regulatorios urbano-edilicios e identificar la congruencia de los indicadores con el objetivo de una ciudad compacta y sostenible planteado por el PPOT.

La zonificación municipal delimita sectores territoriales prohibiendo, restringiendo o permitiendo usos del suelo, y en función de estas actividades define indicadores urbano-edilicios. La zonificación de usos del suelo del AMM (figuras 2, 4 y 5) muestra amplia diversidad y expansión de zonas residenciales, intra e intermunicipales, seguidas de las comerciales. La visualización de usos predominantes del suelo resulta útil para proyectar infraestructura, servicios y equipamientos, como para controlar la expansión urbana desestimando la conversión del suelo del piedemonte y agrícola para usos residenciales. Cada municipio participa de manera diferente dentro del AMM, el que mayor superficie territorial aporta es Guaymallén, seguido de Luján y Maipú, no obstante, Ciudad es el que menos superficie presenta es uno de los que mayor cantidad de zonas regula; por

tanto, es necesario un trabajo municipal conjunto para proyectar la zonificación de usos del suelo en la unidad territorial (AMM).

En los resultados se evidencia la carencia de consenso en la regulación de los rangos parcelarios en el AMM; donde Ciudad, Godoy Cruz y Guaymallén establecen un rango parcelario y el resto trabaja con las dimensiones mínimas de parcelas (único rango parcelario). Es importante mencionar que los indicadores urbano-edilicios se determinan en función al tamaño de parcela. Siguiendo la idea del AMM como unidad territorial, sería importante definir un criterio acordado intermunicipal respecto a las dimensiones mínimas de parcelas y rangos parcelarios, donde luego cada municipio opte por el rango y sus correspondientes indicadores más acordes a su realidad territorial.

En cuanto a los indicadores analizados en Ciudad, Godoy Cruz, Las Heras y Luján se subordinan a la zonificación municipal y, como ya se enunció, a los rangos parcelarios en aquellos municipios donde se encuentran regulados. En Guaymallén están sujetos a una escala de edificabilidad, lo que permite encontrar indicadores distintos en una misma zona; en este sentido, la zonificación regula los usos permitidos del suelo y la intensidad de ese uso la escala de edificabilidad. En Maipú también se presentan indicadores distintos para una misma zona, donde en ocasiones son sectores pertenecientes a diferentes distritos, pero en otras no; además, se observan valores de indicadores similares en zonas urbanas, de interfaz y algunas rurales, estimulando el consumo de suelo para uso urbano en sectores agrícolas. Existen indicadores con mayor relevancia en unos municipios respecto de otros, siendo un reflejo de sus diversas realidades como de su autonomía; este es el caso de dimensiones mínimas de parcelas o de los indicadores referidos a la tipología edilicia torre. Los indicadores FOS y FOT, como patrón general en todos los municipios, favorecen la densificación de zonas comerciales.

Los indicadores relevados no rigen en todas las zonas o municipios. El análisis comparativo se realizó a los indicadores comunes en los seis municipios, FOS máx y Hmáx, cuya base resultó ser el rango parcelario por condicionar el valor cuantitativo de estos. Respecto del FOS máx, en los resultados se advierte una mayor intensidad de uso del suelo en parcelas más pequeñas respecto a aquellas con superficies mayores. Esta situación plantea una heterogeneidad edilicia por zona en municipios que regulan sus indicadores según un rango parcelario y una homogeneidad edilicia en aquellos cuyo rango parcelario único corresponde a las dimensiones mínimas de parcelas (Las Heras¹¹, Luján y Maipú). En cuanto a la Hmáx en ciertas parcelas con mayores superficies corresponden alturas mayores. Esta condición sumada a la anterior puede interpretarse como una intencionalidad edilicia aislada en parcelas de mayor superficie y una compacta en parcelas menores. Reafirmandose la heterogeneidad edilicia por zona.

En el análisis de árboles de decisión se visualiza un 73% de la normativa regulando ocupaciones del suelo con un FOS máx entre 0,475 y 0,775, lo que equivale a 52,5% y 22,5% de la parcela libre de construcción respectivamente; y alturas edilicias medias y bajas, con un gran desarrollo hacia la última; por tanto, se puede afirmar que los marcos regulatorios del AMM norman mayoritariamente uso del suelo extensivo con baja altura edilicia. No obstante, es posible incrementar la superficie cubierta a cambio de una contribución económica destinada a obras públicas en cuatro municipios: Ciudad, Godoy Cruz, Guaymallén y Luján. Cada municipio según diversos criterios ha establecido la posibilidad de modificar uno o varios indicadores, en qué porcentajes se pueden

11. Si bien, Las Heras presenta rangos parcelarios, estos manejan grandes superficies (Centralización $\geq 2001 \text{ m}^2$ y Residencial $\geq 5001 \text{ m}^2$) entendiéndose la intencionalidad de homogeneidad edilicia.

modificar, en qué zonas o sectores del municipio aplica, a qué obras le destinará los fondos, etc. En este sentido, algunos municipios se muestran más rigurosos en cuanto a la aplicación de la reglamentación, permitiéndola en acotados sectores y limitando las posibilidades de modificación de indicadores (Ejemplo: Godoy Cruz permite Mayor Aprovechamiento del Suelo en dos sectores, Guaymallén permite Incremento Potencial Edificable solo en el área urbana y no permite en construcciones sustentables); otros municipios resultan más flexibles, en cuanto a la cantidad de opciones para modificar indicadores y su disponibilidad de aplicación en distintas zonas (Ejemplo: en Ciudad rige Recurso de Contribución Compensatoria para todo el municipio, en Luján rige Mayor Aprovechamiento del Suelo para varias zonas y diversas opciones de modificación de indicadores). Adicionalmente, en Ciudad, el incremento de superficie se propone como incentivo para construcciones sustentables a gran escala. Es imprescindible que el beneficio obtenido por ambos intervinientes (municipio y propietario), al modificar los indicadores, no restrinja posibilidades energéticas pasivas a su entorno cercano, ni altere considerablemente la fisonomía urbana modificando las características particulares de cada zona (Otero & Arboit, 2021; Arboit, Maglione & Otero, 2022).

En la actualidad, existe una variedad de medidas, estrategias o indicadores vinculados a la sostenibilidad urbana dentro de los marcos regulatorios vigentes, destacándose Ciudad como el único municipio con requerimientos mínimos de manera obligatoria (tabla 2). La mayoría de las medidas mencionadas son aplicables a desarrollos habitacionales nuevos, restando estrategias dirigidas a renovación edilicia de la trama consolidada. Muchas estrategias se aplican a sectores reducidos cuando se observa la posibilidad de aplicación en todo el municipio con sus correspondientes ajustes, como: las pautas de diseño urbano de bajo impacto que sólo rigen para el piedemonte de Luján o el incentivo para edificaciones sustentables el cual sólo rige para el área urbana de Guaymallén.

Este trabajo resalta la necesidad del seguimiento periódico de indicadores y estrategias implementadas en los marcos regulatorios municipales para ajustar, crear o desestimar instrumentos legales y económicos según los objetivos sostenibles planteados; siendo de gran utilidad todas las herramientas que agilicen la gestión municipal. Los árboles de decisión podrían identificar los nodos presentes en todos los municipios para definir criterios comunes aplicables promoviendo la coherencia y alineación normativa. Es importante analizar las normas que se aplican a los nodos finales, como a los cortes anteriores, para impulsar la unificación de criterios. Como continuación de este trabajo se espera, a futuro, profundizar con el análisis de algunos indicadores específicos en el caso de estudio e indagar sobre las correlaciones entre dichos indicadores de la morfología urbano-edilicia y los consumos energéticos. A fin de determinar estrategias de intervención hacia la consecución del objetivo del PPOT de configurar una ciudad compacta y sostenible.

A modo de resumen, en la macro escala, la distribución del uso del suelo refleja una estructura urbana que permite una expansión residencial, lo cual no es congruente con el objetivo de una ciudad compacta y se asocia a mayores consumos energéticos relacionados al transporte. A microescala, las normativas relacionadas con los indicadores comunes FOS máx y Hmáx en los 6 municipios favorecen un modelo de ciudad difusa, lo que resulta en mayores consumos energéticos relacionados con la edificación. En relación con los rangos parcelarios, la heterogeneidad de criterios comunes es el principal desafío a resolver a futuro, mientras que la aplicación de árboles de decisión ha permitido clasificar indicadores comunes en el AMM para una planificación urbana sostenible. Finalmente, se subraya la necesidad de revisar y ajustar las normativas urbano-

edilicias para alinearlas mejor con los objetivos del PPOT e implementar un sistema normativo integrado para los municipios que facilite la planificación coordinada y sostenible.

Bibliografía

- Arboit, M., Maglione, D. & Otero, D. (2022). Determinación de variables edilicias presentes en morfologías del Área Metropolitana de Mendoza para la eficiencia energética. *Revista de Urbanismo*, (47), 136-160. doi: 10.5354/0717-5051.2022.65608
- Arboit, M., Mesa, N. & de Rosa, C. (2005). Potencial energético de la ganancia solar directa en medios urbanos consolidados de zonas áridas andinas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, (9), 73-78. Recuperado de <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82338>
- Asarpota, K. & Nadin, V. (2020). Energy Strategies, the Urban Dimension, and Spatial Planning. *Energies*, 13 (14), 3642. doi: 10.3390/en13143642
- Basso, M., Arboit, M., Mesa, A. & de Rosa, C. (2013). Desarrollo e implementación de indicadores morfológicos para ser incorporados al código urbano y de edificación del municipio de Godoy Cruz, en el área metropolitana de Mendoza. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 31, 59-66. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11336/8789>
- Berlanga-Silvente, V., Rubio-Hurtado, M. J. & Vilà-Baños, R. (2013). Cómo aplicar árboles de decisión en SPSS. *REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 6 (1), 65-79. doi: 10.1344/reire2013.6.1615
- Bernasconi, G. (2021). *Cambios de la normativa urbanística en C.A.B.A.: Impacto en el producto arquitectónico residencial* (Tesis de Maestría). Universidad de Belgrano: Buenos Aires. Recuperado de <http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/9296>
- Bibri, S. (2021). Data-driven smart sustainable cities of the future: new conceptions of and approaches to the spatial scaling of urban form. *Future Cities and Environment*, 7 (1):4, 1-15. doi: 10.5334/fce.120
- Colsaet, A., Laurans, Y. & Levrel, H. (2018). What drives land take and urban land expansion? A systematic review. *Land Use Policy*, 79, 339-349. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.08.017
- Cristino, T., Faria-Neto, A., Wurtz, F. & Delinchant, B. (2021). Barriers to the adoption of energy-efficient technologies in the building sector: A survey of Brazil. *Energy and Buildings*, 252. doi: 10.1016/j.enbuild.2021.111452
- Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. (2021). *Municipios en Números*. Recuperado de <https://deie.mendoza.gov.ar/#/>
- Dirección General de Catastro (s.f.). Recuperado de <https://www.atm.mendoza.gov.ar/portalatm/zoneTop/catastro/catastro.jsp>
- Fernández, M., Gentili, J. & Campo, A. (2022). Solar access: Review of the effective legal framework for an average argentine city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 156. doi: 10.1016/j.rser.2021.112008
- Fernández-Casal, R., Costa-Bouzas, J. & Oviedo-de la Fuente, M. (2021). *Aprendizaje Estadístico*. Recuperado de https://rubencasal.github.io/aprendizaje_estadistico
- Gómez-Piovan, J. & Mesa, A. (2013). Estudio de las implicancias de aplicación de valores de referencia para indicadores urbanos desarrollados en Europa en ciudades de América Latina, y elaboración de una metodología de cálculo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 17. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/142423>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2023). *Censo nacional de población, hogares y viviendas 2022: resultados provisionales*. Recuperado de https://www.censo.gob.ar/index.php/datos_provisionales/
- Koumetio-Tekouabou, S., Diop, E., Azmi, R., Jaligot, R. & Chenal, J. (2022). Reviewing the application of machine learning methods to model urban form indicators in planning decision support systems: Potential, issues and challenges. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34, 5943-5967. doi: 10.1016/j.jksuci.2021.08.007
- Legislatura Mendoza (s.f.). Recuperado de <https://www.legislaturamendoza.gov.ar/>
- Molina, G., Arboit, M., Maglione, D., Sedevich, A. & Mutani, G. (2020). Estudio de expansión urbana, crecimiento poblacional, consumos energéticos e índices de vegetación en el Área Metropolitana de Mendoza. *AREA, Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo*, 26 (1), 18. Recuperado de https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2601/2601_molina_et-al.pdf

- Mutani, G., Fontanive, M. & Arboit, M. (2018). Energyuse modelling for residential buildings in the metropolitan area of Gran Mendoza (AR). *Italian Journal of Engineering Science: Tecnica Italiana*, 61 (2), 74-82. Recuperado de http://ieta.org/sites/default/files/Journals/TI-IJES/61+1.02_04.pdf
- Nosratabadi, S., Mosavi, A., Keivani, R., Ardabili, S. & Aram, F. (2020). State of the Art Survey of Deep Learning and Machine Learning Models for Smart Cities and Urban Sustainability. doi: 10.31219/osf.io/gmuzk.
- Novan, K., Smith, A. & Zhou, T. (2020). Residential Building Codes Do Save Energy: Evidence from Hourly Smart-Meter Data. *The Review of Economics and Statistics* 2022, 104 (3), 483-500. doi: 10.1162/rest_a_00967
- Organización de las Naciones Unidas (s.f.). Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático. En *Acción por el clima*. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/climate-solutions/cities-pollution#:~:text=Las%20ciudades%20son%20uno%20de,la%20superficie%20de%20la%20Tierra>.
- Ortiz-Sánchez, I., Fernández-Salas, J. & Devoto-Ykeho, A. (2020). Derecho y Planificación Urbana. Problemas actuales de la planificación de Lima Metropolitana. *IUS ET VERITAS*, (61), 246-262. doi: 10.18800/iusetveritas.202002.015
- Otero, D. & Arboit, M. (2019). Análisis de las normativas vigentes urbano-edilicias para la incorporación de estrategias de eficiencia energética en el código de edificación y ordenamiento territorial del municipio de Guaymallén, Mendoza, Argentina. *Revista TECYT*, (5), 27-34. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/tecyt/article/view/25403/28483>
- Otero, D., Cohn, R. & Arboit, M. (2019). *Estudio de normativas urbano-edilicias para la eficiencia energética. Godoy Cruz, Mendoza, Argentina* (105-116). Actas del Congreso. III ISUF-H Congreso Internacional. Ciudad Compacta versus Ciudad Difusa. Guadalajara. México. doi: 10.4995/ISUFh2019.2019.9958
- Otero, D., Arboit, M. & Cohn, R. (2020). Indagación sobre código de edificación y ordenanzas urbano-edilicias en áreas urbanas y urbano-rurales, Maipú, Mendoza. *Revista Cardinalis*, 8 (15), 403-440. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/cardi/article/view/31777>
- Otero, D. & Arboit, M. (2021). Usos del suelo y variables edilicias en los marcos regulatorios vigentes de Luján de Cuyo. *Revista Andinas*, 10 (11). ISSN 2469-1623. Recuperado de <https://faud.unsj.edu.ar/usuarios-del-suelo-y-variables-edilicias-en-los-marcos-regulatorios-vigentes-de-lujan-de-cuyo-dana-cecilia-otero-y-m/>
- Peresini, N. (2021). La consolidación de la gobernanza empresarialista en la gestión urbana local. Un recorrido a través de las adaptaciones normativas e institucionales en la ciudad de Córdoba, Argentina. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 13. doi: 10.1590/2175-3369.013.e20200116
- Rueda, S. (2019). *Superblocks for the Design of New Cities and Renovation of Existing Ones: Barcelona's Case*. En M. Nieuwenhuijsen, & H. Khreis (Eds.), *Integrating Human Health into Urban and Transport Planning*, 135-153. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-74983-9_8
- Silva, G. (2022). Notas sobre los retos de la gobernanza metropolitana en América Latina. En CEPAL y Rede IPEA, *Gobernanza Metropolitana en América Latina: un panorama de las experiencias contemporáneas desde una perspectiva comparada* (301-311). Brasilia: CEPAL; IPEA. LC/BRS/TS.2021/4. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11362/47789>
- Urios, D., Colomer, J. & Portalés, A. (2020). ISUF-h 2019-Ciudad compacta versus ciudad difusa. Editorial Universitat Politècnica de València. España. Recuperado de <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/ISUFh/ISUFh2019/paper/viewFile/11782/5267>
- Wang, M., Yu, H., Yang, Y., Jing, R., Tang, Y. & Li, C. (2022). Assessing the impacts of urban morphology factors on the energy performance for building stocks based on a novel automatic generation framework. *Sustainable Cities and Society*, 87. doi: 10.1016/j.scs.2022.104267
- Zambon, I., Benedetti, A., Ferrara, C. & Salvati, L. (2018). Soil Matters? A Multivariate Analysis of Socioeconomic Constraints to Urban Expansion in Mediterranean Europe. *Ecological Economics*, 146, 173-183. doi: 10.1016/j.ecolecon.2017.10.015.

Agradecimientos

Se agradece el trabajo y elaboración cartográfica de Ricardo Cohn (CPA INCIHUSA-CONICET) y la colaboración gráfica de María Cecilia Caminos-Diez (CPA INCIHUSA-CONICET).

Contribución de autorías

Las autoras de este trabajo declaran haber contribuido en la conceptualización, el análisis formal, la investigación, la discusión de los resultados, la revisión y la aprobación de la versión final.

Financiación

Esta investigación se enmarca en los proyectos: 1. “Patrimonio cultural de Mendoza. Registro, análisis y prospectiva de bienes cultural-ambientales como recurso de desarrollo local e innovación sociocultural” 2017- 2022 PUE CO-NICET 22920170100036 y 2. “Nuevos espacios verdes en la Ciudad de Mendoza: articulación entre urbanización y recuperación de biodiversidad nativa” SIIP TIPO 4, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.

Conflicto de intereses

Las autoras de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.