

## Las áreas verdes en la ciudad de Morelia, Michoacán. México

### *Green areas in the city of Morelia, Michoacán. Mexico*

Manuel Bollo Manent,\* Gustavo Martín Morales\*\* y Ayesa Martínez Serrano\*\*\*

Recibido: 10/11/2021. Aceptado: 03/03/2022. Publicado: 31/3/2022.

**Resumen.** La gestión de áreas verdes tiene un rol muy importante en la sostenibilidad urbana ya que la cobertura vegetal en las ciudades tiene importantes funciones ambientales. Estas áreas son elementos fundamentales para mejorar el bienestar de su población. Sin embargo, la superficie de áreas verdes en las ciudades no es homogénea, ella se encuentra diferenciada en los paisajes que la conforman, y su cobertura se relaciona con las formas de uso histórico de sus espacios.

El objetivo de este artículo es mostrar las superficies de áreas verdes de los paisajes de la zona urbana del municipio de Morelia y establecer su relación con la cantidad de pobladores que habita sus paisajes urbanos.

La metodología utilizada para la identificación y cartografía de paisajes antropogénicos como unidades de análisis y diferenciación en el estudio de la vegetación es parte del enfoque geocológico. Para diferenciar estos paisajes, iniciamos con la identificación de los paisajes físico-geográficos del territorio como fondo natural sobre el cual ocurre el proceso de urbanización que conlleva a la modificación de la cobertura terrestre original y a la presencia de diferentes usos. Los usos de suelo en el territorio se diferencian al establecer la tipología de la vivienda e infraestructuras introducidas en los paisajes físico-geográficos sobre los que se desarrolló la ciudad y por las coberturas naturales modificadas aun presentes, para un momento dado. A continuación, al superponer la tipología de los usos y coberturas de suelos, a la diferenciación de los paisajes físico-geográficos se obtienen

las unidades geocológicas, unidades espacio-territoriales; ellas permitieron clasificar e identificar los paisajes antropogénicos - antroponaturales y antrópicos - del territorio. El principal proceso transformador de estos paisajes ha sido sin dudas la urbanización.

Para conocer la superficie de área verde se calculó el Índice de Vegetación Normalizado en el territorio, el cual se cruzó con la capa de paisajes antropogénicos para obtener dicha superficie por unidad de paisaje. Ello permitió establecer dos indicadores para llegar al objetivo propuesto: la tasa de área verde, que muestra el porcentaje de superficie de área verde y la densidad de área verde por habitante, una vez calculada la población, en ambos casos para cada clase y tipo de paisaje antropogénico.

Los resultados mostraron la presencia de 2 clases de paisajes antropogénicos, integradas por 5 subclases y 19 tipos, cartografiadas en 437 polígonos en la zona urbana del municipio, con el predominio de los paisajes antrópicos urbanos.

Los resultados obtenidos permiten establecer que los paisajes del territorio tienen como motivo principal la función social de hábitat, ya que ocupan el 70% de la misma. La infraestructura en instalaciones productivas o de servicios de la zona urbana muestra que su función económica esencial se relaciona con los servicios, toda vez que existe una baja actividad industrial y las superficies de vegetación y cultivos ocupan menos del 8% de su superficie, mismas que posiblemente serán destinadas al crecimiento urbano o de los servicios.

\* Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA). Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Ex-Hacienda de San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2254-6816>. Email: [mbollo@ciga.unam.mx](mailto:mbollo@ciga.unam.mx)

\*\* Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Ex-Hacienda de San José de la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7099-5475>. Email: [gmartinmorales@gmail.com](mailto:gmartinmorales@gmail.com)

\*\*\* Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida. Tablaje Catastral 6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, Municipio de Ucú, 97357, Yucatán, México. Email: [ayesa.martinez@enesmerida.unam.mx](mailto:ayesa.martinez@enesmerida.unam.mx)

La tasa de área verde del territorio es baja y la mayor problemática se encuentra en el tipo de paisajes habitacionales continuos de diferentes densidades. Los paisajes de servicios comerciales y los paisajes tecnogénicos de almacenamiento tienen una baja tasa de áreas verdes. Los problemas con la densidad de área verde por habitante se concentran en los paisajes urbanos con función habitacional, donde habita el 97.79% de la población de la zona urbana, en particular en los paisajes habitacionales continuos de diferentes densidades, de gran extensión, los paisajes habitacionales de estilo colonial (Centro Histórico) y los paisajes habitacionales de edificaciones. En el año 2020, el 87.6 % de los habitantes de la zona urbana vive en paisajes con una densidad de área verde por habitante inferior a los 10 m<sup>2</sup>/hab., es decir, por debajo de las normas reconocidas internacionalmente. La metodología planteada para el estudio de la vegetación de la zona urbana de la ciudad mostró la relación entre los tipos de paisajes antrópicos urbanos y la densidad de área verde por habitante, identificando y diferenciando la problemática en el territorio de estudio.

La ciudad de Morelia necesita de manera urgente un programa de reforestación a partir de la diferenciación obtenida de estos indicadores en las unidades de paisaje antropogénico. Se hace necesario crear proyectos innovadores y tecnologías novedosas en aquellos paisajes donde el espacio para arbolarse sea deficitario, en particular en el paisaje del Centro Histórico.

**Palabras clave:** áreas verdes, paisaje antropogénico, tipología urbana, NDVI, enfoque geocológico.

**Abstract.** The management of green areas plays a central role in urban sustainability since vegetation cover has important environmental functions in urban areas. Urban green areas are key elements to improve the well-being of their inhabitants; they are not homogeneous but are differentiated into landscapes with coverages related to historical uses.

This article documents the landscapes that are part of green areas in the urban zone of the municipality of Morelia and establish their relationship with the number of inhabitants living in urban areas.

The methodology used for the identification and mapping of anthropogenic landscapes as units of analysis and differentiation in the study of vegetation is part of the geocological approach. To differentiate these landscapes, we started by identifying the physical-geographic landscapes of the territory as the natural background on which the urbanization process takes place, modifying the original land cover and giving rise to different uses. The land uses in the territory are differentiated by establishing the typology of housing and infrastructures introduced in the physical-geographic landscapes where the city was established and by the modified natural covers that remain in a given moment. Then, by superimposing the typology of land uses and covers

on the differentiation of the physical-geographic landscapes, geocological units, i.e., spatial-territorial units, are obtained. They facilitate the classification and identification of the anthropogenic–anthropo-natural and anthropic– landscapes of the territory. Certainly, the main transformative process of these landscapes has been urbanization.

To determine the extension of green areas, the Normalized Vegetation Index was calculated for the study area, which was contrasted with the anthropogenic landscape layer to estimate this surface area per landscape unit. From this, two indicators were established to achieve the proposed objective: the rate of green areas, which shows the percentage of the landscape covered by green areas, and the density of green areas per inhabitant once the population size has been calculated; both indicators are estimated for each class and type of anthropogenic landscape.

The results revealed the presence of two classes, 5 subclasses, and 19 types of anthropogenic landscapes, mapped in 437 polygons in the urban area of the municipality, with the predominance of urban anthropic landscapes. From these results, the main function of the landscapes in the territory studied is housing, which covers 70% of the territory. Infrastructure in productive or service facilities in this urban area shows that the primary economic function is related to services; there is low industrial activity, and vegetation and agriculture occupy less than 8% of the area, which will probably be used for urban growth or services.

The rate of green areas in the territory of study is low, and the main issue lies in the type of continuous housing landscapes of different densities. Commercial services and technogenic storage landscapes have a low rate of green areas. Separately, the issues with the density of green areas per inhabitant are concentrated in urban landscapes for housing purposes, which are home to 97.79% of the urban population, in particular in continuous housing landscapes of different densities, housing covering large areas, housing colonial-style landscapes (Historic Center), and buildings. In 2020, 87.6% of the urban inhabitants live in landscapes with a density of green areas per inhabitant of less than 10 m<sup>2</sup>/inhabitant, that is, below the recommended international standards. The methodology used to study the vegetation in the urban area of interest showed the relationship between the types of urban anthropic landscapes and the density of green areas per inhabitant, identifying and differentiating the main issues in the territory studied.

The city of Morelia urgently needs a reforestation program based on the differentiation into the anthropogenic landscape units obtained from these indicators. It is imperative to propose innovative projects and technologies in landscapes with a deficit of tree coverage, particularly in the Historic Center landscape.

**Keywords:** green areas, anthropogenic landscape, urban typology, NDVI, geocological approach

## INTRODUCCIÓN

La expansión de las ciudades provoca la tala de la vegetación arbórea en áreas periurbanas y rurales. Existe una creciente tendencia a estudiar los espacios abiertos y las zonas verdes en las ciudades dada la importancia para la población en relación con su salud física, psicológica y como espacios de cohesión social, por su importancia como portadora de biodiversidad, por su contribución en la regulación térmica, la calidad del aire y el drenaje de las aguas pluviales, así como por su importancia económica como oferta turística y de atractivos, y de optimización de los ambientes construidos en la ciudad.

Las áreas verdes urbanas son elementos fundamentales para mejorar el bienestar de su población. Las áreas verdes de gran tamaño contribuyen de manera efectiva a la regulación de las inundaciones ocasionadas por la acumulación de agua de lluvia, ya que mantienen una alta permeabilidad del suelo y su capacidad de infiltración (Galindo y Uribe, 2012). La cubierta de vegetación en zonas urbanas contribuye a la retención del suelo y disminuye el riesgo de procesos de remoción en masa (Romero et al., 2001) y ayuda a mitigar el ruido (Posada et al., 2009). La regulación de la temperatura urbana por las áreas verdes se ha demostrado en diversas ciudades (Sorensen et al., 1998; Jenerette et al., 2007), en particular el efecto amortiguador contra las islas de calor, también la capacidad de capturar partículas de carbono y filtrar el aire (Barradas, 2013). La cobertura vegetal origina confort, que, al ser percibido por la población, favorece la actividad física, reduce el estrés, promueve la integración social y una mejor calidad de vida, (Nitin, 2015; Martínez et al., 2016). Una adecuada cobertura vegetal en las ciudades redundará en la protección de la biodiversidad, en la conservación del hábitat y de comunidades de plantas, entre otros (Hough, 1998).

La gestión de áreas verdes tiene un rol muy importante en la sostenibilidad urbana, ya que la cobertura vegetal en las ciudades tiene importantes funciones para el medio ambiente, ofertan servicios ambientales que vinculan a la población con espacios de cierta naturalidad que sirven de esparcimiento a la población y dan sentido de per-

tenencia, en particular cuando son parte de espacios públicos. Las ciudades que ofrecen calidad de vida no solo han de tener buenos servicios, y niveles de contaminación atmosférica controlados, sino que deben poner a disposición de los ciudadanos zonas verdes urbanas a través de políticas responsables con el medio ambiente.

Este estudio tiene como objetivo identificar las superficies de áreas verdes de la zona urbana de la ciudad de Morelia, y establecer su relación con su población desde un enfoque geocológico. Se utilizan para ello, como unidades espaciales de estudio al interior del territorio, los paisajes antropogénicos, mismos que tienen como fondo a los paisajes físico-geográficos sobre los que se asentó la ciudad y muestran las estructuras antropogénicas resultado de las funciones asignadas por la sociedad.

La investigación parte de la identificación y cartografía de los paisajes antropogénicos, comprendida esta ciudad como la zona urbana del municipio Morelia, Michoacán, México. El territorio de estudio se caracteriza por un proceso intenso de urbanización y una alta densidad de población.

### Los paisajes de las zonas urbanas

La noción de paisaje natural (paisaje físico-geográfico) es el concepto básico de la geografía de los paisajes. Se define como un espacio físico donde los componentes naturales se encuentran en relación sistémica, con una integridad definida, es decir, como un todo. Son el resultado de la interacción entre las rocas, el clima, el agua, el suelo, el relieve y los organismos vivos (Mateo, 2011).

Los paisajes físico-geográficos o geosistemas naturales tienen una estructura funcional que evoluciona en el tiempo geológico; representan la naturalidad, la naturaleza de un espacio apropiado y transformado por la sociedad en tiempos recientes; incluso mantienen su estructura y funcionamiento a pesar de las modificaciones originadas por la humanidad, muestran la diferenciación de la naturaleza en el espacio y tienen una función natural. En la investigación se utilizan los paisajes físico-geográficos del territorio como fondo natural sobre el cual sucede el proceso de urbanización que conlleva a la modificación de la cobertura terrestre original y a la presencia de diferentes usos.

A la forma de organización del espacio—estipulada por el conjunto de elementos antropogénicos introducidos (carreteras, edificaciones, aeropuertos, viviendas), los tipos de usos y las clases de coberturas presentes en un tiempo dado en un territorio— se denomina estructura antropogénica de los paisajes (Mateo, 2011).

El diseño de una tipología de coberturas terrestres y de los usos del suelo es fundamental para la identificación de las estructuras antropogénicas que forman parte del paisaje urbano, teniendo en cuenta que dichas estructuras tienen un carácter temporal (Martínez y Bollo, 2017).

El concepto de cobertura terrestre se refiere al aspecto morfológico y tangible del suelo, comprende todos los elementos que forman parte del recubrimiento de la superficie terrestre de origen natural o cultural que estén presentes (INEGI, 2012). Una misma cobertura terrestre puede soportar diferentes usos, y un mismo uso puede desarrollarse sobre diferentes coberturas terrestres.

El uso de suelo representa la función asignada por la sociedad (función social) a cada paisaje físico-geográfico, es decir, indica la forma o tipo de apropiación en el tiempo, caracterizan al paisaje antropogénico. Los usos de suelo en las zonas urbanas se diferencian por la tipología de la vivienda e infraestructuras introducidas en los paisajes físico-geográficos sobre los que se desarrolló la ciudad y por las coberturas naturales modificadas aun presentes.

Las unidades geocológicas, son unidades espacio-territoriales que se delimitan al superponer los usos y coberturas de suelos, para un momento dado, a la diferenciación de los paisajes físico-geográficos. Las unidades geocológicas son consecuencia de las regularidades históricas de uso y ocupación del basamento físico-geográfico en un territorio (Kalmanova, 2015; Bollo, 2018). Permiten identificar a los paisajes antropogénicos—antroponaturales (geotecsistemas) y antrópicos (geoecosistemas)— de un territorio que ha sido sometido a la antropización (Preobrazhenskii y Aleksandrova, 1988; Mateo *et al.*, 2012); en este estudio son resultado del proceso de urbanización.

La teoría de los paisajes antropogénicos es parte del enfoque geocológico, ya que plantea la transformación de los paisajes naturales u originales

en paisajes antropogénicos durante el proceso de apropiación por la actividad humana.

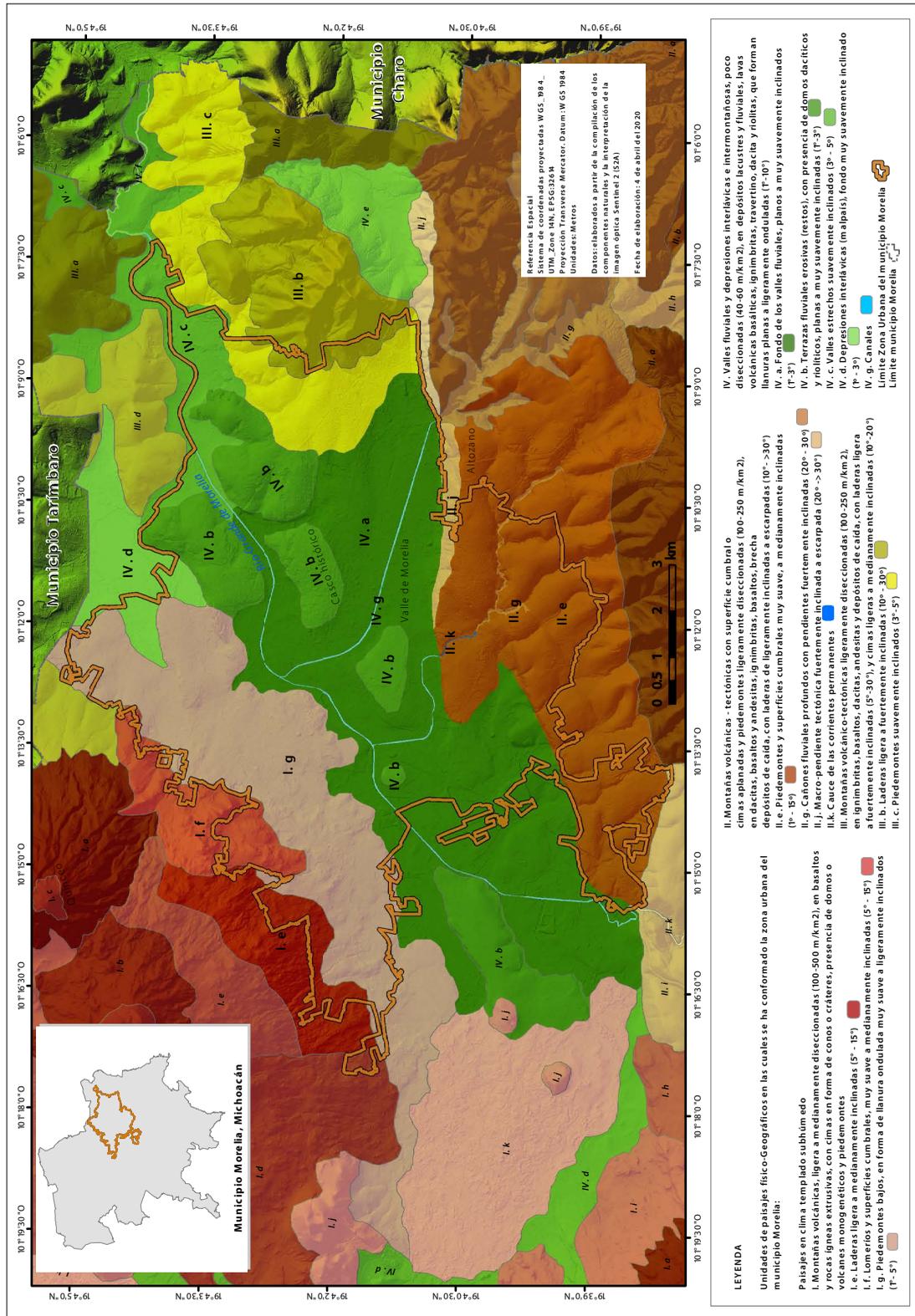
### **Las áreas verdes de la zona urbana del municipio Morelia**

El presente trabajo toma como concepto de área verde (AV) de la ciudad el establecido por el reglamento para las áreas verdes de Morelia (POE, 2005), el cual la define como toda superficie que ha sido destinada para conservar la cobertura vegetal natural o inducida, contribuyendo a la infiltración de agua al subsuelo y al mejoramiento paisajístico y ambiental, mismas que se representan por diversas categorías. Estas categorías de áreas verdes han sido nombradas en diversos estudios realizados en México, según la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Ecológico (PAOT, 2010), como: parques y jardines, plazas ajardinadas o arboladas, jardinerías, zonas con cualquier cubierta vegetal en la vía pública, alamedas y arboledas, promontorios, cerros, colinas, elevaciones y depresiones orográficas, pastizales naturales y áreas de producción forestal, agroindustrial o que presten servicios ecoturísticos, zonas de recarga de mantos acuíferos y las demás áreas análogas.

Para la obtención de la superficie de área verde urbana es común aplicar tecnologías de teledetección, imágenes satelitales, datos multiespectrales, los cuales proporcionan métodos efectivos y eficientes para el monitoreo de vegetación. En el presente trabajo la capa de información de áreas verdes se obtiene a partir del cálculo del Índice de Vegetación Normalizado (*Normalized difference vegetation index*, NDVI).

Para establecer la relación entre área verde y población se utilizó el indicador de densidad de áreas verdes por habitante, calculado para las unidades de paisajes antropogénicos diferenciadas en el territorio de estudio, en particular en aquellos paisajes habitados. Algunos autores utilizan como unidades de análisis cuadrículas (Mena *et al.*, 2011; Vera *et al.*, 2016), otras unidades son establecidas según las variaciones superficiales de la densidad habitacional (Bascuñán *et al.*, 2007), o también se utilizan unidades político-administrativas para trabajos a escala pequeña (Meza y Moncada, 2010; PAOT, 2010; Padullés *et al.*, 2015).





Nota: en la tipología de la cobertura y usos de suelos de la zona urbana se identificaron 6 clases, 13 subclases y 31 tipos de coberturas y usos. Su cartografía se presenta en la Figura 3.  
 Figura 2. Mapa de paisajes físico-geográficos de la zona urbana de Morelia. Fuente: extraído del mapa de paisajes físico-geográficos de la Zona Metropolitana de Morelia, Martínez y Bollo (2017).

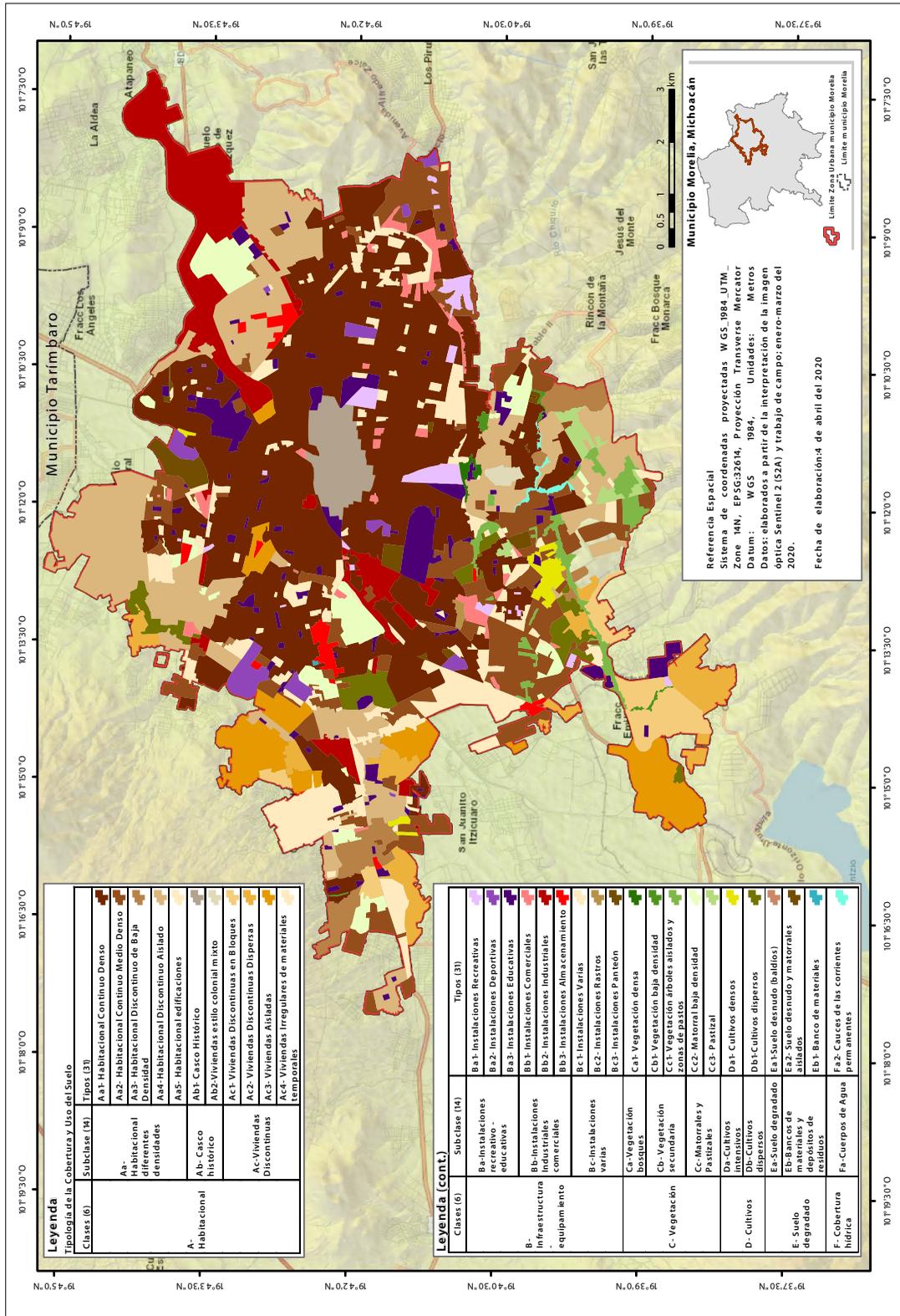


Figura 3. Mapa de cobertura terrestre y uso del suelo de la zona urbana del municipio Morelia. Fuente: extraído del mapa de coberturas y tipos de usos de suelo de la Zona Metropolitana de Morelia, Martínez y Bollo (2017).

La zona urbana del municipio Morelia tiene una superficie de 97.13 km<sup>2</sup> y una población de 597 653 habitantes, según datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020); se establece principalmente en cuatro localidades y 12 comarcas de paisajes físico-geográficos. En el fondo de los valles fluviales, planos a muy suavemente inclinados (1°-3°) (IVa Ríos Grande y Chico de Morelia), donde inicia el proceso histórico de urbanización, se encuentra el 29.12 % de la superficie de la zona urbana del municipio y el 64.34 % (383 951 hab.) de su población; en los paisajes de piedemontes bajos, en forma de llanura ondulada muy suave a ligeramente inclinados (1°-5°) (Ig), se encuentra el 22.73% de la superficie de la zona urbana y el 16.48% (98 499 hab.) de la población. El 16.62% de la superficie se encuentra en los paisajes físico-geográficos de piedemontes y superficies cumbresales muy suave a medianamente inclinadas (1° - 15°) (IIe), con el 10.82% (64 670 hab.) de población y en las terrazas fluviales erosivas, con presencia de domos, planas a muy suavemente inclinadas (1°-3°) (IVb) se encuentra el 12.01% de la superficie de la zona urbana con el 3.01% (17 986 hab.) de sus pobladores (Figura 2).

Las unidades geoecológicas de la zona urbana del municipio se distinguen tomando como base el mapa de paisajes físico-geográficos del territorio (Figura 1), el cual se cruza con el mapa de tipos de cobertura y usos de suelos (Figura 2); como resultado se obtienen las unidades geoecológicas del área de estudio.

Para obtener los paisajes antropogénicos del territorio de estudio y su cartografía, se evaluaron y clasificaron las unidades geoecológicas según el grado o intensidad de las modificaciones antropogénicas (clases) en cada unidad geoecológica y según la función asignada (subclases y tipos) (Milkov, 1977; Espinoza y Bollo, 2015).

### **El Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). La densidad de área verde por habitante**

El cálculo del NDVI implica el uso de una simple fórmula con dos bandas, el infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED) de la imagen satelital utilizada. Algunos trabajos de investigación utilizan este índice en el cálculo de la superficie de áreas

verdes (Fei y Marvin, 2006; Thoreau et al., 2010; Merlotto et al., 2012; Barrera y Henríquez, 2017; Van de Voorde, 2017; Jin et al., 2018; Morales et al., 2018; Nesbitta, 2019).

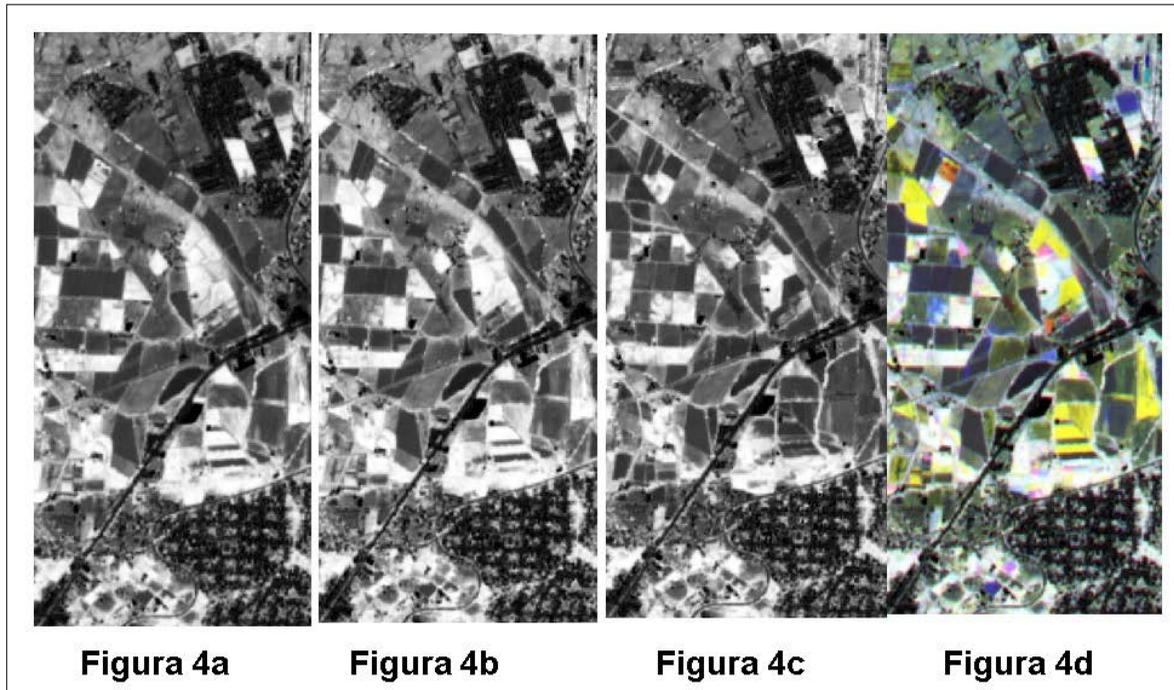
En ocasiones el empleo del NDVI produce resultados inexactos en cuanto a presencia de área verde, ya que valores altos se asocian lo mismo con una vegetación de alta densidad como con cultivos que alcanzan su madurez, por lo que resulta necesario considerar el comportamiento de esta variación en diferentes fechas. Para verificar la presencia de zonas con áreas verdes (AV) se empleó una herramienta de análisis de cambio de fenotipos de cultivos a través de la imagen multitemporal de NDVI, esta técnica ayudó al análisis de los tres momentos temporales a través de una sola imagen.

El NDVI se calcula según la ecuación:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{Red}) / (\text{NIR}+\text{Red})$$

La superficie de áreas verdes se obtuvo a partir del cálculo de los NDVI multitemporales, con ayuda del software Sentinel Application Platform (ESA, 2016). Se emplearon tres escenas del sensor Sentinel 2A, año 2020 (S2A\_MSIL1C\_20200320\_T14QKG; S2A\_MSIL1C\_20200325\_T14QKG y S2A\_MSIL1C\_20200404\_T14QKG) con una resolución espacial de 10 m. La unidad mínima cartografiada fue de 40 000 m<sup>2</sup> (escala 1:50 000). Se realizó el cálculo del NDVI para las tres fechas del periodo poco lluvioso (20 de marzo- t1, 25 de marzo- t2, 4 de abril- t3) (Figuras 4a, 4b y 4c) y a continuación una composición coloreada RGB (Red, Green, Blue) de los índices obtenidos para cada uno de los tres momentos temporales de análisis (desplegando el NDVI-t1 por la señal roja del monitor, el NDVI-t2 por la verde y el NDVI-t3 por la señal azul del monitor) (Figura 4d); los valores de NDVI multitemporales fueron interpretados y asignados por el tipo de vegetación a cada unidad de paisaje.

Realizando una interpretación de los valores de NDVI (-1 y 1) identificamos los momentos de presencia y crecimiento de área verde (valores elevados entre 0.32 y 1) o ausencia de masa vegetal (valores de NDVI bajos entre -1 y 0.31). La composición RGB (Figura 4d) muestra la combinación



Figuras 4a, 4b, 4c y 4d. Momentos temporales e imagen multitemporal de NDVI. Fuente: elaboración propia.

de los tres momentos temporales, esta nos revela diferentes tonalidades en función de la presencia (1) o la ausencia (0) de la vegetación a lo largo del tiempo en las tres fechas.

El color rojo indica presencia de área verde en la fecha 1, las tonalidades verdes señalan la existencia de área verde en la fecha 2 y los colores azules muestra presencia de área verde en la fecha 3. Con tonos blancos identificamos presencia continua de vegetación mientras que tonalidades negras mostrarán ausencia continua de vegetación (Tabla 1).

Tabla 1. Interpretación del NDVI multitemporal.

t1	1	1	1	0	0	0	1	0
t2	0	1	1	1	0	0	0	1
t3	0	0	1	1	1	0	1	0

La determinación de la exactitud del cálculo del NDVI se realizó por medio de una técnica de muestreo aleatorio estratificado con un número de muestras que dependió del tamaño de superficie que ocupa cada unidad espacial, resultando en un total 1331 muestras, la exactitud fue de 92.79% y un Kappa de 0.75; el cálculo identifica vegetación sana y vigorosa, lo que permitió verificar la existencia real de vegetación supeditada a la experiencia del analista.

A continuación, se realizó el cruce de la capa de áreas verdes y la de paisajes antropogénicos, con ayuda de la herramienta Tabulate Intersection del SIG ArcGis 10.8.1. Se recalcula el área geométrica con ayuda del comando Summarize, y el resultado se une nuevamente con la tabla de la capa de paisajes para obtener el total de la superficie de área verde por unidad de paisaje antropogénico (SAV).

De tal manera, se obtiene la superficie de área verde por unidad de paisaje (SAV) y se calcula el porcentaje de la tasa de área verde (TAV) en la misma al dividir este valor entre la superficie de la

unidad de paisaje (SUP), este indicador es referido a cada polígono de paisaje:

$$TAV = \left( \frac{SAV}{SUP} \right) \times 100$$

Donde:

TAV: Tasa de área verde (%).

SAV: superficie de área verde por unidad de paisaje (km<sup>2</sup>).

SUP: superficie de la unidad de paisaje (km<sup>2</sup>).

Posteriormente, se calcula el indicador de densidad de área verde por habitante (DAVH) en los tipos de la subclase paisajes urbanos (I.1) del territorio por ser en los que encontramos población; se expresa en m<sup>2</sup>/ hab. Los datos de población fueron tomados del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020) a nivel de manzanas, los que posteriormente se transfirieron a las unidades del paisaje mediante la herramienta de análisis espacial Spatial Join con el programa ArcGis 10.8.1.

$$DAVH = \left( \frac{SAV}{POB\_PU} \right)$$

Donde:

SAV = superficie de Área verde por unidad de paisaje urbano (PU) (m<sup>2</sup>).

POB\_PU= población total en cada paisaje urbano (habitantes, hab.).

DAVH= densidad de área verde por habitante en cada paisaje urbano (m<sup>2</sup>/hab.).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### La tipología de la cobertura y usos de suelos y las unidades geocológicas

Como resultado del proceso histórico de urbanización se modifican las coberturas naturales de los paisajes físico-geográficos producto de la asignación de usos de suelo para el cumplimiento de diversas funciones socioeconómicas y de hábitat, ello se refleja en la tipología de usos y coberturas para el año 2020. El mayor número de polígonos en la tipología de la cobertura y uso del suelo (510 polígonos) corresponde a los tipos de uso en

instalaciones educativas (97), instalaciones varias (86) y al tipo habitacional continuo denso (63). Las mayores superficies corresponden a la clase habitacional (69.69 km<sup>2</sup>), que ocupa el 71.75% de la superficie de la zona urbana; la clase infraestructura (19.3 km<sup>2</sup>), el 19.9 %, la clase vegetación un 5.23% y la clase cultivos el 2.28% (Figura 3).

Las unidades geocológicas (UG) de la zona urbana del municipio, obtenidas como resultado del cruce de los mapas en las Figuras 1 y 2, dieron como resultado 123 distribuidas en 533 polígonos. La mayor diferenciación originada por los usos históricos ocurre en el paisaje físico-geográfico del fondo del valle fluvial (IVa) sobre el cual se origina la ciudad (Valle de Morelia) con un total de 22 UG, y en sus terrazas (IVb) con un total de 16 UG, y también en los piedemontes, es decir, las partes más bajas de las montañas que rodean el valle fluvial con 21 UG al norte (Ig) (Volcanes Quinceo y Las Tetillas) y al sur con otras 21 UG (Ile) (Altozano) (Figura 5).

### Los paisajes antropogénicos

La tipología de los paisajes antropogénicos obtenida fue resultado de la clasificación de las unidades geocológicas según el grado o intensidad de las modificaciones antropogénicas (clases) y según la función asignada (subclases y tipos); presenta tres niveles taxonómicos: clases (2), subclases (5) y tipos de paisajes antropogénicos (19) (Tabla 2)

Las clases de paisajes antropogénicos se caracterizan por:

Clase Paisajes antrópicos: son unidades geocológicas, originadas en un paisaje físico-geográfico, resultado de intensos procesos de antropogenización, determinadas por las funciones asignadas a estos paisajes (urbanización, industrialización, minería a cielo abierto, infraestructura hidrotécnica, infraestructura para servicios). Son paisajes muy transformados, sus componentes naturales han sido en general degradados; han desaparecido las coberturas vegetales y de suelos u ocupan menos del 5% de la superficie de la unidad geocológica; las condiciones geólogo-geomorfológicas han sido alteradas; el drenaje reestructurado y el microclima modificado; necesitan el constante sostenimiento de las acciones modificadoras y el cuidado de



Tabla 2. Clasificación de los paisajes antropogénicos de la Zona Urbana del municipio de Morelia.

Clases	Subclases	Tipos
I. Paisajes antrópicos	<i>I.1- Paisajes urbanos:</i> unidades geoecológicas con función habitacional; tipología de uso y cobertura perteneciente a la clase habitacional.	I.1.1. Paisajes habitacionales continuos de diferentes densidades (alta ocupación residencial, viviendas adosadas, red de servicios sociales y comerciales pequeños, fraccionamientos de diferentes categorías, equipamiento urbano completo.)
		I.1.2. Paisajes habitacionales discontinuos de diferentes densidades (edificaciones unifamiliares separadas por predios vacíos, residenciales, en general de calidad, y equipamiento urbano variado)
		I.1.3. Paisajes habitacionales de edificaciones (conjuntos de edificaciones altas, más de 5 pisos)
		I.1.4. Paisajes habitacionales de estilo colonial (incluye edificaciones patrimoniales, equipamiento urbano completo)
I. Paisajes antrópicos	<i>I.2. Paisajes tecnogénicos:</i> unidades geoecológicas con función productiva industrial; unidades con tipología perteneciente a la clase infraestructuras.	I.1.5. Paisajes habitacionales de viviendas discontinuas (viviendas aisladas de madera, piedra y tejas, o mampostería, combina tradicionales y modernas, equipamiento urbano completo)
		I.1.6. Paisajes habitacionales de viviendas aisladas (de tipo tradicional y de ex haciendas, alejadas, equipamiento urbano incompleto o inexistente)
		I.1.7. Paisajes habitacionales de viviendas irregulares (asentamientos espontáneos e irregulares, viviendas de materiales temporales precarios, generalmente contiguas muy pequeñas)
		I.2.1 Paisajes Industriales (actividad industrial)
I. Paisajes antrópicos	<i>I.3. Paisajes de servicios:</i> unidades geoecológicas con función de servicios variados; tipología perteneciente a la clase infraestructuras. Grandes instalaciones recreativas, deportivas, educativas, de comercio, salud y otras	I.2.2. Paisajes Almacenamiento (grandes bodegas o almacenes)
		I.3.1 Paisajes de servicios deportivos.
		I.3.2 Paisajes de servicios educativos.
		I.3.3 Paisajes de servicios comerciales.
I. Paisajes antrópicos	<i>I.4. Paisajes artificiales:</i> unidades geoecológicas con diversas funciones, creadas por la actividad humana, entre las que se encuentran funciones reguladoras o de abasto del agua, o paisajes con suelos degradados	I.3.4 Paisajes de servicios varios.
		I.4.1 Paisajes de superficies degradadas (affloramientos de rocas o suelos degradados por acción antrópica, bancos de materiales, acumulación de residuos sólidos).
		I.4.2 Paisajes hidrotécnicos (presas, canales, lagunas, lagos, plantas de tratamiento y otros elementos antropogénicos)
		II.1.1 Paisajes agrícolas (cultivos temporales y permanentes de diferente densidad, agricultura con cobertura, parcelas en barbecho)
II. Paisajes antroponaturales:	<i>II.1 Paisajes natural-antrópicos:</i> incluye unidades geoecológicas con función productiva agropecuaria o resultado de procesos de degradación de la cobertura vegetal; unidades con tipología perteneciente a las clases cultivos y vegetación.	II.1.2 Paisajes de vegetación secundaria (cobertura vegetal secundaria de diferentes densidades, vegetación en arroyos y cañadas)
		II.1.3 Paisajes de matorrales y pastizales (pastos y vegetación arbustiva de diferentes densidades).
		II.1.4 Paisajes de suelos desnudos (terrenos baldíos con suelo desnudo y con vegetación aislada)

Fuente: elaboración propia.

los elementos antropogénicos introducidos y de los procesos originados por las transformaciones generadas para mantener el funcionamiento del paisaje resultante.

Clase Paisajes antroponaturales: son paisajes que conservan aún, parcialmente, coberturas naturales o seminaturales; es característica la introducción de elementos antropogénicos; son resultado de procesos antropogénicos que provocan la modificación de las coberturas tales como la deforestación o la actividad agropecuaria; el drenaje ha sido parcialmente modificado, cambian las condiciones microclimáticas; las unidades mantienen aún el funcionamiento del paisaje natural por autorregulación, aunque ocurre la degradación con diferente intensidad de algunos componentes.

Las características de las subclases y tipos de paisajes se presentan en la Tabla 2.

Los paisajes antropogénicos, se cartografiaron en 437 polígonos en la zona urbana del municipio, representados en la Figura 6.

Se identificaron 2 clases de paisajes antropogénicos: los paisajes antrópicos, que ocupan el 91.66% de su superficie, lo que indica un intenso proceso de antropización, y la clase de los paisajes antroponaturales en la superficie restante. Encontramos 4 subclases de paisajes antrópicos en la zona urbana, paisajes antrópicos urbanos en el 71.75% de su superficie, paisajes antrópicos de servicios en el 13.47%, paisajes antrópicos tecnogénicos en el 6.42% y paisajes antrópicos artificiales con menos del 1%. La subclase de paisajes antrópicos urbanos cuenta con 7 tipos de paisajes, el tipo de paisaje antrópico urbano habitacional continuo de diferentes densidades ocupa la mayor superficie de la zona urbana del municipio con el 41.54%, seguido en superficie por los paisajes antrópicos urbanos habitacionales de diferentes densidades con el 15.97% de la misma. En la clase de paisajes antroponaturales encontramos una sola subclase de paisajes, los paisajes natural-antrópicos, que ocupan el 8.36% de la zona urbana con 4 tipos de paisajes (Tabla 2). En la zona urbana no encontramos paisajes naturales o seminaturales que se puedan representar a la escala de trabajo.

### Tasa y densidad de área verde en los paisajes

Los valores de TAV, calculados para los paisajes antropogénicos, se presentan en la Tabla 3. La tasa de área verde de la zona urbana del municipio es muy reducida, de solo un 12.31% de cobertura de su superficie, los valores más aceptados como satisfactorios se encuentran entre 20% y 30%. Los paisajes de la clase antrópicos presentan una TAV del 9.46% de su superficie, mientras que los paisajes de la clase antropo-naturales llegan al 37%, cifras que pueden ser consideradas muy bajas y aceptables, respectivamente. Los paisajes antrópicos de la subclase servicios presentan la mayor TAV con el 23.49% de cobertura en esta clase, aún baja, mientras que los paisajes antrópicos subclase tecnogénicos tienen una tasa de tan solo el 13.5% (Figura 7).

En los paisajes antrópicos, subclase urbanos, la TAV es muy baja, tan solo del 7.07 % de cobertura, pero hay diferenciación entre sus tipos. El tipo de paisaje urbano habitacional continuo de diferentes densidades presenta los menores valores de la TAV con tan solo un 4.12%, y el tipo habitacional discontinuo de diferentes densidades presenta una TAV del 5.40%, son los dos tipos que ocupan mayor superficie en el territorio (Figura 8). Ello está relacionado con las diferencias en la estructura espacial de las construcciones, evidentemente la compactación y una mayor densidad de viviendas no permiten tener altas superficies de AV. Solo es aceptable la TAV en los paisajes del tipo habitacional de viviendas aisladas con poco más del 30% del indicador.

Los paisajes de la subclase antrópicos de servicios están presentes en la zona urbana con 5 tipos y 236 instalaciones, en ellos no reside población y ocupan un 13% de la superficie de la zona urbana. La TAV de esta subclase es baja, de 23.49%, los valores altos se encuentran en los paisajes antrópicos de servicios recreativos, 66.3%. En los tipos de paisajes antrópicos de servicios educativos, servicios varios y servicios deportivos, la TAV es baja, del 20% y llaman la atención los paisajes de servicios comerciales con la menor TAV, tan solo un 8%, ello se relaciona a una gran superficie dedicada a estacionamiento con poca vegetación.

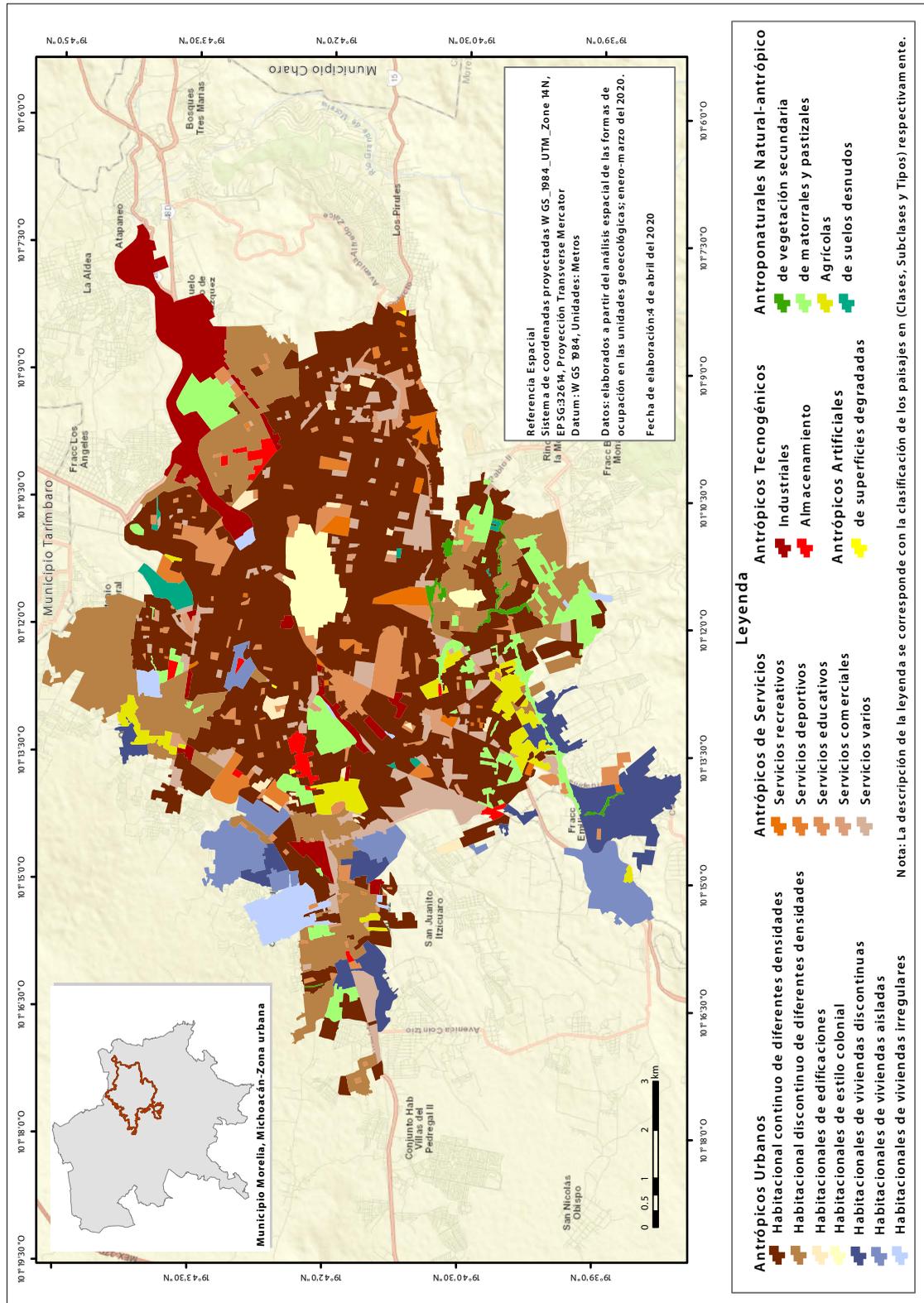


Figura 6. Mapa de los paisajes antropogénicos de la zona urbana de la ciudad de Morelia. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Superficie, tasa de área verde (TAV) y densidad de área verde (DAV) por habitante en los paisajes antropogénicos de la zona urbana del municipio Morelia.

Clase	Subclase	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )	% de superficie de la zona urbana	Área Verde (m <sup>2</sup> )	Área Verde (km <sup>2</sup> )	TAV (%)	Pob. Total 2020	DAV. m <sup>2</sup> /hab.	Polígonos	
Antropicos	Urbanos	Habitacional continuo de diferentes densidades	40.34	41.54	1 661 981.63	1.66	4.12	427 581	3.89	48	
		Habitacional discontinuo de diferentes densidades	15.51	15.97	838 350.09	0.83	5.40	92 417	9.07	20	
		Habitacional de edificaciones	0.71	0.73	47 638.07	0.05	6.73	13,260	3.59	18	
		Habitacional de estilo colonial	2.14	2.20	230 949.19	0.23	10.78	11 380	20.29	2	
		Habitacional de viviendas discontinuas	5.02	5.17	72,976.55	0.72	14.39	21 762	33.18	10	
		Habitacional de viviendas aisladas	4.24	4.37	1 335 495.43	1.34	31.47	7073	188.82	7	
		Habitacional de viviendas irregulares	1.72	1.77	88 688.64	0.09	5.14	11 011	8.05	8	
		Subtotal	69.69	71.75	4 925 079.61	4.93	7.07	584 484	8.43	113	
		Servicios recreativos	1.03	1.06	722 939.42	0.72	70	0	0	0	19
		Servicios deportivos	1.22	1.26	221 142.64	0.22	18.18	0	0	0	12
		Servicios educativos	4.23	4.36	729 464.05	0.73	17.26	0	0	0	96
Servicios comerciales	1.21	1.25	131 879.70	0.13	10.88	0	0	0	24		
Servicios varios	5.38	5.54	1 263 117.57	1.26	23.49	0	0	0	85		
Subtotal	13.07	13.47	3 068 543.38	3.06	23.49	0	0	0	236		
Tecnogénicos	Industriales	Industriales	5.38	5.54	748 100.65	0.75	13.9	0	0	14	
		Almacenamiento	0.85	0.88	93 719.12	0.09	10.98	0	0	10	
		Subtotal	6.23	6.42	841 819.77	0.84	13.50	0	0	24	
Artificiales	De superficies degradadas	De superficies degradadas	0.02	0.02	24 119.72	0.02	4.49	0	0	3	
		Subtotal	89.01	91.66	8 859 562.48	8.67	9.46	0	0	376	
		Total									

Tabla 3. Continuación.

Clase	Subclase	Tipo	Superficie (km <sup>2</sup> )	% de superficie de la zona urbana	Area Verde (m <sup>2</sup> )	Area Verde (km <sup>2</sup> )	TAV (%)	Pob. Total 2020	DAV. m <sup>2</sup> /hab.	Polygonos
Antropomorfos	Natural-antrópico	De Vegetación secundaria	0.44	0.45	38 477.43	0.04	71.47	433	0	6
		De matorrales y pastizales	4.80	4.93	1 625 210.91	1.63	33.84	9597	0	34
		Agrícolas	2.28	2.35	1 145 276.09	1.15	50.12	2976	0	14
		De suelos desnudos	0.6	0.62	290 475.00	0.29	49.01	596	0	7
		Total	8.12	8.35	3 099 439.43	3.1	38.18	13 602	0	61
		Totales	97.13	100.00	11 959,001.91	11.96	12.31	597 653	0	437

Fuente: Elaboración propia.

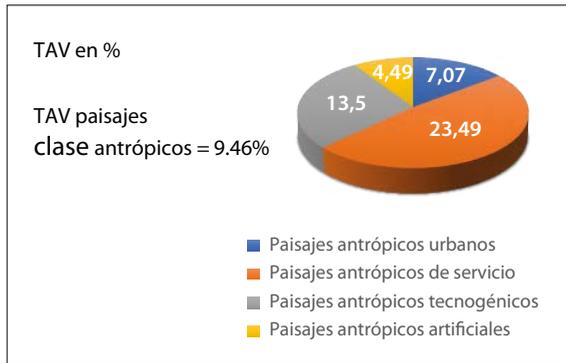


Figura 7. Tasa de área verde según las subclases de paisajes antrópicos (TAV) (%). Fuente: elaboración propia.

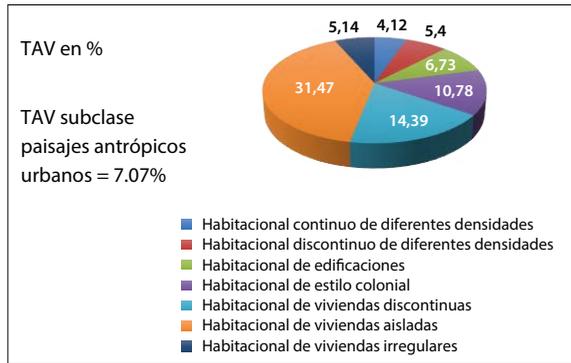


Figura 8. Tasa de área verde según los tipos de paisaje de la subclase antrópicos urbanos (%). Fuente: elaboración propia.

Los paisajes antrópicos de la subclase tecnogénicos se diferencian en dos tipos, con 24 instalaciones, en ellos tampoco reside población, ocupan tan solo el 7% de la superficie de la zona urbana y presentan un 11.88% de la TAV, por lo que se le considera un valor muy bajo; hay diferencias en sus tipos, los paisajes tecnogénicos del tipo industriales presentan una TAV del 13%, mientras que los paisajes tecnogénicos de tipo almacenamiento tan solo un 6.23% de TAV, ello relacionado con grandes superficies exteriores aprovechadas al máximo en su función de almacenamiento, generalmente asfaltadas (Tabla 3).

Los paisajes de la clase antroponaturales presentan amplia cobertura vegetal del 36.57% de su superficie, aunque constituyen tan solo el 8.36% de la superficie de la zona urbana y están poco habitados (13 602 hab.). Son paisajes de la subclase natural-antrópico, no existen paisajes de bosques naturales que tengan una superficie significativa a la escala de trabajo. La TAV del tipo de los paisajes natural-antrópicos de vegetación secundaria es la más alta de la ciudad, con 71.47%, formada por vegetación arbustiva y de árboles aislados o plantaciones, muy dinámicas, con superficies intercaladas de suelos desnudos o agricultura de subsistencia en barbecho. El tipo de paisaje natural-antrópicos de matorrales y pastizales tiene una TAV del 29%, que se corresponde en gran parte con superficies volcánicas de lavas basálticas jóvenes (mal país en México), donde afloran rocas con vegetación

arbustiva o pastos sometidos a incendios, lo que ocurre también en predios y terrenos baldíos; el tipo de paisajes agrícolas a la fecha de la imagen utilizada tiene una TAV del 45.6%, con tierras cultivadas y otras en preparación, es, por supuesto, muy variable a lo largo del año ya que predominan los cultivos de temporal a los de riego, con muy baja superficie de cultivos permanentes; el tipo de paisaje de suelos desnudos no es significativo por su pequeña superficie (Tabla 3).

La densidad de área verde por habitante (DAV/hab.) se calcula solamente en los 7 tipos de paisajes antrópicos urbanos ya que en ellos habita el 97.79% de la población de la zona urbana (Tabla 3). La DAV/hab. de los paisajes antrópicos, subclase urbanos, es de 9.73 m<sup>2</sup> por habitante, valor que la ubica en las normas utilizadas internacionalmente (10 m<sup>2</sup>/hab), sin embargo, los valores más bajos de DAV/hab. los encontramos en los paisajes antrópicos urbanos del tipo habitacional de edificaciones, con tan solo 3.59 m<sup>2</sup>/hab, las AV en ellos se ubican generalmente en los estacionamientos frente a los edificios o pequeñas áreas comunes. Por su gran superficie, destacan los paisajes antrópicos urbanos habitacionales continuos de diferentes densidades, donde vive el 71.54% de la población, presentan muy baja densidad, 3.89 m<sup>2</sup>/hab.; ello se relaciona con las características de este tipo de paisaje muy compactos, sin jardines, sin espacios entre viviendas, generalmente de dos plantas, o con hacinamiento en la mayoría de ellas. En el tipo de paisaje

antrópico urbano habitacional de estilo colonial, la densidad es de 20.29 m<sup>2</sup>/hab, conformado por dos polígonos, uno con valores muy altos de AV y muy poca superficie en la localidad de Altozano, y el otro conformado por el Casco Histórico de la ciudad que tiene un valor del indicador de 3 m<sup>2</sup>/hab. con una población de 10 665 hab. El paisaje que conforma el Casco Histórico es habitado por un alto número de personas, y además, presenta numerosos pequeños y medianos comercios en los cuales trabajan gran cantidad de personas. Las áreas verdes se restringen a parques o plazas, la ausencia de banquetas y un bajo número de calles peatonales dificulta la reforestación de las calles estrechas que rodean estos edificios patrimoniales, se concentra la contaminación por la alta circulación vehicular; es, sin duda, el paisaje de peor situación en la zona urbana en cuanto a este indicador. El tipo de paisaje antropogénico habitacional discontinuo de diferentes densidades presenta valores del indicador en la norma, 9.07 m<sup>2</sup>/hab., es un paisaje con alto número de población, pero diferente distribución de la vivienda (discontinuas) y estructura paisajística (jardines y patios). Los paisajes antropogénicos habitacional de viviendas discontinuas y de viviendas aisladas presentan muy altos valores del indicador, ocupan poca superficie y población en el territorio (Figura 9).

En la Tabla 4 y en la Figura 10 se presentan 5 categorías o rangos de la densidad de área verde por habitante; para establecerlas se tomó en cuenta como valor intermedio la norma del indicador.

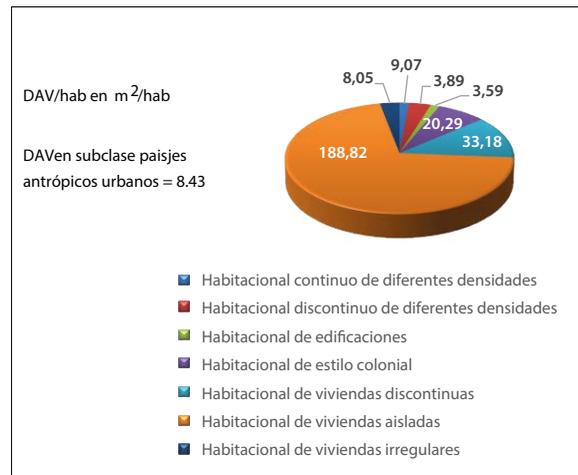


Figura 9. Densidad de áreas verdes por habitante en los tipos de paisajes antrópicos urbanos. Fuente: elaboración propia.

En la tabla destaca que existen 24 paisajes con el 2.9% de la superficie de la zona urbana y 18 144 habitantes donde no existe área verde. Un total de 46 paisajes, que ocupan el 72% de la superficie de la ciudad, tienen valores del indicador por debajo de la norma, en ellos habitan 493 806 personas (84.5% de la población de la zona urbana). Otros 11 polígonos de paisajes, que ocupan el 5.3% de la superficie de la zona urbana del municipio, donde habitan 25 148 personas (4.3 % de la población de la zona urbana), se encuentran en el intervalo de la norma.

Ocho unidades de paisaje presentan valores altos de la densidad de áreas verdes, ocupan un

Tabla 4. Categorías de densidad de área verde por habitante en la zona urbana del municipio Morelia.

Categorías m <sup>2</sup> /hab	Polígonos paisajes	Superficie m <sup>2</sup>	%*	Habitantes
0	24	2 016 839.64	2.9	18 144
0.1 - 9	46	50 188 385.88	72.01	493 806
9.1 -12	11	3 686 683.43	5.,29	25 148
12.1 – 25.0	8	6 030 332.66	8.65	32 979
> 25.1	24	7 771 162.89	11.15	27 576
Total	113	69 693 404.50	100	597 653

\*: % de superficie de la zona urbana del municipio Morelia.

Fuente: elaboración propia.

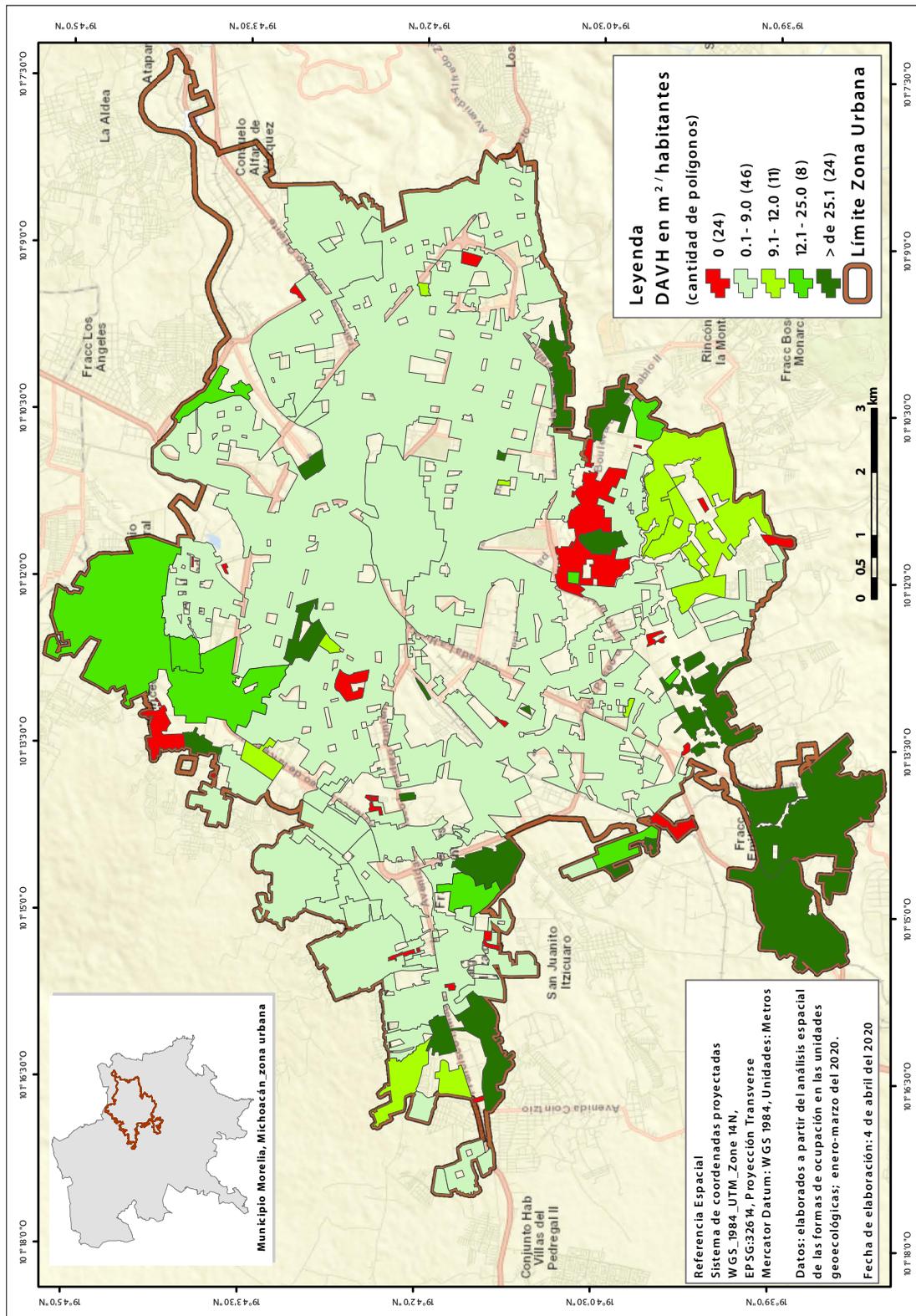


Figura 10. Mapa de categorías de la densidad de áreas verdes por habitante para los paisajes urbanos de la zona urbana de Morelia. Fuente: elaboración propia.

8.65% de la superficie con 32 959 habitantes (5.64 %) y 24 unidades de paisaje, que se extienden en el 11.15 % de la superficie de la zona urbana, con 27 576 habitantes (5.64%) presentan valores muy altos del indicador.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La zona urbana del municipio Morelia se ha conformado desde hace más de 300 años, resultado de un intenso proceso de urbanización de los paisajes naturales que la sustentan.

El NDVI multitemporal generó una imagen a falso color donde la presencia de área verde quedó identificada por su tonalidad en función de la presencia (1) o ausencia (0), para cada momento temporal, lo que hizo posible reducir la incertidumbre en resultados inexactos en cuanto a la determinación de superficies de área verde.

Los resultados obtenidos permiten establecer que los paisajes de la zona urbana del municipio tienen como principal función social la de hábitat, y ocupan el 70% de la misma. La infraestructura en instalaciones productivas o de servicios de la zona urbana muestra que la función económica esencial se relaciona con los servicios, existe una baja actividad industrial y las superficies de vegetación y cultivos ocupan menos del 8% de su superficie, mismas que posiblemente serán destinadas al crecimiento urbano o de los servicios.

Los datos obtenidos muestran que la presencia de áreas verdes en sus paisajes es inversamente proporcional al número de personas que les habitan, es decir, las tasas más bajas de área verde se encuentran en las zonas más pobladas, de aquí que su densidad de área verde por habitantes sea muy baja. En el año 2020, el 87.6% de los habitantes de la zona urbana viven en paisajes con una densidad de área verde por habitante inferior a los 10 m<sup>2</sup>/hab., es decir, por debajo de las normas reconocidas internacionalmente.

Las características de los tipos de paisajes habitacionales de la zona urbana del municipio es un factor que propicia la presencia de bajas coberturas de área verde. Es necesario cambiar los modelos de construcción de viviendas que

sean rigurosos en la ubicación de los espacios de arbolado y jardines; evitar las construcciones de viviendas continuas que concentran la población y limitan la posibilidad de establecer áreas verdes; se hace necesario aplicar diseños de avenidas que permitan el arbolado en banquetas y en divisorias de calles con suficiente espacio para áreas verdes.

La metodología planteada para el estudio de la vegetación de la zona urbana de la ciudad mostró la relación entre los tipos de paisajes antrópicos urbanos y la densidad de área verde por habitante, identificando y diferenciando la problemática en el territorio de estudio. Los resultados obtenidos en las 113 unidades de paisajes de tipo habitacional permitirían establecer medidas precisas para organizar un programa de reforestación diferenciado por tipos de paisajes a partir de las bases de datos elaboradas. Se hace necesario crear proyectos innovadores en aquellos paisajes donde el espacio para arbolado sea deficitario, en particular en el paisaje del Centro Histórico; recurrir a tecnologías novedosas para aumentar la superficie de áreas verdes teniendo en cuenta el valor patrimonial de los edificios y las viviendas de este paisaje.

La ciudad de Morelia necesita con urgencia el cumplimiento de planes de reforestación, el cumplimiento y revisión de las normas establecidas con relación a sus áreas verdes, de manera que se logre mejorar la calidad de vida de su población, muy afectada en los paisajes más poblados.

## REFERENCIAS

- Bollo, M. (2018). La Geografía del Paisaje y la Geoecología: Teoría y enfoques. En M. Checa-Artasu y P. Sunyer Martín (Coords.), *Paisaje: métodos de análisis y reflexiones* (pp. 125-152). México: Ediciones del Lirio. Disponible en <https://bit.ly/3IOlqcG>
- Barradas, V. L. (2013). La isla de calor urbana y la vegetación arbórea. *OIKOS*, 7. Disponible en <https://bit.ly/3tLX7rR>
- Barrera, F. y Henríquez, C. (2017). *Monitoring the Change in Urban Vegetation in 13 Chilean Cities Located in a Rainfall Gradient. What is the Contribution of the Widespread Creation of New Urban Parks?* IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 245 072023. DOI: <http://doi.org/10.1088/1757-899X/245/7/072023>

- Bascuñán, W., Fernández, F. y Mastrantonio F. J. (2007). Modelo de cálculo de áreas verdes en planificación urbana desde la densidad habitacional. *Urbano*, 10(15), 97-101. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=198/19801514>
- Ekkel, E. y de Vries, S. (2017). Nearby green space and human health: evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning*, 157, 214-220. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204616301153>
- ESA (European Space Agency). (2016). SNAP. Sentinel Application Platform. Disponible en <http://step.esa.int/main/download/>
- Espinoza, A. y Bollo, M. (2015). La tipología de los paisajes antroponaturales como base para el ordenamiento ecológico territorial a diferentes escalas. En *Perspectivas del ordenamiento territorial ecológico en América y Europa* (pp. 155-195). Guadalajara: Arlequín.
- Fei, Y. y Marvin, E. B. (2006). Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(3), 375-386. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.003>
- Flores, X. R. (2017). Una reflexión teórica sobre estándares de áreas verdes empleados en la planeación urbana. *Economía, Sociedad y Territorio*, XVII(54), 491-522. DOI: <http://dx.doi.org/10.22136/est002017682>
- Galindo, A. S. y Uribe, V. R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana: beneficios, problemáticas y soluciones, para el Valle de Toluca. *Quivera*, 14(1), 98-108. Disponible en: <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10454>
- Hough, M. (1998). *Naturaleza y ciudad, planificación urbana y procesos ecológicos*. España. Barcelona: Gustavo Gili. Disponible en <https://reciclajegranada.com/es/artef/19882-naturaleza-y-ciudad-planificacion-urbana-y-procesos-ecologicos.html>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2020). *Censo de Población y Vivienda*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2012). *Glosario de geoestadística*, Documento de trabajo, INEGI, México. Disponible en: [https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2014\\_INEGI\\_Glosario\\_estadistica\\_basica.pdf](https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2014_INEGI_Glosario_estadistica_basica.pdf)
- Jenerette, G. D., Harlan, S. L., Brazel, A. J., Jones, N., Laesen, L. y Stefanov, W. (2007). Regional relationships between surface temperature, vegetation, and human settlement in a rapidly urbanizing ecosystem. *Landscape Ecology*, 22(3), 353-365. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10980-006-9032-z>
- Jin, K., Wang, F., y Li, P. (2018). Responses of Vegetation Cover to Environmental Change in Large Cities of China. *Sustainability*, 10, 270-295. <https://doi.org/10.3390/su10010270>
- Kalmanova, V. (2015). *Geoeological mapping of urban areas (on the example of Birobidzhan)*. Proceedings of the International conference InterCarto. *InterGIS*, 21(1), 566-574. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2015-1-21-566-574>
- Martínez, J., Montero, Lena., de la Roca, M. y Chiapas, J. (2016). Efectos psico ambientales de las áreas verdes en la salud mental. *Interamerican Journal of Psychology*, 50(2), 204-214. <https://www.redalyc.org/pdf/284/28447010004.pdf>
- Martínez, A. y Bollo, M. (2017). Aplicación del enfoque geoeológico para la interpretación espacial de los niveles de urbanización. *Economía, Sociedad y Territorio*, XVII(53), 115-144. <https://doi.org/10.22136/est002017624>.
- Mateo, J. (2011). *Geografía de los Paisajes. Paisajes Naturales*. Cuba: Editorial Universitaria.
- Mateo, J., da Silva, E. V., y Cezar, L. A. (2012). Paisaje y geosistema: apuntes para una discusión teórica. *Geonorte*, 3(7), 239-251. Disponible en <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1916>
- Mena, C., Ormazábal, Y., Morales, Y., Santelices, R. y Gajardo, J. (2011). Índices de área verde y cobertura vegetal para la ciudad de Parral (Chile), mediante fotointerpretación y SIG. *Ciencia Forestal*, 21(3), 521-531. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/534/53420071012.pdf>
- Merlotta, A., Piccolo, M. C. y Bértola, G. R. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/ cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 53, 159-176.
- Meza, M. y Moncada, J. (2010). Las áreas verdes de la ciudad de México. Un reto actual. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 14(331), 56. <https://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/1707>
- Milkov, F. (1977). Geografía de los paisajes antropogénicos, ejemplos y estado actual. *Preguntas de Geografía*, 6(106), 11-27 (en ruso).
- Morales, V., Piedra, L., Romero, M. y Bermúdez, T. (2018). Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1421-1435. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32258>
- Nesbitt, L., Meitner M. J., Girling C., Sheppard, R. J. y Lu, Y. (2019). Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US

- cities. *Landscape and Urban Planning*, 181(1), 51-70. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.007>
- Nitin, B. B. (2015). Importance of Vegetation in Urban Environment. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(2), 1-13. Disponible en <http://www.ijsrp.org/research-paper-0215.php?rp=P383687>
- Padullés, J., Vila, J., y Barriocanal, C. (2015). Biodiversidad vegetal y ciudad: aproximaciones desde la ecología urbana. *Boletín de la Asociación de geógrafos españoles*, 68, 83-107. Disponible en <https://www.readcube.com/articles/10.21138%2Fbage.1854>
- Periódico oficial del Gobierno del Estado de Michoacán (POE). (2005). Reglamento de Áreas verdes del Municipio de Morelia, Michoacán, t. CXXXV(66).
- Posada, M., Arroyabe, M. y Fernández, C. (2009). Influencia de la vegetación en los niveles de ruido urbano. *EIA*, 12, 79-89. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372009000200007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372009000200007)
- PAOT (Procuraduría ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.) (2010). Presente y Futuro de las Áreas Verdes y del Arbolado de la ciudad de México. México: Ekilibria. Disponible en: [http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro\\_areas\\_verdes.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/libro_areas_verdes.pdf)
- Preobrazhenskii, V. S., Alexandrova, T. D., y Kupriyanov, T. P. (1988). *Fundamentos del análisis paisajístico*. Moscú: Nauka (en ruso).
- Romero, H., Toledo, X., Ordenes, F., y Vázquez, A. (2001). Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, XVII(4), 45-51. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/40883154\\_Ecologia\\_urbana\\_de\\_las\\_ciudades\\_intermedias\\_chilenas](https://www.researchgate.net/publication/40883154_Ecologia_urbana_de_las_ciudades_intermedias_chilenas)
- Shanker, V., Narayan D. y Chaudhry, P. (2010). *Urban forests and open green spaces: lessons for Jaipur, Rajasthan, India*. Jaipur, India: Rajasthan State Pollution Control Board. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/42766194\\_Urban\\_Forests\\_and\\_Open\\_Green\\_Spaces\\_Lessons\\_for\\_Jaipur\\_Rajasthan\\_India](https://www.researchgate.net/publication/42766194_Urban_Forests_and_Open_Green_Spaces_Lessons_for_Jaipur_Rajasthan_India)
- Singh, V., Deep, P. y Chaudhry, P. (2010). *Urban Forests and Open Green Spaces: Lessons for Jaipur*, Occasional Paper no. 1. Rajasthan, India. RSPCB. Disponible en <https://urbanforestrysouth.org/resources/library/citations/urban-forests-and-open-green-spaces-lessons-for-jaipur-rajasthan-india>
- Sorensen, M., Barzetti, V., Keipi, K. y Williams, J. (1998). Manejo de áreas verdes urbanas. Washington D.C.: IDB. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-de-las-areas-verdes-urbanas.pdf>
- Thoreau, R. T., Klingenberg, B., y Coops, N. C. (2010). A geographical approach to identifying vegetation-related environmental equity in Canadian cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37, 1040-1056. <http://doi.org/10.1068/b36044>.
- Van de Voorde, T. (2017). Spatially explicit urban green indicators for characterizing vegetation cover and public green space proximity: a case study on Brussels, Belgium. *International Journal of Digital Earth*, 10(8), 798-813. Disponible en <https://doi.org/10.1080/17538947.2016.1252434>
- Vera, L. N., Ramírez, M. L. y Pértile, V. C. (2016). *Disponibilidad de espacios verdes en la ciudad de resistencia: estudio mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG)*. Conferencia: VII Seminario de Políticas Urbanas, Gestión Territorial y Ambiental para el Desarrollo Local. Instituto de Planeamiento Urbano y Regional (IPUR). Argentina. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/324227243\\_DISPONIBILIDAD\\_DE\\_ESPACIOS\\_VERDES\\_EN\\_LA\\_CIUADAD\\_DE\\_RESISTENCIA\\_ESTUDIO\\_MEDIANTE\\_LA\\_APLICACION\\_DE\\_SISTEMAS\\_DE\\_INFORMACION\\_GEOGRAFICA\\_SIG](https://www.researchgate.net/publication/324227243_DISPONIBILIDAD_DE_ESPACIOS_VERDES_EN_LA_CIUADAD_DE_RESISTENCIA_ESTUDIO_MEDIANTE_LA_APLICACION_DE_SISTEMAS_DE_INFORMACION_GEOGRAFICA_SIG)
- WHO (World Health Organization). (2016). *Urban Green Spaces and Health. A review of evidence*. Dinamarca: Regional Office for Europe.